

Evolutietheorie in het Voortgezet Onderwijs

F. Janssen^{1,2} en P. Voogt
Vakgroep Didactiek van de Biologie, DC- β
Universiteit Utrecht

Summary

Darwin's theory of evolution is a difficult topic to teach. Pupil's pre-instructional ideas and religious beliefs can conflict with the theory as taught in the classroom. Both kinds of pupil's views with regard to evolution are reviewed. Three teaching approaches which address this situation are discussed: the transmission, clarification and argumentation approach. Some recommendations for further research conclude this paper.

1. Inleiding

Direct na het verschijnen van de *Origin of Species* in 1859 laaide de discussie over de evolutie-theorie op onder wetenschappers en in de maatschappij en deze heeft zich tot op de dag van vandaag onverminderd voortgezet. Sommigen rekenen de theorie tot één van de grootste uit de ideeëngeschiedenis van de wetenschappen. Anderen hebben twijfels over en bezwaren tegen de theorie. Die bezwaren zijn niet alleen van wetenschappelijke maar ook en vooral van levensbeschouwelijke aard. Laat Darwin nog wel ruimte voor een Schepper? Als de mens van de apen afstamt is er dan nog wel ruimte voor specifiek menselijke eigenschappen als zelfbewustzijn, taal en moraliteit? Hoe moet de Schrift worden geïnterpreteerd als de evolutietheorie conflicteert met het scheppingsverhaal? Op grond van de vermeende levensbeschouwelijke implicaties passen sommige mensen hun levensbeschouwing aan, anderen de evolutietheorie en weer anderen verwerpen de theorie in zijn geheel.

Wanneer we er voor kiezen om een dergelijke controversiële theorie in het onderwijs te behandelen, hoe moeten we deze dan aan de orde stellen? We kunnen verwachten dat de maatschappelijke discussie zich verplaatst naar de klas. Immers, ook leerlingen komen met diverse levensbeschouwelijke opvattingen het onderwijs binnen en zullen dus op verschillende manieren met de theorie omgaan. Maar niet alleen levensbeschouwelijke ook wetenschappelijke opvattingen van leerlingen kunnen conflicteren met de aangeboden theorie. Hoe gaan we in het onderwijs met deze opvattingen van leerlingen om? In dit artikel zal eerst een beknopt historisch overzicht gegeven worden van de Nederlandse discus-

sie over evolutietheorie in het voortgezet onderwijs. Vervolgens worden leerlingdenkbeelden over micro-en macro-evolutie besproken. Daarna wordt ingegaan op de vraag hoe we met deze leerlingdenkbeelden moeten omgaan. Drie ideaaltypische benaderingen worden geschetst en uitgewerkt: de overdrachts-, de verhelderings- en de argumentatiebenadering. Dit artikel wordt afgesloten met enkele aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

2. Historie van de positie van de evolutietheorie in het v.o.

Evolutietheorie in het voortgezet onderwijs is een controversieel onderwerp. In Amerika is het zelfs vele malen inzet geweest van een rechtszaak (Nelkin, 1982). Zover is het in Nederland niet gekomen, maar ook hier heeft dit onderwerp een roerige geschiedenis achter de rug. In 1931 vroeg de Biologische Raad al aandacht voor evolutiebiologie (Schoute, 1931). Toen was het biologie-onderwijs op het gymnasium beperkt tot de eerste twee jaar. Hij wilde dat leerlingen ook in de vijfde en zesde klas biologie (waaronder evolutiebiologie) kregen omdat dan:

".. de geest der leerlingen reeds openstaat voor de behandeling van een aantal algemeene biologische vraagstukken op het gebied der afstamming, der ontwikkeling en erfelijkheid.....".

De gewenste omvang was bescheiden: één uur per week. Sindsdien is het onderwerp evolutie steeds een heet hangijzer geweest, met name na de invoering van het centraal schriftelijk eindexamen in 1976. Biologen beschouwen de evolutietheorie veelal als een belangrijke, zo niet de belangrijkste theorie van hun vakgebied en willen dus dat de theorie getoetst wordt in het centraal schriftelijk eindexamen. De Onderwijsraad had dienaangaande reserves vanwege de vermeende levensbeschouwelijke implicaties. De teleurstelling was voor veel biologen dan ook groot toen bleek dat voor MAVO/VBO, HAVO en VWO de evolutietheorie wel onderdeel uitmaakt van het examenprogramma maar niet tijdens het centraal schriftelijk wordt getoetst. Een landelijke discussie volgde waarvan in het Bionieuws middels een evolutiespecial (1995) verslag is gedaan. In de eindtermen voor de nieuwe examens, in verband met de invoering van de profielen voor HAVO en VWO, is de evolutietheorie opnieuw opgenomen. De vakontwikkelgroep die deze eindtermen heeft opgesteld heeft dringend aanbevolen deze op het schriftelijk eindexamen te toetsen. De Onderwijsraad heeft hier inmiddels mee ingestemd. Het ziet er dus naar uit dat de evolutietheorie inderdaad centraal zal worden getoetst.

