

De ontwikkeling van conceptuele samenhang binnen concept-contextonderwijs

Een case study voor het vak biologie in 4-havo

M. H. J. Ummels, M. J. A. Kamp, H. de Kroon en K. Th. Boersma

Samenvatting

Voor veel leerlingen in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs blijkt het problematisch om voldoende samenhang tussen vakinhoudelijke concepten te ontwikkelen. De doelstelling van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van conceptuele samenhang en in de wijze waarop deze kan worden bevorderd. We beschrijven een case study waarin een module voor het vak biologie in 4-havo, gericht op energieomzettingen bij fotosynthese, verbranding en voortgezette assimilatie, is ontwikkeld en uitgevoerd. Deze module is ontworpen op basis van de concept-contextbenadering en bevat onderwijsleeractiviteiten die beogen het leggen van verbanden tussen concepten te bevorderen. Als maat voor samenhang hebben we met behulp van een referentieconceptmap gekeken welke en hoeveel verbanden tussen concepten (proposities) 21 leerlingen noemden op zes meetmomenten. Er zijn daarbij onderling verschillende meetinstrumenten gebruikt. De resultaten laten een gemiddelde toename zien van correct genoemde proposities tussen vergelijkbare pre- en posttests. Proposities die de centrale concepten energie en voortgezette assimilatie bevatten blijken minder vaak correct te zijn genoemd. In de discussie wordt ingegaan op de gebruikte methode om conceptuele samenhang zichtbaar te maken. De methode lijkt goed bruikbaar in onderzoek van de onderwijspraktijk bij verschillende schoolvakken naar samenhang tussen concepten.

1 Inleiding

Uit onderzoek naar het leren van de natuurwetenschappen blijkt dat de conceptuele kennis van leerlingen na het onderwijs vaak op allerlei wijzen gefragmenteerd is (zie onder andere: diSessa, Gillespie, & Esterly, 2004;

Donovan & Bransford, 2005; Pearsall, Skipper, & Mintzes, 1997). De mate waarin kennis samenhangt, bepaalt of een leerling in staat is deze te transfereren naar een nieuwe situatie. Dit blijkt onder andere uit de manier waarop experts, in vergelijking tot beginners, problemen herkennen, weergeven en oplossen. De kennis van experts bestaat niet louter uit een lijst van vakspecifieke feiten maar hun kennis is georganiseerd rondom centrale concepten¹, waardoor hun denken wordt gestuurd (Bransford, Brown, & Cocking, 2000; Chi, Feltovich, & Glaser, 1981). Een van de uitdagingen van de vakdidactiek is dan ook het vormgeven van een onderwijsleeromgeving die stimuleert dat leerlingen een cognitieve structuur ontwikkelen waarin vakspecifieke kennis voldoende samenhangt.

Een aantal studies dat erop gericht is bij te dragen aan een oplossing voor dit probleem suggereert dat onderwijs waarin concepten en contexten met elkaar in verband worden gebracht de conceptuele samenhang kan bevorderen (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007). In het Nederlandse biologieonderwijs wordt een specifieke vorm van onderwijs gebruikt die gebaseerd is op contexten: de concept-contextbenadering (Boersma et al., 2007). In deze benadering wordt een context gezien als een gedidactiseerde sociale handelingspraktijk waarin leerlingen vanuit het perspectief van een deelnemer van zo'n praktijk activiteiten uitvoeren. Leerlingen hantieren hierbij biologische concepten die op een bepaalde manier met elkaar samenhangen. Er kan onderscheid worden gemaakt in samenhang tussen concepten zoals ze gehanteerd worden binnen één specifieke context en samenhang tussen concepten zoals ze gehanteerd worden in meerdere, verschillende contexten. Het is echter nog onduidelijk hoe onderwijs op basis van de concept-contextbenadering optimaal kan worden vormgegeven opdat de conceptuele samenhang van leerlingen wordt bevorderd. Er zijn aanwijzingen

dat leerlingen na concept-contextonderwijs wel concepten met elkaar kunnen verbinden binnen de context waarin ze aangeleerd zijn en deze concepten ook kunnen transfere- ren naar een nieuwe context maar vaak nog moeite hebben met het verbinden van de geleerde concepten met centrale, abstracte concepten (Boersma, Kamp, Van den Oever, & Schalk, 2010). Het uitwerken van concept-contextonderwijs in onderwijsleeractiviteiten die expliciet gericht zijn op het leggen van verbanden tussen concepten lijkt daarom noodzakelijk. In dit opzicht veelbelovende onderwijsleeractiviteiten zijn conceptmap- ping (Nesbit & Adesope, 2006), authentieke schrijftaken (Keselman, Kaufman, Kramer, & Patel, 2007) en onderwijsleergesprekken waarin vragen worden gesteld die het leggen van verbanden tussen concepten stimuleren (Chin, 2007).

