

# Leerlingdenkbeelden over evolutie (2)

## Hoe er mee om te gaan in het onderwijs

Peter Voogt

In het eerste deel van deze artikelenreeks (Bulletin 144) heeft de schrijver aangegeven wat voor leerlingideeën (misvattingen, of welke namen daar ook aan gegeven worden) er over het concept evolutie worden aangetroffen. Daarbij kwam naar voren dat de door leerlingen gehanteerde verklaringen of voorspellingen terug te voeren zijn op naturalistische (adaptatie vindt plaats omdat dat 'nodig' is) of lamarckistische (tijdens het leven verworven eigenschappen worden doorgegeven aan het nageslacht) opvattingen. Treffend was dat dezelfde ideeën op allerlei verschillende plaatsen in de wereld werden aangetroffen en zelfs nog aanwezig bleken bij studenten die een universitaire studie biologie of medische biologie volgden.

In dit deel zal worden ingegaan op wat in de literatuur wordt gezien als de oorzaak of oorzaken voor het algemeen voorkomen van deze denkbeelden, en de hardnekkigheid waarmee ze worden vastgehouden, ook na onderwijs over evolutie. Tevens zullen gesuggereerde 'oplossingen' en onderwijsstrategieën aan de orde komen.

### Inleiding

De in het vorige artikel gerapporteerde (en hierboven samengevatte) uitkomsten van onderzoek naar denkbeelden bij leerlingen over evolutie hebben, zoals we toen hebben gezien, tot zéér verschillende conclusies geleid. Waar Shayer (1974) concludeerde dat het onderdeel evolutie maar het beste geheel uit het BSCS (Biological Science Curriculum Studies) materiaal kon worden verwijderd, hebben Deadman & Kelly (1978), en na hen vele anderen, geconcludeerd dat hier een uitdaging lag voor het onderwijs en dat betere didactische strategieën zouden moeten worden ontwikkeld.

Vooraf in de jaren onmiddellijk daarna werden suggesties gedaan voor een betere aanpak, zonder dat er zicht was op de oorzaken van de 'fouten' (zoals ze toen vooral werden beschouwd). Gevolg was dat aanvankelijk vooral deeloplossingen werden aangedragen en dat pas later, toen enige theorievorming had plaats gevonden over de onderliggende oorzaken, meeromvattende strategieën zijn gesuggereerd.

### Aanpassing als kernbegrip

Lucas (1971) beschouwt 'aanpassing' als een kernbegrip in de evolutie en stelt dat juist deze term, waarvoor hij tenminste zes verschillende betekenissen geeft, oorzaak is van veel onduidelijkheden en daardoor van fouten bij leerlingen. Hij verwacht dat leerlingen geloven dat de volgende twee uitspraken biologisch gezien hetzelfde betekenen.

1 "Als mensen langer dan twee of drie weken op grote hoogte vertoeven, passen zij zich aan de geringere hoeveelheid beschikbare zuurstof aan door meer rode bloedcellen te vor-

men. Dit verhoogt de efficiëntie van het zuurstofgebruik."

2 "Als ze in een verontreinigde omgeving worden geplaatst, passen veel nachtvlinders zich aan door donkerder van kleur te worden. Dit verschijnsel staat bekend als industrieel melanisme."

Deze verwarring van begrippen zou naar zijn mening een verklaring kunnen zijn voor de neiging van leerlingen om lamarckistische ideeën te handhaven.

### Aanbevelingen

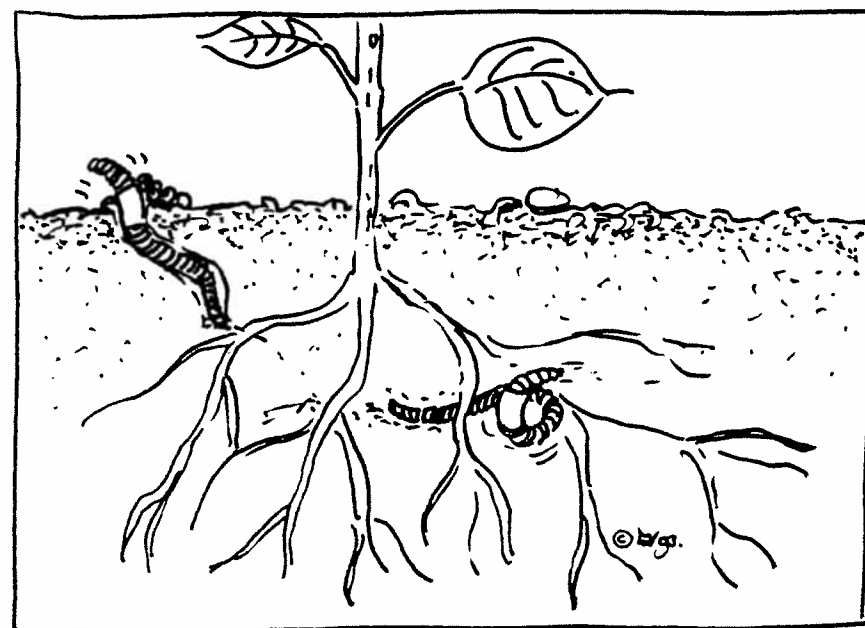
Lucas komt dan ook tot de volgende aanbevelingen (die overigens ook nu nog geldig zijn):

- Geef de verschillende betekenissen van de term adaptatie duidelijk aan, zodat leerlingen "do not slip" van de ene betekenis in de andere bij lezen en denken.

- Laat leerlingen zien dat bepaalde zaken nuttig kunnen zijn voor een organisme door het optreden van toevallige effecten van aanpassingen aan andere factoren in de omgeving. Bijvoorbeeld: door de voedingsactiviteiten van de regenworm wordt de bodem beter geaëreerd, waardoor plantengroei wordt gestimuleerd, wat op zijn beurt weer het voedselaanbod voor de regenworm verhoogt. Mag je nu ook zeggen: "De activiteit van regenwormen is een adaptatie om zeker te zijn van een geschikte omgeving om in te leven?" Volgens Lucas is het spijsverteringskanaal en het voedingsgedrag bedoeld ('assumption of design') terwijl de nuttige gevolgen van het bewerken van de grond toevallige effecten zijn.

- Maak duidelijk dat we nooit aanpassingen kunnen waarnemen, maar dat we een kenmerk, eigenschap, een adaptatie *noemen* op

Peter Voogt is hoogleraar didactiek van de biologie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht  
De tekeningen bij dit artikel zijn van Marjolein de Vries



**Figuur 1**  
Activiteit van regenwormen

grond van een interpretatie.

