





# **Biologieonderwijs: een vitaal belang**

**Advies van de Biologische Raad**

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen  
Amsterdam, september 2003

© 2003. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, via internet of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de rechthebbende, behoudens de uitzonderingen bij de wet gesteld.

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW)

*Adres:* Kloveniersburgwal 29, 1011 JV Amsterdam

*Postadres:* Postbus 19121, 1000 GC Amsterdam

*Telefoon:* 020-5510700

*Fax:* 020-6204941

*E-mail:* [knaw@bureau.knaw.nl](mailto:knaw@bureau.knaw.nl)

*www-adres:* <http://www.knaw.nl>

Voor het bestellen van publicaties: 020-5510780

ISBN 90-6984-393-5

Het papier van deze uitgave voldoet aan  ISO-norm 9706 (1994) voor permanent houdbaar papier

## Voorwoord

De positie van de biologie in onze snel veranderende samenleving is toe aan een herijking. Immers, de maatschappij vraagt niet alleen om een inventarisatie van alles wat leeft en bloeit om ons heen, maar stelt steeds dwingender eisen aan zaken als de voorziening van voldoende en veilig voedsel -hier en elders in de wereld-, een lang en zo gezond mogelijk leven, een adequate bescherming en zo mogelijk ontwikkeling van levende natuur om ons heen, en een adequate energievoorziening voor een groeiende wereldbevolking die eigenlijk steeds minder gebruik zou moeten gaan maken van fossiele (biologische) brandstoffen. Aan de oplossing van die maatschappelijke problemen kan biologische kennis en inzicht een bijdrage leveren. Tegelijk roept een aantal menselijke activiteiten, mede mogelijk gemaakt door wetenschappelijke en technologische vernieuwing, ethische vragen op. Vinden we, met name ook als menselijke samenleving, dat alles wat kan ook mag?

De maatschappelijke positie van de biologie als wetenschapsgebied is blijkens vele uitspraken steeds belangrijker. De 21e eeuw is de eeuw van de biologie. Dat geldt voor de wetenschap, maar tegelijkertijd ook voor het brede onderwijs in de biologie voor alle burgers. Immers, deze burgers moeten de ontwikkelingen dragen en moeten deze op waarde kunnen schatten en dat vergt in feite biologische/ecologische oplettendheid.

Dit stelt hoge eisen aan ons onderwijssysteem en uiteraard de positie van het vak biologie binnen dat systeem. En dan gaat het niet alleen over onderwijs in het vwo, maar voor het gehele spectrum in dat zo belangrijke deel van een zich ontplooiend mensenleven van vier tot achttien jaar. Het is een geweldige uitdaging om mede via het onderwijs jonge mensen te leren omgaan met de complexiteit die op hen afkomt en hen die bagage mee te geven die ze in staat stelt goed in de maatschappij te kunnen functioneren. Het biologietoelichting moet meebouwen aan dit fundament. Bouwen aan inzichten in de samenhang der dingen en de mogelijkheden die wetenschappelijke kennis ons biedt, maar tegelijkertijd ook de schoonheid laten zien van de natuur op alle niveaus, van celmembraan tot ecosysteem. Laat jonge mensen dat ontdekken en zich daarover verwonderen en leer ze met die complexiteit van het leven omgaan.

Het onderwijs kan niet zonder vernieuwingen. In het licht van de diverse ontwikkelingen in en buiten de biologie is het dan ook goed om het onderwijstraject 'van vier tot achttien' weer eens te analyseren en te doordenken welke aanpassingen op middenlange termijn wenselijk zijn. Ik heb dan ook graag meegewerkt aan het voorliggende advies dat beoogt om het Nederlandse biologietoelichting nog beter te maken dan het al is. Dit advies beoogt een stap te zijn in een traject van veranderingen, waarvan ik van harte hoop dat alle betrokken partijen deze als zinvol beschouwen en daaraan graag hun medewerking zullen verlenen.

Als de tot nu toe ondervonden vriendschappelijke samenwerking tussen de Biologische Raad, het Nederlands Instituut voor Biologie en de Nederlandse

Vereniging voor Onderwijs in de Natuurwetenschappen en het grote enthousiasme van de deelnemers aan het symposium op 8 november 2002 een voorbode is van de komende periode dan mogen wij ons gelukkig prijzen.

Ik beveel het voorliggende advies graag in ieders aandacht aan.

prof. dr. ir. R. Rabbinge,  
voorzitter Biologische Raad

## **Inhoud**

1. Inleiding 9
  2. De positie van het schoolvak biologie 11
  3. Typering van het schoolvak biologie 15
    - 3.1 Van integratieve biologie naar samenhangend onderwijs 15
    - 3.2 Karakterisering van samenhangend biologieonderwijs 18
  4. Naar samenhangend biologieonderwijs in de praktijk 23
    - 4.1 Biologie in het basisonderwijs 24
    - 4.2 Biologie in de basisvorming 25
    - 4.3 Biologie in de bovenbouw 26
  5. Aansluiting met het hoger onderwijs 29
  6. Aanbevelingen 31
- Literatuur 36
- Bijlage  
Samenstelling Commissie Onderwijs van de Biologische Raad 39
- Lijst van gebruikte afkortingen 40





In 2001 bracht de KNAW het advies *Biologie: een vitaal belang uit*.<sup>1</sup> In dat advies worden, op basis van een karakterisering van het recente biologisch onderzoek, voorstellen gedaan voor een landelijke taakverdeling van biologisch onderzoek. Het advies bouwt voort op een in 1997 verschenen rapport van de Verkenningcommissie Biologie, getiteld *Biologie: het leven centraal*.<sup>2</sup> In beide rapporten, en met name in het rapport van de Verkenningcommissie, worden ontwikkelingen in het biologisch onderzoek van de afgelopen 15 jaar geschetst. Deze ontwikkelingen hebben enerzijds geleid tot een maatschappelijke herwaardering van de biologie en anderzijds tot een nadere karakterisering van de biologie als wetenschap. De Biologische Raad is van mening dat het gewenst is in aansluiting daarop de plaats en inhoud van het schoolvak biologie opnieuw te waarderen en definiëren, mede in het licht van de knelpunten die zich in het huidige biologieonderwijs aan 4- tot 18-jarigen voordoen.<sup>3</sup>

De Biologische Raad ziet het mede als zijn taak om de positie en typering van het onderwijs in de biologie te bewaken en om over gewenste ontwikkelingen daarvan advies uit te brengen. Daarmee wil de Raad tevens richting geven aan een volgens de Raad gewenste aanpassing van de huidige kerndoelen voor basisonderwijs en basisvorming en examenprogramma's voor vmbo, havo en vwo, ook al berust de verantwoordelijkheid voor de vaststelling van kerndoelen en examenprogramma's bij het ministerie van ocnw.

Op grond van bovenstaande overwegingen heeft de Biologische Raad in zijn vergadering van 23 november 2001 besloten een commissie onderwijs samen te stellen die de opdracht kreeg een advies over het biologieonderwijs voor te bereiden. De commissie heeft een concept-advies opgesteld, dat is besproken in de vergadering van de Biologische Raad van 7 juni 2002. Een aangepaste versie is daarna bediscussieerd op een op 8 november 2002 door de Biologische Raad, het Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI) en de Nederlandse Vereniging voor Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON) georganiseerd symposium, getiteld *Biologieonderwijs: een vitaal belang*.<sup>4</sup> Vervolgens heeft de Biologische Raad de aangepaste versie van het conceptadvies op 14 november 2002 ten tweede male besproken. De commissie heeft daarna het conceptadvies op basis van de uitkomsten van het symposium, de mede daardoor gegenereerde schriftelijke commentaren en de bespreking in de Biologische Raad het concept-advies op een groot aantal punten aangepast. De Biologische Raad heeft het advies via zijn voorzitter vervolgens vastgesteld.

In dit advies wordt het schoolvak biologie geherwaardeerd en gekarakteriseerd, op grond van de herijking van de biologie als wetenschap, zoals beschreven in beide bovengenoemde rapporten. Daarmee wil niet de Raad niet de suggestie wekken dat de inhoud van het biologieonderwijs uitsluitend bepaald

<sup>1</sup> KNAW (2001).

<sup>2</sup> KNAW (1997).

<sup>3</sup> Voor een overzicht van bestaande knelpunten in het biologieonderwijs zie Boersma (2000b, 2001), Boersma & Schermer (2001) en Moréllis et al. (2001).

<sup>4</sup> Voor een impressie van het symposium zie Schalk (2002b).

zou moeten worden vanuit de biologie als wetenschap. Integendeel, in dit advies wordt er van uitgegaan dat de doelstellingen voor het biologieonderwijs, zoals destijds ook is vastgesteld door de Werkgroep Examenprogramma's Biologie, voor leerlingen relevant moeten zijn vanuit het oogpunt van persoonlijke en maatschappelijke vorming en/of vanuit het oogpunt van vervolgopleiding en beroep. De Raad pleit daarvan uitgaand echter wel voor een herijking van het biologieonderwijs, mede vanuit de positie van de biologie als wetenschap en de ontwikkelingen daarin.

In hoofdstuk 2 wordt eerst op het maatschappelijk belang van de biologie ingegaan en op de conclusies die daaraan zouden moeten worden verbonden voor de positie van het schoolvak biologie. Daarop aansluitend wordt in hoofdstuk 3 het concept *samenhangend biologieonderwijs* uitgewerkt. In hoofdstuk 4 wordt dit concept uitgewerkt voor het basisonderwijs, de basisvorming, en de bovenbouw vmbo, havo en vwo en vergeleken met de huidige situatie in die sectoren. In hoofdstuk 5 wordt uiteengezet wat samenhangend biologieonderwijs betekent voor de aansluiting met het hoger onderwijs en welke maatregelen genomen kunnen worden om die aansluiting te verbeteren. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 een aantal aanbevelingen gedaan die tot ontwikkeling en implementatie van samenhangend biologieonderwijs moeten leiden.