De doelstelling van dit artikel is om een bijdrage te leveren aan de optimalisering van concept-contextonderwijs en in het bijzonder aan de bevordering van conceptuele samenhang daarin. Hiertoe hebben we een case study uitgevoerd als onderdeel van een ontwerponderzoek (Van den Akker, Gravenmeijer, McKenney, & Nieveen, 2006). In dit onderzoek is een concept-contextmodule voor het vak biologie in 4-havo ontworpen en uitgevoerd. In deze module zijn onderwijsleeractiviteiten opgenomen die gericht zijn op het stimuleren van het leggen van verbanden tussen concepten. De onderzoeksvraag die we hiermee willen beantwoorden luidt: *In hoeverre ontwikkelen havo-4-leerlingen samenhang tussen concepten in een concept-contextmodule voor biologie die gericht is op het stimuleren van het leggen van verbanden tussen concepten?* De module heeft een onderwerp binnen de biologie dat voor leerlingen problematisch is: fotosynthese en daarmee gerelateerde metabole processen op celniveau (o.a. Cañal, 1999; Lin & Hu, 2003). Vernieuwend in dit onderzoek is dat we tegelijk met het ontwerp van de module een referentieconceptmap hebben ontwikkeld om samenhang te operationaliseren. In deze conceptmap zijn alle verbanden tussen concepten, proposities genaamd, opgenomen waarvan beoogd wordt dat leerlingen deze kennen. We laten zien hoe met behulp van de proposities inzicht kan wor-

den verkregen in de conceptuele ontwikkeling van leerlingen. Om mogelijke verklaringen te vinden over waarom het correct noemen van proposities achterwege blijft, hebben we ook aandacht voor uitingen die wijzen op beperkt begrip van concepten.

Dit artikel is als volgt gestructureerd. In het theoretisch kader beschrijven we wat we verstaan onder samenhangende conceptuele kennis (2.1) en hoe deze kan worden afgebeeld met behulp van een conceptmap (2.2). De methodeparagraaf geeft weer hoe we de module (3.1) en referentieconceptmap (3.2) hebben ontworpen. Daarna beschrijven we hoe de module is uitgevoerd (3.3), welke data we op welke meetmomenten hebben verzameld (3.4) en hoe we deze data hebben geanalyseerd (3.5). De resultatenparagraaf toont per meetmoment hoeveel leerlingen welke beoogde proposities ook daadwerkelijk correct hebben genoemd (4.1). Daarna tonen we per meetmoment de gemiddelde propositie scores voor de hele klas ten opzichte van het beoogde aantal proposities en laten we de gemiddelde leerwinst zien door de correct genoemde proposities op pretest en posttest met elkaar te vergelijken (4.2). Als aanvulling op het in kaart brengen van proposities die correct worden genoemd laten we ook de scores zien van uitingen van incorrect begrip; we richten ons daar op een viertal centrale concepten uit de referentieconceptmap (4.3). In de discussie gaan we in op de bruikbaarheid en beperkingen van de wijze waarop de ontwikkeling in conceptuele samenhang van leerlingen zichtbaar is gemaakt (5.1) en hoe hiermee inzicht kan worden verkregen in de werking van de condities waaronder deze ontwikkeling is opgetreden (5.2).

2 Theoretisch kader

2.1 Samenhangende conceptuele kennis

In dit onderzoek sluiten we aan op de leertheorie van Ausubel (1968), die gebaseerd is op de veronderstelling dat het leggen van relaties tussen concepten een belangrijke rol speelt bij het menselijk denken en dat concepten fundamentele eenheden zijn van iemands cognitieve structuur. In deze theorie wordt onder-

scheid gemaakt tussen ‘betekenisvol leren’ en ‘uit het hoofd leren’. Betekenisvol leren wordt beschouwd als een proces waarbij leerlingen een cognitieve structuur ontwikkelen waarin nieuwe concepten worden verbonden met reeds aanwezige concepten. Vygotsky (1987) nuanceert dit door te spreken over het proces van *internalisatie* waarbij ieder individu nieuwe concepten niet als een volledig samenhangende structuur één op één overneemt maar op eigen wijze nieuwe concepten reconstrueert door deze te koppelen aan reeds aanwezige concepten. Leerlingen die uit het hoofd leren, leggen geen of weinig verbindingen met aanwezige concepten, wat ertoe leidt dat concepten worden opgeslagen als geïsoleerde eenheden (Mintzes, Wandersee, & Novak, 2005). Ook Scott e.a. (2011) benadrukken dat kennis van één enkel concept niet of nauwelijks bruikbaar is en dat concepten juist in een onderling verbonden (dynamisch) systeem moeten worden toegepast. Zij betogen dat om tot een diepere begripsvorming van een natuurwetenschappelijk fenomeen te komen het van belang is dat een leerling herkent welke verbindingen tussen concepten daar een rol bij spelen. Om zicht te krijgen op de mate waarin leerlingen samenhangende conceptuele kennis hebben ontwikkeld, moet gemeten worden welke verbindingen tussen concepten zij in staat zijn te leggen.

