

## Leerlingdenkbeelden over soortsvorming

M. Hendrikse en K. Th. Boersma

Centrum voor Didactiek van de Wiskunde en Natuurwetenschappen  
Universiteit Utrecht

### Summary

*When a new teaching unit on evolution was tested in upper secondary schools, a small scale research was carried out which focussed on the question which conceptions the students used on the origin of species and on the relation between religious and scientific conceptions, and if the teaching unit did change their conceptions. Interviews, exercises, and questionnaires were used for data collection.*

*Contrary to what was expected hardly any Lamarckian conceptions were met. However, after the lessons many students did not give appropriate Darwinian explanations either. In particular students who express religious explanations did not change their conceptions.*

*Summing up, three categories of difficulties with acquiring evolutionary explanations are distinguished: validity problems, demarcation problems and conceptual problems. It is suggested that the extend to which students face these problems is related to their religious position.*

### 1. Inleiding

Lang heeft er een discrepantie bestaan tussen het belang dat biologen aan het thema evolutie toekennen en de plaats die het thema innam in het examenprogramma voor havo/vwo. Voor de meeste biologen geeft de evolutietheorie richting en structuur aan het vak, zij zien het als één van de centrale thema's in de biologie. In de examenprogramma's voor havo en vwo nam het tot voor kort een onopvallende plaats in in het programma voor het schoolonderzoek. Decennia lang was er vanuit orthodox christelijke kringen veel weerstand tegen het thema en was er onvoldoende politiek draagvlak om het thema de centrale plaats te geven die het volgens biologen zou moeten hebben. Het gevolg van de situatie die tot voor kort bestond was dat het thema evolutie op scholen niet systematisch werd uitgewerkt. Toen dan ook door IDO/VU, in opdracht van de SLO, een lespakket over evolutie werd ontwikkeld (Paul, 1997), is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om onderzoek te doen naar het functioneren van het lespakket in de klas. In dezelfde periode dat het pakket door docenten werd uitgetest werden data verzameld over leerlingdenkbeelden over soortsvorming. Daarmee kon ook de door Janssen en Voogt (1997) gestarte discussie over dit onderwerp worden voortgezet.

De belangstelling van biologen voor evolutie weerspiegelt zich in de hoeveelheid vakdidactisch onderzoek dat er naar is gedaan. Het grootste deel van dat onderzoek heeft betrekking op leerlingdenkbeelden. Dit onderzoek (Angeesing, 1978; Baalman, Frerichs & Kattmann, 1999; Bishop & Anderson, 1990; Brumby, 1979, 1984; Deadman & Kelly, 1978; Janssen & Voogt, 1997; Jiménez-Alexandre, 1992; Kargbo, Hobbs & Erickson, 1980; Roth & Alexander, 1997; Samarapungavan & Wiers, 1997; Zozovsky, 1994) laat zien dat

leerlingen min of meer expliciet denkbeelden hanteren die niet overeenkomen met geaccepteerde neo-Darwinistische<sup>1</sup> opvattingen.

Veel basisschoolleerlingen en oudere leerlingen gaan er van uit dat soorten onveranderd zijn en blijven; deze denkbeelden worden essentialistische denkbeelden genoemd. Met name wat oudere leerlingen en volwassenen geven veelvuldig als verklaring voor verandering van soorten dat tijdens het leven verworven eigenschappen aan het nageslacht worden doorgegeven. Deze denkbeelden worden daarom in de literatuur aangeduid als instructie-denkbepelden, of, omdat De Lamarck de meest bekende pleitbezorger daarvoor was, als Lamarckistische denkbeelden<sup>2</sup>.

Daarnaast wordt er in de genoemde literatuur veelvuldig melding van gemaakt dat veel leerlingen ook religieuze opvattingen over het ontstaan van soorten (veelal aangeduid als macro-evolutie) hanteren en dat zij levensbeschouwelijke en wetenschappelijke verklaringen onvoldoende van elkaar scheiden. Daarbij wordt er op gewezen dat religie en natuurwetenschap met elkaar kunnen conflicteren, al is er geen overeenstemming over de mate waarin dat het geval is (Fysh & Lucas, 1998).

Een nauwkeuriger beeld van de verschillende relaties tussen wetenschappelijke verklaringen en geloof die leerlingen geven, krijgen we als we gebruik maken van het door Jansen en Voogt (1997) gepresenteerde classificatieschema dat zij baseren op Nelson (1986). In dat schema maken zij een onderscheid tussen een atheïstische, een nontheïstische, een theïstische en een creationistische levensbeschouwing. Als we deze opvattingen omschrijven in termen van de standpunten ten opzichte van de fysische en metafysische wereld, krijgen we het in tabel 1 afgebeelde overzicht.

Tabel 1. Posities ten aanzien van de fysische en metafysische wereld in verschillende levensbeschouwingen en daaraan gerelateerde opvattingen over evolutie.

Levensbeschouwing	Standpunten ten opzichte van de fysische en metafysische wereld
Atheïstisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ontkenning van een metafysische wereld</li> <li>• volstaan wordt met wetenschappelijke verklaringen voor evolutie</li> </ul>
Nontheïstisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de fysische en metafysische wereld zijn volledig van elkaar gescheiden</li> <li>• geloof en wetenschappelijke verklaringen voor evolutie bestaan naast elkaar maar conflicteren niet</li> </ul>
Theïstische	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de fysische en metafysische wereld vallen gedeeltelijk samen</li> <li>• de domeinen waarop geloof en wetenschappelijke verklaringen voor evolutie geldig zijn, zijn ten opzichte van elkaar afgebakend</li> <li>• wetenschappelijke verklaringen voor het ontstaan van het leven, het ontstaan van soorten en het ontstaan van de mens worden verworpen als ze betrekking hebben op het domein waarvoor op geloof gebaseerde verklaringen zijn geaccepteerd</li> </ul>

Creationistisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de fysische en metafysische wereld zijn niet van elkaar gescheiden</li> <li>• geloof en wetenschappelijke verklaringen voor het ontstaan van soorten moeten met elkaar in overeenstemming zijn</li> <li>• evolutionaire verklaringen voor het ontstaan van het leven, het ontstaan van soorten en het ontstaan van de mens worden verworpen: getracht is een alternatieve creationistische wetenschap te ontwikkelen (zie ook: Houtman et al., 1986).</li> </ul>
-----------------	---

In het lespakket (Paul, op.cit.) worden beide hierboven gesignaleerde problemen in de docententoechting besproken. Er wordt van uit gegaan dat Lamarckistische denkbeelden moeten worden omgevormd tot neo-Darwinistische denkbeelden.

Ten aanzien van de relatie tussen wetenschap en geloof wordt in het lespakket gekozen voor een volledige boedelscheiding. In feite wordt daarmee een nontheïstisch standpunt ingenomen. In de eerste les worden levensbeschouwelijke en wetenschappelijke verklaringen naast elkaar gezet, daarna wordt niet meer op levensbeschouwelijke verklaringen teruggekomen.

Het onderzoek waarover hier gerapporteerd wordt, richt zich op de volgende twee vragen:

- In hoeverre hanteren havo/vwo-leerlingen ten aanzien van soortsvorming Lamarckistische denkbeelden en worden die met behulp van de lessenreeks omgevormd tot neo-Darwinistische denkbeelden?
- In hoeverre maken havo/vwo-leerlingen bij evolutie een onderscheid tussen wetenschap en geloof en accepteren zij het nontheïstische standpunt dat in het lespakket wordt ingenomen?

Door niet alleen voor en na de lessenreeks data te verzamelen, maar ook tijdens de uitvoering, wordt tevens een beeld verkregen van de wijze waarop het leerproces over het ontstaan van soorten kan verlopen. Het onderzoek beoogde data te verschaffen die bij een revisie van de lessenreeks kunnen worden benut.