In het rapport van de Verkenningcommissie Biologie, *Biologie: het leven centraal* (KNAW, 1997) wordt uiteengezet dat de biologie als wetenschap zich de afgelopen vijftien jaar onstuimig heeft ontwikkeld. De biologie heeft zich in die periode dan ook ontwikkeld tot een discipline met een grote maatschappelijke betekenis. De afgelopen decennia hebben de biologie en de biotechnologie op het gebied van gezondheid, voeding en milieu een zodanige explosieve groei vertoond, dat thans iedereen dagelijks met aspecten daarvan in aanraking komt. Door het toegenomen belang van de biologie voor onze samenleving is echter ook de verwachting dat maatschappelijke problemen, bijvoorbeeld op het gebied van gezondheid, voeding en duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen, door de biologie kunnen worden opgelost, sterk toegenomen. Zonder overdrijving kan worden gesteld dat biologie thans, in het begin van de 21e eeuw, zowel voor de huidige, sterk technologische, kennissamenleving als voor mensen individueel van vitaal belang is.

De toegenomen maatschappelijke betekenis van de biologie vraagt om een herwaardering van de het schoolvak biologie. Immers, als de betekenis van de biologie maatschappelijk gezien zo sterk is toegenomen, ligt het ook voor de hand dat de biologie ook een belangrijke plaats inneemt als schoolvak. De Raad is dan ook van mening dat biologieonderwijs voor leerlingen van 4 tot 18 jaar van vitaal belang is. Daarbij moet worden benadrukt dat het, gezien het algemene maatschappelijke belang van de biologie, zowel gaat om het belang van het schoolvak biologie uit het oogpunt van algemene vorming, als om het belang uit het oogpunt van doorstroming naar het mbo, hbo en wo voor studenten die een natuurwetenschappelijke, milieukundige, (para)medische, landbouwkundige of technische studie kiezen. Daarnaast vraagt het biologieonderwijs als verplicht vak in het vmbo sectordeel Zorg en Welzijn en als keuzevak in het vmbo sectordeel Landbouw om herijking in relatie tot de hieraan gekoppelde beroepsgerichte programma's, met als oogmerk een bijdrage te leveren aan het verbeteren van de doorstroom van deze vmbo-opleidingen naar de eraan gekoppelde mbo-opleidingen. Als de huidige positie van het schoolvak biologie vergeleken wordt met het vitale belang dat de Raad daaraan toekent, dan constateert de Biologische Raad dat zich in het huidige programma op vier plaatsen serieuze knelpunten voordoen.

Het eerste knelpunt doet zich voor in het basisonderwijs. In het basisonderwijs maakt biologie deel uit van het leergebied natuuronderwijs. Vanaf groep 5 wordt gemiddeld niet meer dan 5 kwartier natuuronderwijs per week gegeven.<sup>5</sup> Daarbinnen wordt overigens niet alleen aandacht besteed aan biologie, maar ook aan natuurkunde, scheikunde, milieu, gezond gedrag en techniek. De lage prioriteit die natuuronderwijs op de basisscholen heeft, wordt voor een deel bepaald door het belang dat Pabo's aan natuuronderwijs toekennen. Doordat de Pabo's vooral aandacht hebben voor pedagogisch en onderwijskundig aspecten, is de aandacht voor natuuronderwijs, en dat geldt zowel voor de inhoudelijke als de didactische

<sup>5</sup> SLO (1993).

aspecten, zo gering<sup>6</sup> dat de studenten zich niet meer voldoende voor natuuronderwijs kunnen kwalificeren.

Die situatie is niet in overeenstemming met het belang dat natuuronderwijs voor basisschoolleerlingen heeft, omdat de belangstelling van leerlingen voor natuur en techniek in sterke mate gedurende de basisschoolperiode wordt gevormd.<sup>7</sup> Het belang van natuuronderwijs staat in schril contrast met de tijd die daar nu aan wordt besteed. De Biologische Raad is dan ook van mening dat het noodzakelijk is dat in het basisonderwijs meer tijd besteed wordt aan natuuronderwijs dan thans het geval is. In het inmiddels door de Commissie Kerndoelen Basisonderwijs uitgebrachte rapport<sup>8</sup> wordt voorgesteld 15% van de onderwijstijd aan natuur en techniek te besteden. Meer tijd besteden aan natuuronderwijs is echter alleen goed mogelijk als leerkrachten daartoe adequaat worden opgeleid. Het is dan ook noodzakelijk dat de huidige en aanstaande leraren basisonderwijs de daarvoor vereiste competenties verwerven. Om aan te geven op welke manier dat kan worden gerealiseerd is nader onderzoek en overleg noodzakelijk.

Het tweede knelpunt doet zich voor ten aanzien van de diepgang van het schoolvak biologie uit het oogpunt van algemene vorming. Voor veel leerlingen is biologie in de basisvorming eindonderwijs. Met name voor leerlingen in het vmbo blijkt dat binnen de thans beschikbare tijd voor biologie onvoldoende tijd besteed kan worden aan de persoonlijke en maatschappelijke betekenis van de biologie, en met name aan ethische keuzen ten aanzien van thema's als duurzaamheid, gezondheid en erfelijkheid.

Onduidelijk is voorsnog hoe de positie van het schoolvak biologie in de basisvorming zich de komende jaren zal ontwikkelen. Nadat de onderwijsinspectie geconstateerd had dat het programma in de basisvorming overladen was<sup>9</sup>, heeft de Onderwijsraad een advies uitgebracht<sup>10</sup> met een voorstel voor een leergebied science, bestaand uit biologie, natuur-/scheikunde en techniek, en om dat een plaats te geven in het kerncurriculum. Het kabinet stelde echter voor om scholen voorsnog een keuze te laten maken uit twee van de vakken biologie, natuur-/scheikunde, techniek en verzorging.<sup>11</sup> Daarmee dreigt biologie voor een grote groep leerlingen als algemene vorming te vervallen. De  $\beta$ -federatie heeft zich inmiddels op het standpunt gesteld dat de 9 jaaruren die thans aan onderwijs in natuurwetenschap en techniek worden besteed, behouden moeten blijven.<sup>12</sup> De door de staatssecretaris van ocnw ingestelde Taakgroep Basisvorming moet nu onder meer advies uitbrengen over het leergebied science.

De Biologische Raad deelt het standpunt van de  $\beta$ -federatie en is van mening

<sup>6</sup> Van Harte & Kwikkel (2002).

<sup>7</sup> Van Geert (2001).

<sup>8</sup> Commissie Kerndoelen Basisonderwijs (2002).

<sup>9</sup> Inspectie van het Onderwijs (1999a, b)

<sup>10</sup> Onderwijsraad (2001).

<sup>11</sup> ocnw (2001).

<sup>12</sup> Brief van de  $\beta$ -federatie d.d. 25 januari 2002 aan de leden van de Vaste Kamercommissie voor ocnw van de Tweede Kamer.

dat het ongewenst is om binnen de periode van basisvorming minder tijd aan biologie te besteden dan thans. Daarbij wordt aangetekend dat het de voorkeur verdient om uit te gaan van functionele relaties tussen voor de basisvorming vast te stellen vakinhouden voor biologie, natuur- en scheikunde, techniek en verzorging en niet a priori te kiezen voor een leergebied science. Scholen zouden de ruimte moeten krijgen om zelf een keuze te maken voor de wijze waarop de samenhang tussen deze vakken wordt uitgewerkt.

Het derde knelpunt doet zich voor ten aanzien van de biologie in de beroepsgerichte programma's van het vmbo en de aansluiting met het mbo. In de sector Zorg en Welzijn is biologie thans een verplicht vak, terwijl leerlingen die de sector Landbouw volgen een keuze moeten maken voor natuur- en scheikunde 1 of biologie. Leerlingen die binnen Landbouw voor biologie kiezen, doen echter hetzelfde examen als leerlingen die biologie volgen in de sector Zorg en Welzijn. Dat betekent dat biologie in beide sectoren vooral een algemeen vormend karakter heeft en onvoldoende relevant is voor doorstroming naar het mbo.<sup>13</sup> Het is dan ook gewenst dat voor de sectoren Zorg en Welzijn en Landbouw beroepsgerichte biologieprogramma's ontwikkeld worden die relevant zijn voor doorstroming naar aansluitende beroepsprogramma's in het mbo.

Het vierde knelpunt doet zich voor ten aanzien van de plaats van het schoolvak biologie in de profielen in de bovenbouw havo/vwo. Naast het vak biologie wordt ook in het vak Algemene Natuurwetenschappen (ANW) aandacht aan biologie geschonken. ANW is thans verplicht voor alle leerlingen in havo en vwo. Het vak biologie heeft als profielvak alleen een plaats in het profiel Natuur & Gezondheid. Daarnaast kunnen havo- en vwo-leerlingen die voor andere profielen opteren biologie als (deel)vak kiezen, al is voor havo geen deelvak biologie gedefinieerd. Dat impliceert dat havo- en vwo-leerlingen die het profiel Natuur & Techniek hebben gevolgd zonder biologie het hoger onderwijs kunnen instromen.

Deze situatie wordt nog verergerd als de recente beleidsvoornemens van ocnw<sup>14</sup> worden uitgevoerd. Om de studielast terug te brengen en de keuze-ruimte voor scholen te vergroten is voorgesteld ANW voor havo- en vwo-leerlingen met een profiel Natuur & Gezondheid of Natuur & Techniek te laten vervallen, om alle deelvakken te schrappen, om de profielvakken voor vwo terug te brengen van 480 uur naar 400 uur, en om het aantal profielvakken te beperken tot drie, namelijk wiskunde en twee andere vakken. Dat zou betekenen dat leerlingen met een diploma Natuur & Gezondheid als ze het ho instromen lang niet meer allemaal natuurkunde zullen hebben gevolgd.

De Biologische Raad is van mening dat het noodzakelijk is dat leerlingen die een natuurwetenschappelijke of technische opleiding willen volgen over een diepgaander kennis van de biologie, natuurkunde en scheikunde beschikken dan thans in de basisvorming wordt gerealiseerd. Voorts wijst de Biologische Raad er op dat biologie in multi- en interdisciplinair onderzoek in toenemende mate een spilfunctie vervult en dat veel fysisch en chemisch onderzoek plaatsvindt in

<sup>13</sup> Wagenaar (2000).

<sup>14</sup> ocnw (2002, 2003)

een biologische context. Het is dan ook gewenst om de natuurwetenschappelijke profielen zodanig in te richten dat zowel in het profiel Natuur & Gezondheid als in het profiel Natuur & Techniek de vakken wiskunde, biologie, scheikunde en natuurkunde worden opgenomen.

