



Uitdagings in die onderrig van evolusie in die lewenswetenskappeklaskamer

Authors:

Josef J. de Beer¹
Elizabeth Henning²

Affiliations:

¹Department of Science and Technology Education, University of Johannesburg, South Africa

²Centre for Education Practice Research, University of Johannesburg, South Africa

Correspondence to:

Josef de Beer

Email:

josefdb@uj.ac.za

Postal address:

PO Box 524, Auckland Park 2006, South Africa

Dates:

Received: 06 Oct. 2011

Accepted: 19 Nov. 2011

Published: 11 Feb. 2013

How to cite this article:

De Beer, J.J. & Henning, E., 2013, 'Uitdagings in die onderrig van evolusie in die lewenswetenskappe klaskamer', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 32(1), Art. #261, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v32i1.261>

Copyright:

© 2013. The Authors.
Licensee: AOSIS
OpenJournals. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License.

Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

In hierdie artikel skryf die outeurs oor navorsing wat hulle gedoen het oor onderwysers se siening van die onderrig van evolusie, wat in 2008 as 'n tema in lewenswetenskappe in Suid-Afrikaanse skole ingesluit is. Hierdie vernuwing in die kurrikulum is met gemengde reaksies begroet. Terwyl sommige onderwysers dit met entoesiasme onderrig, is baie gekant teen die onderrig van evolusie. Die artikel is gebaseer op 'n navorsingsprojek waarby 255 onderwysers betrek is. Vraelyste is gebruik om kwalitatiewe data, wat vir diskoers ontleed is, in te samel. Die diskoers van die onderwysers het getoon dat 'n groot getal van hulle nie hul onderrigopdrag kan versoen met hul geloof nie en konsepte oor evolusie as 'feite' verduidelik, maar seker maak dat evolusie as 'n teorie gediskrediteer word. Dit het verreikende implikasies vir sowel onderwyseropleiding as kurrikulumontwikkeling. Konseptuele veranderingsteorie word as 'n lens gebruik om na hierdie problematiek te kyk.

Challenges in the teaching of evolution in the life sciences classroom. In this article the authors report on research that was conducted about teachers' views on evolution, which was introduced as a theme in the school life sciences curriculum in 2008. This innovation in the curriculum has been met with mixed reactions. Whereas some teachers embrace this new theme, many teachers are opposed to the teaching of evolution. The article reports on an inquiry that was conducted amongst 255 teachers and in which survey questionnaires were used to collect qualitative data, which was analysed for its discourse. The discourse of the teachers shows that many of them cannot reconcile their religious faith with their teaching and that they may teach the 'facts' of evolution, but make sure that they discredit evolution as a theory. This raises serious concerns about teacher education and curriculum development. The authors examine these issues through the lens of conceptual change theory.

Inleiding

In die bekendstelling van die nuwe tema oor natuurlike seleksie en evolusie in die kurrikulum vir lewenswetenskappe in Suid-Afrikaanse skole word verskeie aannames gemaak oor wat onderwysers weet en wat hulle glo. Die opstellers van die nasionale voorgeskrewe kurrikulum, die Nasionale Kurrikulumverklaring (intussen vervyn en vervang deur 'n nuwe kurrikulum vir 2012, die Kurrikulum en Assesseringsverklaring [KAV]), neem aan dat onderwysers, volgens die model van Scott (2001) betreffende ontologiese posisionering, 'evolusioniste' is, wat wetenskaplike verklarings vir lewe aanvaar en nie een van die minder wetenskaplike verklarings aanhang nie. (Scott se model hou 'n kontinuum voor, met die twee teenoorgestelde pole 'skeppingsverklarings' en 'materiële evolusie', en verskeie permutasies in die middel, soos byvoorbeeld intelligente ontwerp, waar 'n persoon evolusie sien as deel van God se skepping.)

Die onderwysers saam met wie ons gewerk het, toon kenmerke waarin die kategorieë in Scott se model in sommige gevalle ineenskakel; die Hindoe-onderwysers sien evolusie en reïnkarnasie byvoorbeeld in dieselfde lig. In ander gevalle hou onderwysers radikaal by hul eie letterlike verklarings van die Bybel of die Koran wat, vir hulle, die kanonieke tekste is oor die aarde, en veral die mensdom se bestaan. Heelwat van die Christen- en Moslem-onderwysers het hierdie soort siening.

Dit is bekend in die alledaagse omgang dat mense dikwels alternatiewe, vaste begrippe ('konsepsies' in die diskoers van konseptuele veranderingsteorie) het oor evolusie en dat heelwat konseptuele verandering nodig is vir diesulkes om die evolusieteorie te begryp en te aanvaar. Om vaste persoonlike begrippe te verander is nie maklik nie, veral nie as dit met geloofsoortuiging gepaardgaan nie. Baie onderwysers kan hul (ontluikende) begrip van evolusie nie versoen met hul godsdiensoortuiging nie. Die twee wêreldbeelde kan skynbaar nie ontmoet nie – nie psigologies nie en veral ook nie sosiologies nie. In groepsverband word 'n godheidsin versterk deur die gemeenskaplike narratiewe en metanarratiewe, asook die beeldspraak en diskoers wat daaruit



voortspruit (Boyd 2009). Verwysings na byvoorbeeld Bybelse temas en verhale word alledaagse diskoers vir Christene en dit is moeilik om evolusiebeelde met die bestaande beelde (en gepaardgaande begrippe of konsepsies) te vermeng. 'n Klein kind moet kognitief 'n ver pad loop van die letterlike vertolking van die verhaal van Adam en Eva tot by die natuurhistorika by Maropeng.

Konseptuele verandering: Van kindsbeen tot in die klaskamer

In die literatuur oor *konseptuele verandering* in die opvoedkunde word daar reeds vanaf die ontstaan van hierdie studierigting, veral wetenskaponderrig in die 1980's (Posner *et al.* 1982; Brown & Clement 1989; Zietsman & Clement 1997; Vosniadou 2008), aandag gegee aan 'n meer konstruktivistiese siening van leer en kennis. Die meeste skrywers onderskei tussen geringe en radikale konseptuele verandering. *Geringe konseptuele verandering* behels dat 'n persoon sy of haar persoonlike begrip of konsepsie (wat nie dieselfde is as die normkonsep nie) van 'n verskynsel herstruktureer na aanleiding van nuwe kennisdata of inligting oor 'n konsep. Hedendaagse literatuur oor hoe klein kindertjies konsepte ontwikkel, gee byvoorbeeld baie aandag hieraan en beskou peuters en kleuters as klein wetenskaplikes wat die wêreld leer ken deur hul waarneming te toets deur handeling (Carey 1985, 1987, 2009; Gopnik & Metzliff 1997; Gopnik 2001; Gopnik & Nazzi 2003).