## 2. Opzet van het onderzoek

### *Opzet van de lessenreeks*

De lessenreeks 'Evolutie' (Paul, 1997) moet binnen de kaders van het studiehuis gebruikt kunnen worden. De nadruk ligt om die reden op zelfstandig leren. Om dit te stimuleren is elk hoofdstuk in drie fasen verdeeld. Eerst oriënteren de leerlingen zich op het hoofdstuk door kennis te nemen van het doel en de opzet van het hoofdstuk. Vervolgens voeren ze de opdrachten uit; daarbij maken ze gebruik van teksten uit het infoboek. Tot slot evalueren de leerlingen hun vorderingen en reflecteren ze op het hoofdstuk. In de lessenreeks wordt zowel individueel, als in groepsverband en klassikaal gewerkt. De lessenreeks bevat acht hoofdstukken en is geschat op 10 klokuren. Er wordt gestreefd naar de behandeling van één hoofdstuk per les. De beide hiervoor gesignaleerde problemen worden in de eerste vier hoofdstukken uitgewerkt. Daarom geven we eerst in tabel 2 een overzicht van de leeractiviteiten van de eerste vier hoofdstukken

Tabel 2. Overzicht van de leerlingenactiviteiten van de eerste vier hoofdstukken van de lessenreeks 'Evolutie' (Paul, 1997).

Hoofdstuk	Werkvormen	Leerlingactiviteiten
1. Een wonder	Klassikaal , individueel en groepswerk	Na een oriëntatie op de lessenreeks schrijven de leerlingen op welke denkbeelden zij hebben van schepping en evolutie. Daarna bespreken ze onderling wat ze hebben opgeschreven en leveren ze hun blaadjes in. Vervolgens bestuderen de leerlingen de opzet en inhoud van de lessenreeks. Ze zetten een planning op voor de overige hoofdstukken.
2. Verhalen over leven	Individueel	Na dit hoofdstuk moeten de leerlingen een onderscheid kunnen maken tussen scheppingsverhalen en wetenschappelijke ontstaanstheorieën. In de eerste opdracht ordenen zij eerst kenmerken van beide en bespreken die met een klasgenoot. Daarna beantwoorden ze vragen bij drie fragmenten van scheppingsverhalen en bij een tekst over de Griekse filosoof Empedocles. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een terugblik op wat ze hebben geleerd.
3. Het leven onder de loep	Groepswerk en Klassikaal	De leerlingen stellen in groepjes van vijf eerst een planning op. In iedere groep worden eerst individueel de kernpunten van vijf verschillende theorieën (waaronder de theorie van Lamarck) over het ontstaan van het leven ontleend aan een leestekst, evenals argumenten die voor of tegen deze theorie pleiten. Daarna wisselen de leerlingen uit wat ze hebben opgeschreven. Vervolgens bekijken ze vijf cartoons en bepalen ze welke cartoon bij welke theorie past. De cartoons worden in de klas opgehangen en besproken. Ze sluiten opnieuw af met een terugblik.
4. Darwin's puzzel	Individueel	In het werkboek is eerst een strip over het leven van Darwin en zijn ideeën opgenomen. De leerlingen beantwoorden daarna eerst een vraag over fitness van vier leeuwen en geven een verklaring voor het voorkomen van zwervvliezen bij eenden. Daarna lezen zij een beknopte tekst over Darwin's evolutietheorie en noteren welk uitgangspunt of conclusie van Darwin past bij een aantal gegeven illustraties. Dan lezen ze een tekst over de berkenspanner en zoeken daar een schema bij dat het best een neo-Darwinistische theorie weergeeft. Vervolgens wordt om een verklaring van aantallen teruggevangen berkenspanners gevraagd. Tot slot geven ze een verklaring voor het gegeven dat cheeta's zo hard rennen. De opdrachten worden afgetekend door de docent en door de leerlingen zelf nagekeken. Weer wordt afgesloten met een terugblik.

In het vijfde hoofdstuk worden betekenissen van begrippen als soort, biodiversiteit, populatie en dergelijke aangeboden. Vervolgens worden met name de abiotische evolutie, het verschijnen van verschillende levensvormen op aarde en fossilisatie besproken. Hoofdstuk zeven geeft een beeld van de problemen die zich voordoen bij het doen van uitspraken over organismen of gebeurtenissen van vroeger. In het laatste hoofdstuk wordt de evolutie van de mens behandeld.

#### *Selectie van scholen*

Van de scholen die de lessenreeks uittestten werd aan drie scholen gevraagd om aan het onderzoek mee te doen. Gekozen werd voor drie scholen waar leerlingen verwacht konden worden voor wie de afbakening van geloof en wetenschap een punt van aandacht zou kunnen zijn. Niet gestreefd werd naar een representatief beeld, maar naar een groep scholen waarmee een behoorlijke bandbreedte van leerlingendenkbeelden kon worden verwacht. Uiteindelijk werden data verzameld in twee 4H-klassen van een katholieke scholengemeenschap, in twee 5V-klassen van een scholengemeenschap op reformatorische grondslag en in twee 4V-klassen van een christelijk gymnasium.

#### *Onderzoeksopzet*

Voor alle drie de scholen werd de zelfde onderzoeksopzet gevolgd. Data werden zowel voor de aanvang van de lessenreeks, als tijdens de uitvoering en na afloop verzameld. In tabel 3 is aangegeven op welke momenten data zijn verzameld, welke instrumenten daarbij zijn gebruikt en hoeveel leerlingen meewerkten. Tijdens de uitvoering van de lessenreeks werden antwoorden die leerlingen gaven op schriftelijke opdrachten uit het lesmateriaal ingezameld. Zowel voor als na de lessenreeks werd in de ene klas een schriftelijke vragenlijst afgenomen, terwijl in de parallelklas enkele interviews werden afgenomen. Dezelfde leerlingen die vooraf zijn geïnterviewd werden dat zo veel mogelijk opnieuw na afloop. Door absentie en demotivatie lukte het niet om de aantallen leerlingen waarvan data werden verzameld gelijk te houden.

Tabel 3. Opzet van het onderzoek. Aangegeven zijn de aantallen leerlingen die op de verschillende momenten aan het onderzoek meewerkten en de instrumenten die daarbij werden gehanteerd.

Nr.	Moment van afname	N =	Instrument
T1	Twee weken voor de eerste les	52	Schriftelijke vragenlijst met open vragen over het ontstaan van soorten en de mens (klas 1).
T2	Twee weken voor de eerste les	12	Half-gestructureerde interviews over het ontstaan van soorten aan de hand van een trilobiet en een afbeelding over morfologische overeenkomsten (klas 2).
T3	Eerste les	71	Antwoorden op een schriftelijke opdracht waarin hen gevraagd wordt wat ze zich voorstellen bij het ontstaan van soorten door schepping en evolutie (klas 1 + 2).
T4	Vierde les	85	Antwoorden op schriftelijke opdrachten over de 'fitness' van vier leeuwen, een verklaring voor zwemvliezen van eenden en over de theorie

			van Darwin aan de hand van illustraties en een leestekst (klas 1 + 2); aangevuld met observatie.
T5	Zesde les	51	Antwoorden op een schriftelijke opdracht over het ontstaan van de mens (klas 1 + 2).
T6	Twee weken na de laatste les	49	Vragenlijst met enkele open opgaven, gedeeltelijk identiek aan de vragen van T1(klas 1).
T7	Twee weken na de laatste les	10	Half-gestructureerde interviews over wat zij onder een soort verstaan, het ontstaan van soorten en of ze anders over het ontstaan van soorten zijn gaan denken (klas 2).