## 3.1

**Van integratieve biologie naar samenhangend biologieonderwijs**

In het rapport *Biologie: het leven centraal* worden vijf ontwikkelingen geschetst die zich de afgelopen vijftien jaar in het biologisch onderzoek hebben voorgedaan;

1. Voortgaande integratie van onderzoek op verschillende organisatieniveaus, met name door toepassing van moleculaire technieken in ontwikkelingsbiologie, fysiologie en ecologie.
2. Onderzoek vindt in toenemende mate plaats aan modelorganismen, vanuit het inzicht dat fundamentele biologische processen veelal soortonafhankelijk zijn. Als gevolg daarvan zijn de grenzen tussen zoölogie, botanie en microbiologie grotendeels vervaagd.
3. Biologisch onderzoek wordt in toenemende mate gestuurd vanuit maatschappelijke problemen op het gebied van voeding, gezondheid en milieu. Onderzoek aan deze maatschappelijke problemen vraagt veelal om een multi- of interdisciplinaire aanpak.
4. Het biologisch onderzoek heeft zich sterk verdiept door uitbreiding van technologische en methodische mogelijkheden op het gebied van informatietechnologie, het modelleren van biologische processen, moleculaire technieken, en methodieken om onderzoek *in situ* uit te voeren.
5. De aandacht voor ethische aspecten van biologisch onderzoek, bijvoorbeeld ten aanzien van dierproeven, recombinant DNA en transgene organismen is sterk toegenomen.

Deze vijf ontwikkelingen in de biologie als wetenschap zijn om twee redenen ook voor de biologie als schoolvak van belang. In de eerste plaats hebben deze vijf ontwikkelingen ieder een equivalent in het huidige biologieonderwijs of in discussies daarover. Vanuit het schoolvak kunnen de ontwikkelingen in de biologie als wetenschap dan ook als legitimering worden gezien van ontwikkelingen die thans in het biologieonderwijs plaatsvinden of wenselijk worden geacht. In de tweede plaats zijn de vijf ontwikkelingen van belang vanuit het oogpunt van aansluiting met het hoger onderwijs. Als de vijf ontwikkelingen hun neerslag tevens vinden in de biologie als schoolvak, wordt met de implementatie daarvan met name de aansluiting met de universitaire biologie, en biomedische en landbouwopleidingen verbeterd.

De vijf ontwikkelingen in de biologie als wetenschap zijn ook van belang voor het vmbo, al is er, zolang nog geen beroepsgerichte, sectorspecifieke programma's zijn getypeerd, nog weinig zicht op de wijze waarop ze daarin kunnen worden uitgewerkt. Om die reden is er vooralsnog voor gekozen om samenhangend biologieonderwijs vooral te omschrijven vanuit algemeen vormend perspectief en te bezien vanuit doorstroming naar het hoger onderwijs.

Voor ieder van deze vijf ontwikkelingen in het biologisch onderzoek wordt nu het equivalent in de biologie als schoolvak kort aangeduid.

### *ad 1. Samenhangende biologische kennis*

Integratieve biologische kennis is niet alleen van belang binnen het biologisch onderzoek, maar ook voor leerlingen in het basisonderwijs en voortgezet onderwijs. Veel leerlingen beschikken niet over samenhangende biologische kennis.<sup>15</sup> Het gegeven dat we biologische systemen alleen kunnen begrijpen als we de processen die op verschillende organisatieniveaus spelen aan elkaar relateren is voor de meeste biologen vanzelfsprekend. In hun manier van argumenteren ‘springen’ zij, zonder dat ze het zich realiseren, van het ene naar het andere organisatieniveau. Voor leerlingen levert dat grote problemen op. Biologiedidactisch onderzoek<sup>16</sup> laat zien dat de complexiteit van onderwerpen als erfelijkheid en evolutie, waarbij processen op populatieniveau, organismaal niveau, cellulair en moleculair niveau een essentiële rol spelen, afneemt als expliciet gemaakt wordt welke processen per organisatieniveau aan de orde zijn en als de kennis daarvan vanuit organismaal niveau wordt opgebouwd.

### *ad 2. Kennis van algemene levensprocessen*

Het toenemend gebruik van modelorganismen illustreert dat het onderzoek zich in sterke mate richt op algemene biologische processen. Dezelfde keuze is, met name in havo en vwo, gemaakt voor het schoolvak biologie. Ook het schoolvak biologie richt zich op algemene levensprocessen. Daarbij wordt thans echter te eenzijdig aandacht geschonken aan het cellulair en moleculair niveau en wordt te weinig de betekenis daarvan voor het organismale niveau en hogere niveaus benadrukt. De laatste jaren is er voor gepleit om het biologieonderwijs te structureren rond een beperkt aantal sleutelbegrippen, zoals homeostase<sup>17</sup> en evolutie. Het kunnen hanteren van sleutelbegrippen en daarop gebaseerde perspectieven is een voorwaarde om biologische problemen aan te kunnen vatten. Geconstateerd moet worden dat het schoolvak biologie thans door de eenzijdige gerichtheid op gezondheid, veelal eenzijdig voor de mens wordt uitgewerkt.<sup>18</sup>

### *ad 3. Persoonlijk en maatschappelijk relevante contexten<sup>19</sup>*

In het biologieonderwijs wordt het, evenals in biologisch onderzoek, van belang gevonden om biologische kennis te verbinden met voor leerlingen persoonlijk betekenisvolle en maatschappelijk gezien relevante contexten op het gebied

<sup>15</sup> Núñez & Banet (1997) en Ramadas & Nair (1996) laten zien dat leerproblemen met betrekking tot onderwerpen als voeding en spijsvertering het gevolg zijn van het onvoldoende zien van samenhang. Ook ten aanzien van celbiologische kennis is geconstateerd dat leerlingen en leraren veelal over onsamenhangende kennis beschikken (Dreyfus & Jungwirth, 1989; Douvdevany, Dreyfus & Jungwirth, 1997).

<sup>16</sup> Knippels (2002).

<sup>17</sup> Onderzoek naar het sleutelbegrip homeostase is uitgevoerd door Kamp (2000); pleidooien voor structurering van het biologieprogramma rond sleutelbegrippen zijn onder meer te vinden in Boersma & Schermer (2001) en Kamp & Boersma (2001).

<sup>18</sup> Daarbij wordt er aan voorbij gegaan dat biologie als profielvak niet alleen toelating geeft tot (bio)medische, maar ook tot landbouwkundige opleidingen. Ook vanuit het oogpunt van algemene vorming is deze eenzijdigheid ongewenst: om leerlingen te leren zien dat het om algemene levensprocessen gaat, is het niet voldoende om die kennis op te bouwen aan de hand van slechts één modelorganisme, i.c. de mens.

<sup>19</sup> Onder context wordt hier verstaan een praktijk (vgl. huisartsenpraktijk) waarin mensen voor de praktijk en henzelf betekenisvolle activiteiten uitvoeren (Van Oers, 1998). Een onderscheid kan gemaakt worden tussen persoonlijke en maatschappelijke contexten enerzijds en disciplinaire contexten anderzijds.



van gezondheid, voeding en milieu.<sup>20</sup> Discussie wordt gevoerd over de vraag in hoeverre de contexten nu moeten bepalen welke biologische kennis (en kennis van andere vakken) wordt aangeboden, of dat andersom vanuit de biologie de verbinding met contexten moet worden gelegd.<sup>21</sup>

#### *ad 4. Technieken en methodieken*

De verdieping die in het biologisch onderzoek optreedt als gevolg van de beschikbaarheid van nieuwe technieken en methodieken zien we ook in beperktere mate in het huidige biologieonderwijs. In de eerste plaats kan geconstateerd worden dat ICT ook in het schoolvak biologie, zij het nog in beperkte mate, functioneel wordt gebruikt, bijvoorbeeld bij het uitvoeren van practicum. Voor havo/vwo is een project gestart waarbij leerlingen onder meer biologische systemen leren modelleren.<sup>22</sup> Aan een aantal moleculaire technieken wordt vaak beperkt aandacht besteed voor zover ze gerelateerd worden aan maatschappelijke discussies en ethische vragen. Daarnaast is in het biologieonderwijs thans veel aandacht voor onderzoeken, onder meer voor de wijze waarop door onderzoek geldige of bruikbare wetenschappelijke kennis kan worden verkregen.<sup>23</sup>

#### *ad 5. Ethische aspecten*

Geconstateerd kan worden dat de afgelopen tien jaar in het biologieonderwijs de belangstelling voor ethische aspecten sterk is toegenomen. Die belangstelling leidt tot aandacht voor waardevorming en oordeels- en besluitvorming op het gebied van natuur & milieu, erfelijkheid en gezondheid.<sup>24</sup> Ook in het biologieonderwijs wordt deze problematiek verbonden met aspecten van risicoanalyse. Tot op heden is echter geen adequate didactiek voor oordeels- en besluitvorming ontwikkeld, al zijn aanzetten daartoe wel beschikbaar.<sup>25</sup>

Op grond van deze ontwikkelingen binnen het schoolvak biologie, en op grond van het belang van een goede aansluiting met het mbo en het hoger onderwijs formuleert de Biologische Raad de volgende doelstellingen voor het biologieonderwijs. Het biologieonderwijs moet zich richten op:

- Het verwerven van denk- en werkwijzen die worden gehanteerd om biologische problemen aan te pakken<sup>26</sup>, en de daarvoor vereiste algemeen biologische kennis op alle organisatieniveaus die in de biologie worden onderscheiden.

<sup>20</sup> In de toelichting bij het advies over de huidige examenprogramma's voor havo en vwo (Stuurgroep Profiel Tweede Fase, 1995) is aangegeven dat de eindtermen in realistische contexten aangeleerd, toegepast en getoetst moeten worden. De vermelding van contexten bij de eindtermen is echter niet in de definitieve examenprogramma's overgenomen.

<sup>21</sup> Boersma (2001) en Boersma & Schermer (2001).

<sup>22</sup> Het project leren modelleren wordt uitgevoerd op een aantal Utrechtse scholen. Voor biologie is ondermeer lesmateriaal ontwikkeld waarmee leerlingen de waterhuishouding van het menselijk lichaam modelleren (Westra & Savelsbergh, 2001).

<sup>23</sup> In het lopende promotieonderzoek van Schalk (2001, 2002a) wordt onderzoek gedaan naar de wijze waarop leerlingen bij het uitvoeren van onderzoek 'begrip van bewijs' kunnen verwerven.

<sup>24</sup> Zie bijvoorbeeld Waarlo (1998, 1999) en Robottim (2002).

<sup>25</sup> Kortland (2001).