Hiermee zijn we er echter niet. Immers nu vrijwel zeker is vastgesteld dat de evolutietheorie in het schriftelijk eindexamen is opgenomen komt de vraag aan de orde hoe de theorie moet worden behandeld. Natuurlijk is dit probleem niet nieuw (Good et. al, 1992). In 1975 werd door de Biologische Raad voor leraren van het voortgezet onderwijs een symposium georganiseerd over evolutietheorie waarin dit probleem centraal stond (Payens & Van Emden, 1975). Als aanleiding voor dit symposium melden de organisatoren dat het hier een onderwerp betreft dat:

" In zijn uitwerking aanleiding geeft tot een aantal aspecten (ontstaan van het leven, de plaats van de mens binnen het geheel van alle levensvormen, de levensbeschouwing) die het onderwerp een zeer grote dimensie geven, waardoor de leraar geconfronteerd wordt met een aantal niet "vakwetenschappelijke" componenten, die het naast een ongemeen boeiend onderwerp ook tot een moeilijk onderwerp maken".

In dit artikel wordt een aantal mogelijkheden geschetst hoe dit moeilijke onderwerp onderwezen kan worden. Maar eerst wordt kort besproken met welke opvattingen leerlingen de klas binnenkomen.

3. Leerlingdenkbeelden over micro- en macro-evolutie

Leerlingen hebben al opvattingen over evolutie voordat ze er onderwijs over krijgen. Deze opvattingen kunnen betrekking hebben op diverse aspecten: het soortbegrip, de ouderdom van de aarde, de rol van toeval etc. Vele van deze leerlingdenkbeelden zijn gedocumenteerd in de vakdidactische literatuur (zie voor een overzicht Good et al., 1992). Wij zullen hier slechts enkele fundamentele leerlingdenkbeelden bespreken. Darwin's evolutietheorie (lees: neo-Darwinistische theorie) heeft betrekking op micro-evolutie (verandering van levensvormen binnen een soort) en macro-evolutie (ontstaan van nieuwe soorten en hogere taxa). Opvattingen van leerlingen over micro- en macro-evolutie worden respectievelijk behandeld. Opvattingen van leerlingen over micro-evolutie zijn betrekkelijk uniform. Met het volgende fragment (Brumby, 1984) kunnen deze opvattingen geïllustreerd worden.

Onderzoeker: Als dit blanke meisje opgroeit in Afrika, wat zal er dan gebeuren met de kleur van haar huid?

Leerling: Ze zal eerst verbranden en daarna bruiner worden.

Onderzoeker: Dit zelfde meisje trouwt nu met een blanke man. Ze wonen in Afrika en ze krijgt daar een kind. Welke kleur denk je dan dat het kindje heeft wanneer het wordt geboren?

Leerling: Het kindje zal wel *ietsje* donkerder zijn bij de geboorte.

In dit gesprek herkennen we het volgende redeneerpatroon:

- wanneer een organisme wordt geconfronteerd met veranderende omstandigheden kan het als reactie hierop eigenschappen veranderen;
- vervolgens worden de nieuw verworven eigenschappen overgedragen op de nakomelingen.

Uit onderzoek blijkt dat het merendeel van de leerlingen in het voortgezet onderwijs een dergelijke verklaring geeft voor het optreden van micro-evolutie (Voogt, 1993a). We noemen zo'n opvatting een instructietheorie omdat in dit geval de omgeving het organisme instrueert hoe te veranderen in reactie op de veranderende omstandigheden. Velen zullen hierin de opvattingen van Lamarck herkennen.

Veel leerlingen gebruiken dezelfde instructietheorie om het tot stand komen van macro-evolutie te verklaren. Ze gaan er vanuit dat soorten door een geleidelijk stapsgewijs proces zo veranderen dat nieuwe soorten ontstaan (Hallden, 1988; Demastes et al., 1995). Leerlingen hanteren met betrekking tot macro-evolutie echter ook andere opvattingen. We kunnen dit illustreren met de volgende uitspraak (Demastes et al. 1995).

"Ik denk dat evolutie een mogelijkheid is. Maar ik denk niet, ik kan niet geloven dat de mens uit de zee is gekropen enkele miljoenen jaren geleden. De mens stamt misschien van de Neanderthaler af, maar niet van vissen of eencellige organismen (...). Ik geloof dat de mens is geschapen door God. Er is een mogelijkheid dat God de Neanderthaler heeft geschapen en dat van daaruit de mens is geëvolueerd. Maar ik weet zeker dat mijn oorsprong niet in de modder ligt."

Deze leerling neemt aan dat bepaalde veranderingen in een evolutionair proces tot stand zijn gekomen, maar voor het ontstaan van de mens doet ze een beroep op een Schepper. Afhankelijk van hun levensbeschouwelijke achtergrond zullen leerlingen meer of minder gebruik maken van niet-wetenschappelijke verklaringen voor het ontstaan van nieuwe levensvormen. Wij gebruiken een classificatie- schema van Nelson (1986) om de verschillende levensbeschouwelijke posities te kunnen onderscheiden.