Soos hulle alledaagse teorieë (bestaande uit samehangende, vroeë konsepte) oor die wêreld rondom hulle verander, verander die konsepte waaruit die teorieë bestaan insgelyks. Vir geringe verandering word bestaande teorieë en die betrokke konsepte dus aangepas en struktureel hersien, ook met behulp van kommunikasie en interaksie. Hierdie verandering vind plaas deur nuwe neurale aansluitings. Hoe meer inligting beskikbaar is, hoe meer herstrukturering van neurale verbindings kan plaasvind, totdat die stelselmatige verandering so omvattend is dat die teorie hersien moet word, of selfs verwerp word, as dit nie meer sin maak nie. Die voorstel van skrywers soos Gopnik (2001) is dat kognitiewe ontwikkeling by kinders breedweg dieselfde soort roetes volg as teorievorming by wetenskaplikes en by mense in die alledaagse lewe – ook vir persoonlike teorieë. Gopnik (2001) voer aan:

We might think of the theory-formation view as a view about the characteristic representations that children employ in understanding the world and the characteristic rules that they use to manipulate those representations. The thesis of the 'theory theory' is that the rules and the representations of infancy and childhood are similar to the rules and representations that are involved in scientific progress. There are several features, on this view, that are characteristic of theories and that differentiate theories from other types of cognitive structures. [Ons kan miskien aan teorievorming dink as 'n siening wat fokus op die eiesoortige voorstellings wat kinders maak om die wêreld te verstaan, en die besondere reëls wat hulle gebruik om sodanige voorstellings te manipuleer. Die tesis van die 'teorie teorie' is dat die reëls en voorstellings van kleuters en kinders soortgelyk is aan die reëls en voorstellings wat eie is aan natuurwetenskaplike vordering (en die

natuurwetenskaplike proses). Volgens hierdie siening is daar verskeie kenmerke verbonde aan teorieë, wat dit onderskei van ander vorme van kognitiewe strukture.] (bl. 46, [outeur se eie vertaling])

Hierdie teorie hou voor dat kindertjies hul wêreld leer ken en leer beheer deur teorieë te vorm uit konsepte wat hulle opbou, met hipoteses en al, en dat hulle dan hierdie konsepte toets in die laboratorium van hul alledaagse omgewing. Baie van hierdie verstandswerk is nie metakognitief nie en is dus nie verhaalbaar uit mondelinge kommunikasie nie (veral in die vroeë jare van kindwees voordat taal goed ontwikkel is). Dus, teorieë van die omwêreld word gebou deur toetsing en bewyslewering, gepaard met inligting wat semioties oorgedra word en so ontwikkel die verstand deur miljoene neuronaansluitings. Konsepte van die omwêreld word opgebou en saamgevoeg in teorieë wat die werklikheid (vir die individuele kind en later vir die individuele mens in die algemeen) getrou [*veridically*] weergee en waarvolgens opgetree word. Die inligting vir die verandering en aanpassing van die konsepte wat in hierdie teorieë vervat is, word verkry uit mobiliteit in en kommunikasie met die omwêreld en neem al hoe meer toe met die verwerwing van taal en die omgang in verskeie *diskoerse en denkgrammatikas* (Slobin 1997).

Sou 'n mens volgens hierdie teorie argumenteer, beteken dit dat die alledaagse teorieë van mense ontwikkel deur die waarneming, inligting en kommunikasie wat beskikbaar is, asook die stand van die bestaande teorie – dus iets van Piagetiaanse konstruktivisme wat behoue gebly het in die literatuur oor kognitiewe ontwikkeling (Carey 2009; Gopnik & Metzliff 1997) en ook iets van aangebore vermoëns. Om weer na die vroeë kinderjare te verwys: dink net hoe vinnig verander peuters se werklikheids siening nadat hulle leer loop het en wanneer die ernstige toetsfase begin in en om die huis, met hipoteses wat deurlopend aangepas word en konsepte wat drasties hersien word. Neem maar die voorbeeld van die trappe in die huis: Eers is 'n stel trappe 'n verbode terrein, maar vanweë mobiliteit en die voorbeeld van huismense wat gedurig beweeg, asook deur kommunikasie, word dit gou-gou 'n alledaagse werklikheid. Kinders verstaan al hoe meer van die fisiese wêreld, veral van swaartekrag, wat telkens 'bewys' word wanneer hulle van die trap aftuimel.

Vir hul ontwikkeling is deurlopende kommunikasie en interaksie met die omgewing noodsaaklik, net soos dit vir 'n vaardige en kundige onderwyser in die lewenswetenskappe noodsaaklik is (of behoort te wees) in hul ontwikkeling as studente en voornemende onderwysers om te kan leer van evolusie en hoe dit onderrig word. Die meeste Suid-Afrikaanse onderwysers se studie in die biologiese wetenskappe het waarskynlik ver te kort geskiet, en die opbou van konsepte vir die begripvorming van die teorie(ë) oor evolusie het mank gegaan aan inligting, taalkommunikasie en onderwyskundige voorbeeld. Dit was vir baie van die onderwysers nie nodig om nuwe hipoteses te stel nie, want daar was nie oortuigende inligting of ervaring, soos met die peuter by die huistrap, wat bestaande naïewe sienings kon versteur en intuïsie en fenomenologie kon ontstig nie (DiSessa 1983).



Waar mense te min kennis of ervaring in die alledaagse lewe het om 'n konsep uit te brei of verder op te bou, word konsepte in sulke gevalle radikaal herskep of omgebou deur drastiese intervensie. *Radikale konseptuele verandering* beteken dus dat omvattende kognitiewe herstrukturering nodig is. 'n Mens kan sê dat nuwe aansluitings tussen neurone geskep moet word.

'Warm' kognisie en konseptuele verandering vir die klaskamer

Die omvangryke herstrukturering, of selfs herskepping, van begrip en beskrywing van die wêreld, is egter nie slegs 'koud' kognitief nie. Pintrich, Marx en Boyle (1993), skrywers in die veld van konseptuele veranderingstudies in die opvoedkunde in die VSA, vestig die aandag daarop dat navorsing té dikwels rasioneel kognitief of 'koud' na konseptuele verandering kyk. Ons meen dat waar daar sprake is van radikale verandering, die grootste deel van die omskakeling 'warm' kognisie sal insluit. Hierdie standpunt beklemtoon dat daar baie sosiale en historiese faktore is wat konseptuele verandering kan bevorder of belemmer – veral 'warm' of 'irrasionele' faktore wat stewig ingebed is in die kultuur en wat vervat is in rituele, in gebruike, en veral ook in taal as semiotiese gebruiksmiddel.