<sup>26</sup> Hier wordt de elders gehanteerde term 'biologisch denken' vermeden (bijv. Boersma, 2001), omdat de bedoelde denk- en werkwijzen niet exclusief zijn voor de biologie (de Hullu, 2002).

- De verbinding van deze kennis, denk- en werkwijzen met maatschappelijk relevante vraagstukken op het gebied van voeding, biodiversiteit en duurzaamheid, landbouw, biotechnologie, erfelijkheid (genomics) en gezondheid.
- De met deze maatschappelijk relevante vraagstukken verbonden persoonlijke en maatschappelijke oordeels- en besluitvorming.
- De wijze waarop biologische kennis wordt ontwikkeld en methoden en technieken die daarbij worden gehanteerd.

Biologieonderwijs dat aan deze doelstellingen voldoet wordt hier aangeduid als *samenhangend biologieonderwijs*. Leerlingen verwerven met samenhangend biologieonderwijs een samenhangende kennis van de biologie en ontwikkelen daardoor een belangstelling voor de biologie, die er toe kan leiden dat zij kiezen voor een daarbij aansluitende vervolgopleiding in het mbo, hbo of wo.

De noodzaak om leerlingen een samenhangend programma aan te bieden is ook ingezien door de Inspectie van het Onderwijs, de Onderwijsraad en ocnw. De inmiddels voorgestelde maatregelen om de samenhang te vergroten zijn echter eenzijdig gericht op de samenhang tussen vakken.<sup>27</sup> De Biologische Raad onderschrijft het belang daarvan, maar is van mening dat daarnaast ook maatregelen getroffen moeten worden die zich richten op de samenhang in het schoolvak biologie zelf. Samenhangend biologieonderwijs dient zich dan ook zowel te richten op de interne als de externe samenhang.

## 3.2

### Karakterisering van samenhangend biologieonderwijs

Samenhangend biologieonderwijs zoals hierboven omschreven stelt eisen aan doelstellingen, inhoud en structuur van het programma. De samenhang kan op de volgende negen manieren tot uitdrukking te komen:

#### *1. Samenhang in denken, doen en ervaren*

In het Nederlandse biologieonderwijs bestaat een sterke traditie van informatie-overdracht, ook al is er bij herhaling door biologieleraren en biologiedidactici voor gepleit om een programma te ontwikkelen dat zich richt op ontwikkeling van hoofd, hart en handen. Informatieoverdracht blijkt weinig effectief te zijn en leidt meestal niet tot een inhoudelijke motivatie van leerlingen. Door het biologieonderwijs te richten op de ontwikkeling van voor leerlingen betekenisvolle competenties kunnen cognitieve aspecten, vaardigheidsaspecten, attitudes en normatieve aspecten op een vanzelfsprekende manier met elkaar worden verbonden en kunnen leerlingen een inhoudelijke motivatie voor biologie ontwikkelen. Dat vraagt om biologieonderwijs waarin de activiteit van de leerlingen centraal staat en waarin leerlingen de kans krijgen betekenis toe te kennen aan het biologische object waar hun activiteit zich op richt.

<sup>27</sup> Inmiddels zijn twee door de Stichting Axis en ocnw gefinancierde onderzoeken uitgevoerd die zich richten op beschrijving en analyse van 'good practice' op het gebied van samenhangend natuurwetenschappelijk en techniek onderwijs in de basisvorming (Geraedts et al., 2001) en de tweede fase (Zegers et al., 2002).

## *2. Samenhang tussen structuren en verschijnselen op een zelfde organisatieniveau (horizontale samenhang)*

In het huidige biologieonderwijs worden verschijnselen op organismaal niveau, zoals ademhaling en bloedsomloop, aanvankelijk gescheiden van elkaar behandeld; pas in de bovenbouw havo/vwo worden de relaties daartussen tot op moleculair niveau uitgewerkt. Met name leerlingen die geen biologie in havo of vwo doen, ontwikkelen daardoor veelal weinig samenhangende biologische kennis. In de basisvorming hebben veel leerlingen moeite om de dynamiek van complexe systemen als levensgemeenschappen te doorzien.<sup>28</sup> Leerlingen moeten leren dat biologische verschijnselen niet geïsoleerd kunnen worden beschouwd en binnen het gehele biologisch systeem moeten worden gezien.<sup>29</sup>

## *3. Samenhang tussen structuren en verschijnselen op verschillende organisatieniveaus (verticale samenhang)*

Voor leerlingen zijn complexe onderwerpen als erfelijkheid en stofwisseling alleen goed te doorzien, als de daarvoor relevante kennis geordend wordt naar organisatieniveau en vervolgens met elkaar in samenhang wordt gebracht. Daarbij verdient het de voorkeur eerst vanuit het organismale niveau af te dalen naar het cellulaire en moleculaire niveau en om vervolgens weer op te stijgen naar het organismale niveau.<sup>30</sup> Voor verschijnselen op populatie- of ecosysteemniveau moet vanuit organismaal niveau eerst worden opgestegen. Indien de verticale samenhang niet voldoende wordt uitgewerkt, blijft veel biologische kennis voor leerlingen abstract en complex.

## *4. Samenhang tussen biologische kennis en contexten*

De biologie die wordt aangeboden is lang niet altijd verbonden met voor leerlingen relevante of maatschappelijk gezien relevante contexten en slechts incidenteel wordt vanuit een specifieke context de daarbinnen relevante biologische kennis uitgewerkt. Een gevolg daarvan is dat veel leerlingen van veel biologische kennis de relevantie niet goed kunnen overzien en, andersom, evenmin leren zien dat maatschappelijk relevante kwesties betreffende voeding, gezondheid en milieu alleen kunnen worden begrepen en aangepakt indien over biologische kennis wordt beschikt. Persoonlijke en maatschappelijke oordeels- en besluitvorming dient met deze thema's te worden verbonden.

## *5. Samenhang in biologische kennis door de ontwikkeling van denk- en werkwijzen*

Een biologieprogramma dat zich richt op de ontwikkeling van denk- en werkwijzen die in de biologie worden gehanteerd zou met name aandacht kunnen schenken aan evolutionair denken, vorm-functiedenken, systeemdenken

<sup>28</sup> Barman et al. (1995), Hogan (2000).

<sup>29</sup> Wagenaar (1998).

<sup>30</sup> Knippels (2002).

en empirisch-analytisch denken.<sup>31</sup> Daarbij is het gewenst een onderscheid te maken tussen enerzijds sleutelbegrippen en daarop gebaseerde perspectieven, en anderzijds feitelijke kennis die alleen binnen specifieke contexten van belang is. Veel feitelijke kennis kan betekenis krijgen als voorbeeld en kan uit de exameneisen worden geschrapt. Door het biologieprogramma te richten op de ontwikkeling van sleutelbegrippen en perspectieven wordt een bijdrage geleverd aan de vermindering van de overladenheid van het programma, een van de grote problemen van het huidige biologieonderwijs. Daardoor kan ook worden voorkomen dat bepaalde thema's worden overbelicht (zoals moleculaire biologie) of onderbelicht (zoals evolutie en plantkunde).

### *6. Samenhang tussen biologische kennis en de wijze van kennisverwerving*

In het biologieonderwijs is een zekere traditie in het doen van practicum. In de huidige examenprogramma's is opgenomen dat leerlingen moeten leren onderzoeken. Over de motieven voor het doen van practicum en de wenselijkheid en haalbaarheid van practicum en leren onderzoeken is echter veel onduidelijkheid.<sup>32</sup> Het is gewenst dat met name havo/vwo-leerlingen leren dat biologische kennis het resultaat is van onderzoek (empirische toetsing) en dat de vraag of we kennis verkregen uit onderzoek als geldige wetenschappelijke kennis accepteren mede afhangt van de wijze waarop dat onderzoek is uitgevoerd.

### *7. Samenhang in het biologieprogramma door de ontwikkeling van leerlijnen*

Door leerlijnen<sup>33</sup> uit te werken wordt voor leerlingen de inhoudelijke samenhang van het programma zichtbaar. Werken volgens een leerlijn impliceert dat, indien tussenliggende doelstellingen worden gerealiseerd, voortdurend wordt aangesloten bij voorkennis waarover leerlingen reeds beschikken. Veel biologieprogramma's, met name in het basisonderwijs en basisvorming, bestaan uit losse onderwerpen of verzuimen leerlingen de samenhang tussen de onderwerpen te expliciteren.

### *8. Samenhang met andere vakken*

In het huidige biologieonderwijs doet zich veelvuldig het probleem voor dat voor biologie relevante chemische, fysische, geografische, technische of wiskundige voorkennis op dat moment nog niet is aangeboden. Daarnaast zien we dat thema's als milieu in verschillende vakken worden uitgewerkt, zonder dat

<sup>31</sup> Boersma (2000a, 2001) heeft voorgesteld om evolutionair denken en vorm-functie-denken in te passen in systeemdenken. Voor de ontwikkeling van systeemdenken is het noodzakelijk dat leerlingen relevante sleutelbegrippen, als 'organisatieniveau' en 'homeostase' verwerven. In een nog niet afgerond promotieonderzoek naar de cel als systeem is een onderwijsleerstrategie ontwikkeld die zich zowel richt op de manier waarop leerlingen samenhangende celbiologische kennis verwerven als een eenvoudig systeembegrip (Verhoeff, Waarlo & Boersma, 2001). Janssen (2000) onderscheidt een aantal relevante perspectieven die uitgewerkt kunnen worden als heuristieken. Zo baseert ontwerpnd leren (Janssen, 1999) zich op het sleutelbegrip 'functie'.

<sup>32</sup> Stokking & Van der Schaaf (2000).

<sup>33</sup> Onder een leerlijn wordt verstaan een opeenvolging van leeractiviteiten die zich richt op de systematische ontwikkeling van een of meer specifieke doelstellingen (begrippen, vaardigheden, competenties). Soms wordt alleen de inhoudelijke component (leerstof) als leerlijnen weergegeven.

voor leerlingen duidelijk wordt hoe de binnen die vakken ontwikkelde kennis aan elkaar dient te worden gerelateerd. Het risico is niet alleen dat systeemscheiding in stand wordt gehouden, maar ook dat leerlingen relevante voorkennis niet adequaat ontwikkelen. Het is dan ook gewenst leerlijnen over de grenzen van andere vakken uit te werken en voor leerlingen zichtbaar te maken, zodat zij bij biologie optimaal gebruik kunnen maken van kennis die bij de vakken aardrijkskunde, ANW, natuurkunde, scheikunde, techniek, verzorging en wiskunde is verworven.