Onderzoekers troffen in een Amerikaanse klas van 22 leerlingen van 16 en 17 jaar alle hierboven genoemde opvattingen aan (Demastes et al. 1995).

Hoe verhouden zich nu de opvattingen van leerlingen over micro- en macro-evolutie tot de Darwinistische evolutietheorie? Leerlingen verklaren het optreden van micro-evolutie met behulp van een instructietheorie.

Figuur 1: Classificatieschema levensbeschouwelijke posities

levensbeschouwelijke positie	aanhangers hiervan:
atheïstische evolutie	Accepteren evolutie en ontkennen dat God bestaat.
nontheïstische evolutie	Accepteren evolutie en geloven dat God bestaat. God heeft echter geen invloed op het verloop van de evolutie.
theïstische evolutie	Accepteren evolutie en geloven dat God bestaat. God heeft ergens in de evolutie een rol gespeeld. Als Schepser van beginvoorwaarden, supervisor en/of beïnvloeder van sleutelgebeurtenissen.
creationisme	Verwerpen evolutie en geloven dat God bestaat. God heeft in zes dagen de aarde en zijn bewoners geschapen via afzonderlijke scheppingsdaden.

De omgeving instrueert het organisme hoe het moet veranderen en de verworven eigenschappen worden vervolgens doorgegeven aan de nakomelingen. Darwin hanteert daarentegen een selectietheorie. Binnen een populatie bestaat als gevolg van toevallige gebeurtenissen genetische variatie. Niet alle varianten zijn even geschikt voor overleving en voortplanting. Individuen die het best zijn aangepast aan de betreffende omgeving zullen betere overlevingskansen hebben en meer nakomelingen krijgen dan individuen met minder geschikte eigenschappen.

Met betrekking tot macro-evolutie gaan sommige leerlingen uit van stapsgewijze verandering van organismen gestuurd door een instructiemechanisme. Ook Darwin gaat er vanuit dat veranderingen stapsgewijs plaatsvinden. De richting waarin deze stappen worden gezet, wordt echter bepaald door een selectiemechanisme. Naast deze evolutie-door-instructie opvatting treffen we bij leerlingen ook opvattingen aan waarin een uitspraak wordt gedaan over het al dan niet optreden van God. Darwin's theorie zwijgt over het al dan niet bestaan van God. Later gaan we nader

in op de wijze waarop Darwin's theorie zich verhoudt tot de diverse levensbeschouwelijke opvattingen.

Figuur 2: Overzicht leerlingdenkbeelden over micro-en macro-evolutie

	Darwin	Leerlingdenkbeelden
micro-evolutie	* selectie	* instructie
macro-evolutie	wetenschappelijk * evolutie-door-selectie levensbeschouwelijk * ?	wetenschappelijk * evolutie-door-instructie levensbeschouwelijk * atheïstische evolutie * nontheïstische evolutie * theïstische evolutie * creationisme

4. Hoe omgaan met leerlingdenkbeelden in de klas?

Opvattingen van leerlingen kunnen dus conflicteren met de theorie van Darwin. Hoe gaan we nu met dergelijke opvattingen om? Dit is afhankelijk van de doelstelling die wordt nagestreefd. In dit artikel willen we een overzicht geven van mogelijke doelstellingen en bijbehorende onderwijsbenaderingen.

In navolging van de godsdienstdidacticus Van der Ven (1985) onderscheiden we een drietal onderwijsbenaderingen: een overdrachts-, een verhelderings- en een argumentatiebenadering. Deze driedeling maakt het mogelijk bestaand onderwijs over evolutietheorie te typeren en kan richting geven aan de ontwikkeling van nieuw onderwijs. Het betreft hier een ideaaltypische beschrijving van onderwijsbenaderingen. In de praktijk zullen veelal mengvormen worden aangetroffen. We zullen eerst de drie benaderingen kort beschrijven. Vervolgens worden de drie benaderingen voor micro-evolutie (paragraaf 5) en macro-evolutie (paragraaf 6) uitgewerkt. Tot slot zullen we onze voorkeur kenbaar maken (paragraaf 7).

Het doel van de overdrachtsbenadering is dat leerlingen zich een bepaalde opvatting eigenmaken. Een bepaalde opvatting wordt dan ook door de docent als een feit gepresenteerd. Nadeel van deze benadering is dat het geen recht doet aan alternatieve opvattingen. Bovendien leren leerlingen niet waarom een bepaalde opvatting geldig is.

Centraal in de verhelderingsbenadering is dat leerlingen zich bewust worden van hun eigen opvattingen en die van anderen. De taak van de

docent is om leerlingen te helpen bij het verhelderen van hun eigen opvattingen. Eventueel worden alternatieve opvattingen neutraal gepresenteerd. Nadeel van deze benadering is dat leerlingen niet worden uitgenodigd hun eigen positie en die van anderen kritisch te onderzoeken.