Die voorveronderstelling van ons navorsing is of 'n mens enigsins van onderwysers kan verwag dat hulle hul oortuigings moet aanpas. Vir sommige is die oplossing om die twee nie-insluitende werklikheidsbeelde – hul geloofsoortuiging en hul wetenskaplike kennis – naas mekaar te laat bly bestaan. Hulle handel dus as't ware in twee epistemologiese gebiede in die onderrigssituasie. Vir andere is die oplossing om voor te gee dat hulle die inligting aanvaar, maar die feite word dan ondergeskik gestel aan hul godsdienstige lewens- en wêreldbeskouing. Vir 'n groot groep van die onderwysers in dié studie is die gedagte aan evolusie onmoontlik om te oorweeg en te versoen met hul ontologie en hulle ignoreer dit, of onderrig dit doelgerig as fiksie, amper asof hulle letterkunde in die taalklas verduidelik as blote stories met literêre meriete. So 'n benadering het gevolge. Die implikasies vir wetenskapsbeoefening en die bevordering van 'n wetenskaplike instelling by leerlinge is verreikend. As hulle evolusie as teorie verwerp, hetsy as gevolg van 'warm' of 'koue' kognisie – verwerp hulle wetenskap. Smith en Siegel (2004) verwys na Cobern (2000) wat dit duidelik stel dat:

... there is no unambiguous epistemic distinction between knowledge and belief ... For all practical purposes, belief and knowledge both represent what one has reason to believe is true (or valid) ... [*... daar is geen duidelike epistemiese onderskeid tussen kennis en geloof nie ... Vir alle praktiese doeleindes verteenwoordig beide geloof en kennis dit wat 'n persoon met rede as waar (of geldig) aanvaar ...*] (bl. 570, [*outeur se eie vertaling*])

En die feit is hulle bevrage teken ook die metodes van ondersoek van die wetenskap en voer in die plek daarvan iets anders in.

Ons navorsingsprojek is onderneem om 'n leemte te vul in die opvoedkundige literatuur deur 'n ondersoek te loods oor

hierdie kwessie. Alhoewel die navorsingsveld in baie lande al deurtrap is, is min navorsing hieroor in Suid-Afrika gedoen. Daar is nog net gefokus op die potensiele waarde van die insluiting van evolusie in die kurrikulum (Dempster & Hugo 2006) en 'n verkenning van die aanvaarding van evolusie onder onderwysstudente (Abrie 2010). Sanders en Ngxola (2010) het geskryf oor onderwysers se bekommernisse oor die onderrig van evolusie. Met ons projek belig ons die kompleksiteit van onderwysers se konseptuele stand en die gepaardgaande diskoers.

In die onderwys is daar altyd gesprek oor hierdie tipe kwessies en oor hoeveel vakkundigheid verwag kan word om 'n onderwyser in staat te stel om goed te kan skoolhou (Ball 2008, 2009). Onderwysers moet in staat wees om hul vakkennis tesame met hul didaktiese of onderrigkennis in die klaskamer toe te pas. 'n Groot aantal Suid-Afrikaanse lewenswetenskappe-onderwysers het onderwysdiplomas verwerf in kolleges met beperkte menslike en ander hulpbronne. Van hulle het nie formele opleiding in evolusieteorie en die onderrig daarvan ontvang nie (Department of Education 2006). Hulle is nóg inhoudelik, nóg onderrigmatig toegerus.

Dis egter nie net die geval in 'n land soos Suid-Afrika, wat ernstige tekorte het in die korps van onderwysers vir die wetenskappe nie. Navorsing in die VSA (Nehm & Schonfeld 2007) toon dat onderwysers in die VSA, van wie 95% beskik oor 'n Baccalaureusgraad, 'n magdom alternatiewe konsepsies oor evolusie het, waaronder:

- Evolusie kan nie bewys word nie. Dit is 'n swak wetenskaplike idee want dit is 'n 'teorie'.
- Tussengangers ontbreek in die fossielerekord.
- Alle mutasies is nadelig, en kan nie uitloop op nuwe kenmerke nie.
- Mense en dinosourusse het gelyktydig bestaan.
- Die omgewing veroorsaak evolusionêre veranderings, en nuwe eienskappe ontstaan wanneer nodig (bv. wanneer klimaat sou verander).

Rogan en Grayston (2003) wys tereg daarop dat kurrikuleerders dikwels slegs fokus op die inhoud van die kurrikulumtemas, sonder om voldoende aandag te gee aan wat die onderwysers self weet en of hulle voldoende opgelei is om evolusie te onderrig. 'n Onderwysvakkundige is 'n besonder professionele spesie in wie 'n kombinasie van vakkennis en gespesialiseerde onderrigvaardighede geïntegreer is. Ons verwys weer in die artikel hierna soos dit in die literatuur beskryf word as *pedagogical content knowledge*, of *vakkundige onderrigvaardigheid*.

Ons betoog is dus dat lewenswetenskappe-onderwysers kennis van die evolusieteorie moet hê voordat hulle enigsins beskou kan word as vakkundige, onderrigvaardige onderwysers. Dit op sigself is net een aspek van die problematiek. Die probleem is ook dat onwetenskaplike vakinhoud versprei (kan) word. En die kruis lê nie net by gebrekkige kennis as die moontlike oorsaak vir skewe begrippe of konsepsies en die gevolglike onderrigprobleme nie. 'n Moeilik oorkombare struikelblok in die pad van



konseptuele verandering bly maar onderwysers se geloofsoortuiging.

Hynd (2003) gebruik die term 'oortuigingsverandering' [*belief change*] saam met konseptuele verandering wanneer dit kom by 'warm' konseptuele verandering. Volgens Hynd behels werklike konseptuele verandering 'n daadwerklike verandering in kennis, waar daar nie slegs sprake is van begrip en inligting nie, maar ook van aanvaarding. Hierdie skrywer meen begrip [*understanding*] as kognitiewe handeling wat nie ook die objek van kennis as werklikheid aanvaar nie, is nie werklike verandering nie.

In ons soeke na verklarings van heelwat lewenswetenskappe-onderwysers se amper aggressiewe verwerping van die evolusieleer, het ons, onder andere, gaan aanklop by skrywers wat narratiewe bekyk as deel van die evolusie van die mens. Ons vermy teologie en filosofie doelbewus omdat dit weer ander invalshoeke sal betrek en die fokus van die gesprek te veel sal verbreed. Ons het veral aandag gegee aan die werk van Boyd (2009) *On the Origin of Stories* en aan teorieë oor konseptuele verandering soos dit in ontwikkelingspsigologie uiteengesit word.

Ons het reeds die 'teorie teorie' genoem. Ons kom tot die gevolgtrekking, soos Boyd, dat die raamwerk van 'n religieuse ontologie 'n stel kragtige rekwisiete daarstel wat self evolusionêr ontwikkel het vir oorlewing en vir sosiale kohesie. Groepe met sterk samehang en gedeelde narratiewe het, volgens hierdie skrywer, deur die millennia gewoonweg meer oorlewingsmoontlikhede gehad as swakker groepe (alhoewel sterker individue weer oorleef het binne groepe). Dawkins (1976) sê in Boyd (2009:139) sy boek *The Selfish Gene* kon net sowel die titel *The Cooperative Gene* gehad het, '...without a word of the book itself needing to be changed' [... *sonder dat 'n enkele woord in die boek verander hoef te word.*] En as stories en fiksie kon help om die oorlewing van 'n groep te verseker en om gedrag aan te pas vir sosiale samehang en gemeenskaplike verdedigbaarheid, dan het dit 'n belangrike funksie gehad en sal dit so 'n funksie volhou. As die 'stories' van die leidende, ikoniese tekste van godsdienste die gelowiges saambind en as dit biokultureel gesproke as 'selfsugtige (groepe-) geen', of die oorlewingsgeen van 'n groep (volgens Dawkins) beskou kan word, dan is dit evolusionêre wensdenkery om te dink 'n mens kan mense, veral fundamentalistiese godsdienstiges, 'bekeer' tot die evolusieleer. Vir sommige mense is die profeet Mohammed werklik daar, vir andere die Verlosser Jesus Christus, en die wete dat die mens geskep is na God se Beeld, terwyl andere gelei word deur die narratiewe raamwerke van Hindoeïsme of Judaïsme, en so meer. Ons voorstel is dat ons dit moet aanvaar as werklikheid – dat mense se oortuigings verskil en dat die evolusieleer 'n struikelblok sal bly vir veral fundamentalistiese godsdienstiges.