### *9. Samenhang met beroepsgerichte programma's*

Met name voor de bovenbouw van de sectoren Zorg en Welzijn en Landbouw van het vmbo is het van belang dat de samenhang wordt uitgewerkt met aansluitende beroepsgerichte programma's in het mbo. Daarnaast is het met name voor havo/vwo van belang dat aandacht besteed wordt aan oriëntatie op beroepen waar hbo-opleidingen en opleidingen voor wetenschappelijk onderwijs voor opleiden.



Het spreekt vanzelf dat de wijze waarop deze negen aspecten van samenhangend biologieonderwijs in het basisonderwijs, de basisvorming en de bovenbouw vmbo en havo/vwo kunnen worden uitgewerkt afhankelijk is van de ervaring en voorkennis van de leerlingen. Doordat sommige aspecten, zoals samenhang tussen structuren en verschijnselen op verschillende organisatieniveaus, pas aan de orde kunnen komen als de daarvoor vereiste voorkennis en ervaring is opgedaan, is het met name in het basisonderwijs niet mogelijk om aan alle aspecten van samenhangend biologieonderwijs evenveel aandacht te besteden. Bovendien moet bij uitwerking van samenhangend biologieonderwijs in de diverse sectoren vooral geredeneerd worden vanuit de vraag wat betekenisvol is voor de betreffende leerlingen. Daarom kunnen we verwachten dat met name in de bovenbouw havo/vwo, wel aan alle aspecten van samenhangend biologieonderwijs aandacht kan worden besteed. Onderstaande tabel geeft een indicatie van de mate waarin de negen aspecten van samenhangend biologieonderwijs in de vier sectoren van belang zijn.

**Tabel 1. Het relatieve belang van negen aspecten van samenhangend biologieonderwijs in het basisonderwijs, de basisvorming en de bovenbouw vmbo en havo/vwo.**

Samenhang	basisonderwijs	basisvorming	bovenbouw vmbo	bovenbouw havo/vwo
1. tussen denken, doen en ervaren	++	++	++	+
2. tussen structuren/verschijnselen op hetzelfde organisatieniveau	+	+	+	++
3. tussen structuren/verschijnselen op verschillende organisatieniveaus	+/-	+	+	++
4. tussen biologische kennis en contexten	+/-	++	++	++
5. door ontwikkeling van sleutelbegrippen	+	++	++	++
6. tussen biologische kennis en wijze van kennisverwerving	+/-	+/-	+/-	++
7. door ontwikkeling van leerlijnen	++	++	++	++
8. met andere vakken	+/-	+	+	++
9. met beroepsgerichte programma's	-	-	++	+

## Biologie in het basisonderwijs

Het is gewenst dat leerlingen op de basisschool een rijke ervaring opdoen met concrete biologische objecten en verschijnselen. In veel gevallen zullen die objecten deel uitmaken van de leefomgeving van de leerlingen zelf. Rekening houdend met de aard van het object en de belangstelling van de leerlingen kunnen daarbij ook andere dan biologische aspecten aan de orde komen. Samenhang in doen, denken en ervaren is essentieel voor basisschoolleerlingen. Daarbij dienen leerlijnen zodanig te worden uitgewerkt dat vanuit concrete ervaringen van de leerlingen een aantal elementaire sleutelbegrippen op organismaal niveau worden ontwikkeld, zoals plant, dier, voortbeweging, spijsvertering, voorplanting en interactie met het milieu. Door de ontwikkeling van de sleutelbegrippen vorm en functie wordt een basis gelegd voor ontwikkeling van voor de biologie karakteristieke denk- en werkwijzen. Daarnaast is van belang dat leerlingen practicum en veldwerk doen, om te ervaren dat kennis van biologische objecten verworven kan worden door empirische gegevens te verzamelen. Veelal hebben alleen wat oudere basisschoolleerlingen belangstelling voor de maatschappelijke betekenis van biologische objecten en verschijnselen.

Leraren basisonderwijs hebben meestal geen specifieke kwalificatie voor het verzorgen van natuuronderwijs. Velen van hen ervaren ook zelf een gebrek aan deskundigheid. Mede als gevolg daarvan wordt de biologie die thans binnen natuuronderwijs wordt aangeboden<sup>34</sup> veelal in sterke mate gestuurd door de gebruikte methode. De methoden omvatten een groot aantal biologische, natuurkundige en chemische onderwerpen en besteden daarnaast veelal ook aandacht aan aspecten van techniek, milieu en gezond gedrag. Ze omvatten vooral losse onderwerpen, meer dan binnen de beschikbare tijd kunnen worden aangeboden. Veel leraren basisonderwijs vinden het programma dan ook overladen. Niet alle onderwerpen die worden aangeboden, lijken even goed aan te sluiten bij de kennis en ervaring waarover de leerlingen beschikken. De methoden besteden niet systematisch aandacht aan de ontwikkeling van sleutelbegrippen en de inhoudelijke uitwerking van onderwerpen is niet altijd even zorgvuldig. Door leerkrachten wordt meestal weinig met concreet materiaal gewerkt en wordt weinig gebruik gemaakt van de schoolomgeving. Klassikale werkvormen hebben de overhand; werkbladen worden daarbij veelvuldig gehanteerd. Onderzoek laat zien dat de kerndoelen in onvoldoende mate worden gerealiseerd en dat veel leerlingen in onvoldoende mate aan de te stellen eisen voldoen. Voorts is onduidelijk in hoeverre prestaties van leerlingen kunnen worden toegeschreven aan de vraag of het betreffende onderwerp op school is aangeboden of niet.<sup>35</sup>

Vergelijking tussen het huidige en het gewenste biologieonderwijs voor het basisonderwijs maakt duidelijk dat op veel punten niet aan de gewenste situatie wordt voldaan. Knelpunten zijn enerzijds toe te schrijven aan de kwaliteit van

<sup>34</sup> Gegevens over biologie in het basisonderwijs zijn met name ontleend aan het Periodiek Peilingsonderzoek (PPO-N) (Wijnstra, 1999) en de Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) (Knuver, Doolaard & Matthijssen, 1997; Martin et al., 1997).

<sup>35</sup> Wijnstra (1999).



de opleiding voor leraar basisonderwijs<sup>36</sup>, waardoor de biologische kennis en het didactisch handelen van leraren veelal tekort schiet. Anderzijds zijn de knelpunten ook toe te schrijven aan de te geringe prioriteit die in het basisonderwijs aan natuuronderwijs wordt gegeven, en aan de kwaliteit van de gebruikte leermiddelen.

## 4.2

### **Biologie in de basisvorming**

In de basisvorming is het gewenst dat aandacht besteed wordt aan maatschappelijk relevante aspecten van de biologie door deze te verbinden met voor leerlingen relevante contexten. Door concrete leeractiviteiten uit te voeren, waarbij de samenhang tussen doen, denken en ervaren wordt bewaard, kunnen leerlijnen worden uitgewerkt waarin contexten zijn verbonden met sleutelbegrippen en perspectieven. Daarmee kan ook aandacht geschonken worden aan ontwikkeling van in de biologie gehanteerde denk- en werkwijzen. De sleutelbegrippen hebben niet alleen betrekking op het organismale niveau, maar ook op orgaanniveau en het niveau van de levensgemeenschap. Als gevolg daarvan is het gewenst niet alleen aandacht te besteden aan samenhang tussen structuren en verschijnselen op organismaal niveau, maar ook aan de samenhang met de andere organisatie-niveaus. Leerlijnen binnen biologie dienen aan te sluiten op de vakken natuur/scheikunde, aardrijkskunde, techniek, verzorging en wiskunde en op de leerlijnen die voor natuuronderwijs in de basisschool dienen te worden uitgewerkt. Noodzakelijk is leeractiviteiten voor een aanzienlijk deel het karakter van practicum of veldwerk te geven, om leerlingen te laten zien dat biologische kennis kan worden verworven door empirische gegevens te verzamelen.

Voor de meeste docenten<sup>37</sup> is het gebruikte leerboek in sterke mate bepalend voor het programma dat zij de leerlingen aanbieden. Doordat de auteurs van methoden voor een ruime interpretatie van de kerndoelen hebben gekozen is het programma overladen als de methode te letterlijk wordt gevolgd. Bovendien vertoont het programma voor leerlingen weinig interne samenhang en sluit het niet altijd aan bij voor leerlingen relevante contexten. Als gevolg daarvan ontwikkelen leerlingen een te fragmentarisch beeld van de biologie. Samenhang met andere vakken ontbreekt meestal, evenals de aansluiting met natuuronderwijs in de basisschool.

Biologiedocenten gebruiken in de basisvorming relatief veel klassikale werkvormen, vanuit de aanname dat kennisoverdracht effectief is. Actieve werkvormen, waaronder practicum en veldwerk worden relatief weinig gebruikt. De mogelijkheden daartoe op vmbo-scholen zijn veelal beperkt, doordat vaak geen technisch onderwijs assistent (TOA) beschikbaar is. Aandacht voor zelfwerkzaamheid van leerlingen is veelal beperkt en veel leraren houden maar beperkt rekening met verschillen tussen leerlingen.

<sup>36</sup> Van Harte & Kwikkel (2002).

<sup>37</sup> Gegevens over het biologieonderwijs in de basisvorming zijn met name ontleend aan het evaluatieonderzoek van de Inspectie van het Onderwijs (1999b).

Vergelijking tussen het huidige biologieonderwijs in de basisvorming en het gewenste biologieonderwijs laat zien dat zich enkele knelpunten voordoen. De oorzaken van die knelpunten zijn met name de overladenheid van het programma dat docenten uitvoeren, op grond van een te ruime interpretatie van de kerndoelen, en een tekort aan samenhang. Daardoor ontbreken de condities om veel gebruik te maken van meer tijd kostende actieve werkvormen. Aandacht voor leermiddelen, het didactisch handelen van docenten, de kerndoelen en de wijze waarop ze worden uitgewerkt is gewenst.