In feite houdt Lucas dus één groot pleidooi voor duidelijkheid. Volgens Holway (1968) is het aan leerlingen vragen naar manieren waarop dieren zijn aangepast aan hun omgeving "het uitnodigen tot een berg van speculaties, die geen van allen door gegevens zijn ondersteund".

### Klasseleergesprekken

Clough & Wood-Robinson (1985), die eveneens het begrip aanpassing centraal stelden (en vonden dat slechts  $\pm 10\%$  van de leerlingen wetenschappelijk juiste antwoorden gaf, zie het vorige artikel), vinden dat in het onderwijs uitgegaan dient te worden van de leerlingdenkbeelden. De docent moet zich daarvan dan ook op de hoogte stellen.

Leerlingen van 11 jaar blijken een deel van hun kennis te hebben opgedaan buiten school en hebben (Kargbo 1980) dan al hun eigen theorieën over dit onderwerp gevormd. Daarom zou het naar de mening van Clough & Wood-Robinson beter zijn het onderwijs in evolutie niet uit te stellen tot in de hoogste klassen, maar er al veel eerder aan te beginnen en de buitenschoolse kennis dan ook in het onderwijs te gebruiken. Zij achten het voorts mogelijk dat het gebruik van antropomorfe uitdrukkingen het gevolg is van een taalprobleem, een gebrek aan de juiste woorden. Daarom stellen zij voor de leerlingen in klasseleergesprekken en in kleine groepen te laten praten om ze zo wat meer grip te laten krijgen op deze moeilijke begrippen. Een andere suggestie is om in de lessen de historische ontwikkeling van het denken over evolutie aan de orde te stellen, omdat veel van de

leerlingideeën lijken op theorieën die aan het neo-darwinisme voorafgingen.

Brumby (1979) komt tot de conclusie dat nog geen 20% van de door haar onderzochte leerlingen wetenschappelijk juiste antwoorden gaf op vragen met betrekking tot natuurlijke selectie (zie het vorige artikel). Het merendeel bestond uit lamarckistische verklaringen van evolutie. Zij zet zich dan ook af tegen de stelling van Harper dat in de klas darwinistische indoctrinatie zou plaats vinden. Hoe het wel zou moeten worden niet duidelijk als zij haar artikel besluit met: "Docenten moeten het concept evolutie 'her (= anders)onderwijzen', om misconcepten bij leerlingen te verhelpen die anders hun begrip van de basale concepten die de voortdurende evolutie van het leven op aarde bepalen, zullen blokkeren".

In 1984 schrijft Brumby naar aanleiding van het onderzoek aan Australische studenten medische biologie over de lamarckistische leerlingideeën: "Het gaat om heel wat meer dan simpele kennisfouten die eenvoudiger kunnen worden gecorrigeerd." Om deze denkbeelden te kunnen 'corrigeren' moeten zij eerst duidelijk in beeld worden gebracht en aan de hand van problemen (bijvoorbeeld zoals in haar eigen onderzoek gebruikt) met de leerlingen worden bediscussieerd. Hierin volgt zij Kargbo et al. (1980) die stelden: "... zij kunnen mogelijk dienen als onderwerp van gesprek of discussie in een blok over erfelijkheid. Tenzij deze ideeën expliciet worden gemaakt en zorgvuldig worden besproken, kunnen zij onopgemerkt blijven voortleven zelfs al krijgen de leerlingen te horen dat het anders is." Brumby oppert voorts het idee (in 1985 nagevolgd door Clough & Wood-Robinson, zie boven): "Misschien weerspiegelt het intuïtieve wetenschappelijk redeneren een soort 'recapitulatie theorie' van de geschiedenis van het wetenschappelijk denken." Als dit ook voor andere basisconcepten zou gelden, zouden leerlingdenkbeelden als het ware voorspeld kunnen worden.

### Suggesties voor verbetering

Samengevat komen de tot nu toe gesuggereerde onderwijsverbeteringen op het volgende neer:

- Leerlingideeën over evolutie zijn als gevolg van buitenschoolse ervaringen al aanwezig vóór regulier onderwijs hierover plaats vindt. Stel daarom dit onderwijs niet uit tot de hoogste klassen, maar begin er al mee in de onderbouw.
- Deze leerlingdenkbeelden zijn zeer hardnekkig.

Stel ze daarom expliciet aan de orde en laat leerlingen over hun denkbeelden praten. Dit

zal tevens een eventuele 'taalnoed' kunnen verminderen.

- Een deel van deze resistentie wordt mogelijk veroorzaakt door onzorgvuldig woordgebruik in boeken en door de docent.

Wees duidelijk en geef aan in welke zin een term als aanpassing wordt gebruikt.

- Misschien vindt in het denken van leerlingen over evolutie een recapitulatie plaats van de geschiedenis van het wetenschappelijk denken hierover.

Laat leerlingen kennis maken met de geschiedenis van het denken over evolutie en laat ze zien dat dit niet gestopt is bij Lamarck.

**Verband tussen genetica en evolutie**

Een nieuw element is ingebracht door Haldén (1988) die leerlingen in 'hardop denk'-oefeningen de evolutie van soorten laat verklaren. Hij vermeldt hoe één van de groepjes leerlingen eerst komt tot de vaststelling dat de erfelijke aanleg voor een bepaalde eigenschap aanwezig is in de genen, die in de chromosomen zijn te vinden, en dat die weer bestaan uit DNA. Dan zegt één van de leerlingen: "Maar dat is niet de aanleg zelf." Daarop vindt de volgende discussie plaats:

- "... how (the dispositions) are transmitted, ... did we study that? Did we learn anything about that?"

- "Yeah, isn't that what we've learned?"

- "But not HOW! I mean, only how it ... only about how it turns out. How ... we've learned that they are inherited but not HOW ... yeah".

- "You mean ... I don't know ... well ... what have we learned actually?"

De leerlingen komen daarna tot de conclusie dat ze het genetisch mechanisme hebben geleerd, maar hoe zit het nou met de overdracht van de aanleg voor een bepaalde eigenschap? In een andere groep probeert een leerling aan het eind de discussie samen te vatten, maar besluit met: "... That's how ... that's the way that ... Hell, we've studied all this. If you ask me, we've missed out on all of that ... like we've never gone through it from start to finish, you know!"

Uit deze citaten zijn een paar conclusies te trekken.

- De leerling vindt de stof van begin tot eind is aangeboden en dat dit (waarschijnlijk) in logische volgorde is gebeurd.

- Ondanks dat hebben zij het overzicht verloren en komen zij er niet meer uit. Dit komt door de complexiteit van de concepten die allemaal moeten worden bestudeerd.