2.2 Afbeelden van conceptuele kennis

Om de cognitieve structuur van een leerling af te beelden en te beoordelen wordt al vanaf eind jaren ‘60 gebruikgemaakt van conceptmaps. Een conceptmap is een netwerk van concepten die door pijlen met elkaar zijn verbonden. Deze pijlen zijn altijd voorzien van een label of bijschrift waardoor de relatie tussen twee concepten wordt aangegeven. In een conceptmap worden twee concepten die met elkaar verbonden zijn door een gelabelde pijl een propositie genoemd. Een propositie kan beschouwd worden als de kleinste eenheid van samenhangende conceptuele kennis (Mintzes et al., 2005; Novak & Wandersee, 1990). Er zijn veel verschillende manieren om conceptmapping in te zetten om het leerproces of leerresultaat zichtbaar te maken en te beoordelen. Ruiz-Primo en Shavelson (1996) onderscheiden drie aspecten die hier-

bij bepalend zijn: de *taak* die leerlingen krijgen, de *wijze van respons* en het *scoringssysteem*. Bij de taak gaat het er onder andere om of leerlingen wel of niet de concepten krijgen aangeboden die ze met elkaar moeten verbinden. De wijze van respons richt zich erop of leerlingen (individueel of in een groepje) een conceptmap moeten construeren of dat de onderzoeker zelf een door leerlingen geschreven tekst of protocol van een discussie tussen leerlingen omzet in een conceptmap. Het scoringssysteem kan betrekking hebben op de vorm (complexiteit, hiërarchie) of de inhoud (het aantal en de kwaliteit van de proposities) van de conceptmap. In paragraaf 3 onderbouwen we de methodische keuzen die in dit onderzoek zijn gemaakt.

3 Methode

In deze paragraaf beschrijven we hoe de module en referentieconceptmap zijn ontworpen en geven we weer wanneer we verwachtten dat leerlingen welke proposities zouden kennen en noemen. Daarna volgt een beschrijving van de uitvoering van de module en de aard van de verzamelde data. Ten slotte beschrijven we de stappen die we bij de data-analyse hebben gezet.

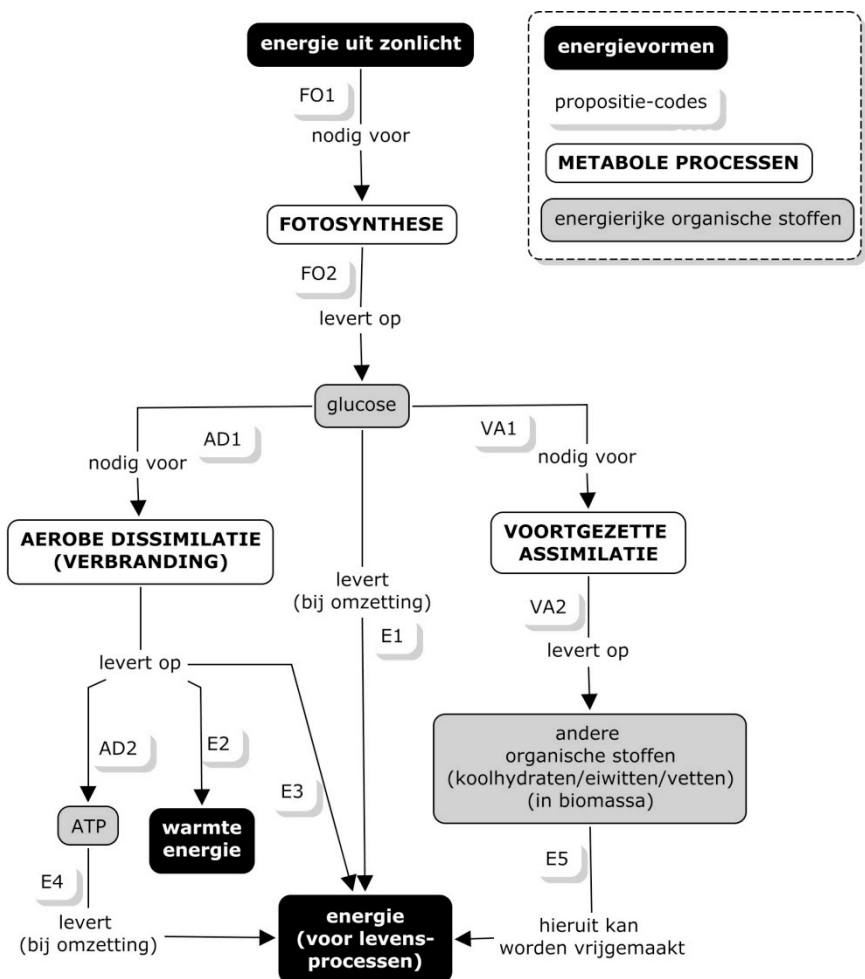
3.1 Ontwerp domeinspecifieke module

Nadat vanuit literatuur en empirisch vooronderzoek ontwerpprincipes zijn geformuleerd, is een module voor 4-havo ontwikkeld over energieomzettingen bij fotosynthese en twee andere metabole processen: aërobe dissimilatie (oftewel verbranding) en voortgezette assimilatie. De module bevat vier contexten die zijn afgeleid van authentieke handelingspraktijken en enkele onderwijsleeractiviteiten (waaronder onderwijsleergesprekken, een conceptmapopdracht en een schrijfopdracht) waarvan verondersteld wordt dat ze samenhang bevorderen. Tijdens het ontwerpproces hebben we drie aspecten parallel uitgewerkt: de keuze van contexten, de volgorde waarin en de manier waarop de concepten binnen opeenvolgende contexten worden aangeboden en de volgorde en opbouw van de onderwijsleeractiviteiten. We hebben informatie ingewonnen bij experts met betrekking tot