Daarby is die doel van onderwys in elk geval nooit om mense se godsdienstige oortuigings aan te vat nie, want dit is inderdaad, soos deur van die onderwysers in die navorsing gestel, 'n mensereg om vryelik te kan aanbid. Onderwys is, trouens, die laaste instansie wat menseregte durf aantast. In natuurwetenskappe onderrig ons die huidige teorieë soos

hulle in die bedryf beoefen word, net soos ons byvoorbeeld teorieë oor globalisering van die ekonomie onderrig in die handelswetenskappe. Maar, om aanstoot te gee kan nooit die doel van onderwys wees nie en daarom is ons argument in hierdie artikel dat ons tegelyk die feite van die wetenskap sterk, klinies en sonder aanstoot of bedreiging vir 'groepoorlewing' moet bevorder, sonder om te verwag dat alles wat begryp word, insgelyks ook aanvaar gaan word.

Daar is volgens so 'n siening ruimte vir verskillende epistemologiese posisies wat voortspruit uit verskillende ontologiese posisies. Dus, as 'n matriekuitblikker in haar of sy vraestel die evolusieteorie kundig sou gebruik in die oplossing van 'n probleem (op papier), moet ons kan terugstaan as die matrikulant aan die einde van die skitterende antwoord 'n naskrif sou skryf wat sê: 'Ek verstaan die teorie en ek het dit gebruik om die probleem in die vraestel op te los, maar ek glo dit nie. Ek is nie 'n evolusionis nie!'

Ons standpunt is derhalwe dat ons leerlinge moet help leer om te dink, al glo hulle nie hul eie kennis nie, teenstrydig soos dit mag klink. Wie weet of daar op die lange duur nie tog by individue ruimte sal wees vir die wetenskap van evolusie nie? Belangriker is dit egter om die metodes van studie en van die wetenskap self in die proses te bevorder.

Metodologie: Tematiese diskoersontleding

Om aandag aan die navorsingsvrae te gee het ons 'n multimetodiese navorsingsontwerp gevolg, met data wat kwalitatief ontleed is en wat ons in hierdie artikel bespreek, asook data wat kwantitatief ontleed is. Die bevindings wat volg uit die kwantitatiewe analise en wat die onderwysers klassifiseer en beskryf, word elders bespreek (De Beer in druk). In hierdie artikel doen ons slegs verslag oor die bevindings wat volg uit die kwalitatiewe ontleding.

Die getal vraelyste ($n = 255$ uit 'n populasie van 600) is aanvaarbaar vir hierdie tipe analise, wat nie beoog om die bevindings te veralgemeen nie, maar om 'n beskrywing te gee van die fenomeen ooreenkomstig 'n spesifieke navorsingswerkwyse. Daar is natuurlik geen manier waarop verseker kon word dat die respondente die vraelys self by hul werkplek ingevul het nie. Maar hier was 'n loodsstudie met 130 honneursstudente van groot hulp. Nie alleen het dié studie gehelp om die konstrukteldigheid van die navorsing te toets nie, maar dit was ook van waarde om die tendense in die diskoers van onderwysers in die lewenswetenskappe vas te stel. Die soort taal, met betrekking tot beide woordkeuse en sinskonstruksie, wat die deelnemers aan die loodsstudie gebruik het, het ooreengekom met die taalgebruik van die onderwysers wat die vraelyste voltooi het.

Daarvolgens het ons, vir die ontleding van die oopeinderesponse in die vraelys, 'n rubriek gebruik wat ons in staat gestel het om die taalregisters van antwoorde te kategoriseer volgens diskoerstendense wat ons raakgesien het in die data van die loodsstudie, waar ons met studente gewerk het wat hoofsaaklik praktiserende onderwysers is. Ons het die rubriek ontwerp om taaluitings [*utterances*] te



merk volgens 10 tipes diskoers en meegaande taalregisters. Hierdie taaluitings is gewoonlik kort sinsnedes of semantiese eenhede wat in analise as diskoersaanduiders gebruik word. Ons het 'n aangepaste weergawe van die diskoersanalise-model van Henning, Van Rensburg & Smit (2004:121) vir die doel ingespan.

Ons het, om een voorbeeld te noem as verduideliking, opgemerk dat sommige honneursstudente terme soos 'evolusie' en 'geloof' as konseptuele teenpole stel in dieselfde sin of sinsnede, waardeur hulle aandui dat die terme as beskrywing van hul werklikheid nie versoenbaar is nie. Hierdie aanduiding is dan gebruik om verskeie van die 10 diskoerstipes inductief daar te stel, onder andere vir die tipes *godsdienstig*, *dogmaties*, *irrasioneel*, *onkundig*, ensovoorts.

Ons het uiteindelik 10 tipes uitgekern na 'n proses van inductiewe kategorisering of tematisering (Henning *et al.* 2004:107) en in die bepreking van die bevindings word weer hierna in die gepaardgaande tabelle verwys. Die loodsstudie, wat ook gesien kon word as die eerste fase van die studie, was besonder nuttig in hierdie verband as bepaling van die konstruktigheid en veral ook omdat die onderwysers en die studente se diskoerse in soveel opsigte eenders was.

Die beskrywing van die registers is vervat in die rubriek wat vir ontleding gebruik is (sien Tabel 1). Elke onderwyser se response uit die vier dele van die vraelys is gekategoriseer in een of meer van die registers (sommige response kon in tot vier van die kategorieë geplaas word, terwyl ander net in een gepas het). In die vraelys was die vier oop items sinne wat die onderwysers kon voltooi met meer as een bykomende sin:

1. Ek dink evolusie is ...
2. My geloofsoortuiging wys dat evolusie ...
3. Ek beskou natuurlike seleksie as ...
4. In my onderrig van evolusie sal ek ...

Die doel was om 'n idee te kry van onderwysers se kennis, hul geloofsoortuiging en of dit 'n rol sou speel in hul siening van die wetenskap en hul onderrig, asook inligting oor hoe hulle evolusie onderrig. Die uiteindelijke verspreiding van diskoerstipes wat hieruit verkry is, het aangedui dat die onderwysers 'n besondere mengsel van taalregisters gebruik het. Met 251 onderwysers se response op vier stellings was daar uiteindelik 1004 taaluitings, waaruit altesaam 603 plasings gedoen is. Die plasings was wyd versprei oor die 10 diskoerstipes en die enigste oorheersende diskoerstipe was dié van die godsdienstige register met die irrasioneel veroordelende en pedagogies of onderwyskundige diskoerstipe as 'n tweede en derde en veel minder dominante tipe. Ons gee weer aandag hieraan in die bespreking.