Als aanvankelijk wordt gezegd dat het in de evolutie gaat om de ontwikkeling van de verschillende levensvormen op aarde en bij genetica om hoe het komt dat nakomelingen op hun ouders lijken, dan zijn dat grove contexten, die voor leerlingen duidelijk zijn. Daarna volgen zeer veel details, met wel weer deelconcepten als aanpassing, natuurlijke selectie etcetera, maar gedurende de lange lessenserie over dit onderwerp wordt als het ware het thema gefragmenteerd. Dit wordt bevorderd door het ook in stukjes te overhoren en door het niet laten geven (of doen) van verklaringen of voorstellingen.

Een duidelijke lijn, die telkens opnieuw wordt aangegeven en waarbij genetica en evolutie systematisch met elkaar in verband worden gebracht, is absoluut noodzakelijk.

Haldén zegt dit zo: "Natuurlijk kan de samenhang ook verloren raken als de leerlingen een rechte lijnige leerweg volgen ... Als een keten van gebeurtenissen wordt opgedeeld in de individuele elementen en deelprocessen, die op hun beurt weer worden opgesplitst in nog kleinere eenheden, dan verliezen leerlingen het zicht op de vraag waar het eigenlijk om ging. Deze onderdelen van de leerstof worden dan gezien als losse eenheden die door de leerlingen uit het hoofd worden geleerd".

**Didactische structuur van evolutie**

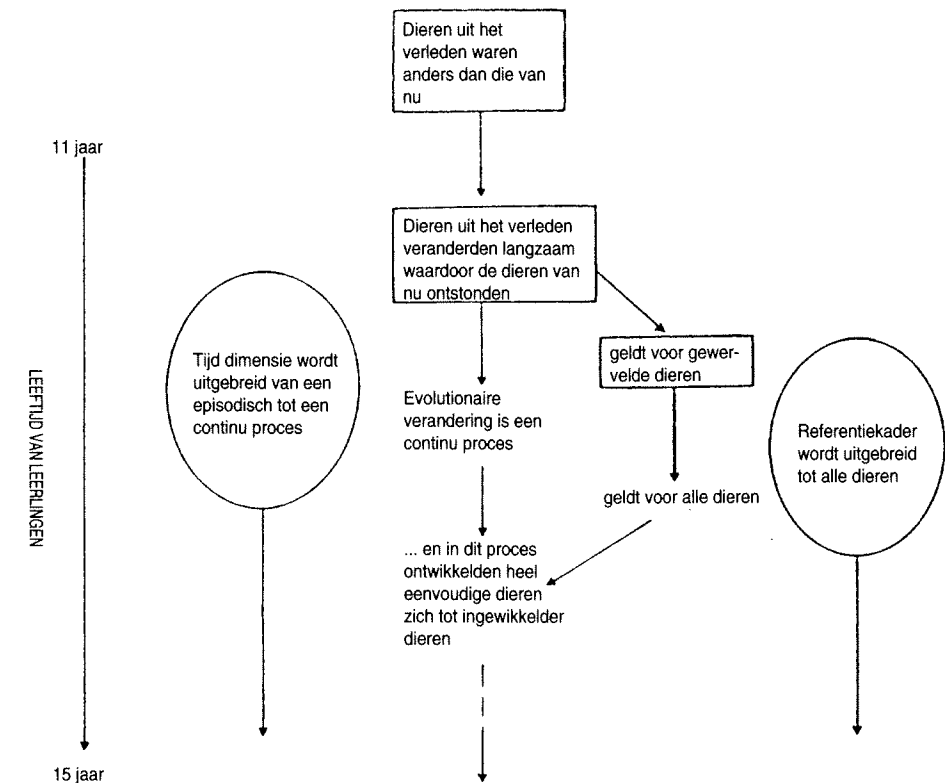
Deze nadruk op een onderwijsplan met een goede samenhang, waarbij leerlingen steun wordt geboden om de weg niet te verliezen, is ook te vinden bij Deadman & Kelly (1978). In wezen gaan zij veel verder, omdat ze een conceptuele structuur om evolutie te onderwijzen, dus een didactische structuur van evolutie, voorstellen. De elementen van die structuur zouden de volgende zijn.

- De zeven kernpunten zoals die uit hun analyse van het denken van leerlingen over evolutie en erfelijkheid naar voren zijn gekomen (zie vorig artikel of de oorspronkelijke literatuur). Deze punten waren:

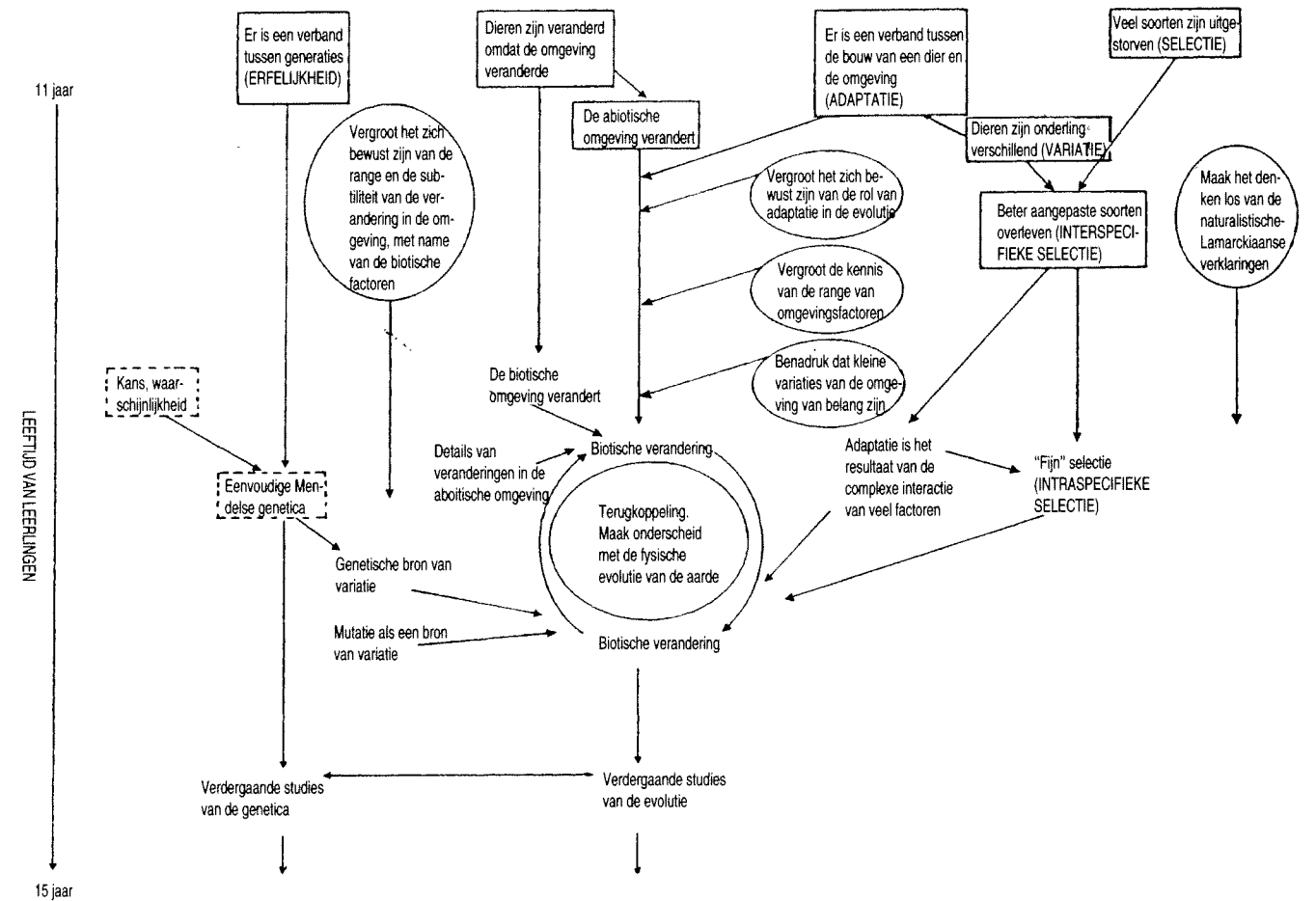
- evolutie als verschijnsel
- waarom evolutie plaatsvond
- adaptatie
- selectie
- toeval
- erfelijkheid.