de gekozen handelingspraktijken en we hebben overleg gevoerd met een drietal ervaren biologiedocenten en ten slotte ook met de docent die uiteindelijk de module heeft uitgevoerd. Naast een leerlingenhandleiding en een docentenhandleiding hebben we ook een begeleidend scenario ontwikkeld (Lijnse & Klaassen, 2004). Hierin hebben we de beoogde activiteiten van docent en leerlingen en de didactische functie van elke stap in het onderwijsleerproces beschreven. Doel van dit scenario is ook om vast te stellen in hoeverre de module is uitgevoerd zoals bedoeld. Daarnaast biedt het scenario de mogelijkheid om onverwachte leeropbrengsten te verklaren.

3.2 Ontwerp van de referentieconceptmap

De concepten en proposities die leerlingen na afloop van de module zouden moeten kennen en kunnen noemen, hebben we weergegeven in een conceptmap. Omdat alle afzonderlijke proposities in deze conceptmap kunnen worden beschouwd als leerdoelen fungeerde de conceptmap als een referentiekader waarmee we uitingen van leerlingen konden vergelijken. We noemen dit daarom de referentieconceptmap. We verwachtten de genoemde proposities nauwkeurig in deze referentieconceptmap te kunnen plaatsen en, door dit op meerdere momenten te doen, hun conceptuele ontwikkeling weer te kunnen geven. De concepten heb-



Figuur 1. Referentieconceptmap. De relaties tussen de drie metabole processen met nadruk op omzettingen van energievormen zijn aangegeven door propositiecodes. De proposities zijn onderverdeeld in vier groepen die te maken hebben met de centrale concepten: fotosynthese (code: FO), aërobe dissimilatie (code: AD), voortgezette assimilatie (code: VA) en energie (code: E).

Tabel 1

Overzicht van de module

Les	Beschrijving contexten en onderwijsleeractiviteiten	Proposities uit referentieconceptmap die aan de orde komen in deze context
1 & 2	<i>Context 1</i> Rollenspel over een keukentafelgesprek waarin de vraag centraal staat: mogen we nog wel vlees eten? Er worden filmpjes getoond en leerlingen formuleren hun eigen standpunt in onderwijsleergesprekken. Dat eiwitrijk voedsel onder andere van belang is voor het verkrijgen van energie wordt door de docent benadrukt.	E5
3,4 & 5	<i>Context 2</i> In de rol van milieud adviseur geven leerlingen advies over keuze van voedsel waarbij een relatie wordt gelegd tussen de productie van plantaardige en dierlijke eiwitten, de hiervoor benodigde hoeveelheid landbouwgrond en de gevolgen voor het broeikas effect. De docent benadrukt de biologische kennis die hierbij een rol speelt en werkt in een onderwijsleergesprek de reactievergelijkingen van de drie metabole processen (fotosynthese, aërobe dissimilatie en voortgezette assimilatie) uit op het bord.	FO1, FO2, AD1, AD2, E2, E3, E4, VA1, VA2
6, 7 & 8	<i>Context 3</i> In de rol van teeltonderzoeker zetten leerlingen in groepjes van drie experimenten op en voeren die uit om te bepalen onder welke condities bonenplanten optimaal groeien en eiwitten produceren. Ze gebruiken hierbij de kennis uit context 2 over fotosynthese en voortgezette assimilatie. Tijdens onderwijsleergesprekken worden de resultaten besproken waarbij de docent de leerlingen helpt een koppeling te maken naar deze processen .	FO1, FO2, VA1, VA2
9&10	<i>Conceptualisatiefase:</i> Leerlingen maken in groepjes van drie een conceptmap met alle belangrijke eerder aan bod gekomen concepten. De focusvraag is: hoe leggen planten energie vast om te groeien? De docent loopt rond, stelt vragen en geeft feedback. Ook is er een klassikale nabespreking waarbij de conceptmap kan worden aangevuld.	FO1, FO2, AD1, AD2, VA1, VA2, E1, E2, E4, E5
11	<i>Context 4</i> Na een inleiding van de docent schrijft iedere leerling in de rol van een restauranthouder een tekst voor een website waarin ze duurzaam voedsel promoten gericht op het beperken van het verlies van chemische energie.	FO1, FO2, AD1, AD2, VA1, VA2, E1, E2, E4
Na 4 weken	<i>Context 5 en 6</i> Leerlingen beantwoorden in de eindtoets vragen in de rol van een algenkweker en landbouwer. De overige vragen worden hier buiten beschouwing gelaten.	FO1, FO2, VA1, VA2