### Data-analyse

Om de verzamelde data te analyseren werd een categorieënsysteem ontworpen dat gebaseerd werd op criteria die de kern vormen van theorieën over het ontstaan van soorten. Met behulp van het categorieënsysteem kan bepaald worden of leerlingen denkbeelden hanteren die eenduidig als Lamarckistisch, Darwinistisch, neo-Darwinistisch of creationistisch kunnen worden geclassificeerd. De omschrijving van de categorieën van het categorieënsystemen werd aangescherpt tot de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid 0,8 bedroeg. De omschrijvingen van de categorieën zijn opgenomen in tabel 4.

Tabel 4. Categorieënsysteem waarmee vastgesteld kan worden in hoeverre leerlingen denkbeelden hanteren die corresponderen met de onderscheiden theorieën.

Categorie	Omschrijving
Schepping	Het ontstaan van leven is veroorzaakt door een Schepper. Alle soorten zijn geschapen. Soorten zijn niet veranderd en veranderen ook niet door de tijd heen.
Evolutie	De wereld is niet constant maar veranderlijk. Soorten veranderen in de loop van de tijd.
Gemeenschappelijke afkomst	Alle (groepen) organismen stammen af van een gemeenschappelijke voorouder.
Ontstaan van soorten	Soorten ontstaan door opsplitsing, door geografische isolatie of door toedoen van de mens.
Organisatieniveau	Nieuwe soorten ontstaan door verandering binnen populaties, niet door veranderingen van individuen.
Overerven	Tijdens het leven verworven eigenschappen van individuen worden aan nakomelingen doorgegeven.
Overerven – negatief	Tijdens het leven verworven eigenschappen van individuen worden niet door nakomelingen geërfd.
Natuurlijke selectie	In elke populatie bestaat variatie in eigenschappen. De individuen met de best aangepaste combinatie van eigenschappen en overleven en produceren de meeste nakomelingen.
Natuurlijke selectie – negatief	Individen met de best aangepast combinatie van eigenschappen produceren niet de meeste nakomelingen, natuurlijke selectie treedt niet op.
Genetica	De genetica (wetten van Mendel, mutaties, etc.) verklaart de variabiliteit binnen populaties.

### 3. Verloop van de leerprocessen

#### 3.1. Verwerven van Darwinistische denkbeelden

Het oogmerk van de lessenreeks was dat leerlingen neo-Darwinistische denkbeelden zouden opbouwen en dat Lamarckistische denkbeelden daarbij zondig zouden worden omgevormd of verlaten. Om te kunnen bepalen of dat beoogde effect gerealiseerd is, is getracht alle uitspraken van leerlingen tot één van de onderscheiden theoretische verklaringen voor het ontstaan van soorten te herleiden. Met behulp van de in tabel 4 omschreven categorieën kan nu worden aangegeven in hoeverre leerlingen één van de hiervoor genoemde denkbeelden hanteren. In tabel 5 is aangegeven welke categorieën zijn gehanteerd om te bepalen aan welke theorie leerlingdenkbeelden konden worden toegeschreven.

Tabel 5. Definiëring van Lamarckistische, Darwinistische, neo-Darwinistische en creationistische denkbeelden met de in tabel 2 omschreven categorieën.

	Lamarckisme	Darwinisme	Neo-Darwinisme	Creationisme
Schepping	Nee	Nee	Nee	Ja
Ontstaan soorten	Nee	Ja	Ja	Nee
Overerven	Ja	Nee	Nee	Nee
Natuurlijke selectie	Nee	Ja	Ja	Nee
Genetica	Nee	Nee	Ja	Nee

Van alle leerlingenuitspraken kan nu worden aangegeven of ze voldoen aan de eisen die gesteld zijn aan Lamarckistische, neo-Darwinistische, Darwinistische of creationistische opvattingen. Omdat het onderscheid tussen Darwinistische en neo-Darwinistische opvattingen gebaseerd is op het hanteren van begrippen uit de genetica en leerlingen daarover niet altijd expliciet zijn, is bij een verdere analyse het onderscheid tussen beide achterwege gelaten. In tabel 6 is aangegeven hoeveel leerlingen op de meetmomenten T1 - T7 uitspraken hanteerden die eenduidig als Lamarckistisch, Darwinistisch of creationistisch kunnen worden aangeduid.

Tabel 6 laat zien dat slechts twee uitspraken als Lamarckistisch zijn aangeduid, één op de katholieke scholengemeenschap en één op de scholengemeenschap op reformatorische grondslag.

Darwinistische uitspraken komen veel vaker voor. Als we de aantallen op T1 en T6 met elkaar vergelijken zien we dat de aantallen zowel voor het christelijk gymnasium als de katholieke scholengemeenschap op T6 groter zijn dan op T1. Op de scholengemeenschap op reformatorische grondslag werden alleen op T4 Darwinistische uitspraken aangetroffen.

Tabel 6. Aantallen leerlingenuitspraken op T1 - T7 die eenduidig als Lamarckistisch, Darwinistisch of creationistisch zijn aangeduid. De letters C, K en R verwijzen respectievelijk naar het christelijk gymnasium, de katholieke scholengemeenschap en de scholengemeenschap op reformatorische grondslag. Leerlingenuitspraken die niet eenduidig konden worden geclassificeerd zijn aangegeven als 'niet indeelbaar'.

Meetmoment		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Denkbeeld	School							
Lamarckistisch	C							
	K				1			1
	R							
Darwinistisch	C	2	3	3	12		9	3
	K	1	3	1	1		3	
	R				8			
Creationistisch	C	1		2		2		
	K	2		3				
	R	14	3	28		16	9	2
Niet- indeelbaar	C	19	1	14	24	24	13	1
	K	12	1	20	19	2	11	1
	R	1	1		20	7	4	2
Totaal	C	22	4	19	36	26	22	4
	K	15	4	24	20	2*)	14	2**)
	R	15	4	28	29	23	13	4

\*) De meeste leerlingen hebben de schriftelijke opdrachten niet gemaakt.

\*\*) Van de vier op T2 geïnterviewde waren er op T5 nog slechts twee beschikbaar voor een interview.

We moeten daarbij bedenken dat het hier gaat om antwoorden op opdrachten die betrekking hadden op Darwinistische theorie (zie tabel 1). Het merendeel van de leerlingen hanteert op T6 of T7 geen denkbeelden die eenduidig als Darwinistisch kunnen worden gekarakteriseerd.

Creationistische uitspraken treffen we met name aan op de scholengemeenschap op reformatorische grondslag, maar ook op het christelijk gymnasium en de katholieke scholengemeenschap werden enkele creationistische denkbeelden geregistreerd.

Het aantal uitspraken dat niet kon worden ingedeeld, zowel voorafgaand aan de lessenreeks (T1/T2) als er na (T6/T7) is groot. Dat geldt echter niet voor de scholengemeenschap op reformatorische grondslag, daar werden zowel op T1/T2 als op T6/T7 slechts enkele niet indeelbare uitspraken aangetroffen. Opvallend is het grote aantal niet indeelbare uitspraken op T4, ook op de scholengemeenschap op reformatorische grondslag.

Op grond van deze gegevens moeten we concluderen dat het effect van de lessenreeks maar ten dele is wat werd beoogd. Twee weken na de afsluiting van de lessenreeks hanteert slechts een klein deel van de leerlingen denkbeelden die we als Darwinistische classificeerden. Dit resultaat kunnen we voor de leerlingen op de scholengemeenschap op reformatorische grondslag waarschijnlijk toeschrijven aan het gegeven dat zij hun creationistische denkbeelden niet hebben ingeruild voor Darwinistische. Voor de meeste leerlingen van het christelijk gymnasium en de katholieke scholengemeenschap geldt



dat niet. De niet indeelbare denkbeelden die veel van de leerlingen van die scholen tevoren hanteren, blijken zij na afloop nog steeds te hanteren. Lamarckistische denkbeelden hoefden zij niet op te geven, want die werden voor de lessenreeks niet aangetroffen.