Zij zouden moeten dienen (dus uitgaande van leerlingdenkbeelden!) als een 'frame' voor het ordenen van onderwijs-schema's.

- Het besef van leerlingen dat er behoefte is aan en dat ze ook belangstelling hebben voor



**Schema 1**  
Mogelijke begripsontwikkeling over evolutie als verschijnsel. (deelconcepten zijn aangegeven in rechthoeken; suggesties voor het ontwikkelen van grotere referentiekaders zijn in een ellips weergegeven) Uit: *Deadman and Kelly: Schoolboys' concepts of evolution.*



**Schema 2**  
Schema voor het onderwijzen van erfelijkheid en evolutie. (deelconcepten zijn aangegeven in rechthoeken; suggesties voor het ontwikkelen van grotere referentiekaders zijn in een ellips weergegeven) Uit: *Deadman and Kelly: Schoolboys' concepts of evolution.*

een verklaring van de processen van evolutie en erfelijkheid.

– Het elementaire begrip van leerlingen over erfelijkheid als de relatie tussen generaties en dat evolutie de relatie is tussen dieren uit het verleden en heden.

– De leerlingdenkbeelden over adaptatie en selectie.

Uitgaande van elementen stellen zij conceptuele schema's voor, voor het onderwijzen van en het ontwikkelen van begrippen over evolutie als verschijnsel (het eerste kernpunt) en van erfelijkheid/evolutie.

Deze schema's zijn op pagina 175 weergegeven en laten zien dat hier al heel vroeg wordt begonnen met onderwijs in deze complexe onderwerpen.

#### Problemen

Hierbij merken zij op dat bij het onderwijs aan jonge leerlingen twee belangrijke problemen te verwachten zijn en wel de naturalistische en lamarckistische interpretaties van leerlingen en hun onvoldoende inzicht in waarschijnlijkheidsberekening.

De aangetroffen naturalistische verklaringen komen naar hun mening sterk overeen met die welke door Piaget zijn gevonden met betrekking tot fysische oorzakelijkheid. Naturalistische en lamarckistische concepten "ontstaan ongetwijfeld intuïtief door de antropocentrische kijk van een jong iemand op de wereld. Hij is zich bewust van zijn eigen behoeften en van zijn mogelijkheden om ze tenminste voor een deel te dekken en dit is terug te vinden in zijn verklaringen."

Met betrekking tot het concept waarschijnlijkheid merken zij op: "A young person, . . . , feels more comfortable with certainty and will look for firm and simple explanations."

Deadman & Kelly signaleren dus wel de problemen die bij jonge leerlingen te verwachten zijn en proberen die vanuit het geestelijke ontwikkelingsstadium waarin deze leerlingen zich bevinden te verklaren en daarmee dus aan te geven dat het bij die leeftijd 'hoort', zij trekken niet de conclusie dat het dus niet logisch (zinvol) is om het bedoelde onderwijs toch te geven.

#### Misconcepten veranderen

Hierop aansluitend kan gemeld worden een belangrijke studie van Lawson & Thompson (1988). Deze auteurs stellen dat er heel wat nodig is om leerlingdenkbeelden te veranderen. Zij spreken van 'misconcepten' en definiëren die als kennis die spontaan is afgeleid uit persoonlijke ervaringen (maar die niet overeenkomt met de wetenschappelijke opvattingen).

Deze misconcepties zijn naar hun mening geen eenvoudige misverstanden die snel te verhelpen zijn. Nee, ze zijn verankerd in 'highly robust' alternatieve conceptuele netwerken voor de verklaring van natuurlijke gebeurtenissen en verschijnselen. Veel van deze ideeën zijn vroeger verdedigd door prominente wetenschappers. Het verwerpen van die ideeën uit de geschiedenis van de biologie is verkopen via het opstellen van nieuwe hypothesen en door die te testen door *logisch redeneren*, experimenteren, en *argumenteren* (cursivering P.V.). Volgens deze auteurs zou hetzelfde dus in de klas moeten gebeuren:

Leerlingen zouden dus:

- 1 de wetenschappelijke verklaring moeten kennen;
- 2 zich bewust moeten zijn van de aanwijzingen/feiten waarop de validiteit van de alternatieve concepten berust;
- 3 in staat moeten zijn om een discussie te voeren of te volgen over de logische verbinding tussen de 'evidence' en de alternatieve concepten.

Eigenlijk vraag je dus van de leerlingen dat ze volgens de regels van de logica inzien dat de beschikbare 'evidence' (gegevens, feiten, aanwijzingen) juist de wetenschappelijke concepten ondersteunt en de alternatieve concepten tegenspreekt. Het gaat hierbij dus om 'formal reasoning patterns'. Dit stadium is in de bekende indeling van Piaget het laatste en wordt pas bereikt na het concreet operationele en het transitionele stadium. Lawson & Thompson voorspellen dan ook dat concreet operationele leerlingen die 'formal reasoning patterns' niet effectief gebruiken er niet in zullen slagen om hun naïeve misconcepten te veranderen. Zij voorspellen tevens, en dat wordt hun te toetsen hypothese, dat formeel operationele leerlingen na afloop van het onderwijs significant minder misconcepten zullen hebben dan de concreet operationele leerlingen.