Ons het die getal plasings gebruik as aanduiding van die dominante diskoers. Ons het die plasings bereken deur die vier horisontale kategorieë in Tabel 1 te gebruik. As daar, byvoorbeeld, twee gevalle was waar daar vier response van 'n diskoers voorgekom het (in die 'oorwegende' kategorie), was daar dus agt plasings. Die getal plasings per diskoerstipe word in die vertikale blok van die tabel weergegee. Anders as sommige postmodernistiese kwalitatiewe navorsers meen ons, soos Miles en Huberman (1994), dat sistematiese

werkwyses in hierdie soort navorsing ook beskryf word deur die omvang van die voorkoms van 'n fenomeen. In die geval van hierdie studie was dit 'n diskoersfenomeen.

Etiese oorwegings

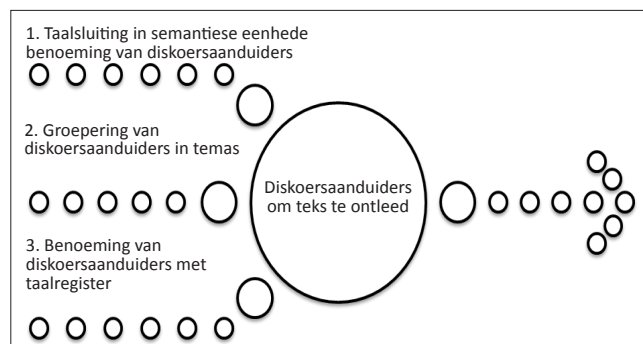
Die vraelys is vergesel deur 'n dekbrief waarin die doel van die navorsing duidelik uiteengesit is. Deelnemende onderwysers het toestemmingsbriewe onderteken waarin hulle verklaar dat die data (anoniem) gepubliseer kan word.

Resultate

Wat insiggewend is in die ontleding van die onderwysers se response, is dat baie min van hulle 'n wetenskaplike taalregister gebruik het (plasings = 44 van die 603, of 7.29%) en hulle sodoende getoon het dat dit nie hul dominante diskoers is wanneer hulle iets skryf oor die onderrig van evolusie nie. Waar onderwysers wel so 'n register gebruik het, was dit om evolusie te diskrediteer. Van hulle is dus heel tuis in die diskoers, maar gebruik dit onderworpe aan geloofsoortuiging. 'n Tipiese standpunt is: Evolusie is 'n teorie met baie gapings, en omdat daar so min bewyse daarvoor is, is dit ongeloofwaardig. Die gebruik van 'n deurlopende biowetenskaplike register, met wetenskaplike uitklaring van die konsepte, is egter skaars (plasings = 21 van die 603, of 3.48%). Wat meer algemeen voorkom, is die beskrywing van alternatiewe konsepsies oor evolusie. In die volgende paar tabelle gee ons 'n opsomming van die meerderheid tipes voltooide sinne, soos ons dit uit die data saamgevoeg het as eksplitering van Tabel 1 en van die getal plasings wat ons gedoen het.

Wat ons van hierdie data opgeval het, is dat die verskeidenheid redes vir die verwerping van evolusie selfs menseregte insluit, en dat die meerderheid onderwysers nie 'n werklikheidsgetroue beeld van hierdie deel van die wetenskap (en dalk selfs die sosiopolitieke werklikheid) het nie. Ons het ook onderskei tussen die godsdienstige diskoers waar die diskoers geestelik van aard is en die dogmatiese diskoers, waar die toon veroordelend is (sien Tabel 1).

In hierdie stel voltooide sinne is evolusie en geloof twee pole in die ontologie van die deelnemers. Daar was nie sprake van konseptuele versoening van die een of die ander aard nie, behalwe 'n metaforiese spel met skeppingsdae wat millennia voorstel.



FIGUUR 1: Die drieledige en kumulatiewe proses van data-analise om diskoers te beskyf.

**TABEL 1:** Waarnemingsinstrument vir diskoerstipe van onderwysers (met data uit die opname).

Diskoerstipe en verspreiding	Mate van gebruik	Oorwegend (Vier response)	Heelwat (Drie response)	Gedeeltelik (Twee response)	Gering (Een respons)
Wetenskaplik verantwoord	44	2	4	7	10
Biowetenskaplik verantwoord	21	1	2	3	5
Irrasioneel veroordelend	105	6	13	16	10
Vermydend	51	2	7	7	8
Pedagogies/onderwyskundig	86	4	11	13	11
Godsdienstig	145	12	14	19	17
Dogmaties	44	2	4	9	6
Humanisties	34	2	4	4	6
Distansiërend/objektiverend	26	2	2	4	4
Naïef/onkundig	47	2	4	7	13

TABEL 2: Die diskoerstipes wat onderwysers gebruik in die voltooiing van die sin: *Ek dink evolusie is ...*

Diskoersmerkers (Kenmerkende register en beweegrede)	Stellings van onderwysers	Opmerkings
Wetenskaplik	Evolusie is 'n teorie wat verkeerd bewys kan word/ hoogs debatteerbare teorie/ moeilik om soos ander teorieë te voorspel, of om te bewys	Gebruik 'n wetenskaplike diskoers om evolusie te diskrediteer
Biowetenskaplik	Veranderings in spesies; fenotipe van organismes; aanpassings by die omgewing	Hierdie (enkele) onderwysers vertoon begrip van die basiese beginsels van evolusie (alhoewel alternatiewe komponente in hul konsepsies voorkom)
Emosioneel of irrasioneel	Gemors [<i>crap</i>]/ absolute onsin; geniet te veel aandag [<i>overrated</i>]	Onderwysers verwys nie na biologiese konsepte nie, maar gebruik emosionele uitings om evolusie te diskrediteer
Vermydend	Ek haat om dit te onderrig/ vermy dit	Dit is insiggewend om te sien dat daar onderwysers is wat die tema ignoreer en wat dit glad nie onderrig nie
Pedagogies	Te abstrak vir leerders om te verstaan/ 'n universiteitskonsep wat te moeilik is vir leerders/ hulle verwar	Onderwysers gebruik leerders se kognitiewe ontwikkeling as 'n argument waarom evolusie nie onderrig moet word nie
Godsdienstig	Dit lei die aandag af van God/ mense kom nie van ape af nie/ die mens kompeteer met God/ dit is 'n strategie van Satan om mense van God/Allah te vervreem	Hierdie onderwysers voel dat evolusie in konflik is met godsdienstige beskouings
Vreemd of distansiërend	'n Vreemde konsep	Evolusie is in konflik met die onderwyser se wêreld-beskouing Daar is geen ruimte vir die begrip nie en ook geen semantiese beeld nie
Humanisties	Mense het die reg tot hul eie standpunte en geloof	Onderwyser voel dat evolusie kinders breinspoel, en indruis teen hul grondwetlike reg Die argument van maatskaplike regverdiging

TABEL 3: Die diskoerstipes van onderwysers in die voltooiing van die sin: *My geloofsoortuiging wys dat evolusie ...*