### 3.2 Individuele leerlingen

Een veel gedifferentieerder beeld van het verloop van het leerproces krijgen we als we uitspraken van individuele leerlingen op de momenten T1/T2 - T6/T7 met elkaar vergelijken. We presenteren hier de uitspraken van vijf leerlingen om de verscheidenheid in het verloop van het leerproces te illustreren. De vijf leerlingen zijn daarop geselecteerd.

#### *Leerling L21 van de scholengemeenschap op reformatorische grondslag (m)*

In het interview voorafgaand aan de lessenreeks (T2) zegt deze leerling het volgende:

*Alle soorten zijn geschapen. Er ontstaan geen nieuwe soorten, maar specialisaties binnen een soort. Bijvoorbeeld alle verschillende honden zijn een soort en stammen van de oerhond af. De oerhond was genenrijk. Door kruisingen kunnen verschillen binnen de soort ontstaan. Er worden genen uitgeschakeld. Hoe rijker je aan genen bent, hoe groter de kans is dat je overleeft.*

Deze leerling gaat uit van schepping, maar accepteert daarnaast dat verschillen binnen de soort door kruising ontstaan. Merkwaardig is de opvatting dat er een relatie is tussen het aantal genen en de kans op overleven. Heeft hij het over 'survival of the fittest'? Het lijkt er op dat deze leerling naast het creationistisch uitgangspunt natuurlijke selectie accepteert voor verklaring van verschillen binnen de soort. De verwijzing naar het verloren gaan van genen is mogelijk een verwijzing naar de zogenaamde theorie van genenverarming. Deze theorie houdt in dat alle genen al in de eerste oerdieren aanwezig waren en dat het aantal genen per individu in de loop van de tijd afneemt.

Op de opdracht van hoofdstuk 1 (T3), waarin de leerlingen gevraagd wordt wat ze zich voorstellen bij het ontstaan van soorten, geeft de leerling opnieuw een antwoord waar uit blijkt dat hij naast creationistische ook evolutionaire denkbeelden hanteert. Hij schrijft:

*God heeft planten etc. geschapen. Doordat uit de oersoep leven ontstond kwamen er ééncellige organismen die zich ontwikkelden tot allerlei vormen van leven en zich voortdurend ontwikkeld en gespecialiseerd hebben.*

De vraag over de fitness van vier leeuwen (T4) beantwoordt de leerling correct. Bij de vraag naar een verklaring voor het feit dat eenden zwemvliezen hebben schrijft hij:

*Eenden hebben zwemvliezen omdat ze ze nodig 'hebben en niet door toevallige mutaties.*

En bij de vraag waardoor cheeta's zo hard rennen:

*De cheeta's hebben zich aangepast aan hun omgeving om te overleven. Deze eigenschap wordt generatie op generatie overgeleverd.*

Zeker het laatste antwoord, maar wellicht ook het eerste, lijkt aan te geven dat hij ook Lamarckistische denkbeelden hanteert. Aanpassingen aan de

omgeving, eigenschappen dus die tijdens het leven worden verworven, worden doorgegeven aan volgende generaties.

Op de vraag in hoofdstuk zes (T5), hoe de mens is ontstaan, antwoordde hij:

*God heeft het eerste paar mensen volmaakt geschapen.*

Wederom een creationistische uitspraak. In het slotinterview (T7) blijkt echter opnieuw dat zijn denkbeelden niet alleen als creationistisch zijn te typeren. Hij zegt in het slotinterview:

*Alle oertypes zijn geschapen. Er ontstaan op natuurlijke wijze geen nieuwe soorten door de tijd heen. Door toedoen van de mens ontstaan er wel nieuwe soorten. Soorten veranderen wel door de tijd heen. Er treden wel mutaties op. Op eigenschappen vindt natuurlijke selectie plaats. Ik zou me wel voor kunnen stellen, als eenden vroeger geen zwemvliezen hadden en dat ze op het land liepen, dat door een mutatie één van die eenden wel zwemvliezen kreeg, dat hij een keer in het water viel en dat hij toen ging zwemmen. Dat de populatie op het land door een vijand uitstierf en dat die beesten in het water wel konden leven. Dat je op een gegeven moment allemaal eenden hebt met zwemvliezen tussen de poten. Dat zou wel kunnen denk ik, maar dat is zo verschrikkelijk toevallig. ... Eigenschappen ontstaan niet omdat ze nodig zijn.*

Dit fragment kan niet eenduidig worden geclassificeerd. Soorten zijn geschapen, al kunnen door toedoen van de mens ook nieuwe soorten ontstaan. Binnen de geschapen soorten kan echter wel degelijk selectie optreden van mutanten die selectievoordeel hadden.

Deze leerling van de reformatische scholengemeenschap gaat, net als de meeste van zijn klasgenoten, uit van schepping. Hij benadrukt de theorie van genenverarming. Binnen zijn creationistische visie (of daarnaast?) hanteert hij echter ook neo-Darwinistische denkbeelden. Sporen daarvan treffen we al aan in het interview dat voorafgaand aan de lessenreeks werd afgenomen. De lessenreeks heeft in essentie niets aan zijn opvattingen veranderd, al heeft hij wellicht een beter begrip gekregen van de evolutietheorie.

#### *Leerling A31 van de katholieke scholengemeenschap (m)*

In het interview voorafgaand aan de lessenreeks (T2) zegt de leerling:

*De mens ontwikkelde zich uit de aap. Veranderingen worden veroorzaakt door veranderingen in de omgeving. Soorten sterven uit als ze zich niet kunnen aanpassen aan de omgeving.*

De leerling geeft een weinig nauwkeurige verklaring voor het ontstaan van soorten. Hij stelt dat soorten ontstaan of dat soorten veranderen door veranderingen in de omgeving.

In hoofdstuk vier (T4) beantwoordt hij de vraag naar de fitness van vier leeuwen en de zwemvliezen van eenden fout en blijft daar bij ook nadat hij het goede antwoord heeft gehoord. Op de vraag hoe het komt dat cheeta's nu harder kunnen rennen dan hun voorouders antwoordt hij:

*Cheeta's moeten steeds sneller zijn om hun prooi te vangen, want de prooi wordt ook steeds sneller. Om te overleven.*

Feitelijk geeft hij geen verklaring, ze moeten wel harder lopen omdat hun prooi dat ook doet.

In het slotinterview (T7) ontwikkelt zich het volgende gesprek:

<i>Interviewer</i>	<i>Ontstaan er wel nieuwe soorten in de loop van de tijd?</i>
<i>Leerling</i>	<i>Wat ik begrepen heb wel.</i>
<i>Interviewer</i>	<i>Twijfel je daaraan?</i>
<i>Leerling</i>	<i>Ja.</i>
<i>Interviewer</i>	<i>Wat is jouw motivatie om er aan te twijfelen?</i>
<i>Leerling</i>	<i>Laat maar eens wat zien. Laat maar zien wat voor soorten er ontstaan, en hoe dat gebeurt.</i>

In dit fragment spreekt de leerling openlijk zijn twijfel uit over de vraag of er wel nieuwe soorten ontstaan. Die vraag is tijdens de uitvoering van de lessenreeks kennelijk onvoldoende aan de orde geweest.

Deze leerling heeft tijdens de lessenreeks weinig leerwinst geboekt. Vooraf heeft hij weinig omliggende denkbeelden over het ontstaan van soorten en na afloop stelt hij de vraag of er überhaupt wel nieuwe soorten ontstaan. Tijdens de lessenreeks heeft hij de Darwinistische theorie niet voldoende aangeleerd.