#### Onderzoek

Om deze hypothese te toetsen worden 131 leerlingen (12,3–14,1 jaar, gemiddeld 13,1 jaar) van een Junior highschool (onderbouw) in Arizona onderzocht.

In een pre-test wordt van de leerlingen eerst bepaald:

- hun vermogen om formeel hypothetisch-deductief te redeneren (concreet operationeel, transitioneel, formeel operationeel);
- hun 'mental capacity': het aantal onafhankelijke informatie eenheden waarmee ze gelijktijdig in hun werkgeheugen kunnen werken;
- hun taalvaardigheid;

#### Kader 1. Leerlinguitspraken na behandeling van het onderwerp evolutie.

- "As generations pass on, the offspring will become a little darker each time because of adaptation".  
"Probably somewhat darker because the mother's chromosomes adapted".  
It's not a sex-linked trait. Their skin would be dark because both of their parent's skin is dark".
- "The finger was cut off too fast for the genes to change".  
"The child will probably have a finger missing because the traits of both parents are strong".  
"Some of the cells would be gone from both parents so the offspring would have less cells".  
"Not normal because there were no traits for finger to give to the offspring".  
"The fingers would be short because she is not a carrier".
- "The recessive trait is the color they dyed the hair so it wouldn't be these anymore. The kid's hair would be a medium color".  
"The hair was dyed constantly so the genes had to change".  
"The dye would set in the hair and might cause a mutation and the children's hair would be darker".  
"Her hair would be dark. Their children would have dark-haired skin. Their children are dominant".



Figuur 2

– hun vermogen om simpele visuele patronen uit een complexe achtergrond als het ware los te maken, te "zien".

Dan krijgen ze ongeveer één maand onderwijs over evolutie en erfelijkheid. Na afloop van dit onderwijs, krijgen ze open vragen waarbij voorspellingen en verklaringen moeten worden gegeven. De vragen lijken sterk op die van Brumby en van Kargbo en anderen (zie vorig artikel) en gaan over de volgende situaties.

1 De huidkleur van kinderen geboren uit het huwelijk van twee blanke mensen die voor hun huwelijk naar Afrika zijn verhuisd.

2 De gevolgen van de amputatie van een vinger bij een meisje en een jongen voor de kinderen die ze later samen krijgen.

3 De gevolgen van het voortdurend verven van hun haar door een meisje en een jongen voor de haarkleur van de kinderen die ze later samen krijgen.

Van alle antwoorden bleken er 128 misconcepten te bevatten. Dit is ongeveer 1 per leerling. Van de misconcepten had 45% betrekking op het geverfde haar, 38% op de huidskleur en 17% op de geamputeerde vinger.

Van de 21 formeel-operationele leerlingen hadden er 14 (66,7%) geen misconcepten, vijf (23,8%) hadden er één, en twee (9,5%) hadden twee misconcepten. Dit komt neer op gemiddeld 0,43 per leerling.

Van de 83 transitionele leerlingen hadden er 35 (42,2%) geen misconcepten, 32 (38,6%) één, 9 (10,8%) twee, en 7 (8,4%) drie misconcepten. Dit komt overeen met 0,86 misconcepten per leerling.

Van de 27 concreet operationele leerlingen hadden er twee (7,4%) geen misconcepten, 10 (37,0%) één, 11 (40,7%) twee, en 4 (14,9%)

drie misconcepten. Dit komt overeen met een gemiddelde van 1,63 misconcepten per leerling.

Statistische toetsen wezen uit dat er een hoge negatieve correlatie ( $P < 0.001$ ) bestond tussen het aantal misconcepten en het vermogen om formeel te redeneren. Voor geen van de andere gemeten parameters werd een significante correlatie gevonden.

Lawson & Thompson komen dan ook tot de conclusie dat hun hypothese is bevestigd en dat kennelijk concreet-operationele leerlingen ook na het onderwijs gewoon hun vroegere denkbeelden handhaven. Ze raden dan ook docenten aan om leerlingen de gelegenheid te geven om hun opvattingen te bediscussieren en zorgvuldig te vergelijken met de nieuw aangeboden wetenschappelijke concepten om de logische of empirische tekortkomingen of beperkingen van hun eigen opvattingen te evalueren. Met nadruk zeggen ze dat het niet genoeg is om wetenschappelijke concepten te onderwijzen: "Teachers must also 'unlearn' naïve misconceptions." Leerlingen moeten ook de *redenen* kunnen begrijpen waarom de wetenschappelijke concepten wel en hun naïeve concepten niet correct zijn. "Als het begrijpen van deze redenen 'formal reasoning patterns' vereist, lijkt het noodzakelijk dat leerlingen ook formeel operationeel zijn; derhalve moet de instructie erop gericht zijn om dit te ontwikkelen in concreet operationele leerlingen."

#### Consequenties voor het onderwijs

Dit laatste zou vergaande consequenties kunnen hebben voor het onderwijs. In feite is in Nederland dit probleem omzeild door de onderwerpen evolutie en erfelijkheid pas laat te programmeren. Bij onderwijs aan jonge kinderen is het waarschijnlijk onvermijdbaar om extra aandacht te besteden aan het door Lawson & Thompson gesignaleerde probleem.

Om dit te demonstreren en tevens om te laten zien dat leerlingen aan hun ideeën vasthouden maar die nu beargumenteren met de kennis die ze juist hebben geleerd, worden wat leerlinguitspraken geciteerd (kader 1).

De reden waarom deze resultaten niet zijn vermeld in het vorige artikel is dat het hier niet gaat om kennis gemeten vóór het onderwijs, maar er na.

Nu we weten dat leerlingideeën door het onderwijs niet fundamenteel zijn veranderd kunnen de resultaten van dit onderzoek tevens worden gebruikt ter aanvulling op wat in het eerste artikel hierover is gezegd.

Deze uitkomst was door Lawson & Thompson

voorspeld en zij trekken als conclusie dat er aan het onderwijs wat moet worden veranderd.