ben we geselecteerd uit 4-havo-biologieboeken van verschillende uitgeverij en de uitwerkingen van eindtermen in de Syllabus (CvE, 2009) op basis van de vraag welke concepten in relatie tot fotosynthese aan de orde moeten komen. Daarna heeft een literatuurstudie naar het onderwijzen en leren van fotosynthese en de andere twee metabole processen (aërobe dissimilatie en voortgezette assimilatie) en besprekingen met zowel onderzoekers op het gebied

van de ecologie als biologiedocenten tot een verdere selectie van concepten geleid. Hieruit zijn twee uitgangspunten ten aanzien van de leerdoelen voortgekomen: 1) het omzetten van energievormen in elkaar (lichtenergie, chemische energie, warmte-energie en energie voor levensprocessen) moet centraal staan; en 2) er moet op cellulair niveau een relatie worden gelegd tussen fotosynthese en de twee andere metabole processen. Gebaseerd op deze uit-

gangspunten hebben we de relaties tussen de concepten die gericht waren op omzettingen van energievormen gedefinieerd. Dit heeft geresulteerd in vier groepen proposities rondom de centrale concepten fotosynthese, aërobe dissimilatie, voortgezette assimilatie en energie (zie Figuur 1), aangegeven met de volgende codes: FO-proposities die het vastleggen van zonlicht in een chemische vorm (glucose) beschrijven; AD-proposities die weergeven hoe de chemische energie in glucose wordt 'klaargezet' voor gebruik in de cel door omzetting naar het energierijke molecuul ATP; VA-proposities die weergeven hoe de chemische energie in glucose (tijdelijk) wordt opgeslagen in andere organische stoffen; en E-proposities die beschrijven hoe chemische energie beschikbaar komt voor levensprocessen en warmteontwikkeling.

3.3 Uitvoering van de module

De module werd door één docent in twee 4-havo-klassen uitgevoerd in een kleine middelbare school. Deze school was een zogenaamde Biologie Ontwikkelingschool (BOS), een pilot-school van de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (CVBO), waar docenten voorbeeldmateriaal ontwikkelden op basis van de concept-contextbenadering. Elke les werd met de docent voor- en nabesproken, waarbij de nadruk lag op de wijze waarop de concepten en proposities uit de referentieconceptmap volgens het scenario aan de orde zouden moeten komen of waren gekomen. Om de docent houvast te geven werd hem gevraagd tijdens onderwijsleergesprekken de concepten en proposities die aan de orde waren op het bord te schrijven. De docent bleek de lessen vrijwel exact uit te voeren zoals aangegeven in het scenario. Hier presenteren we de data van de klas waar de module door de docent voor de tweede keer werd uitgevoerd. Deze klas bestond uit 21 leerlingen van wie 14 een natuurprofiel en 7 een maatschappijprofiel volgden. De leerlingen hadden al twee concept-contextmodules gevolgd en waren dus met deze benadering bekend. Daarnaast hadden beide klassen enkele weken voorafgaande aan het uitvoeren van de module geoefend met het maken van conceptmaps. Om uit te sluiten dat er grote variatie ontstond in de hoeveelheid tijd die leerlingen buiten de

lessen om aan de module zouden besteden, werd al het leerlingenmateriaal gedurende de uitvoering van de module op school gehouden. Op deze manier was het ook mogelijk om na afloop van elke les de door leerlingen gemaakte opdrachten en geschreven teksten te verzamelen en te kopiëren.

3.4 Dataverzameling

Op zes meetmomenten hebben we data verzameld: een pretest (T1), een formuleringstest (T2), een conceptmapopdracht (T3), een schrijfopdracht (T4), een posttest (T5) en een eindtoets (T6). Alleen de data die betrekking hebben op proposities uit de referentieconceptmap hebben we geanalyseerd. Om te voorkomen dat er een 'testing-effect' zou optreden, vond de dataverzameling op drie meetmomenten (T3, T4 en T6) plaats in een *naturalistische setting*. Hiermee wordt bedoeld dat deze meetmomenten samenvallen met beoogde onderwijsleeractiviteiten (T3 en T4) of met een toets (T6). Om dezelfde reden werden de meetmomenten die geen onderdeel uitmaakten van de module (T1, T2 en T5) kort gehouden. In Tabel 2 zijn de meetmomenten beschreven.

3.5 Data-analyse

Om een uitspraak te doen over de mate waarin conceptuele kennis samenhang vertoont, brengen we het aantal correcte proposities dat een leerling op een bepaald meetmoment noemt in beeld. Omdat de taken die leerlingen kregen varieerden per meetmoment hebben we op basis van de referentieconceptmap en het scenario vooraf bepaald welke proposities leerlingen op verschillende momenten vóór, tijdens en na de uitvoering van de module idealiter zouden noemen. Hier werd uitgegaan van een ideaal verlopen leerproces en van de veronderstelling dat leerlingen proposities die aan de orde waren gekomen in het onderwijs voorafgaande aan het meetmoment ook daadwerkelijk zouden noemen. In Tabel 3 zijn de beoogde proposities weergegeven. Vanwege de aard van de taken werd niet bij ieder meetmoment beoogd dat leerlingen alle proposities van de referentieconceptmap zouden noemen.