#### *Leerling A7 van de katholieke scholengemeenschap (v)*

In de schriftelijke pretest (T1) waarin gevraagd wordt naar verklaringen voor het ontstaan van soorten en van de mens geeft zij het volgende antwoord:

*Door de evolutie, d.m.v. mutaties en natuurlijke selectie (voortplanting). (Ontstaan soorten). Uit de aap door mutaties en selectie. Door verandering in de genen van apen door mutatie is door voortplanting en weer mutaties, de mens ontstaan.*

De leerling geeft een neo-Darwinistische verklaring voor het ontstaan van soorten, ook al zijn haar formuleringen niet erg nauwkeurig.

De opgave in hoofdstuk 1, waarin gevraagd wordt wat de leerlingen zich voorstellen bij het ontstaan van soorten door schepping en evolutie (T3), beantwoordt zij als volgt:

*Ik denk wel dat er door mutaties en natuurlijke selectie dieren zijn ontstaan die er eerst niet waren. Door een gunstige verandering in het genotype van het individu komen er steeds meer individuen met dat genotype, als dat zo door gaat, ontstaat er na heel veel jaren een geheel nieuw individu. Dat herhaalt zich weer etc. en na miljoenen jaren heb je heel veel soorten planten, dieren en mensen.*

De leerling geeft opnieuw een verklaring voor het ontstaan van soorten volgens de neo-Darwinistische theorie.

Ook bij de opdrachten over de fitness van leeuwen en zwemvliezen van eenden in hoofdstuk vier (T4) geeft zij neo-Darwinistische verklaringen. Op de vraag over de cheeta's antwoordt zij:

*Door de toevallige mutatie en door natuurlijke selectie kwam dat gen steeds vaker voor.*

In hoofdstuk zes (T5), waar gevraagd wordt over het ontstaan van de mens, herhaalt zij deze redenering nog een keer:

*Er ontstaan nog steeds nieuwe soorten. Door een toevallige mutatie. De mutant heeft dan ook toevallig meer overlevingskansen, zijn nakomelingen ook. Die leven langer, de oude soort gaat dood. Door voortplanting komt de nieuwe vaker voor en op het laatst komt alleen die nog voor.*

Deze leerling hanteerde voor de lessenreeks al neo-Darwinistische denkbeelden; door de uitvoering van de lessenreeks is dat niet veranderd.

*Leerling U7 van het christelijk gymnasium (v)*

In de schriftelijke pretest, waarin open vragen gesteld worden over het ontstaan van soorten en de mens (T1), schrijft zij:

*Als omstandigheden veranderen zijn er een aantal dieren van een soort die niet kunnen overleven. De rest wel en door de veranderingen (aanpassingen) bij hun nakomelingen ontstaat langzaam een nieuwe soort. Doordat er veel prooidieren waren werden de dieren steeds groter en beter in het vangen ervan. Ik geloof dat God de mens gemaakt heeft, dus niet iets met apen of zo.*

Deze leerling geeft enerzijds aan dat soorten uit elkaar ontstaan door veranderingen bij hun nakomelingen, maar anderzijds hanteert zij een creationistisch denkbeeld als het om het ontstaan van de mens gaat.

Op de vraag wat ze zich voorstelt bij het ontstaan van soorten door schepping en evolutie in hoofdstuk 1 (T3) antwoordt zij:

*Volgens mij is dat (evolutie) best mogelijk, maar er moet in het allereerste begin toch iets of iemand geweest zijn die het begin gemaakt heeft.*

Opnieuw laat zij zien dat zij naast een Darwinistisch denkbeeld ook een creationistisch denkbeeld hanteert, al heeft dat nu niet betrekking op het ontstaan van de mens, maar op het ontstaan van het leven.

Op de vraag over de verklaring voor het feit dat cheeta's zo hard rennen (T4) zegt zij:

*Doordat de dieren veel rennen krijgen ze een goede conditie.*

Het beeld van evolutie dat zij hanteert is niet erg scherp en is niet zonder meer als Darwinistisch aan te duiden.

In hoofdstuk zes (T5), antwoordt zij op de vraag hoe de mens ontstaan is:

*God heeft de mensen gemaakt.*

In de eindtest beschrijft ze het ontstaan van nieuwe soorten als

*... door afscheiding van de moedersoort d.m.v. een natuurlijke barrière (rivier, aardbeving o.i.d.). God heeft de mens geschapen.*

Deze uitspraak laat wederom zien dat ze zowel creationistische als evolutionaire denkbeelden hanteert.

Deze leerling van het christelijk gymnasium doet gedurende het hele leertraject creationistische uitspraken. De rol van de Schepper beperkt zich echter tot het ontstaan van het leven en het ontstaan van de mens. Zij gaat er daarnaast van uit dat er in de loop van de tijd wel nieuwe soorten ontstaan. Haar uitspraken over evolutie voldoen niet aan de eisen die aan Darwinistische denkbeelden worden gesteld (zie tabel 3).

*Leerling U25 van het christelijk gymnasium (m)*

Deze leerling was bij de pretest (T1) en in de les waarin aan het eerste hoofdstuk werd gewerkt (T3) afwezig. In hoofdstuk vier (T4) geeft hij aan dat cheeta's harder rennen omdat

*Hun dieren waarvan ze eten worden bijvoorbeeld met minder, zij kunnen dus niet hard genoeg rennen. Die gaan dood. Diegene die wel hard kunnen rennen, die overleven en krijgen goede kinderen.*

Ondanks de onzorgvuldigheid van het antwoord wordt hier natuurlijke selectie gesuggereerd. Op de vraag in hoofdstuk zes (T5) over het ontstaan van de mens antwoordt hij:

*Er waren dus ooit opa's en oma's die ééncellige beestjes waren. Als er een nieuwe geboren wordt, zitten die cellen aan elkaar, bij toeval kunnen er twee niet delen, zo worden meercelligen door toevallige mutaties. De volgende stap is dat er cellen komen die verschillende taken vervullen. Zo komen er uiteindelijk vissen. Door nog meer mutaties, krijgen de vissen pootjes. Op het land werden ze steeds groter, krijgen ze steeds meer hersenen (door allemaal toevallige mutaties) en uiteindelijk via de aap is daar de mens.*

De hele evolutie wordt gepresenteerd als onze voorgeschiedenis. Feitelijk geeft hij hier een neo-Darwinistische verklaring voor het ontstaan van de mens. Hij benadrukt de toevalligheid van mutaties. In de eindtest (T6) geeft de leerling de volgende verklaring voor het ontstaan van soorten:

*Doordat ze worden gescheiden door barrières (berg, rivier) of door een storm uit elkaar gedreven worden. Passen zich aan de omgeving aan, door toevallige mutaties, deze overleven en krijgen veel nakomelingen, zo ontstaat langzaam een nieuwe soort. Er was een aap, door toevallige mutatie kreeg die meer hersenen, deze overleefde beter, zo kreeg die meer nakomelingen en ontstaat de mens.*

Hij geeft aan dat er natuurlijke selectie plaatsvindt en beschrijft hoe soorten ontstaan. Hij hanteert een eenduidig neo-Darwinistisch denkbeeld.

Ondanks dat deze leerling van het christelijk gymnasium de eerste lessen heeft gemist hanteert hij consistent neo-Darwinistische denkbeelden.

De uitspraken van de vijf leerlingen illustreren de verscheidenheid van opvattingen die leerlingen voor de aanvang van de lessenreeks hebben. Ze illustreren bovendien dat de denkbeelden die bij de aanvang van de lessenreeks worden gehanteerd door de lessenreeks nauwelijks worden bijgesteld. Een groot aantal leerlingen doet uitspraken die als 'niet indeelbaar' zijn geclassificeerd. Daarbij kan feitelijk een onderscheid gemaakt worden tussen uitspraken die onnauwkeurig zijn (leerling A31) en uitspraken waarin creationistische en evolutionaire denkbeelden naast elkaar worden gehanteerd (leerling L21 en leerling U7). Op dit laatste type uitspraken komen we terug in de discussie.