### Theorieën leren gebruiken

Ohlsson (1992) is het niet eens met de visie dat er iets mis zou zijn met de manier waarop wetenschap wordt onderwezen. Integendeel, zij is van mening dat studenten en leerlingen falen omdat er een belangrijke component in het curriculum ontbreekt. Een belangrijke wetenschappelijke activiteit zou niet worden onderwezen. Volgens deze auteur is en wordt er in het onderwijs heel veel aandacht gegeven aan de manier waarop theorieën tot stand komen, kort gezegd aan de wetenschappelijke methode. Leerlingen zouden als het ware kleine wetenschappertjes moeten zijn (discovery learning). Ook ons nieuwe examenprogramma voor vwo vraagt de leerlingen dat ze weten hde biologische kennis wordt verkregen! Toch zijn er maar weinig biologen/wetenschappers die echt aan theorievorming bijdragen. De meesten passen theorieën toe op een bijzondere situatie en proberen vanuit de theorie een verklaring voor dit bijzondere geval te vinden. Er zijn dus meer mensen die theorieën gebruiken dan helpen ze te vormen. Maar waar wordt het gebruiken, het toepassen van theorieën geleerd? Ohlsson is van mening dat dit is wat ontbreekt in het onderwijs en dat eigenlijk maar één helft van wetenschap wordt aangeleerd.

Gesteld wordt dat:

- een theorie niet voorschrijft hoe hij moet worden gebruikt;
- dat je niet van leerlingen mag verwachten dat ze zelf uitzoeken hoe een theorie moet worden gebruikt.

Dus dit moet worden geleerd!

### Verklaringspatronen

Hierboven is opgemerkt dat wetenschappers proberen vanuit de theorie een verklaring te vinden voor een bepaalde situatie. Ohlsson signaleert dat vaak wordt gezegd: "deze theorie verklaart . . ." of "deze theorie is niet in staat om te verklaren . . .". Natuurlijk verklaart een theorie niets, de persoon die de theorie gebruikt is degene die verklaart. Een verklaring is een soort verhaal over oorzaak/gevolg gebeurtenissen die het waargenomen verschijnsel teweeg brachten. "To explain is to create an appropriate story." Deze verhalen moeten echter wel vallen binnen de grenzen van een theorie. Geslaagde verhalen leveren als het ware een mal op voor volgende verklaringen en er ontstaan verklaringspatronen. Volgens Ohlsson is het belangrijk om de verklaringspatronen die

bij een theorie horen te leren kennen. Dit wordt toegelicht door aan te geven hoe vanuit de twee basisprincipes van de evolutie (toevalsvariatie; natuurlijke selectie) via een procedure van vijf stappen kan worden gekomen tot een verklaring voor de lange nek van de giraffe.

Ten overvloede: deze verklaring staat niet als zodanig in de theorie. Daarom is Ohlsson van mening dat iedere theorie, die immers slechts een paar grondregels (principes) kent, gemakkelijk te leren is. Die principes kan een leerling in minder dan een halfuur van buiten leren en die zijn ook niet moeilijk te begrijpen. Maar dan komt het pas: het gebruiken, het toepassen ervan: daaraan moet meer aandacht worden besteed.

### Consequenties

Deze opvattingen hebben tenminste twee consequenties voor het onderwijs.

1 Verklaringspatronen kunnen slechts worden ontdekt of gevormd als zij lijken op de verklaringspatronen die de leerling al kent. Daarbij zijn de gezond verstand verklaringen die in het dagelijkse leven vaak worden gebruikt, niet van nut omdat dit soort verklaringen sterk afwijkt van wetenschappelijke verklaringen. Ohlsson stelt dan ook: "Het leren zou wel eens nooit van de grond kunnen komen omdat er geen relevante verklaringspatronen beschikbaar zijn die als startpunt kunnen worden gebruikt."

2 Leerlingen moeten leren dat er andere criteria zijn om te gaan zoeken naar een verklaring dan waarmee ze naar school komen. In het dagelijks leven probeer je alleen het onverwachte te verklaren, maar in de wetenschap proberen we alles te verklaren.

Ohlsson besluit dat haar visie op de oorzaken van het falen van leerlingen een optimistische is. "... het geneesmiddel is onmiddellijk beschikbaar. Leraren hoeven niet te gaan zitten wachten op onderzoekers om nieuwe onderwijsmethoden uit te vinden of om dure computersystemen te ontwikkelen."

Het onderwijs kan worden verbeterd door leerlingen te leren hoe zij de theorieën die ze bestuderen moeten gebruiken. "This improvement can be implemented at once".

### Tot stand komen van een theorie

Wie van de lezers zich, na bovenstaand betoog over het werk van Ohlsson, toch meer voelt aangetrokken tot onderwijs over het tot stand komen van theorie zou zich kunnen verdiepen in het artikel van Gough (1978), dat als titel draagt: *The necessity of evolution: law and logic in*

*Darwin's explanation*. Hier slechts een paar citaten:

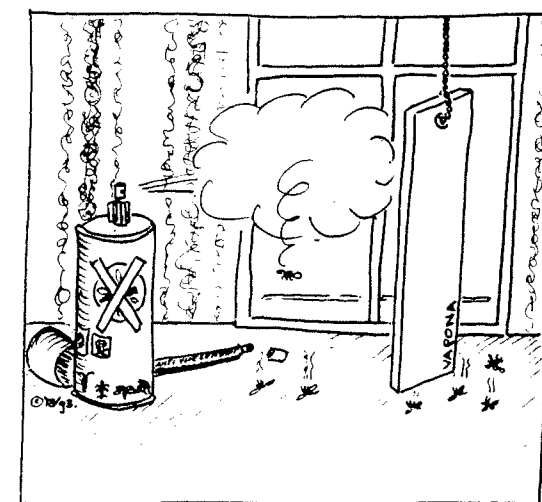
- "As is noted above, the nature of Darwin's argument makes evolution certainty: a 'fact' rather than a 'theory'. Students may better be able to appreciate this aspect of Darwinism if their attention is directed *less to Darwin's conclusions than to the evidence and arguments which precede them*" (cursivering, P.V.).

- "Darwin's explanation is, in fact, an example of deductive logic, and it should be recognized and taught as such".

- "it sometimes appears that we are unduly apologetic about Darwin and evolution. But what we know of the origin of species from Darwin's work is a *triumph of scientific materialism; neither supernatural mysteries nor explanations peculiar to biological science are needed; just 'simple' deductive logic, and appropriate empirical verification*. Needless to say, the simple logic of Darwin's explanation is the simplicity of genius" (cursivering, P.V.).

### Kammerer

Wie echter wel gevoelig is voor de strekking van wat Ohlsson zegt kan terecht in een tweetal artikelen met delen uit het werk van Kammerer (een overtuigd Lamarckist), die helaas het meest bekend is geworden door de opzienbarende fraudezaak in zijn onderzoek aan de vroedmeesterpad (the midwife toad). In het artikel *Kammerer revisited* beveelt Dawes (1977) aan dit werk te gebruiken om beter de gevolgen van een theorie te leren overzien. Tevens adviseert hij scholen om een aantal van de experimenten van Kammerer te herhalen. Brumby (1979) merkt op: "Bij het denken over manieren om het onderwijs over evolutie te verbeteren moet worden opgemerkt, dat de suggestie van Dawes 'Lamarckian-type' experimenten te



**Figuur 3**  
Gebruik van insecticiden.

herhalen het risico met zich meebrengt dat intuïtieve foutieve begrippen worden versterkt." Angseeing (1978) maakt eveneens gebruik van het werk van Kammerer. In plaats van de proeven te herhalen geeft hij gedachten-experimenten.