Alle geschreven producten van leerlingen werden geanalyseerd met Atlas-ti software (www.atlasti.com). Met dit programma

Tabel 2

Beschrijving van de meetmomenten

Meetmoment	Beschrijving
T1 Pretest	Voorafgaande aan de module krijgen leerlingen twee open vragen: hoe komen planten aan energie om te groeien en hoe komen dieren aan energie om te groeien? Er worden geen concepten aangereikt.
T2 Formuleringstest	Na de introductie van de derde context aan het begin van les 6 krijgen leerlingen de opdracht in een zin het verband te beschrijven tussen het concept biomassa en de concepten: eiwitten, voortgezette assimilatie en energie uit zonlicht.
T3 Conceptmapopdracht	Nadat de derde context is afgesloten en de experimenten in de rol van teeltonderzoeker zijn besproken krijgen leerlingen in groepjes van drie kaartjes met concepten aangereikt. Deze omvatten onder andere alle concepten uit de referentieconceptmap. Na een oriëntatiefase en een ordenfase construeert elk groepje gedurende twee lessen een conceptmap gericht op de vraag: hoe wordt energie uit zonlicht omgezet en vastgelegd?
T4 Schrijfopdracht	Na introductie van de vierde context schrijven leerlingen individueel gedurende één les een tekst in de rol van restauranthouder waarin ze uitleggen hoe het kan dat insecten zo efficiënt met energie uit plantaardig voer omgaan. Het eerste deel van de tekst wordt gegeven. Ze schrijven verder aan deze tekst waarbij een aantal concepten wordt aangereikt.
T5 Posttest	Na afloop van de module volgt de posttest met dezelfde open vragen als de pretest.
T6 Eindtoets	4 weken na afloop van de module krijgen leerlingen de eindtoets waarin zij twee vragen vanuit de rol van algenkweker en landbouwer moeten beantwoorden gericht op de concepten fotosynthese en voortgezette assimilatie. Een deel van de concepten wordt aangereikt.

werden alle zinsneden die overeenkwamen met proposities uit de referentieconceptmap gecodeerd. Dit gebeurde ook met de

conceptmaps die leerlingen maakten tijdens de conceptmapopdracht. Een tweede onderzoeker volgde dezelfde procedure om vast

Tabel 3

Beoogde proposities per meetmoment

Propositie-groep	Fotosynthese		Aërobe dissimilatie		Voortgezette assimilatie		Energie					Maximaal aantal te noemen proposities
	FO1	FO2	AD1	AD2	VA1	VA2	E1	E2	E3	E4	E5	
T1 Pretest	x	x	x	x			(x)		(x)	x		5
T2 Formuleringstest	x	x			x	x						4
T3 Conceptmapping	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	10
T4 Schrijfopdracht	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		10
T5 Posttest	x	x	x	x			(x)		(x)	x		5
T6 Eindtoets	x	x	x						x			4

Noot. Met een x is aangegeven welke van de 11 proposities uit de referentieconceptmap leerlingen idealiter kunnen noemen. Bij T1 en T5 zou als alternatief voor de proposities AD2 en E4 ook de propositie E1 of E3 genoemd kunnen worden. Dit is aangegeven met (x). Het maximaal aantal te noemen proposities is lager bij T5 en T6 ten opzichte van T3 en T4 omdat op deze twee meetmomenten leerlingen niet wordt gevraagd alle proposities te noemen.

Tabel 4

Beschrijving en voorbeelden van uitingen die duiden op een incorrect begrip van de vier centrale concepten

Kernconcept	Fotosynthese	Aërobe dissimilatie	Voortgezette assimilatie	Energie
Beschrijving van incorrect begrip	Het is niet duidelijk dat planten voor dit proces zonlicht nodig hebben en/of dat het glucose oplevert.	Het is niet duidelijk dat voor dit proces glucose nodig is en/of dat het ATP oplevert en/of dat het plaatsvindt in zowel planten als dieren.	Het is niet duidelijk dat planten en dieren voor dit proces glucose nodig hebben en/of dat dit proces andere organische stoffen oplevert die echter geen vergroting van de biomassa betekenen.	Het is niet duidelijk dat energie in chemische vorm aanwezig kan zijn en /of beschikbaar kan komen voor levensprocessen of als warmte-energie.
Voorbeelden van uitingen	'Voor fotosynthese is water en koolstofdioxide nodig (zonlicht wordt niet genoemd)'.	'Verbranding vindt alleen plaats in dieren, niet in planten'; 'energie is nodig voor verbranding'.	'Voortgezette assimilatie leidt tot toename van de biomassa'.	'CO ₂ is chemische energie' 'ATP is warmte-energie'; 'de energie uit zonlicht is nodig bij fotosynthese en is daarna verdwenen'.

te stellen in hoeverre de toekenning van de coderingen op eenduidige wijze had plaatsgevonden. De overeenstemming tussen beide onderzoekers bleek hoog te zijn (Cohens $\kappa = .92$). Daarnaast werden uitingen van leerlingen die duiden op een incorrect begrip van de vier centrale concepten uit de referentieconceptmap gescoord. In Tabel 4 zijn hier beschrijvingen en voorbeelden van gegeven. Hier bleek de overeenstemming tussen eerste en tweede beoordelaar minder hoog (Cohens $\kappa = .53$). Dit is te verklaren doordat in het codeboek slechts in beperkte mate incorrecte uitingen konden worden opgenomen omdat deze niet rechtstreeks afgeleid kunnen worden uit de referentieconceptmap en dus tamelijk onvoorspelbaar zijn. Daarnaast kan ook hebben meegespeeld dat de tweede beoordelaar minder inhoudskundig was.