#### **4. Discussie**

Het onderzoek heeft een aantal bevindingen opgeleverd die niet in overeenstemming zijn met wat uit de literatuur bekend is en met wat met de lessenreeks werd beoogd. In deze discussie proberen we eerst een verklaring te geven voor het geringe aantal Lamarckistische denkbeelden dat werd aangetroffen. Daarna zoeken we naar een verklaring voor onze bevinding dat het merendeel van de leerlingen kennelijk geen eenduidig als Darwinistisch te typeren denkbeelden heeft verworven. Tot slot gaan we nader in op de relatie tussen leerlingendenkbeelden en geloofsovertuiging, in het bijzonder bij leer-

lingen die creationistische en evolutionaire denkbeelden naast elkaar hantieren.

### *Het geringe aantal Lamarckistische denkbeelden*

De bevinding dat in het verzamelde materiaal nauwelijks Lamarckistische denkbeelden werden aangetroffen is opmerkelijk, omdat in de hiervoor reeds vermelde literatuur veelvuldig melding wordt gemaakt van het voorkomen van dergelijke denkbeelden. Hoe verklaren we het feit dat we nauwelijks Lamarckistische leerlingdenkbeelden aantreffen? We geven daarvoor vier oorzaken die daarvoor naar onze mening te samen een voldoende verklaring geven.

In de eerste plaats valt bij bestudering van de literatuur op dat een aantal auteurs (Angeeing, 1978; Brumby, 1979, 1984; Deadman & Kelly, 1978; Jiménez-Aleixandre, 1992) die Lamarckistische denkbeelden rapporteren niet nauwkeurig omschrijven wat ze daaronder verstaan. In het hier gepresenteerde onderzoek is er van uit gegaan dat een Lamarckistisch denkbeeld aan twee voorwaarden moet voldoen: (1) Organismen adapteren door biotische of abiotische factoren en (2) deze veranderingen worden aan de volgende generatie doorgegeven (zie ook Janssen & Voogt, 1997). Door de onduidelijkheid van de omschrijvingen in de genoemde literatuur is een vergelijking met de in dit onderzoek verzamelde denkbeelden niet altijd goed mogelijk. We moeten er rekening mee houden dat niet alle denkbeelden die in de literatuur als Lamarckistisch zijn aangeduid voldoen aan de eisen die wij daaraan hebben gesteld.

Een tweede verklaring is terug te voeren op de verschillen tussen de verklaringen die leerlingen geven voor micro- en macro-evolutie. Micro-evolutie heeft betrekking op veranderingen binnen soorten, terwijl macro-evolutie betrekking heeft op het ontstaan van nieuwe soorten en hogere taxa. Voogt (1993a; 1993b) concludeert op grond van de literatuur dat het merendeel van de leerlingen in het voortgezet onderwijs voor micro-evolutie veelal een instructietheoretische, i.c. een Lamarckistische, verklaring geven. Veel auteurs hebben echter gesignaleerd dat leerlingen voor macro-evolutie daarnaast ook levensbeschouwelijke denkbeelden hanteren. We kunnen op grond van de literatuur dus verwachten dat leerlingen voor macro-evolutie minder frequent Lamarckistische denkbeelden hanteren dan voor micro-evolutie. Voor dat verschil is een plausibele verklaring te geven. Voor micro-evolutie komen leerlingen geen rivaliserende denkbeelden tegen. Voor macro-evolutie ligt dat echter anders. Veel leerlingen zullen voor macro-evolutie, en dat geldt zeker voor leerlingen met een godsdienstige opvoeding, de verklaring zoeken in de schepping door God. Doordat leerlingen in het voorliggende onderzoek gevraagd is naar verklaringen voor macro-evolutie, kunnen we verwachten dat we relatief minder Lamarckistische denkbeelden aantreffen.

Een derde verklaring vinden we in de samenstelling van de onderzoekspopulatie. Een van de drie scholen waar data zijn verzameld is een school op reformatorische grondslag. Op die school troffen we, zoals we verwachtten, vrijwel uitsluitend leerlingen met creationistische denkbeelden aan. Bij een van de zes leerlingen van beide andere scholen die na de laatste les werden geïnterviewd werden Lamarckistische denkbeelden aangetroffen. We kunnen dus verwachten dat bij onderzoek onder een meer representatieve steekproef ook meer Lamarckistische denkbeelden worden aangetroffen.

Een vierde verklaring voor het geringe aantal Lamarckistische denkbeelden heeft te maken met de kwaliteit van de antwoorden. Veel schriftelijke antwoorden zijn beknopt en onvolledig. Dat leidt er onder meer toe dat op grond van het gegeven antwoord niet altijd duidelijk is of leerlingen het hebben over adaptatie van het individu of adaptatie van de populatie of de soort. Deze onduidelijke antwoorden kunnen als Lamarckistisch worden geïnterpreteerd als niet tevens de eis wordt gesteld dat aangegeven moet zijn dat veranderingen aan het nageslacht worden doorgegeven (zie de eerste verklaring). Anderzijds kan verwacht worden dat als leerlingen uitgebreider antwoorden, of als ze geïnterviewd zouden worden, hun denkbeelden ook eenduidiger kunnen worden getypeerd. Een van de twee Lamarckistische antwoorden die we registreerden ontleenden we ook aan een slotinterview. We kunnen dus verwachten dat naarmate de typering van denkbeelden meer op interviews wordt gebaseerd en minder op schriftelijke antwoorden, ook meer Lamarckistische denkbeelden zullen worden aangetroffen.

#### *Darwinistisch leren denken*

Een teleurstellende bevinding was dat het merendeel van de leerlingen van de drie scholen na afloop geen eenduidig als Darwinistisch te karakteriseren denkbeelden blijkt te hanteren. Hoe kunnen we dit resultaat verklaren? Wij geven hiervoor drie oorzaken die terug te voeren zijn op de lessenreeks.

Een eerste oorzaak is dat het hoofdstuk waarin Darwinistische theorie wordt aangeboden door leerlingen individueel of in tweetallen moest worden doorgewerkt. Hoofdstuk 4 bestaat uit een aantal gesloten opdrachten, waaronder de opdracht om een leestekst waarin de theorie wordt uitgewerkt door te lezen. Daarna moet deze theorie worden toegepast in een aantal opdrachten, waaronder de opdracht over de cheeta's. Aan het einde van hoofdstuk 4 wordt aan de leerlingen gevraagd om te reflecteren op de antwoorden op de twee opdrachten die zij maakten voordat ze de Darwinistische theorie bestudeerden. Een vergelijking van de antwoorden laat zien dat het aantal leerlingen dat voor een fout antwoord blijft kiezen groot is. In een aantal gevallen is zelfs sprake van een negatief leereffect, dat wil zeggen dat de opdracht die eerst goed werd beantwoord nadien foutief werd gecorrigeerd.

De vraag is nu of, wanneer een nieuw begrip moet worden aangeleerd waarvan uit de literatuur bekend is dat zich allerlei leerproblemen voordoen, de keuze om leerlingen individueel of in tweetallen te laten werken wel een goede keuze is. Recente literatuur laat zien dat groepswork (collaborative learning) een belangrijke rol kan vervullen bij begripontwikkeling (zie bijv. Cohen, 1994; Hennessy & Murphy, 1998) en ook een actievare rol van de docent kan daar aan bijdragen. In de lessenreeks is dus wellicht voor een niet adequate verdeling van de sturing gekozen (Boersma, 1997). Docenten bij wie het lesmateriaal werd beproefd meldden ook dat zij het onbevredigend vonden dat zij het leerproces van hun leerlingen niet beter konden volgen. In het lespakket is gedurende de les niet voorzien in terugkoppeling van de antwoorden naar de leraar.