Beide artikelen zijn zeer lezenswaardig en met name het tweede artikel geeft veel wat direct bruikbaar is.

### Jiménez

In het werk van Jiménez (1992) wordt een aantal van de hiervoor besproken elementen verenigd. Zij erkent het belang van leerlingdenkbeelden en is van mening dat deze denkbeelden door leerlingen moeten worden bediscussieerd. Het meest prominent is echter in haar werk de rol van de theorie. Dit komt al direct tot uiting in de titel van haar werk: *Thinking about theories or thinking with theory*. Leerlingen moeten leren zien dat de theorieën van Darwin en van Lamarck allebei evolutionistische modellen zijn, waarmee je kunt verklaren hoe levende wezens in de tijd veranderen. Zij moeten echter ook zien dat de verklaringen op grond van deze theorie met elkaar onverenigbaar zijn en dat je ze daarom ook niet door elkaar heen kunt gebruiken. Beide theorieën bestaan uit slechts twee (of drie) principes (zie Ohlsson). Het kernverschil is gelegen in het al of niet overerfbaar geacht worden van verworven eigenschappen. Leerlingen moeten tot het inzicht komen dat zij van de twee verklaringsmodellen er maar één (het lamarckistische) gebruiken. Daarom moeten ze zich bewust worden van hun eigen ideeën en die vergelijken met de theorie zoals die op school wordt onderwezen. Zij moeten zich dus ervan bewust worden dat ze denken *met* theorieën en niet alleen maar denken over theorieën.

Jiménez vergeleek nu twee verschillende onderwijsstrategieën, waarbij ze overigens steeds een constructivistische benadering koos.

### Vergelijking van strategieën

Gewerkt werd met leerlingen van 14 jaar en ouder van een middelbare school in Spanje. De experimentele groep bestond uit 34 en de controle groep uit 35 leerlingen. Toetsen werden afgenomen vóór (pre-test) en ná het onderwijs (post-test) en ruim een jaar later (re-test). De toetsen bestonden uit het type vragen dat we al eerder zijn tegenkomen.

De pre-test bevatte een vraag over insecticiden, die na enige tijd geen effect meer leken te heb-

ben op hoofdluis. In beide groepen werden de vragen individueel beantwoord. In de experimentele groep bediscussieerden de leerlingen hun antwoorden in kleine groepjes en met de docent. In de controlegroep vond deze discussie niet plaats. Tijdens het onderwijs dat inhoudelijk voor beide groepen gelijk was, werden nieuwe vraagstukken aangeboden, afhakken van de staart van één muis, of twintig generaties lang. In de experimentele groep richtte de docent de groepsdiscussie op de problemen die leerlingen hierbij tegen kwamen. Die werden daarna vergeleken met die uit de pre-test en de inconsistenties in de antwoorden werden opgespoord. In de controlegroep werd een klasgesprek gevoerd over algemene 'lamarckistische' verklaringen, gevolgen verlies van een vinger, verven van haar. Aan het einde van de lessenserie moesten de leerlingen uit de experimentele groep verklaringen die ze op dat moment hanteerden, vergelijken met die welke ze in het begin gebruikten. In de controlegroep werd die vergelijking niet gemaakt. Vervolgens werd de post-test afgenomen waarbij uiteraard aan beide groepen dezelfde vragen werden voorgelegd. Van de vijf vragen zullen er drie iets nader worden bekeken.

– De vraag over insecticiden was dezelfde als gebruikt in de pre-test.

– De tweede vraag had betrekking op de bestrijding van schimmel in bananen met behulp van fungiciden. Deze bleken na enige tijd geen effect meer te hebben.

– De derde vraag had betrekking op de kleur van kuikens (kuikens van gedomesticeerde vogels zijn geel; kuikens van in het wild levende vogels zijn bruin).

De resultaten voor deze drie vragen worden in tabel 1 weergegeven.

Hieruit blijkt dat de resultaten uit de pre-test voor de experimentele en de controlegroep gelijk zijn. In beide groepen overheersen lamarckistische verklaringen en worden nauwelijks darwinistische verklaringen gegeven. In de controlegroep blijft dat zo, ook na het onderwijs (in de post-test). Het aantal lamarckistische verklaringen was zelfs toegenomen, onder gelijktijdige afname van overige verklaringen. Het beeld in de experimentele groep is totaal anders: daar is een sterke toename van het aantal darwinistische en een daarmee gepaard gaande afname van het aantal lamarckistische verklaringen, terwijl het aantal overige verklaringen constant blijft.

Het vraagstuk over de fungiciden geeft een volkomen vergelijkbaar beeld. In de controlegroep zelfs volkomen gelijk. Er is niet vermeld

Type van verklaring	Experimentele groep		Controle groep	
	Pre-test N=34	Post-test N=34	Pre-test N=36	Post-test N=35
<b>Insecticiden</b>				
Darwinistisch	1	18	1	1
Lamarckistisch	25	6	22	28
Anders	8	9	10	5
Geen antwoord		1	3	1
<b>Fungiciden (banaan)</b>				
Darwinistisch		21		1
Lamarckistisch		7		28
Anders		4		5
Geen antwoord		2		1
<b>Kleur kuikens</b>				
Darwinistisch		9		1
Lamarckistisch		4		10
Finalistisch		18		19
Anders		1		3
Geen antwoord		2		2

of dezelfde leerlingen in beide opgaven dezelfde antwoorden gaven, met andere woorden dat leerlingen doorzagen dat beide opgaven handelden over resistentie en dus identiek waren. De vraag over de kleur van kuikens was kennelijk erg moeilijk. Het beeld is tot op zekere hoogte in overeenstemming met dat voor de vorige opgaven: meer darwinistische dan lamarckistische verklaringen in de experimentele groep en het omgekeerde in de controlegroep. Merkwaardig is de grote voorkeur voor finalistische verklaringen in beide groepen.

**Resultaten**

Het geheel overziende kan uit de resultaten het volgende worden geconcludeerd.

– Het in het algemeen bespreken van lamarckistische verklaringen en die stellen tegenover darwinistische (controlegroep) heeft de leerlingdenkbeelden niet (of nauwelijks) beïnvloed.