Diskoersmerkers (Kenmerkende register en beweegrede)	Stellings deur onderwysers	Opmerkings
Plig/verantwoordelikheid	Ek moet dit onderrig	Ten spyte van eie vooroordele of geloofsbesware, voel onderwysers dat hulle dit moet onderrig
Ontkenning	Evolusie bestaan nie/ evolusie vind nie plaas nie/ is 'n lagwekkende teorie	Sommige onderwysers weier om te aanvaar dat evolusie plaasvind Sommige beskou dit as 'n aanslag op hul geloof
Konflik	Evolusie speel God/ is in konflik met die Bybel of Koran/ as dit plaasvind, sou dit in die Bybel genoem gewees het	Evolusie in direkte konflik met geloofsoortuigings
Geen konflik	Die Bybel is nie 'n wetenskaplike handboek nie, maar 'n geloofsboek	Twee dimensies: wetenskap (onderhewig aan fisies kousale natuurwette), en godsdiens (die metafisiese)
Intelligente ontwerp	Evolusie is moontlik deur God/ een dag (Genesis) soos 1 000 jaar vir God	Evolusie deel van God se skeppingstrategie
Evolusieteorie hou op by hominiede, en sluit die mens uit	Evolusie is net beperk tot plante en diere, en sluit mense uit	Die mens, na God se beeld geskape, is nie onderhewig aan evolusie nie

TABEL 4: Onderwysers se voltooiing van die stelling: *Ek beskou natuurlike seleksie as ...*

Konseptuele kategorie en implisiete diskoersmerkers (Kenmerkende register en beweegrede)	Stellings deur onderwysers	Opmerkings
Natuurlike seleksie en evolusie is twee verskillende dinge	Natuurlike seleksie is beter as evolusie	Vir hierdie groep onderwysers, is natuurlike seleksie meer aanvaarbaar as evolusie, en dit wys op 'n gebrekkige insig Hulle vermeng verskillende semantiese kategorieë
Gediskrediteerde teorie [<i>flawed theory</i>]	Slegs 'n teorie/ gebrekkige bewyse	Gebrek aan kennis oor die biologiese bewyse vir evolusie Vermyding
Oorlewing van die sterkste [<i>survival of fittest</i>]	Oorlewing van die sterkste/ om te oorleef in 'n habitat/ kompetisie/ sterk gene	Onderwysers gebruik wel 'n biowetenskaplike register; verskeie alternatiewe konsepsies
Mutasies	Genetiese mutasies	'n Paar onderwysers het natuurlike seleksie gekoppel aan genetiese mutasies
Verandering wat deur die omgewing gedryf word	Omgewingstoestande selekteer positiewe kenmerke	'n Gebrek aan insig, in soverre die molekulêre basis vir evolusie geensins in aanmerking geneem word nie Selektiewe gebruik van data
Naïef/gebrek aan kennis	'n Natuurlike proses/ die manier waarop die wêreld werk	'n Algehele gebrek aan kennis aangaande natuurlike seleksie

TABEL 5: Onderwysers se voltooiing van die stelling: *In my onderrig van evolusie sal ek...*

Kategorie van onderrig en diskoersmerkers (Kenmerkende register en beweegrede)	Stellings deur onderwysers	Opmerkings
Skeiding	Ek sal my onderrig skei van my godsdiens	Geen integrering; godsdiens en wetenskap twee onafhanklike ontologieë en epistemologieë
Teologie/verontskuldiging [waiver]	Beklemtoon dat God die skepper is/ in lyn met die wil van die Hoër Hand/ evolusie moet behandel word met die oog op die eksamen, maar ons glo dit uiteraard nie	Alhoewel die onderwysers in hierdie kategorie die basiese elemente van evolusie onderrig, volg hulle óf 'n benadering van intelligente ontwerp, óf hulle noem aan die leerlinge dat hulle dit moet 'ken' vir die eksamen, hoewel dit 'n belaglike teorie is
Diskrediteer	Beklemtoon die gapings in evolusieleer	Vir hierdie (groot getal) onderwysers is 'n radikale konseptuele verandering nie waarskynlik nie, en hulle verwerp die teorie van evolusie
Fundamentalisties	Onderrig dat die aarde 6000 jaar oud is, en dat daar nie bewyse is vir evolusie nie	Soos bo
Inklusief/pluralisties	Respekteer verskille in standpunte	Onderwysers stel beide evolusionêre en skepping-standpunte, en leerders moet self besluit
Ekskursie en veldwerk	Demonstrasies en ekskursies na Maropeng en die Transvaal Museum	Innoverende onderrigstrategie, wat ekskursies insluit

In hierdie stel data is die onderwysers se gebrekkige kennis opvallend. As hul kennis van biologie nie voldoende is om natuurlike seleksie te begryp nie, is dit te verstane dat hulle nie die logika van evolusie sal begryp nie. Daar word byvoorbeeld verwys na die 'feit' dat tussengangers in die fossielerekord ontbreek, en dat mutasies nie kan uitloop op nuwe kenmerke nie.

Daar is bemoedigende data ook in hierdie kategorie. Dit bly egter opvallend dat die feite in die meeste gevalle aangepas word by die onderwyser se oortuigings.

Bespreking: 'n Wetenskapsingesteldheid (of nie) in evolusie-onderrig

In nabetraging van die data kom ons tot die gevolgtrekking dat die insluiting van evolusie as tema in die skoolkurrikulum nie prontuit oplosbaar is nie. Daar is gewoon té veel hindernisfaktore. Ons data wys duidelik dat baie onderwysers onvoldoende kennis het en dat baie van hulle evolusie sien as teenstander van hul godsdienstige oortuigings.

Ons aanvaar dat alledaagse konsepsies van die werklikheid grootliks opgebou word uit inligting, kommunikasie en ervaring, met die voorveronderstelling dat daar domeinspesifieke aangebore fasiliteite is daarvoor – soos deur evolusie uitgewerk en om die mens te laat oorleef en te laat gedy met elkeen se eie DNA. Hoeveel hierdie strukture ontwikkel, hang af van omgewingsinvoer. Volgens hierdie siening is 'n lewenswetenskappe-onderwyser nie 'n onderwyskundige *tabula rasa* nie. Sy of hy kom 'n ver pad, veral ook kultureel (al is laasgenoemde maar net 'n kort reis in vergelyking met die roete van die biologiese mens). Teen die tyd dat 'n sterk godsdienstige onderwyser as volwasse mens evolusie moet onderrig, het daar al baie vaste konsepsies in so 'n persoon verstewig (en soms ook gefossiliseer) oor die herkoms van (veral) die mens, waarin daar na alle waarskynlikheid 'n 'groot teenwoordigheid' is, hetsy as 'n 'intelligente ontwerper' of as 'n spesifieke godheid van een van die godsdienste. Die neurale konneksies wat gevorm sal moet word om dit uit te sluit is beduidend. Boyd (2009:142) skryf oor godsdiens en oor narratief as 'kunsforme' wat

sosiale kohesie aanhelp: 'If religion strengthens social cooperation, a society will seek to ensure that its members genuinely commit to share beliefs.' [*As godsdiens maatskaplike samewerking bevorder, sal 'n gemeenskap poog om te verseker dat almal in die gemeenskap hulle verbind tot gemeenskaplike oortuigings.*] Hy betoog dan verder dat die kuns van narratief asook die beoefening van godsdiens 'n manier is om die *groepstories* midde in die groep te deel en ook om mekaar met die stories te beskerm waar nodig. As die teorie van evolusie vir onderwysers voorkom as 'n bedreiging vir hul godsdiens, sal hulle dit met die godsdiens self wil verdedig. Boyd (*ibid.*) wy hoofstukke aan die ontplooiing van die rol van stories deur die eeue. Sy betoog sluit nou aan by die werk van die 'teorie teorie' van konseptuele ontwikkeling by kinders wanneer hy aanvoer dat daar 'n 'wetenskaplike metode' in die hardeware van ons brein is hiervoor (stories en die behoefte aan 'n opperwese) en dat dit self deur evolusie ontwikkel het.