### 4.3

#### **Biologie in de bovenbouw**

Het is noodzakelijk dat leerlingen een algemene kennis van biologische processen en structuren verwerven op alle organisatieniveaus, op een wijze die past bij ieders mogelijkheden. Het is dan ook noodzakelijk dat gedifferentieerd wordt naar onderwijsniveau. Daarbij gaat het meer om het verwerven van in de biologie gehanteerde denk- en werkwijzen, door gebruik te maken van sleutelbegrippen en de daarmee verbonden perspectieven, dan om het verwerven van veel specifieke kennis. Het programma moet zich enerzijds, vanuit het oogpunt van algemene vorming, richten op wat in voor leerlingen betekenisvolle contexten relevant is, en anderzijds op beroeps- of disciplinaire contexten uit het oogpunt van aansluiting bij de vervolgopleiding. Sleutelbegrippen, perspectieven en contexten moeten daarom met elkaar verbonden worden.<sup>38</sup> Doordat veel thema's betrekking hebben op meerdere organisatieniveaus is het noodzakelijk niet alleen de relaties tussen structuren en verschijnselen op hetzelfde organisatieniveau uit te werken, maar met name ook de relaties tussen organisatieniveaus. Leerlijnen dienen verbonden te worden met beroepsgerichte programma's en de vakken natuurkunde, scheikunde, ANW, aardrijkskunde en wiskunde, en aan te sluiten bij de leerlijnen voor de basisvorming. Met name in de bovenbouw vmbo en havo is het noodzakelijk biologische kennis vanuit organismaal niveau op te bouwen. Leerlingen voeren, met name in de bovenbouw vwo, met een aanzienlijke mate van zelfstandigheid opdrachten uit. De opdrachten moeten leerlingen uitnodigen tot activiteit en niet eenzijdig gericht te zijn op bestudering van teksten. Contacturen dienen besteed te worden aan discussie over ethische aspecten, onderwerpen waar leerlingen niet zonder meer zelfstandig aan kunnen werken, de ontwikkeling van sleutelbegrippen en perspectieven, en aan practicum. Het practicum moet niet alleen een functie vervullen bij de ontwikkeling van sleutelbegrippen, maar zich met name in havo en vwo ook richten op het verwerven van inzicht in binnen de biologie gehanteerde onderzoeksmethoden, de wijze waarop daarmee kennis wordt verworven en de eisen die aan de uitvoering moeten worden gesteld.

Examenprogramma's hebben een voldoende diepgang, maar richten zich thans te eenzijdig op de fysiologie van de mens en de moleculaire biologie en besteden relatief weinig aandacht aan plantkunde, ecologie, evolutie en biotechnologie. Bij de in de examenprogramma's opgenomen eindtermen is niet

<sup>38</sup> Boersma, Janssen & Kamp (2002).

aangegeven in welke contexten de genoemde vakinhoud relevant is en evenmin is vastgelegd welke sleutelbegrippen daarbij gehanteerd moeten kunnen worden. Afgezien van regelingen voor het praktisch schoolonderzoek is onvoldoende vastgelegd dat leerlingen een substantieel deel van hun tijd aan practicum dienen te besteden.

Het biologieonderwijs in de bovenbouw<sup>39</sup> is volledig gericht op het eindexamen en wordt in sterke mate bepaald door de leermiddelen die docenten hantieren. De omvang van de examenprogramma's en de uitwerking daarvan in leermiddelen zijn echter zodanig dat docenten, als zij de leermiddelen te getrouw volgen, niet in voldoende mate aan ook door hen zelf gestelde professionele eisen kunnen voldoen. Met name in het havo is de tijd om leerlingen adequaat op het examen voor te bereiden te beperkt. Doordat het niet in voldoende mate in de examenprogramma's is aangegeven, wordt vaak te weinig aandacht besteed aan de maatschappelijk relevante aspecten van de biologie. Leerlingen krijgen daardoor veelal een programma aangeboden dat zich eenzijdig richt op doorstroming. Leermiddelen besteden vaak weinig aandacht aan de ontwikkeling van voor de biologie kenmerkende denk- en werkwijzen en sleutelbegrippen, en aan samenhang tussen verschillende organisatieniveaus. Biologie, scheikunde, natuurkunde, ANW, aardrijkskunde en wiskunde zijn veelal onvoldoende op elkaar afgestemd. In het studiehuis is de situatie ontstaan dat op veel scholen door de volle programma's, de geringe hoeveelheid contacttijd en de geringe weging, minder tijd aan practicum en praktische opdrachten wordt besteed dan voor de invoering van het studiehuis. Leerlingen werken in het studiehuis echter wel zelfstandiger dan voorheen. Docenten hanteren in de contacturen veelal klassikale werkvormen, terwijl voor begeleiding bij opdrachten die leerlingen zelfstandig moeten uitvoeren vaak weinig tijd is. Zij hebben moeten kiezen voor het schrappen van de franje, waardoor een schools en schraal programma is ontstaan. Havo- en vwo-docenten zijn van mening dat een aantal onderwerpen (zoals genetica, transport, regulatie en stofwisseling) niet geschikt zijn voor zelfstudie.

Vergelijking van het huidige biologieonderwijs in de bovenbouw met het gewenste biologieonderwijs laat zien dat zich enkele knelpunten voordoen. Die knelpunten worden in belangrijke mate veroorzaakt door overladenheid van het programma dat wordt uitgevoerd en een tekort aan samenhang daarin. Mogelijkheden voor samenhangend biologieonderwijs worden in sterke mate ingeperkt door de wijze waarop gebruik gemaakt wordt van contacturen. Aandacht voor leermiddelen, het didactisch handelen van docenten, de examenprogramma's en de wijze waarop ze worden uitgewerkt, is noodzakelijk.

<sup>39</sup> Gegevens over biologie in de Tweede Fase havo/vwo zijn met name ontleend aan Morélis et al. (2001), de rapportage van de schoolbezoeken van het Tweede Fase Adviespunt (2001) en gegevens verzameld door het Tweede Fase Adviespunt (2002).



Het hierboven geschetste samenhangend biologieonderwijs vormt een betere aansluiting met het hoger onderwijs, en in het bijzonder met de universitaire biologie, biomedische en landbouwopleidingen, dan thans het geval is. Daarvoor zijn de volgende redenen:

- Samenhangend biologieonderwijs baseert zich op vijf ontwikkelingen die hun equivalent hebben in het biologisch onderzoek van de afgelopen jaren (paragraaf 3.1).
- Samenhangend biologieonderwijs richt zich mede op de ontwikkeling van sleutelbegrippen, waardoor leerlijnen ook naar de programma's in het ho kunnen worden doorgetrokken (paragraaf 3.2).
- Samenhangend biologieonderwijs stimuleert de belangstelling van leerlingen voor de biologie door nadrukkelijk de verbinding te leggen met voor hen betekenisvolle contexten, door het belang van practicum opnieuw te benadrukken en door de overladenheid van het programma terug te brengen (paragraaf 3.2).
- Samenhangend biologieonderwijs biedt een minder eenzijdige oriëntatie op vervolgopleidingen, doordat het zich niet alleen op (bio)medische, maar ook op landbouwkundige, milieukundige en biotechnologische contexten richt (paragrafen 3.1 en 4.3).

Een betere aansluiting op het hoger onderwijs wordt niet alleen gerealiseerd door de vooropleiding van studenten aan te passen. Instellingen voor hoger onderwijs die biologische, biomedische, landbouwkundige en milieukundige opleidingen aanbieden, dienen daar ook zelf een bijdrage aan te leveren door maatregelen te nemen die zich richten op vergroting van de belangstelling van leerlingen, door maatregelen te nemen die zich richten op verbetering van de inhoudelijke aansluiting, en door docenten voortgezet onderwijs een nascholingsaanbod te doen.

Instellingen voor hoger onderwijs besteden in toenemende mate aandacht aan voorlichting van studenten, niet alleen om studenten goed te informeren, maar ook omdat het werven van studenten noodzakelijk is voor het voortbestaan van opleidingen. Geconstateerd kan dan ook worden dat biologie- en daaraan verwante opleidingen in toenemende mate ook zelf contacten met scholen onderhouden. Daarbij gaat er het niet alleen om elkaar wederzijds te informeren, maar ook om het verbeteren van de aansluiting. Een aantal scholen hebben ook afspraken met een universitaire biologieopleiding gemaakt over het begeleiden van praktisch schoolonderzoek. De belangstelling van leerlingen voor een biologische studie kan ook worden vergroot door biologiedocenten verbonden aan hogescholen of universiteiten op scholen voordrachten over het lopend onderzoek te laten verzorgen. Scholen en hogescholen of universiteiten zouden voorts ook afspraken kunnen maken over dubbelaanstellingen van docenten.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Een aantal biologieleraren in de regio Nijmegen is voor een deel van hun tijd verbonden aan de KUN en verzorgen een deel van het propedeuse-onderwijs.

Veel minder traditie bestaat er in het hoger onderwijs ten aanzien van de inhoudelijke aansluiting. Om de inhoudelijke aansluiting met het onderwijs onderwijs in het hoger onderwijs te verbeteren is het uiteraard noodzakelijk dat de betreffende docenten kennis nemen van de examenprogramma's en de in het voortgezet onderwijs gebruikte leermiddelen. Noodzakelijk is echter ook dat docenten naar hun studenten toe expliciteren hoe op het havo- of vwo-programma wordt aangesloten en op welke wijze leerlijnen doorlopen. Daarbij is tevens gewenst dat zij kennis nemen van de literatuur over leerproblemen die leerlingen (en vaak ook studenten) ten aanzien van hun vak kunnen hebben en de wijze waarop die leerproblemen kunnen worden opgelost of voorkomen.

Geconstateerd moet worden dat de afgelopen jaren de belangstelling van docenten in het voortgezet onderwijs voor vakinhoudelijke en vakdidactische nascholing sterk is terug gelopen. Een van de redenen daarvoor was dat door de invoering van het studiehuis en ICT de belangstelling met name gericht was op algemene onderwijskundige zaken. De Biologische Raad is van mening dat het voor de hand ligt dat bij de verdere ontwikkeling en invoering van samenhangend biologieonderwijs de biologische, biomedische, landbouwkundige en milieukundige opleidingen, in het kader van de verdere competentieontwikkeling van docenten in het voortgezet onderwijs, de verantwoordelijkheid nemen voor de vakinhoudelijke en vakdidactische nascholing van biologiedocenten vmbo, havo en vwo.