Binnen de argumentatiebenadering staat juist het kritisch onderzoeken van elkaars opvattingen centraal. De leerlingen worden uitgenodigd hun eigen positie en die van anderen te beargumenteren. Deze argumenten worden op hun geldigheid beoordeeld. Nadeel van deze benadering is dat het zowel voor de docent als de leerlingen niet eenvoudig is een discussie te voeren over de geldigheid van hun opvattingen. Zeker niet daar waar het gaat om opvattingen die mensen in het diepst van hun wezen raken.

5. Omgaan met leerlingdenkbeelden over micro-evolutie

Bij de behandeling van micro-evolutie worden we geconfronteerd met het probleem dat leerlingen uitgaan van een instructietheorie terwijl Darwin redeneert vanuit een selectietheorie.

overdrachtsbenadering

Binnen deze benadering wordt de selectietheorie van Darwin als een feit gepresenteerd. Eventueel laat de docent de leerling nog oefenen met het opstellen van Darwinistische verklaringen. Als de instructietheorie al wordt genoemd dan wordt veelal verwezen naar de verouderde opvattingen van Lamarck. Kritiek op deze benadering komt in eerste instantie voort uit het feit dat de eigen doelstelling niet wordt gerealiseerd. Uit onderzoek waarin leerlingen na de lessenserie zijn geïnterviewd blijkt dat leerlingen de selectietheorie niet accepteren. Voor een overzicht van de literatuur verwijzen we naar Voogt (1993b). Een frappant voorbeeld van de hardnekkigheid van leerlingopvattingen treffen we aan bij een studie van Lawson (1988).

Onderzoeker: Een man verliest bij een ongeluk zijn vinger. Een jaar later krijgt hij een kind. Hoeveel vingers heeft dit kind?

Leerling: 10

Onderzoeker: Waarom?

Leerling: De vinger is zo snel afgerukt dat de genen niet snel genoeg kunnen zijn veranderd.

Uit onderzoek naar opvattingen van universitaire studenten blijkt dat een groot percentage van hen een instructieopvatting heeft behouden. Aan de overdrachtsbenadering kleeft ook nog een ander nadeel. De leerling leert

niet waarom de selectietheorie adequater is dan een instructietheorie. (Zuzovsky, 1994; Brumby, 1984).

verhelderingsbenadering

In de verhelderingsbenadering laat men de leerlingen zich bewust worden van hun eigen instructie opvattingen en contrasteert men hun opvattingen met die van Darwin. In een onderzoek van Jiminez (1992) moesten leerlingen enkele verklaringen geven voor het optreden van micro-evolutie (bijvoorbeeld: resistent worden van hoofdluis voor insecticiden). De leerlingen gebruikten hoofdzakelijk een instructietheorie bij het opstellen van hun verklaringen. Vervolgens werden hun oplossingen bediscussieerd in kleine groepen waarbij de docent ook de Darwinistische verklaring gaf voor de behandelde vraagstukken. Deze strategie leidde ertoe dat veel leerlingen hun opvattingen bijstelden. Nadeel van deze methode blijft echter dat leerlingen niet leren waarom de selectietheorie adequaat is. Ook komt het voor dat leerlingen de selectietheorie verwerpen op grond van niet geldige argumenten (bijvoorbeeld: "De instructietheorie moet waar zijn omdat deze veel efficiënter is dan een selectietheorie").

argumentatiebenadering

In de argumentatiebenadering zal de docent niet alleen leerlingen met de Darwinistische opvatting confronteren maar komen ook argumenten voor en tegen deze theorie aan bod. Vaak wordt in dit verband aan leerlingen gevraagd te voorspellen wat er gebeurt met organismen en hun nakomelingen als een omstandigheid wordt veranderd (bijvoorbeeld: Wat gebeurt er met de bacteriën als er penicilline aan het kweekmedium wordt toegevoegd?). De leerlingen zullen dan ontdekken dat de experimentele resultaten strijdig zijn met hun voorspellingen. Tevens ontdekken ze dat voorspellingen die vanuit een Darwinistische selectietheorie zijn opgesteld wel worden bevestigd. Leerlingen die op grond van deze experimenten hun instructietheorie verwerpen kunnen we uitnodigen de selectietheorie te problematiseren. Is natuurlijke selectie wel noodzakelijk om veranderingen plaats te laten vinden in een populatie?

Sommige leerlingen zullen echter op grond van deze experimentele resultaten hun opvattingen niet bijstellen. Waarom niet? Aan de verwerping van de selectietheorie liggen waarschijnlijk twee misvattingen ten grondslag. We zullen beide kort toelichten en nagaan hoe we hier mee om kunnen gaan.

"wij kunnen ons toch aanpassen aan veranderende omstandigheden en geven de verworven eigenschappen toch door aan onze nakomelingen"

Leerlingen nemen in het dagelijks leven waar dat mensen (en andere organismen) zich kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden, zowel op fysiologisch (temperatuur), anatomisch (eelt op de voetzool) en gedragsniveau (vluchten voor gevaar) (Lucas, 1971). Voor deze verschijnselen klopt het dus dat we ons aanpassen aan veranderende omstandigheden. Leerlingen moeten zich echter realiseren dat bij bovengenoemde vormen van aanpassen het genetisch materiaal niet verandert. Deze tijdens het leven verworven eigenschappen worden dan ook niet via genen doorgegeven aan de nakomelingen. Geleerd gedrag kan wel worden doorgegeven aan de volgende generatie maar dit gaat via niet-genetische kanalen zoals onderwijs en opvoeding. We zouden dit verschijnsel culturele evolutie kunnen noemen.