So redeneer ons dat 'n oortuigde Christen- of Moslemonderwyser, wat grootgeword het met 'n bepaalde werklikheidsbeeld, moeilik daarvan afstand sal doen om beter te kan skoolhou, al maak die vakkunde kognitief sin. Die eie fenomenologiese ervaring is (en bly) iets anders (DiSessa 1983). Om die waarheid te sê, die godsdiensoorloë in die geskiedenis en die huidige nuusbuletins oor godsdiensgedrewe wandade lewer meer as anekdotiese bewys van hoe kragtig die 'religieuse' groepoorlewingsagenda of -drang is. In die Christelike geloof word die metafoor dikwels gebruik van gelowiges as 'God se voetsoldate' (luister byvoorbeeld maar net na geestelike of gospelmusiek). Insiggewend is dit dat een respondent in 'n vraelys verwys het na *evolution*, en *devolution*, met die konnotasie van iets boosaardig. Hierteenoor is evolusie baie meer versoenbaar met die wêreldbeeld van die Hindoeonderwysers, wat glo aan reïnkarnasie en avatars (Reddy 2012).

Ons wil uiteindelik sê dat geloofsoortuiging, omdat dit fenomenologies en ook sosiologies so kragtig is, nie maklik versoenbaar is met die 'oortuigde' onderrig van evolusie nie, sou daar konflik wees tussen die twee verskynsels. Vanuit ons hoek van skeptisisme wonder ons of daar enige hoop is vir die wetenskaponderwysers wat die wetenskap self



so vuriglik verwerp. Wat ons wel weet, is dat dit die klein hipoteseveranderings is wat, soos die spreekwoordelike jakkalsies, knaag aan wetenskaplik mistastende konsepsies wat hulle by sommige individue later onhoudbaar maak. So kan daar tog stelselmatig konseptuele verandering kom.

Om af te sluit, verwys ons weer na Gopnik, dié keer saam met haar samewerker, Meltzoff (Gopnik & Meltzoff 1997), wanneer hulle voorhou dat die innerlike fenomenologie van 'n saak en hoe dit verband hou met kognisie (en veral ook met metakognisie) nie simplisties beskou moet word nie:

As we said earlier, a cognitive view of theories is not committed to any particular phenomenology that accompanies them. In fact, a lesson learnt from the cognitive revolution is that phenomenology does not, in general, recapitulate epistemology. [Soos vroeër opgemerk, is 'n kognitiewe blik op teorieë nie verbonde aan 'n bepaalde fenomenologie wat dit vergesel nie. 'n Les wat geleer word van die kognitiewe revolusie, is dat fenomenologie in die algemeen epistemologie nie rekapituleer (herhaal) nie.] (bl.39, [outeur se eie vertaling])

Dus, as die 'warm' kognisie oor die teorie van evolusie (die innerlike fenomenologie van 'n individu) dit verwerp, kan ons inderwaarheid nie anders as om die dubbeldoorepistemologie, waarvoor ons huiwerend in hierdie artikel betoog te aanvaar nie. Maar dit beteken dat die onderwysgesag moet verseker dat alle leerlinge wat die vak kies en wat, byvoorbeeld 'n mediese loopbaan wil volg, die onderwerp deeglik onder die knie kry, onafhanklik van wat die onderwyser glo of nie glo nie.

Na alles kan dit dalk wees dat hul geloofsoortuiging as rede vir die verwerping van evolusie vir die onderwysers bloot 'n skuiwergat is. Dit is moontlik dat hulle, soos onderwysers in die staat Oregon in die VSA (Trani 2004), die wetenskap daarvan nie begryp nie. Die konsepte is gewoonweg afwesig, dus word die teorie verwerp. Trani (*ibid.*) het bevind dat die oortuigde gelowige onderwysers, wat evolusie verstaan en die werkwyse van die wetenskap verstaan, tog deeglike onderrig doen. Daarenteen voer hy aan dat diegene wat die teorie verwerp, dit dalk nie verstaan nie:

These teachers may state that they reject evolution, based upon their religious convictions, but their rejection of the evolutionary theory appears to also be related to their lack of understanding of the theory itself, and their lack of understanding of the nature of science. [Hierdie onderwysers kan miskien aandui dat hulle evolusie vanweë hul geloofsoortuigings verwerp, maar hul verwerping van evolusieteorie blyk ook die gevolg te wees van hul gebrekkige begrip van die teorie, en hul onkunde aangaande die aard van die natuurwetenskappe.] (bl. 425, [outeur se eie vertaling])

Samevatting

In hierdie artikel is die fokus op die diskoerstepes waarin enkele fasette van onderwysers se kennis van en idees oor die onderrig van evolusie voorgekom het. Ons het die teoretiese agtergrond van die studie kortliks voorgehou, te wete konseptuele veranderingsteorie en literatuur oor 'warm' kognisie en narratief. Daarna het ons data opgesom van 'n opname onder 255 lewenswetenskappe-onderwysers. Ons kom tot die gevolgtrekking dat daar baie motiverings-

maatskaplike en historiese faktore is wat konseptuele ontwikkeling kan onderskryf, bevorder, of kan belemmer, insluitend die sogenaamde 'warm' of 'irrasionele' faktore.

Hiervan blyk godsdienstige oortuigings die belangrikste te wees, soos blyk uit die dominante diskoers in die onderwysers se taaluitings. Alhoewel slegs een uit die vier dele van die opname godsdiens direk beklemtoon het, was daar 145 (24%) plasings wat hier op betrekking het. Sulke data oor onderwysers se diskoers het wye implikasies vir sowel onderwyseropleiding en kurrikulumontwikkeling. Ons voorstel in hierdie artikel is dat die onderrig van evolusie nie laat vaar kan word omdat ons voel dit is nie uitvoerbaar in die onderwys nie. Inteendeel, al moet ons dan, soos so baie van die onderwysers gesê het, twee parallelle werklikhede in gedagte hou. Die betoog van hierdie artikel is dus dat die intensiewe onderrig en opleiding van onderwysers moet voortgaan, ongeag onderwysers se onderliggende teenstand.