De hierboven weergegeven gewenste en bestaande situaties ten aanzien van biologie in het basisonderwijs, de basisvorming en de bovenbouw maken duidelijk dat er sprake is van aanzienlijke discrepanties. Deze discrepanties en de in par.2 beschreven knelpunten met betrekking tot de positie van het schoolvak biologie zijn voor de Biologische Raad aanleiding om het in dit advies geschetste samenhangend biologieonderwijs voor te staan. De gewenste verbeteringen en vernieuwingen hebben in ieder geval betrekking op het didactisch handelen van leraren biologie en natuuronderwijs, de leermiddelen en de kerndoelen en examenprogramma's. De Biologische Raad wil daarbij wijzen op de volgende vier punten:

- De voorgestane veranderingen zijn van dien aard en omvang dat rekening moet worden gehouden met een ontwikkel- en implementatietraject met een looptijd van een jaar of tien, gezien het feit dat leraren samenhangend biologieonderwijs stapsgewijs vanuit hun bestaande praktijk verder zullen moeten ontwikkelen.
- Het vernieuwingstraject kan alleen succesvol verlopen als de vernieuwing gedragen wordt door het veld. Leraren hebben de sleutel in handen, zij moeten hun onderwijs willen en kunnen veranderen. Zij zullen dan ook van het begin af aan deel moeten nemen aan de uitwerking van de gewenste vernieuwing en hun verdere expertiseontwikkeling zal daarbij centraal moeten staan. Leraren zullen daarvoor echter wel moeten worden gefaciliteerd. Daar op toegesneden leermiddelen, nascholing en begeleiding zullen moeten worden aangeboden.
- Samenhangend biologieonderwijs sluit voor een deel goed aan op ontwikkelingen die zich de afgelopen jaren reeds in het biologieonderwijs hebben voltrokken. Een aantal van de aspecten van samenhangend biologieonderwijs zijn dan ook terug te vinden in bestaande good practices. Een aantal andere aspecten zal echter nader moeten worden uitgewerkt. Betrokkenheid van al degenen die over daarvoor relevante expertise beschikken is noodzakelijk om leraren de noodzakelijke ondersteuning te kunnen bieden.
- Vernieuwing van het biologieonderwijs dient afgestemd te worden op de reeds in gang gezette vernieuwing van het scheikundeonderwijs en de wellicht nog in gang te zetten vernieuwing van het natuurkundeonderwijs.

Met deze vier punten voor ogen doet de Biologische Raad onderstaande aanbevelingen. Bij iedere aanbeveling is aangegeven aan welke actor of actoren de aanbeveling is gericht.

## Actoren

## Aanbevelingen

### 1. Minister van ocnw

#### *Instelling Commissie Biologieonderwijs*

Samenhangend biologieonderwijs is van vitaal belang voor alle leerlingen. De Biologische Raad dringt er op aan dat zo spoedig mogelijk een commissie wordt geïnstalleerd die de opdracht krijgt om op grond van de indicaties gegeven in dit advies de volgende twee documenten op te stellen:

- Een *raamplan* voor samenhangend biologieonderwijs voor leerlingen van 4 tot 18 jaar, waarin (1) op grond van doorlopende leerlijnen nader wordt uitgewerkt op (2) welke punten de huidige kerndoelen en examenprogramma's dienen te worden herzien.
- Een *strategieplan* voor de ontwikkeling en implementatie van samenhangend biologieonderwijs in zowel het algemeen vormend als beroepsvoorbereidend onderwijs, waarin (1) uitgaand van een vergroting van het draagvlak bij leraren aandacht besteed wordt aan de expertiseontwikkeling van leraren, de ontwikkeling van leermiddelen, leerplan, examen- en toetsontwikkeling, onderzoek en evaluatie, waarbij (2) aangegeven wordt op welke wijze kan worden voldaan aan de daarvoor vereiste randvoorwaarden; en dat (3) zo veel mogelijk afgestemd is op het reeds in gang gezette vernieuwingstraject voor scheikunde en het nog op te starten vernieuwingstraject voor natuurkunde.

De Biologische Raad is van mening dat het gewenst is dat vertegenwoordigers van de NVON, het NIBI en de Biologische Raad in de commissie zitting nemen.

### 2. Minister van ocnw

#### *Aanpassing kerndoelen en examenprogramma's*

Ontwikkeling en implementatie van samenhangend biologieonderwijs vraagt om aanpassing van de kerndoelen en examenprogramma's. De Biologische Raad is van mening dat het moet gaan om algemene biologie en dat de inhoud daarvan derhalve minder eenzijdig gericht moet zijn op de mens en de lagere organisatieniveaus. Meer aandacht moet geschonken aan hogere organisatieniveaus, – c.q. aan evolutie, ecologie en plantkunde –, biotechnologie, en aan integratie van het moleculaire niveau met hogere organisatieniveaus.

In de programma's dient voorts tot uitdrukking te komen dat de nadruk moet liggen op de verwerving van sleutelbegrippen en daarmee verbonden perspectieven. Dat vraagt om een flexibel programma waarin gedifferentieerd kan worden en waarin leerlingen zowel de ruimte hebben om deze sleutelbegrippen en perspectieven in verschillende contexten te leren toepassen, als waarin voldoende tijd besteed wordt aan practicum en/of onderzoek.



## Actoren

3. Minister van OCenW

4. Inspectie van het  
Onderwijs

5. Parlement, NVON,  
NIBI en Biologische Raad

6. Parlement, NVON  
en NIBI

## Aanbevelingen

### *Commissie competenties basisschoollerares*

Gezien het feit dat de opleiding op pabo's niet volstaat om basisschoollerares adequaat voor te bereiden op het verzorgen van samenhangend natuuronderwijs dringt de Biologische Raad er op aan een commissie samen te stellen die nader advies uitbrengt over de wijze waarop basisschoollerares de daarvoor noodzakelijke competenties kunnen verwerven.

### *Kwaliteitsbewaking natuur- en biologieonderwijs*

Gezien de kwaliteitsbewakende rol van de Inspectie van het Onderwijs is het van belang dat aandacht geschonken wordt aan het samenhangende karakter van natuuronderwijs en biologieonderwijs. Met name voor het basisonderwijs kan aandacht daarvoor een belangrijke impuls geven aan de verdere ontwikkeling van natuuronderwijs

### *Plaats van de biologie in het onderwijs*

Op grond van het vitale belang van de biologie in onze samenleving is het noodzakelijk dat leerlingen uit het oogpunt van algemene vorming en als voorbereiding op natuurwetenschappelijke of technische studies in het mbo, hbo en wo een programma volgen waarin het vak biologie een prominente positie inneemt. De Biologische Raad beveelt aan er op toe te zien dat adequate oplossingen worden uitgewerkt voor de knelpunten die zich thans ten aanzien van de plaats van de biologie in de huidige programma's voordoen.

### *Commissie voor inhoud biologieprogramma in vmbo sectoren*

Gezien het belang van de biologie in de sectoren Zorg en Welzijn en de sector Landbouw van het vmbo is het noodzakelijk dat leerlingen een programma volgen kunnen waarin het vak biologie een inhoud heeft die relevant is voor doorstroming naar het daar op aansluitende mbo. De Biologische Raad beveelt dan ook aan een commissie samen te stellen die advies uitbrengt over de gewenste inhoud van het biologieprogramma in de genoemde sectoren.

## Actoren

7. NVON, NIBI en Biologische Raad

## Aanbevelingen

*Gezamenlijke verantwoordelijkheid voor het vervolgtraject*  
Uitgaand van de noodzaak dat de ontwikkeling en implementatie van samenhangend biologieonderwijs door het veld zal moeten worden gedragen, nodigt de Biologische Raad de NVON en het NIBI uit om daar gezamenlijk verantwoordelijkheid voor te nemen. Dat impliceert ook dat na vaststelling van het strategieplan voorzieningen moeten worden getroffen die tot uitvoering daarvan leiden. De Biologische Raad nodigt beide organisaties tevens uit om in de periode tot de installatie van de in aanbeveling 1 genoemde commissie de nodige voorbereidingen te treffen.

8. Leraren biologie en natuuronderwijs

*Uitwisseling ervaringen leraren*  
De Biologische Raad nodigt leraren uit initiatief te nemen bij de ontwikkeling en invoering van samenhangend biologieonderwijs op hun eigen school en om hun schoolleiding te verzoeken deze initiatieven te faciliteren. Het is gewenst dat zij de ervaringen die daarmee worden opgedaan uitwisselen met collega's van andere scholen.

9. Opleiders, nascholers, onderzoekers, leerplan-, toets- leermiddelen- en examenontwikkelaars

*Interactie met en hulp van intermediairen*  
Ontwikkeling en implementatie van samenhangend biologieonderwijs is alleen mogelijk als intermediairen hun expertise inbrengen. Alleen gezamenlijk kunnen leraren adequaat bij de ontwikkeling en implementatie worden ondersteund. De Biologische Raad nodigt dan ook alle intermediairen die betrokken zijn bij het biologieonderwijs uit hun expertise ter beschikking te stellen.

10. Lerarenopleiders

*Bevorderen samenhang van natuur- en biologieonderwijs*  
Lerarenopleiders werkzaam op de pabo en 1e en 2e graads lerarenopleidingen biologie worden uitgenodigd om bij de initiële opleiding van leraren basisonderwijs, respectievelijk leraren biologie in voldoende mate aandacht te schenken aan het gewenste samenhangende karakter van het natuur- en biologieonderwijs

## Actoren

11. Biologieopleidingen in het mbo, hbo en wo

## Aanbevelingen

### *Bevorderen contacten en aansluiting opleidingen*

De aansluiting met het mbo, hbo en wo kan worden verbeterd, indien biologieopleidingen hun contacten met scholen intensiveren, in overleg met scholen nader uitwerken hoe leerlingen voor een biologieopleiding kunnen worden geënthousiasmeerd en afspraken maken over de wijze waarop de aansluiting kan worden verbeterd. Daarnaast dienen biologieopleidingen in het mbo, hbo en wo te expliciteren op welke wijze hun onderwijs aansluit op het biologieonderwijs in vmbo, havo of vwo.

12. Biologieopleidingen in het hbo en wo

### *Nascholing*

De Biologische Raad is van mening dat het gewenst is dat biologieopleidingen in het hbo en wo de verantwoordelijkheid nemen voor de vakinhoudelijke en vakdidactische nascholing van biologiedocenten in vmbo, havo en vwo.