Een tweede oorzaak is naar onze mening te vinden in de tekst waarin de Darwinistische theorie wordt aangeboden. De tekst gaat feitelijk over Darwin en zijn evolutietheorie. Het begrip natuurlijke selectie wordt daarin niet systematisch opgebouwd en het begrip populatie, dat daarvoor essentieel is, komt daarbij niet aan de orde; dat wordt pas veel later geïntroduceerd. Daardoor

blijft onduidelijk dat natuurlijke selectie een proces is op het niveau van de populatie en dat natuurlijke selectie tot veranderingen in de samenstelling van de populatie leidt. Op dit punt is sprake van een essentieel verschil met het Lamarckisme, omdat het daar gaat om aanpassingen die individuen tijdens hun leven verwerven. Het Lamarckisme richt zich dus in eerste instantie op adaptatie op het niveau van het individu. Verondersteld kan nu worden dat, als bij de introductie van het begrip natuurlijke selectie geen gebruik gemaakt kan worden van het begrip populatie, leerlingen het begrip natuurlijke selectie onvoldoende in nieuwe situaties kunnen toepassen (zie ook tabel 2).

Voor een deel van de leerlingen geldt mogelijk nog een derde oorzaak. In tabel 4 zien we dat een aanzienlijk deel van de leerlingen van de scholengemeenschap op reformatorische grondslag tijdens de lessenreeks op T4 weliswaar adequate Darwinistische antwoorden geeft, maar na afloop geen Darwinistisch maar een creationistisch denkbeeld hanteert. We veronderstellen dat deze leerlingen het begrip natuurlijke selectie wel hebben geleerd, maar niet bereid zijn hun creationistische denkbeelden daarvoor in te leveren. Geloofsovertuigingen prevaleren kennelijk boven door biologen geaccepteerde wetenschappelijke verklaringen. Als het gewenst is dat leerlingen Darwinistische denkbeelden kunnen hanteren, en dat was een doelstelling van de lessenreeks, dan kunnen geloofsovertuigingen daar kennelijk een negatieve invloed op hebben. Als we redeneren vanuit het standpunt van deze leerlingen zelf, dan kan deze eis niet worden gesteld, omdat in het Nederlandse onderwijs van leerlingen niet gevraagd kan worden hun geloofsovertuiging in te leveren. We werken dit probleem nu verder uit.

#### *Leerlingdenkbeelden en geloofsovertuiging*

In het onderzoek hebben we alle verklaringen die leerlingen voor het ontstaan van soorten geven als leerlingdenkbeelden aangeduid. We hebben daarbij geen onderscheid gemaakt tussen verklaringen die op grond van geloofsovertuiging worden gegeven en wetenschappelijke verklaringen. Met name leerlingen die creationistische denkbeelden hanteren zullen hun denkbeelden eerder als geloof aanduiden dan als wetenschappelijke verklaring. Zo bezien hebben we in het onderzoek een onderscheid gemaakt tussen het Lamarckisme en neo-Darwinisme als wetenschappelijke denkbeelden en het creationisme als geloof. Bij de onderzoeksdata treffen we echter ook een groot aantal denkbeelden aan waarin naast creationistische redeneringen ook evolutionaire redeneringen worden gehanteerd. Op de vraag hoe soorten in het algemeen, en de mens in het bijzonder, ontstaan worden drie typen verklaringen gegeven:

- wetenschappelijke verklaringen (Darwinistische, Lamarckistische of neo-Darwinistische verklaringen)
- verklaringen gebaseerd op geloofsovertuiging (creationistische verklaringen)
- verklaringen die zowel op wetenschappelijke redeneringen als op geloof zijn gebaseerd (een deel van de niet indeelbare denkbeelden)(zie ook Lawson & Worsnop, 1992).

De conclusie is dan ook dat de scheiding tussen geloof en wetenschap lang niet voor alle leerlingen een uitgemaakte zaak is (Roth & Alexander, 1997; Fysh & Lucas, 1998). De uitspraken van de leerlingen L21 en U7 (zie par.3.2) illustreren dat. Het nontheïstisch standpunt dat in het lespakket is ingenomen,



waarbij een volledige scheiding tussen geloof en wetenschap wordt aangebracht, wordt door veel leerlingen niet overgenomen. Daarnaast worden zij ook niet uitgenodigd om hun eigen keuze op dit punt te verhelderen of om hun ideeën daarover uit te wisselen. Als gevolg daarvan veronderstellen we dat de leerlingen in drie typen problemen verzeild kunnen raken: geldigheidsproblemen, afbakeningsproblemen en begripsproblemen.

Geldigheidsproblemen ontstaan als leerlingen zich afvragen of de gegeven wetenschappelijke verklaringen wel aansluiten bij hun levensovertuiging en, als ze strijdig zijn, aan welke ze prioriteit moeten geven. Geldigheidsproblemen zullen zich met name voordoen bij leerlingen met een creationistische levensovertuiging, omdat in hun standpunt de fysische en metafysische wereld niet van elkaar gescheiden zijn (zie tabel 1). Het probleem speelt op school minder naarmate zij in hun opvoeding frequenter gangbare wetenschappelijke verklaringen hebben leren verwerpen en hen creationistische wetenschap als alternatief is aangeboden.

Afbakeningsproblemen ontstaan als leerlingen zich afvragen voor welk deel van de fysieke wereld verklaringen door het geloof worden gegeven en voor welk deel natuurwetenschappelijke. Afbakeningsproblemen zullen zich vooral voordoen bij leerlingen met een theïstische levensovertuiging, omdat in die opvatting geaccepteerd is dat de fysische en metafysische wereld gedeeltelijk samenvallen (zie tabel 1). Sommige leerlingen lossen het probleem op door een nontheïstische standpunt in te nemen. Veelal nemen zij echter het standpunt in dat het leven, de soorten en de mens door schepping zijn ontstaan. Als alle drie door schepping zijn ontstaan kan altijd nog micro-evolutie worden geaccepteerd als verklaring voor veranderingen binnen soorten. Het ligt voor de hand dat afbakeningsproblemen op school minder spelen naarmate daar in de opvoeding meer aandacht aan is besteed.

Begripsproblemen tot slot zijn dan problemen die leerlingen hebben bij het verwerven van de gewenste wetenschappelijke verklaring voor evolutie.

We veronderstellen dat geldigheidsproblemen en afbakeningsproblemen eerst moeten zijn opgelost voordat begripsproblemen met succes kunnen worden aangepakt. Als we daar van uitgaan betekent dat dat leerlingen met creationistische opvattingen, die het geldigheidsprobleem hebben opgelost, zich volledig kunnen richten op het oplossen van hun begripsproblemen. De veronderstelling impliceert ook dat, als afbakeningsproblemen en geldigheidsproblemen niet bevredigend zijn opgelost, het relatief moeilijk zal zijn om begripsproblemen op te lossen. Tot slot impliceert deze veronderstelling ook dat leerlingen met atheïstische en nontheïstische opvattingen zich volledig op het oplossen van begripsproblemen kunnen richten.

De veronderstelling impliceert ook dat de keuze die in het lespakket wordt gemaakt om expliciet van een nontheïstisch opvatting uit te gaan van nadelige invloed is geweest op het oplossen van begripsproblemen, doordat afbakenings- en geldigheidsproblemen van leerlingen met theïstische en creationistische levensovertuigingen werden genegeerd. Dagher en BouJaoude (1997) nemen een vergelijkbaar standpunt in. Zij stellen het als volgt:

<sup>1</sup> Difficulty in accepting the scientific evidence for the theory as well as students' views of science may be intricately connected to their religious worldviews. The religious worldview does not only govern beliefs about origins or

issues of meaning and values. A religious worldview affects beliefs about worldly activities including science and its limits.' (op.cit., p.437)

Het is niet de taak van het biologieonderwijs om de levensovertuiging van leerlingen onder druk te zetten. De vraag is echter of we dat wellicht onbedoeld niet toch doen door alleen al het thema evolutie aan te bieden. Wirth slaat naar onze mening de spijker op zijn kop als hij stelt dat '... to pretend that evolution has no metaphysical implications is to encourage teleological and typological misconceptions of evolution.' (zie Dagher & BouJaoude, 1997; p.441).