Vanwege het kleine aantal leerlingen hebben we twee non-parametrische toetsen uitgevoerd. Of er een correlatie bestaat tussen de propositiescores van leerlingen op de meetmomenten hebben we getest met Spearman's rangcorrelatietoets. Om na te gaan of er een toename in correct genoemde proposities heeft plaatsgevonden tussen de identieke pretest (T1) en posttest (T5) hebben we de rangtoets van Wilcoxon uitgevoerd.

4 Resultaten

Om de ontwikkeling van samenhang in de conceptuele kennis zichtbaar te maken hebben we per meetmoment voor elke afzonderlijke propositie weergegeven door hoeveel leerlingen deze correct werd genoemd (4.1). Daarna hebben we de gemiddelde propositiescore per meetmoment uitgezet in een staafdiagram als percentage van het beoogde aantal te noemen proposities (4.2). Ten slotte hebben we voor ieder meetmoment de uitingen die wijzen op een beperkt begrip van één van de vier centrale concepten gescoord (4.3).

4.1 Correct genoemde proposities

Zoals weergegeven in Tabel 3 hebben we vooraf bepaald welke proposities leerlingen zouden kunnen noemen bij een ideaal verlopen leerproces. Voor alle proposities is geteld hoeveel leerlingen deze minimaal één keer per meetmoment noemden. Deze getallen zijn weergegeven in Tabel 5. De kolomtitels komen overeen met de codes van de proposities uit de referentieconceptmap (Figuur 1). In elke rij is vermeld hoeveel leerlingen deze propositie op een meetmoment minimaal één keer hebben genoemd. Welke informatie dit geeft over de conceptuele samenhang

Tabel 5

Aantallen leerlingen (19 ≤ n ≤ 21) die een beoogde propositie minimaal één keer correct noemden

Propositie-groep	Foto-synthese		Aërobe dissimilatie		Voort- gezette assimilatie		Energie				
	FO1	FO2	AD1	AD2	VA1	VA2	E1	E2	E3	E4	E5
T1 Pretest (n=20)	2	3	1				(2)		(4)	0	1
T2 Formulerings- test (n=19)	12	4	1		7	8	1			1	
T3 Conceptmapping (n=21)	18	18	18	18	12	15	6	3		3	3
T4 Schrijfpod- dracht (n= 20)	13	12	11	9	10	11	0	11	0	1	
T5 Posttest (n=20)	7	8	8	2	3	4	(5)		(4)	2	4
T6 Eindtoets (n=19)	17	13	9	3	5	2		2	9	2	

Noot. De witte cellen geven de beoogde proposities aan. De donkergrijze cellen geven proposities aan die niet werden beoogd maar toch werden genoemd. Tussen haakjes zijn alternatieve mogelijkheden weergegeven

per meetmoment zullen we toelichten door enkele scores met elkaar te vergelijken, waarbij we rekening houden met de aard van de instructie bij de meting.

Het getal 2 in rij T1/kolom FO1 betekent dat de vraag die in de pretest werd gesteld bij 2 van de 20 leerlingen de propositie ocriep: ‘Energie uit zonlicht is nodig voor fotosynthese’. De verwachting dat veel leerlingen deze propositie zouden noemen blijkt niet uit te komen. Dat geldt ook voor andere proposities in rij T1. Weinig leerlingen blijken op meetmoment T1 in staat relevante proposities te noemen, hoewel deze proposities het voorgaande leerjaar volgens de docent wel aan bod zijn gekomen. Vergelijken we rij T1 met rij T5 dan blijkt dat met name de proposities FO1, FO2 en AD1 op T5 door meer leerlingen genoemd worden op T5 terwijl dit in veel mindere mate geldt voor de energieproposities (E1, E3 en E4). Het leerproces met betrekking tot deze proposities is blijkbaar nog niet optimaal.

Een vergelijking tussen de meetmomenten T2, T4 en T6, waarbij leerlingen zinnen formuleren met concepten die worden aangereikt, laat in kolom FO1 met de getallen 12, 13, 17 zien dat er een toename is waar te nemen in het aantal leerlingen dat deze propositie noemt. Ook voor de kolom FO2 laten de getallen 4, 12, 13 zien dat steeds meer leer-

lingen de propositie ‘Fotosynthese levert glucose op’ kunnen noemen. Opvallend hierbij is de sprong van 4 op meetmoment T2 naar 12 op meetmoment T4. Tussen T2 en T4 voerden de leerlingen de conceptmapopdracht uit.