## Literatuur

- Barman, C.R., Griffiths, A.K. & Okebukola, P.A.O. (1995). High school students' concepts regarding food chains and food webs: a multinational study. *International Journal of Science Education*, 17, pp. 775-782.
- Boersma, K.Th. (2000a). Verscheidenheid in eenheid. In *VerslagNIBI/NVON-conferentie 14-15 januari 2000 te Lunteren*. Utrecht: NIBI.
- Boersma, K.Th.(2000b). Biologie in het studiehuis: knelpunten en oplossingsrichtingen. In K.Th. Boersma (red.). *Naar vernieuwing van de examenprogramma's havo en vwo*. Enschede: SLO, pp. 25-38.
- Boersma, K.Th. (2001). Het biologieprogramma in de 21e eeuw. *NVOX* 26 (6), juni, pp. 312-317.
- Boersma, K.Th., Janssen, F. & Kamp, M.(2002). De relatie tussen competenties, perspectieven en sleutelbegrippen. *Niche*, 33 (3), p. 11.
- Boersma, K.Th. & Schermer, A.F.K. (2001). Ontwikkeling van biologieonderwijs in de 21e eeuw. *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -wetenschappen*, 18 (1), pp. 19-40.
- Commissie Kerndoelen Basisonderwijs (2002). *Verantwoording delen. Herziening van de kerndoelen basisonderwijs met het oog op beleidsruimte voor scholen*. Zoetermeer: ocnw.
- Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological education*, 23 (1), pp. 49-55.
- Douvdevany, O., Dreyfus, A. & Jungwirth, E. (1997). Diagnostic instruments for determining junior high-school teachers' understanding of functional relationships within the 'living cell'. *International Journal of Science Education*, 19 (5), pp. 593-606.
- Geert, P. van (2001). *Een ontwikkelingspsychologische kijk op natuur-, milieu- en techniekeducatie*. Inleiding studiedag Pabo-netwerk natuuronderwijs op 22 november 2001.
- Geraedts, C.L., Boersma, K.Th., Huis, H. & Eijkelhof, H.M.C. (2001). *Ruimte voor SONaTe. Onderzoek naar good practice op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de basisvorming*. Delft: Axis.
- Harte, M. van & Kwikkel, N. (2002) *Pabo + Stichting Veldwerk Nederland = ?* Apeldoorn: Stichting Veldwerk Nederland.
- Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, 35, pp. 22-28.
- Hullu, E. de (2002). Biologisch denken bestaat niet. *Niche*, 33 (4), pp. 11-13.
- Inspectie van het Onderwijs (1999a). *A. Werk aan de basis. Evaluatie van de basisvorming na vijf jaar*. Den Haag: SDU.
- Inspectie van het Onderwijs (1999b). *Biologie in de basisvorming. Evaluatie van de eerste vijf jaar*. Den Haag: SDU.
- Janssen, F.J.J.M. (1999). *Ontwerpend leren in het biologieonderwijs. Uitgewerkt en beproefd voor immunologie in het voortgezet onderwijs* (proefschrift Universiteit Utrecht). Utrecht: cdb-Press.

- Janssen, F.J.J.M. (2000). Biologie in perspectief. *NVOX*, 6, pp. 283-287.
- Kamp, M. (2000). *Centrale concepten in het curriculum. Het voorbeeld homeostase in het curriculum biologie van de bovenbouw vwo* (proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen)
- Kamp, M. & Boersma, K.Th. (2001). Biologische sleutelbegrippen. *Niche*, 32(2), pp. 9-12.
- KNAW (1997). *Biologie: het leven centraal. Eindrapport van de Verkenning-commissie Biologie*. Amsterdam: KNAW.
- KNAW (2001). *Biologie: een vitaal belang. Strategische visie op de universitaire biologie in Nederland*. Amsterdam: KNAW.
- Knippels, M.C.P.J. (2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics education. The jojo-strategy* (proefschrift Universiteit Utrecht) Utrecht: CDB-Press.
- Knuver, J.W.M., Doolaard, S & Matthijssen, S. (1997). *Rekenen-wiskunde en natuuronderwijs op de basisschool. Nederlands aandeel in TIMSS populatie 1*. Enschede: OCTO.
- Kortland, J. (2001). *A problem-posing approach to teaching decision-making on the waste issue* (proefschrift Universiteit Utrecht) CDB-Press.
- ocenw (2001). *Variëteit in de basis van het voortgezet onderwijs. Beleidsreactie op het advies over de basisvorming van de Onderwijsraad*. Zoetermeer: ocenw.
- ocenw (2002). *Continuïteit en vernieuwing in de Tweede Fase havo/vwo*. Zoetermeer: ocenw.
- ocenw (2003). *Ruimte laten en keuzes bieden in de tweede fase havo en vwo*. Zoetermeer: ocenw.
- Oers, B. van (1998). *From Context to Contextualizing. Learning and Instruction*, 8, pp. 473-488.
- Onderwijsraad (2001). *De basisvorming: aanpassing en toekomstbeeld*. Den Haag: Onderwijsraad.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Beaton, A.E., Gonzalez, E.J., Smith, T.A. & Kelly, D.L. (1997). *Science Achievement in the Primary School Years. IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Morélis, H., Reinalda, W., Bolt, W., Michels, B. & Prop, C. (2001). *Vakdossiers 2001. Biologie - Natuurkunde - Scheikunde*. Enschede: SLO.
- Núñez, F. & Banet, E. (1997). Students' conceptual patterns of human nutrition. *International Journal of Science education* 19 (5), pp. 509-526.
- Ramadas, J. & Nair, U. (1996). The system idea as a tool in understanding conceptions about the digestive system. *International Journal of Science Education*, 16, 3, pp. 355-368.
- Robottim, I. (2002). What is the contribution of Biology in environmental education. *Proceedings of the 4th conference of European researchers in didactic of Biology, Toulouse October 22<sup>th</sup>-25<sup>th</sup>, 2002* (in druk).
- Schalk, H. (2001). Begrip van bewijs. De essentie van leren onderzoeken? *Niche*, 32 (1), pp. 28-32.
- Schalk, H. (2002a). Vragen en verklaren. Begrip van bewijs bij docenten. *Niche*, 33 (1), pp. 13-17.

- Schalk, H. (2002b). Vitale belangenbehartiging. De toekomst van het biologie-onderwijs ter discussie. *Niche*, 33 (6), pp. 5-7.
- SLO (1993). *Een kijk op verdeling van tijd in het basisonderwijs*. Enschede: SLO.
- Stokking, K.M. & Schaaf, M.F.van der (2000). *Ontwikkeling en beoordeling van onderzoeksvaardigheden. Verslag van een onderzoek in de Tweede Fase VO*. Utrecht: ISOR.
- Stuurgroep Profiel Tweede Fase (1995). *Advies examenprogramma's havo/vwo. Biologie, Natuurkunde, Scheikunde*. Enschede: SLO.
- Tweede Fase Adviespunt (2001). *De implementatie van de vernieuwingen in de Tweede Fase van havo en vwo. Eindverslag van de schoolbezoeken van het Tweede Fase Adviespunt*. Zoetermeer: ocnw.
- Tweede Fase Adviespunt (2002). *Monitoring Tweede Fase, 2001-2002. Verslag van peiling 2*. Zoetermeer: ocnw.
- Verhoeff R.P., Waarlo, A.J. and K. Th. Boersma (2001). Systems Theory based Approach to Learning and Teaching Cell Biology in Upper Secondary Biology Education. In *Proceedings of the 5 th European Science Education summerschool: 'Bridging Research Methodology and Research Aims'*. Gilleleje (Denmark), september 6-13, 2000. R.H. Evans, A.M. Andersen and H. Sorensen (Eds.) Copenhagen: The Danish University of Education, pp. 332 - 339.
- Waarlo, A.J. (1998) Teaching and learning of informed decision-making on predictive genetic testing: a pilot study. In: Bayrhuber, H. & Brinkman, F. (Eds.) *What - why - how? Research in didaktik of biology*. Kiel: Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, pp. 196-204.
- Waarlo, A.J. (1999) Biology students' forming and justifying of opinions on predictive genetic testing. Towards a practicable and effective teaching strategy. In: *Research in science education in Europe*. M. Bandiera, S. Caravita, E. Torracca, & M. Vicentini (Eds). Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers, pp. 41-48.
- Wagenaar, F. (1998). Onderwerpen van biologie in samenhang. *Bulletin voor het Onderwijs in de Biologie*, 29 (172), pp. 28-32.
- Wagenaar, F. (2000). Vmbo: Vooral Marginaal Beroeps Onderwijs. Beroepsgerichte leerweg structureel achtergesteld. *Niche*, 31 (1), pp. 10-13.
- Wijnstra, J.M. (Red.)(1999). PPON. *Balans van het wereldoriëntatie-onderwijs aan het einde van de basisschool 2*. Arnhem: Cito.
- Westra, R. & Savelsbergh, E. (2001). *Computerondersteund modelleren. Biologie. Water, zout en warmte: een levend lichaam*. Utrecht: Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen.
- Zegers, G.E., Boersma, K.Th., Pilot, A., Wijers, M. & Eijkelhof, H.M.C. (2002). *Sonate in het Studiehuis*. Delft: Axis.

**Samenstelling van de Commissie Onderwijs van de Biologische Raad**

prof. dr. K.Th. Boersma (voorzitter; lid Biologische Raad)

prof. dr. W.P.M. Hoekstra (lid Biologische Raad; voorzitter decanenoverleg/  
kamer biologie)

drs. E. Jongejan, in september 2002 opgevolgd door drs. J.C. Nolthenius (sectie  
biologie NVON)

drs. J. Kuiper (secretaris Biologische Raad)

drs. L. van den Oever (directeur NIBI)

prof. dr. ir. R. Rabbinge (voorzitter Biologische Raad)

prof. dr. L.E.M. Vet (lid Biologische Raad)

## Lijst van gebruikte afkortingen

ANW	Algemene Natuurwetenschappen
havo	hoger algemeen voortgezet onderwijs
hbo	hoger beroepsonderwijs
ho	hoger onderwijs
ICT	Informatie- en Communicatietechnologie
KNAW	Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
KUN	Katholieke Universiteit Nijmegen
mbo	middelbaar beroepsonderwijs
NIBI	Nederlands Instituut voor Biologie
NVON	Nederlandse Vereniging voor Onderwijs in de Natuurwetenschappen
ocenw	(ministerie van) Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen
pabo	pedagogische academie basisonderwijs
SLO	Stichting Leerplanontwikkeling
TOA	technisch onderwijs assistent
vmbo	voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs
vwo	voorbereidend wetenschappelijk onderwijs
wo	wetenschappelijk onderwijs