"een instructiemechanisme is veel efficiënter dan een selectiemechanisme"

Voor veel leerlingen zal het instructiemechanisme veel aantrekkelijker lijken dan een selectiemechanisme. Immers aanpassen aan de omgeving gaat zo veel sneller en bovendien kunnen alle organismen overleven terwijl volgens de selectietheorie alleen die organismen overleven die door toevallige mutaties of recombinaties de gewenste eigenschap bezitten. Deze efficiëntie is echter maar schijn. Dit kan eenvoudig aan leerlingen worden gedemonstreerd. We kunnen hen vragen een mechanisme te bedenken hoe verworven eigenschappen (bijvoorbeeld toegenomen spiermassa) kunnen worden opgenomen in het genetische materiaal van de geslachtscellen.

Als misvattingen van leerlingen uit de weg zijn geruimd en ze kennis hebben gemaakt met argumenten voor en moeilijkheden van de selectietheorie kunnen ze zelf een beargumenteerde keuze maken. Evenals aan de andere benaderingen kleeft ook aan de argumentatiebenadering een nadeel. Wanneer de selectietheorie van Darwin op deze manier wordt behandeld, kost dit veel tijd.

6. Omgaan met leerlingdenkbeelden over macro-evolutie

Met betrekking tot opvattingen over macro-evolutie is de situatie complex. Ten eerste is er een conflict tussen twee wetenschappelijke opvattingen. Sommige leerlingen denken dat soorten zijn ontstaan door een proces van evolutie-door-instructie terwijl Darwin uitgaat van evolutie-door-selectie. Ten tweede kan de Darwinistische theorie conflicteren met de levensbeschouwelijke positie van de leerling (atheïstisch, theïstisch, nontheïstisch of creationistisch). We zullen bij de weergave van de drie benaderingen dan ook telkens aangeven welke consequenties dit heeft

voor de evolutie-door-instructie opvatting van leerlingen en welke consequenties het heeft voor de levensbeschouwelijke positie van leerlingen.

overdrachtsbenadering

In de overdrachtsbenadering presenteert de docent de theorie van evolutie-door-selectie als een feit. Als er al aandacht is voor alternatieve wetenschappelijke opvattingen (zoals de theorie van evolutie-door-instructie van Lamarck) worden deze als een historische fout afgedaan. Nadeel van deze benadering is dat leerlingen die met een instructieopvatting de klas binnenkomen deze veelal behouden en dat ze niet weten waarom de Darwinistische theorie adequater is (Demastes et al., 1995; Hallden, 1988).

Binnen de overdrachtsbenadering kan men in het geheel niet spreken over levensbeschouwelijke opvattingen of men presenteert een bepaalde positie als een feit. In een interview geeft de evolutiebioloog John Maynard Smith een voorbeeld van de laatste benadering (Schilthuizen, 1996).

" We willen nu eenmaal graag weten waar we vandaan komen, omdat dat een soort betekenis geeft aan ons bestaan. Evolutie vertelt ons waarom we hier zijn. Maar de evolutietheorie zegt ook dat wij zijn ontstaan in een blind, saai en hersenloos proces van replicatie en selectie, dat door niemand daarboven wordt gestuurd. Veel mensen willen dat niet geloven. Zij willen geloven dat ze zijn uitverkoren door God, een speciale rol hebben gekregen, enzovoorts. Volledig onjuist, volkomen onwaar, maar dat is wat veel mensen graag willen horen. Ik hoop dat ze dat geloof kunnen laten varen en evolutie leren accepteren, er misschien zelfs iets moois in zien. (...) De omslag kwam toen ik mijn geloof in God verloor. Het is het beste wat een mens kan overkomen."

Wanneer leerlingen worden geconfronteerd met Darwin's idee over macro-evolutie zijn, afhankelijk van hun levensbeschouwelijke positie, een aantal reacties mogelijk. Sommige leerlingen zullen een alles-of-niets positie innemen (Demastes et al. 1995; Good et al., 1992). In dit geval wordt de theorie verworpen of, en dit komt minder vaak voor, de levensbeschouwelijke opvatting wordt radicaal veranderd.

Aan deze verwerping of acceptatie van de evolutietheorie liggen veelal misconcepten over de theorie ten grondslag (bijvoorbeeld: "Als de evolutietheorie waar is bestaat God niet").

Ook is het mogelijk dat leerlingen in problemen komen omdat ze niet weten hoe ze met het conflict om moeten gaan. Het onderstaande les-

fragment illustreert dit (Demastes et al., 1995). Een leerling (14 jaar) wordt gevraagd na de behandeling van de evolutietheorie op een tijdlijn het ontstaan van dinosauriers aan te geven. De leerling voert de opdracht uit. Daarna wordt het verwarrend voor hem:

"Okee. En nu denk ik, nu wordt het verwarrend (lachje). Ik gok, kijk waar ik nu over denk is dat wat ik heb geleerd in de kerk en wat ik geleerd heb bij biologie. Ik weet het niet.