De veronderstelling impliceert tot slot dat we, als we begripsproblemen willen proberen te voorkomen, er goed aan doen om leerlingen te helpen hun afbakenings- en geldigheidsproblemen op te lossen. We dragen daar in ieder geval aan bij als we expliciet ingaan op de relatie tussen wetenschap en religie (Smith, 1994) en op de aard en status van wetenschappelijke feiten, wetten, hypothesen en theorieën (Dagher & BouJaoude, op.cit.). De aard van de problematiek dwingt ons om deze aspecten bij behandeling van het thema evolutie (en dus binnen het vak biologie) aan de orde te laten komen en om ze niet exclusief te reserveren voor het vak algemene natuurwetenschappen.

De vraag is dan natuurlijk hoe we leerlingen kunnen helpen hun afbakenings- en geldigheidsproblemen op te lossen. De keuze voor een overdrachts-, verhelderings- of argumentatiebenadering, zoals Janssen en Voogt (op.cit.) voorstellen, is geen keuze. In onze samenleving worden geloofs-overtuigingen gerespecteerd, ook als ze in strijd zijn met gangbare wetenschappelijke opvattingen. Daar past alleen een verhelderingsbenadering bij. Tegelijkertijd lijkt het ook niet erg aannemelijk te veronderstellen dat afbakenings- en geldigheidproblemen alleen door verheldering worden opgelost. De veronderstelling dat begripsproblemen pas aan de orde kunnen komen als leerlingen hun afbakenings- en geldigheidsproblemen hebben opgelost dwingt ons om daarvoor een specifieke onderwijsleerstrategie uit te werken.

## 5. Afsluiting

Het onderzoek waarover hier gerapporteerd is heeft een aantal onverwachte resultaten opgeleverd. In de discussie hebben we geprobeerd verklaringen te geven voor zowel het geringe aantal Lamarckistische denkbeelden dat we aantreffen als voor het geringe aantal leerlingen dat na de lessenreeks neo-Darwinistische denkbeelden hanteert. Daarnaast hebben we een veronderstelling uitgewerkt die er toe leidt om expliciet aandacht te schenken aan de relatie tussen wetenschap en levensovertuiging. Het ligt voor de hand om de veronderstellingen in vervolgonderzoek te toetsen en om oplossingen voor de signaleerde problemen uit te werken. Vervolgonderzoek zou zich dan met name kunnen richten op:

- discrepanties tussen denkbeelden die leerlingen ten aanzien van micro- en macro-evolutie hanteren;
- de relatie tussen wetenschappelijke en levensbeschouwelijke verklaringen, waarbij aandacht geschonken wordt aan de relatie tussen afbakenings-, geldigheids- en begripsproblemen;
- de wijze waarop leerlingen hun afbakenings- en geldigheidsproblemen kunnen oplossen;

- de wijze waarop leerlingen die hun afbakenings- en geldigheidsproblemen hebben opgelost het begrip natuurlijke selectie kunnen ontwikkelen.

## Noten

1. In neo-Darwinistische opvattingen wordt expliciet gebruik gemaakt van de moderne genetica om de variabiliteit binnen soorten te verklaren. Neo-Darwinistische opvattingen zijn daardoor op te vatten als een synthese tussen de evolutietheorie van Darwin en de genetica. Darwin zelf kon voor de variabiliteit binnen de soort geen adequate verklaring geven; de theorie van Mendel was in Darwins tijd nog niet beschikbaar.
2. Feitelijk is het niet helemaal juist om leerlingendenkbeelden waarin het overerven van verworven eigenschappen tot uitdrukking komt als Lamarckistisch te bestemmen. De Lamarck's theorie omvatte twee denkbeelden, namelijk (a) tijdens het leven verworven eigenschappen worden overgeërfd, en (b) het leven is meermalen uit dode stof ontstaan (Humphreys, 1996).

## Literatuur

- Angeesing, J. P.A. (1978). Problem solving exercises and evolution teaching. *Journal of Biological Education*, 12, 16-20.
- Baalmann, W., Frerichs, V. & Kattmann, U. (1999). How the gorillas became dark. research in students' conceptions leads to a rearrangement of teaching genetics in evolution. In: O de Jong, K. Kortland, A.J. Waarlo & J. Buddingh'. (eds.). *Bridging the gap between theory and practice: What research says to the science teacher*. Proceedings of the 1998 International ICASE Summer Symposium, Utrecht University, The Netherlands, 171-190.
- Bishop, B. & Anderson, C. (1990). Students conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415-427.
- Boersma, K. Th. (1997). *Systeemdenken en zelfsturing in het biologie-onderwijs*. Oratie Universiteit Utrecht.
- Brumby, M. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13, 119-122.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68, 493-503.
- Cohen, E.G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64 (1), 1-35.
- Dagher, Z. R. & BouJaoude, S. (1997). Scientific views and religious beliefs of college students :the case of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 429-445.
- Deadman, J. A. & Kelly, P.J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12, 7-15.
- Ferrari, M. & Chi, M.T.H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1231-1256.
- Fysh, R. & Lucas, K.B. (1998). Religious beliefs in science Classrooms. *Research in Science Education*, 28 (4), 399-427.
- Hennesy, S. & Murphy, P. (1998). The potential for collaborative problem solving in design and technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 9, 1-36.

- Houtman, C., Jong, S. de, Musschenga, A.W. & Steen, W.J. van der. (1986). *Schepping en evolutie, het Creationisme een alternatief?* Kampen: J. H. Kok.
- Humphreys, J. (1996). Lamarck and the general theory of evolution. *Journal of Biological Education*, 30 (4), 295-303.
- Janssen, F. J. J. M. & Voogt, P.A. (1997). Evolutietheorie in het Voortgezet onderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der  $\beta$ -wetenschappen*, 14 (1), 56-71.
- Jiménez-Aleixandre, M. P.(1992). Thinking about theories or thinking with theories?: A classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14, 51-61.
- Kargbo, D.B., Hobbs, E.D. & Erickson, G.L. (1980). Childrens beliefs about herited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14, 137-146.
- Lawson, A. E. & Worsnop, W.A. (1992). Learning about evolution and rejecting a belief in a special creator: Effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 143-166.
- Nelson, C. (1986). Creation, evolution or both? A multiple model approach. In: R.W.Hanson (ed.), *Science and Creation: Geological, theological and educational perspectives* (pp.128-159). New York: Mac Millan.
- Paul, F. (1997). *Evolutie* (werkboek, infoboek en docentenhandleiding). Enschede: Instituut voor leerplanontwikkeling (SLO).
- Roth, W. & Alexander, T. (1997). The interaction of students scientific and religious discourses: two case studies. *International Journal of Science Education*, 19, 125-146.
- Samarapungavan, A. & Wiers, R.W. (1997). Children's Thoughts on the Origin of Species: A Study of Explanatory Coherence. *Cognitive Science*, 21 (2), 147-177.
- Smith, M. (1994). Counterpoint: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 449-457.
- Voogt, P. (1993a). Leerlingdenkbeelden over evolutie (1). *Bulletin voor het Onderwijs in de Biologie*, 24, 144, 98-104.
- Voogt, P. (1993b). Leerlingdenkbeelden over evolutie (2). *Bulletin voor het Onderwijs in de Biologie*, 24, 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.