Erkenning

Hierdie ondersoek is moontlik gemaak deur befondsing van die Gautengse Departement van Onderwys en die Nasionale Navorsingsraad (NRF). Die outeurs bedank ook die volgende nagraadse studente wat deel is van 'n navorsingsnisarea, vir hul bystand tydens die veldwerk:

- mnr Francois Naude
- mnr Gurtug Yalvac
- me. Xenia Kyriacou
- me. Camantha Reddy.

Dankie ook aan prof. Max Bergmann van die Universiteit van Basel in Switserland, wat sy kundigheid oor diskoersanalise met ons gedeel het.

Mededingende belange

Die outeurs verklaar hiermee dat hulle geen finansiële of persoonlike verbintenis het met enige party wat hulle nadelig kon beïnvloed in die skryf van hierdie artikel nie.

Outeursbydrae

J.J.d.B. (Universiteit van Johannesburg) was die hoofnavorser in 'n projek wat befonds is deur die Departement van Onderwys, waarvan een van die fokusareas onderwysers se siening van evolusie was.

E.H. (Universiteit van Johannesburg) het die diskoersanalise-model van Henning, Van Rensburg & Smit (2004) aangepas vir die doel van hierdie studie, en het saam met J.J.d.B. (Universiteit van Johannesburg) die analise en ontleding gedoen.

Literatuurverwysings

- Abrie, A.L., 2010, 'Student teachers' attitudes towards and willingness to teach evolution in a changing South African environment', *Journal of Biological Education* 44 (3), pp. 102–107. <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2010.9656205>
- Ball, D.L., 2009, 'Mit einem Auge auf den mathematischen Horizont: Was der Lehrer braucht für die Zukunft seiner Schölerie' [Met die een oog op die wiskundehorison. Wat die onderwyser benodig vir die toekoms], *Präsentiert auf der Dreißigsten Jahrestagung für Didaktik der Mathematik*, Oldenburg, Deutschland, 02–06 März.



- Ball, D.L., 2008, 'What do teachers "need to know": The evolution of a research problem', Mid-Atlantic Center for Mathematics Teaching and Learning Summer 2008 Graduate Research Conference, University Park, PA, 20 August.
- Boyd, B., 2009, *On the Origin of Stories: Evolution, cognition, and fiction*, The Bellknap Press, Cambridge, MA.
- Brown, D.H., & Clement, J., 1989, 'Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction', *Instructional Science* 18(4), pp. 237–261. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00118013>
- Carey, S., 1985, *Conceptual change in childhood*, Bradford/MIT Press, Cambridge, MA.
- Carey, S., 1987, 'Theory change in childhood'. In B. Inhelder, D. De Caprona & A. Cornu-Wells (eds.), *Piaget Today*, pp. 141–163, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Carey, S., 2009, *The Origin of Concepts*, Oxford University Press, Oxford, UK. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195367638.001.0001>
- Coburn, W.W., 2000, 'The nature of science and the role of knowledge and belief', *Science and Education* 9, pp. 219–246. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008747309880>
- Dawkins, R., 1976, *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Oxford.
- Dawkins, R., 2004, *The Ancestor's tale: A pilgrimage to the dawn of time*, Weidenfeld and Nicholson, London.
- De Beer, J.J.J., In press, 'Life Sciences teachers' perceptions of evolution and their understanding of the nature of science: implications for pedagogical content knowledge', *Education as Change*.
- Dempster, E.R. & Hugo, W., 2006, 'Introducing the concept of evolution into South African schools', *South African Journal of Science* 102, March.
- Department of Education, 2006, *The national policy framework for teacher education and development in South Africa*, viewed 14 September 2011, from <http://www.info.gov.za>
- DiSessa, A.A., 1983, 'Phenomenology and the evolution of intuition', in D. Gentner & A.L. Stevens (eds.), *Mental models*, pp. 99–129, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Gopnik, A., 2001, 'Theories, language, and culture: Whorf without wincing', In M. Bowerman & S.C. Levinson (eds.), *Language acquisition and conceptual development*, pp. 45–69, Cambridge University Press, Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511620669.004>
- Gopnik, A., & Nazi, T., 2003, 'Words, kinds and causal powers: A theory theory perspective on early naming and categorization', in D. Rakison & L. Oakes (eds.), *Early category and concept development: Making sense of the blooming, buzzing confusion*, pp. 303–329, Oxford University Press, New York.
- Gopnik, A. & Meltzoff, A.N., 1997, *Words, thoughts, and theories*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Henning, E., Van Rensburg, W., & Smit, B., 2004, *Finding your way in qualitative research*, J.L. van Schaik Publishers, Pretoria.
- Hynd, C., 2003, 'Conceptual change in response to persuasive messages', in D. Sinatra & J. Pintrich (eds.), *Intentional Conceptual Change*, pp. 291–315, Routledge, New York.
- Miles, M.B. & Huberman, A.M., 1994, *Qualitative data analysis. An expanded sourcebook*, 2nd edn., London, Sage.
- Nehm, R.H. & Schonfeld, I.S., 2007, 'Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in schools?' *Journal of Science Teacher Education* 18, 699–723. <http://dx.doi.org/10.1007/s10972-007-9062-7>
- Pintrich, P.R., Marx, R.W. & Boyle, R.A., 1993, 'Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change', *Review of Educational Research* 63(2), 167–199.
- Posner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A., 1982, 'Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change', *Science Education* 66(2), 211–227. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reddy, C., 2012, 'Hindu teachers' and learners' lived experiences of evolution in the Life Sciences classroom', unpublished M.Ed dissertation, University of Johannesburg, Johannesburg.
- Rogan, J. & Grayston, D., 2003, 'Towards a theory of curriculum implementation with particular reference to science education in developing countries', *International Journal of Science Education* 25(10), 1171–1204. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690210145819>
- Sanders, M. & Ngxola, N., 2010, 'Identifying teachers' concerns about teaching evolution', *Journal of Biological Education* 44(2), n.p.
- Scott, E.C., 2001, 'Anti-evolutionism and Creationism in the United States', viewed 15 November 2009, from <http://ncse.com/creationism/general/antievolutionism-creationism-united-states>
- Shulman, L.S., 1986, 'Those who understand: Knowledge growth in teaching', *Educational Researcher* 15(2), 4–14.
- Slobin, D.I., 1997, 'The origins of grammaticalizable notions: beyond the individual mind', in D.I. Slobin (ed.), *The Crosslinguistic Study of Language Acquisition*, vol. 5, pp. 265–324, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Smith, U. & Siegel, H., 2004, 'Knowing, Believing, and Understanding: What Goals for Science Education?', *Science and Education* 13, 553–582. <http://dx.doi.org/10.1023/B:SCEd.0000042848.14208.bf>
- Trani, R., 2004, 'I won't teach evolution. It's against my religion. And now for the rest of the story', *American Biology Teacher* 66(6), 419–427. [http://dx.doi.org/10.1662/0002-7685\(2004\)066\[0419:WTIAM\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1662/0002-7685(2004)066[0419:WTIAM]2.0.CO;2)
- Vosniadou, S. (ed.), 2008, *International handbook of research on conceptual change*, Routledge, New York.
- Zietsman, A. & Clement, J., 1997, 'The role of extreme case reasoning in instruction for conceptual change', *The Journal of the Learning Sciences* 6(1), 61–89. http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0601_4