Ik zou zeggen (lange pauze). Ik weet niet wat er voor de mens kwam behalve de dinosauries en daarna weet ik dat de mens is geschapen door God. Dat is wat ik altijd hebt gedacht in mijn hart. Ik zou zeggen God heeft ons geschapen. (...). Dat is wat ik altijd heb geloofd. God heeft Adam en Eva op aarde gezet en van daaruit ons allen (...). Ik weet gewoon niet wat ik er van moet denken".

verhelderingsbenadering

In de verhelderingsbenadering wordt het Darwinistische model neutraal gepresenteerd en wordt erkend dat er andere wetenschappelijke en levensbeschouwelijke opvattingen mogelijk zijn. Biologie-docent Paul Leendertz verwoordt deze positie in zijn bijdrage aan het symposium van de Biologische Raad over evolutiebiologie in 1975 (Leendertz, 1977).

"Ik vind dat dit een school is, die toegankelijk moet zijn voor iedereen, ongeacht zijn maatschappelijke en/of godsdienstige inzichten. Daarom probeer ik evolutie met grote terughoudendheid te behandelen. Ik ben van mening dat een leerling, die thuis verneemt dat de evolutieleer onjuist is (op grond van welke argumenten is niet relevant), er recht op heeft dat hij op school niet het tegendeel te horen krijgt. Daarom presenteer ik met veel nadruk de evolutie als een natuurwetenschappelijke theorie, die bepaalde feiten in een groter geheel plaatst, eventueel ze 'verklaart' en die men vrij is te accepteren of af te wijzen."

Binnen de verhelderingsbenadering kunnen alternatieve wetenschappelijke en levensbeschouwelijke opvattingen al dan niet expliciet aan de orde worden gesteld. Deze benadering heeft als voordeel dat de leerling in z'n waarde wordt gelaten en minder snel tot een alles-of-niets keuze komt. Het heeft echter als nadeel dat leerlingen niet weten waarom een bepaalde opvatting adequater is dan een andere. De eigen opvattingen en die van anderen worden niet kritisch onderzocht. Ook hier bestaat dus het gevaar dat de leerling op grond van misvattingen tot een bepaalde opvat-

ting besluit. Ook bestaat het gevaar dat de leerling alternatieve posities afwijst zonder te begrijpen wat ze werkelijk inhouden.

argumentatiebenadering

Een argumentatiebenadering gaat een stap verder dan de verhelderingsbenadering. Leerlingen moeten niet alleen kiezen; ze moeten hun keuze ook kunnen beargumenteren en deze argumenten worden op hun geldigheid beoordeeld. In veel lesmateriaal over de evolutietheorie treffen we bepaalde aspecten van de argumentatiebenadering aan. Leerlingen worden vertrouwd gemaakt met argumenten voor evolutie-doorselectie (argumenten voor evolutie: gegevens over fossielen, overeenkomsten in bouw, DNA en ontwikkeling tussen organismen; argumenten voor natuurlijke selectie: zie micro-evolutie). Wanneer leerlingen de notie van evolutie-doorselectie accepteren kunnen we deze notie problematiseren door hen vragen voor te leggen als: Hoe ga je om met ontbrekende schakels in het fossielenbestand?; is natuurlijke selectie voldoende om nieuwe soorten te laten ontstaan?; hoe verklaart de theorie het ontstaan van eigenschappen die overlevingskansen van het organismen niet rechtstreeks bevorderen zoals altruïsme?

Ook hier zullen, evenals bij micro-evolutie, niet alle leerlingen overtuigd zijn door de argumenten die worden aangeboden. Sommige zullen de theorie niet accepteren op grond van misvattingen die over de theorie bestaan. Twee van die misvattingen willen we hier kort aanstippen.

"complexe organen als het oog kunnen niet door toeval zijn ontstaan"

Een veel voorkomende misvatting van leerlingen is dat ze evolutie-doorselectie gelijkstellen aan toeval (Good et. al., 1992). Het is volgens hen zeer onwaarschijnlijk dat een complex orgaan als het oog in één stap door toeval kan zijn ontstaan. Dat is net zo onwaarschijnlijk als dat een windvlaag over een vliegtuigschroothoop waait en een functionerende Boeing 747 samenstelt. Omdat dit volgens leerlingen onwaarschijnlijk is, staat er vaak geen andere mogelijkheid open dan God een taak te geven bij sleutelgebeurtenissen in de evolutie. Maar evolutie-doorselectie werkt niet in een stap. Darwin's genialiteit bestond er in dat hij liet zien dat er altijd een graduele reeks denkbaar is van tussenstadia waarbij de overgang van het ene naar het andere stadium zo klein is dat hij door toevallige gebeurtenissen kan zijn ontstaan (Dawkins, 1986). We kunnen leerlingen vragen voor verschillende eigenschappen zo'n hypothetische reeks op te stellen. Dit stimuleert hen ook na te denken over de voorwaarden waaraan een dergelijke evolutionaire verklaring moet voldoen; er moet voldoende tijd zijn geweest om alle tussenstadia te kunnen om-

vatten en elk tussenstadium moet een bijdrage kunnen leveren aan de overleving en reproductie van het organisme. Zoals reeds vermeld zullen veel leerlingen de neiging hebben om deze stapsgewijze verandering in banen te laten leiden door een instructiemechanisme. We kunnen dan verwijzen naar argumenten tegen de instructietheorie die we in paragraaf 5 hebben besproken.