– Het spreken door leerlingen over de eigen (lamarckistische) verklaringen voor opgaven uit de pre-test en tijdens het onderwijs en het vergelijken van die verklaringen met darwinistische, het opsporen van inconsistenties in redeneringen heeft duidelijk gewerkt. Het blijkt tevens dat de overige verklaringen (waarop de aandacht niet of minder is gericht geweest) zijn gebleven.

– De uitslag van het vraagstuk over de kleur van kuikens herinnert aan de opvattingen van Ohlsson over verklaringen en verklaringspatronen. Kennelijk hebben leerlingen dit vraagstuk niet doorzien en hebben dus ook geen geschikt patroon of verklaring kunnen vinden. Beide groepen verlaten dan ook hun favoriete verklaringspatroon en kiezen voor doelgerichtheid. Eén jaar na het onderwijs werd bij dezelfde

**Tabel 1**  
Resultaten van pre-test, post-test en re-test.

Type van verklaring	Experimentele groep N=30	Controle groep N=31	X <sup>2</sup>
<b>Verminking van vliegen</b>			
Darwinistisch	25	19	3.68
Lamarckistisch	5	12	
<b>Resistentie bij ratten</b>			
Darwinistisch	21	5	18.09*
Lamarckistisch	9	23	
Anders/geen antwoord		3	
<b>Resistentie tegen insecticiden</b>			
Darwinistisch	22	6	17.88*
Lamarckistisch	8	25	
<b>Kleur kuikens</b>			
Darwinistisch	11	1	
Lamarckistisch	6	14	
Finalistisch	8	15	
Anders/geen antwoord	5	1	
<b>Kleur tong</b>			
Darwinistisch	4	0	
Lamarckistisch	7	8	
Finalistisch	11	20	
Anders/geen antwoord	8	3	

\* P < 0.01

**Tabel 2**  
Resultaten van een test die een jaar later werd afgenomen.

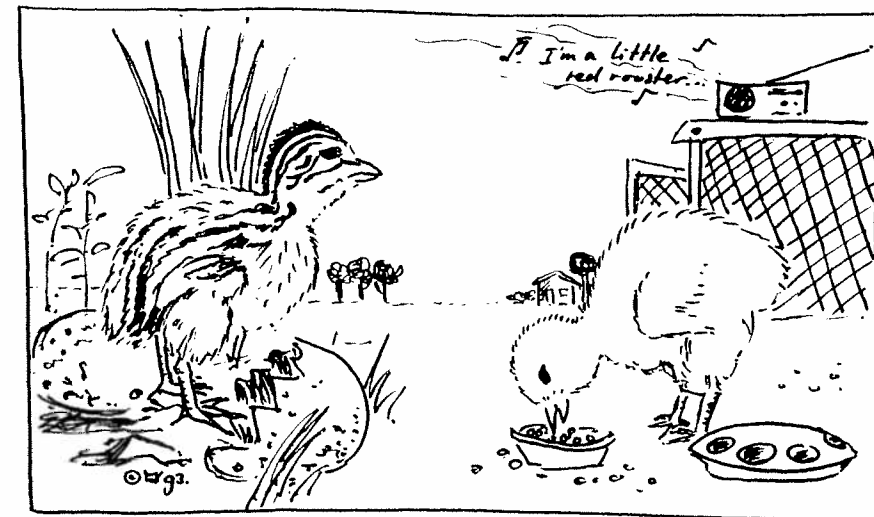
leerlingen opnieuw een test (re-test) afgenomen. In totaal werden zeven vragen gesteld, waarvan we er vijf nader zullen bezien.

De eerste vraag ging over de effecten van verminking van vliegen voor hun nakomelingen. De volgende twee vragen gingen om resistentie problemen bij ratten en bij gebruik van insecticiden. De laatste twee hadden betrekking op het tot stand komen van kleuren in kuikens (zelfde vraag als in post-test) en in tong (platvis). Waar mogelijk werden de uitkomsten statistisch getoetst. De resultaten zijn samengevat in tabel 2.

Uit deze resultaten kan een aantal conclusies worden getrokken.

– Bij vragen naar effecten over verminking presteert de controlegroep redelijk goed. Daar was in het klasgesprek immers expliciet aandacht geschonken aan de effecten van amputaties. Hoewel er beduidend meer gebruik werd gemaakt van lamarckistische verklaringen, is

**Figuur 4**  
Kleur van kuikens.



het verschil met de experimentele groep niet significant.

– De vragen over resistentie geven een consistent beeld. Het resultaat is volkomen vergelijkbaar met dat uit de post-test.

Het verschil tussen beide groepen is significant (P < 0.01).

– De vragen over de kleur in kuikens laat zien dat in beide groepen de voorkeur voor een finalistische verklaring wat is afgenomen. In de controlegroep is dit nog steeds de meest voorkomende (al is er een verschuiving in de richting van lamarckisme), in de experimentele groep komt nu de darwinistische verklaring het meest voor.

– In de nieuwe opgave over de kleur in tong overheerst in beide groepen een finalistische verklaringswijze. Terwijl nu ook in de experimentele groep een vrij groot aantal lamarckistische verklaringen (zelfs meer dan darwinistische) voorkomt.

– In de laatste twee opgaven is met name in de experimentele groep het aantal andere of 'weet niet' antwoorden opvallend hoog. Hebben leerlingen hier opnieuw het verklaringspatroon niet kunnen vinden, maar is hun 'weerstand' tegen lamarckistische verklaringen zo hoog, dat ze liever zeggen het antwoord niet te weten, dan bewust 'in de fout' te gaan?

Samenvattend kan worden gezegd dat de benadering die Jiménez kiest (een constructivistische opvatting over leren, waarbij leerlingideeën centraal staan en expliciet worden vergeleken met de te leren theorie) onze aandacht ten volle verdient: leerlingen denken niet óver, maar werken met een theorie.

Uiteraard ging zij er van uit het bij het juiste eind te hebben en bij te dragen aan beter onderwijs. De post-test wees uit dat de leerlingen uit de experimentele groep beter presteerden. Dit kan een tijdelijk effect zijn, want wat is beter onderwijs. De re-test toonde ook na een jaar een significant betere prestatie aan in de experimentele groep.

**Graag reacties**

Hopelijk hebben de lezers uit het voorgaande enige ideeën opgedaan. Misschien zijn er bij die zich voornemen de expliciete behandeling van de theorie en het aan de orde stellen van leerlingdenkbeelden te gaan toepassen of die zich afvragen: "Ja, maar hoe doe je dat in de praktijk".

De schrijver is geïnteresseerd in uw reacties. Misschien is er bij voldoende belangstelling de mogelijkheid om gezamenlijk dit 'handen en voeten' te geven. □

**Literatuur** zie pagina 197