"als Darwin gelijk heeft bestaat God niet"

Veel leerlingen zijn van mening dat evolutietheorie het bestaan van een God uitsluit (Good et al., 1992). Volgens hen kan er maar één verklaring waar zijn. Als organismen in een proces van evolutie door selectie zijn ontstaan, zijn ze dus niet geschapen en wordt het bestaan van God op z'n minst twijfelachtig. Ook sommige evolutiebiologen lijken dit te beweren (Dawkins, 1986; Maynard Smith (zie fragment hierboven)). Wetenschap kan echter helemaal geen uitspraken doen over het al dan niet bestaan (of ingrijpen) van God (Mahner & Bunge, 1996). De wetenschappelijke methode maakt dit onmogelijk. Kenmerkend voor de wetenschappelijke methode is dat hypothesen empirisch worden getoetst. Het is niet mogelijk om empirisch aan te tonen of te weerleggen dat een bepaalde gebeurtenis door ingrijpen van God wordt beïnvloed. Leerlingen zullen bewust moeten worden gemaakt van de mogelijkheden en grenzen van wetenschap. Ze zullen zich dan ook realiseren dat evolutietheorie niet altijd in conflict hoeft te komen met levensbeschouwelijke opvattingen.

We hebben nu argumenten voor en tegen de evolutietheorie laten passeren en enkele misvattingen uit de wereld geholpen. Met deze informatie kunnen leerlingen een beargumenteerde wetenschappelijke opvatting vormen. Voor de ontwikkeling van een beargumenteerde levensbeschouwelijke opvatting (atheïstisch, nontheïstisch, theïstisch of creationistisch) is echter nog een aanvulling noodzakelijk. Binnen de argumentatiebenadering zullen leerlingen immers moeten kunnen aangeven welke levensbeschouwelijke positie ze kiezen en waarom en worden ze uitgenodigd deze keuze kritisch te onderzoeken. De docent zal hierbij moeten helpen. Ten eerste kan hij leerlingen helpen de eigen en andermans levensbeschouwelijke positie beter te begrijpen. Dit kan hij doen door argumenten aan te geven waarom mensen voor een bepaalde positie kiezen. Een voorbeeld. Creationisten gaan er vanuit dat God zich heeft geopenbaard in de Bijbel en de natuur. Beide openbaringsbronnen moeten met elkaar in overeenstemming zijn. Indien de natuurwetenschap een theorie ontwikkelt over het ontstaan van leven die in strijd is met de Bijbel dan kan die theorie niet juist zijn (Musschenga, 1986). De docent kan ook helpen bij het kritisch onderzoeken van een levensbeschouwelijke positie. Kri-

tisch onderzoek in de wetenschap gebeurt middels het afleiden van consequenties uit een theorie die vervolgens empirisch worden getoetst. We hebben net geconstateerd dat levensbeschouwelijke opvattingen veelal niet voor empirische toetsing in aanmerking komen. Hoe kunnen deze opvattingen dan toch kritisch worden onderzocht? We kunnen ook hier consequenties afleiden en deze niet empirisch maar aan ons geweten toetsen (Popper, 1965). Een voorbeeld. Een nontheïst tracht een scheiding aan te brengen tussen wetenschap en geloof. Wetenschap gaat over het hoe, geloof over het waarom. Een probleem waarmee een nontheïst wordt geconfronteerd is: Welke relatie heeft God nog met de natuurlijke werkelijkheid? Als hij hiermee wel een relatie onderhoudt, hoe is het dan vol te houden dat geloof niets met de natuurlijke wereld te maken heeft?

Ook aan de argumentatiebenadering kleven nadelen. Discussiëren over levensbeschouwelijke posities is niet eenvoudig voor zowel de docent als de leerling. Bovendien kost het ontwikkelen van een beargumenteerde wetenschappelijke en levenbeschouwelijke positie veel tijd.

7. Vooruitblik

We hebben geconstateerd dat leerlingen al opvattingen over evolutie hebben gevormd voordat ze er onderwijs over krijgen. Deze opvattingen kunnen conflicteren met de Darwinistische theorie. We hebben aan de hand van een drietal onderwijsbenaderingen laten zien hoe we met deze opvattingen van leerlingen kunnen omgaan. Met het aanbieden van onderwijsbenaderingen staan we echter nog maar aan het begin van de ontwikkeling van een didactiek voor het onderwijzen van evolutietheorie. Er zullen nog een aantal stappen moeten worden genomen.

Ten eerste zullen we één (of meerdere) benadering(-en) moeten kiezen. Wij hebben een voorkeur voor de argumentatiebenadering omdat deze het mogelijk maakt zowel vrijheidsberoving (overdracht) als vrijblijvendheid (verheldering) te voorkomen. De argumentatiebenadering kan nog op verschillende manieren worden ingevuld. Wij geven er de voorkeur aan het onderwijs zo in te richten dat leerlingen zo veel mogelijk zelf een bijdrage kunnen leveren aan de ontwikkeling en toetsing van de theorie (Janssen & Voogt, 1996) en levensbeschouwelijke positie.

Ten tweede zullen we moeten bepalen welke problemen, oplossingen en argumenten aan de orde moeten worden gesteld en in welke volgorde dit moet gebeuren. We zullen dan onder andere moeten vaststellen in welke volgorde micro-en macro-evolutie moet worden onderwezen. Wij geven er de voorkeur aan om met micro-evolutie te beginnen. Leerlingen kunnen namelijk zelf een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van een selectietheorie. Evolutie-door-selectie kan min of meer logisch uit de

selectietheorie worden afgeleid. Bovendien is micro-evolutie niet controversieel waardoor wordt voorkomen dat leerlingen op grond van levensbeschouwelijke bezwaren al in een vroegtijdig stadium afhaken.

Tenslotte zal concreet lesmateriaal moeten worden ontwikkeld. Dit gebeurt in een cyclisch proces van ontwerpen, beproeven in de klas en weer bijstellen. Op deze manier kan worden nagegaan of de ontwikkelde variant de selectiedruk kan doorstaan.

Noten

1. Met dank aan dr. Rob Soekarjo voor de waardevolle discussies over deze thematiek.
2. Dit artikel is in iets gewijzigde vorm reeds eerder verschenen Janssen & Voogt (1997).

Literatuur

- Bionieuws (1995). Evolutespecial. *Bionieuws*, 15.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 4, 493-503.
- Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker*. Longman: Harlow.
- Demastes, S., R. Good & P. Peebles (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 6, 637-666.
- Halden, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 5, 541-552.
- Janssen, F. & P. Voogt (1997). Evolutietheorie in het voortgezet onderwijs. In: W. Hoekstra. & M. Beer (red.), (1997). *Evolutietheorie*. Utrecht: Nibi/Biologische Raad.
- Janssen, F. & P. Voogt (1996). Ontwerpend leren. Een doe-het-zelf handleiding. *NVOX*, 2, 42-48.
- Jimenez, A. (1992). Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 9, 51-61.
- Good, R., J. Trowbridge, S. Demastes, J. Wandersee, M. Hafner & C. Cummins (Eds.) (1992). *Evolution education research conference*. Baton Rouge: Louisiana State University Press
- Lawson, A. & L. Thompson (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 611-627.

- Leendertz, P. (1977). Over didactiek en evolutie. In J. Payens, & H. van Emden (Red.). *Evolutie Biologie*. Rijswijk: Publikatiefonds Bulletin voor Docenten in de Biologie.
- Lucas, A. (1971). The teaching of 'adaptation'. *Journal of Biological Education*, 16, 86-90.
- Mahner, M. & M. Bunge (1996). Is religious education compatible with science education? *Science & Education*, 2, 1-20.
- Musschenga, A. (1986). Twee 'geloven' op een kussen? C. In Houtman, S. de Jong, A. Musschenga & W. van der Steen. *Schepping en evolutie. Het creationisme een alternatief?* (pp. 157-186), Kampen: Kok.
- Nelkin, D. (1982). *The creation controversy*. Science or Scripture in the schools. New York: Norton & Company.
- Nelson, C. (1986). Creation, evolution, or both? A multiple model approach. In R. W. Hanson (Eds.), *Science and creation: Geological, theological, and educational perspectives*, (pp. 128-159). New York: MacMillan.
- Payens, J. & H. Van Emden, (red.) (1977). *Evolutie Biologie*. Rijswijk: Publikatiefonds Bulletin voor Docenten in de Biologie.
- Popper, K. (1965). On the status of science and metaphysics. In K. Popper, *Conjectures and Refutations*, (pp. 184-201), New York: Harper Torchbooks.
- Schoute, J. (1931). *Brief aan den Onderwijsraad*. Amsterdam.
- Schilthuizen, M. (1996). Gepassioneerd zoeker naar de waarheid. *Intermediar*, 32, 38-39.
- Ven, J. van der (1985). *Vorming in waarden en normen*. Kampen: Kok.
- Voogt, P. (1993a). Leerlingenideeën over evolutie. *Bulletin voor Onderwijs in de Biologie*, 144, 98-104.
- Voogt, P. (1993b). Leerlingendenkbeelden over evolutie (2). *Bulletin voor Onderwijs in de Biologie*, 146, 172-185.
- Zuzovsky, R. (1994). Conceptualizing a teaching experience on the development of the idea of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 557-574.