De vier getallen 18 in rij T3/kolom FO1 en FO2 laten zien dat vrijwel alle leerlingen bij het construeren van de conceptmap de betreffende proposities konden formuleren of er mee instemden dat deze proposities door een andere leerling uit het groepje gegeven werd. De twee getallen 18 in rij T3/kolom AD1 en AD2 laten zien dat dit ook geldt voor het aantal leerlingen dat de proposities die te maken hebben met aërobe dissimilatie correct noemde. De getallen 12 en 15 in rij T3/kolom VA1 en VA2 duiden erop dat voortgezette assimilatie minder goed beheerst wordt dan de andere twee processen. De overige getallen 6, 3, 3 en 3 in rij T3/kolom E1, E2, E4 en E5 laten zien dat slechts weinig leerlingen in staat waren de proposities rondom het concept energie (E-proposities) correct te noemen.

4.2 Gemiddelde propositiescores

We hebben geteld hoeveel van het totale aantal beoogde proposities per meetmoment ook daadwerkelijk op correcte wijze door iedere leerling werden genoemd. Omdat de conceptmaps door groepjes van drie leerlingen werden geconstrueerd, hebben we elke

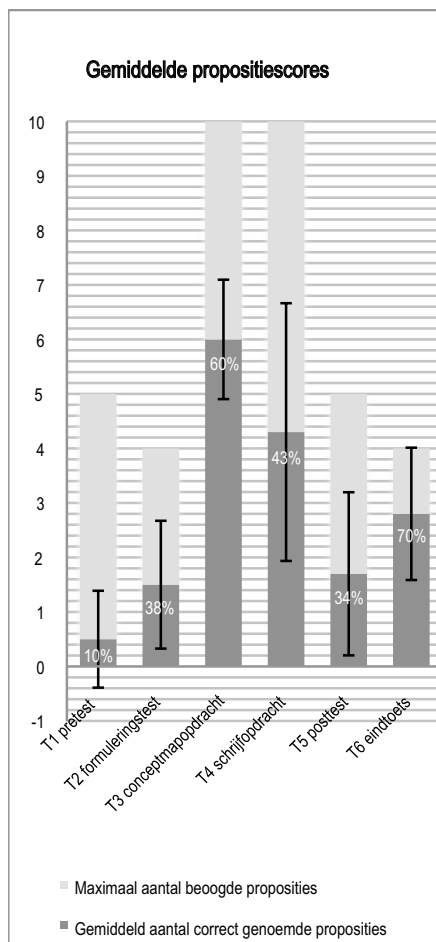
genoemde propositie in de conceptmap toegekend aan elk groepslid. In Figuur 2 zijn de gemiddelde scores van de hele klas weergegeven waarbij we het relatieve aantal correct genoemde proposities per meetmoment in een percentage hebben uitgedrukt.

Omdat de condities van de meetmomenten onderling verschilden en bij elk meetmoment aan leerlingen werd gevraagd andere proposities uit de referentieconceptmap te noemen, kunnen de percentages niet allemaal zondermeer met elkaar worden vergeleken. Bij de scores van de pre- en posttest (T1 en T5) kan dat wel, omdat deze identiek waren. We hebben de rangtekentoets van Wilcoxon uitgevoerd om na te gaan of er een toename in correct genoemde proposities heeft plaatsgevonden tussen de pre- en posttest. Deze toename bleek significant te zijn ($W^+ = 96$; $z = 2.79$; $p = .005$) wat duidt op leerwinst met betrekking tot conceptuele samenhang gedurende de module. Opmerkelijk is dat leerlingen in de posttest veel concepten uit de referentieconceptmap wel wisten te noemen maar dat ze deze vaak niet op correcte wijze met elkaar konden verbinden. Het antwoord: 'Dit komt door de processen fotosynthese, aërobe dissimilatie en voortgezette assimilatie' is niet als correcte propositie gescoord.

De resultaten van de rangcorrelatietoets van Spearman (zie Tabel 6) laten zien dat de gemiddelde propositiescores op T2 in redelijke mate correleren met T4 ($r = .46$; $p = .053$) en T6 ($r = .45$; $p = .068$). Leerlingen die op T2 veel proposities correct noemden scoorden dus ook op T4 en T6 relatief hoog. De relatief hoge correlaties bleken niet statistisch significant, mogelijk vanwege het geringe aantal leerlingen dat in de analyses was betrokken. Omdat de conceptmap tot stand is gekomen na samenwerking in groepjes van drie, en de scores ervan niet toe te kennen zijn aan individuele leerlingen hebben we T3 hier buiten beschouwing gelaten.

4.3 Incorrect begrip van centrale concepten

Nagegaan is welke uitingen van leerlingen duiden op een incorrect begrip van elk van de vier centrale concepten (zie Tabel 4). De data zijn geanalyseerd door na te gaan hoeveel leerlingen minimaal één keer per meet-



Figuur 2. Aantallen beoogde proposities die daadwerkelijk op correcte wijze werden genoemd. De percentages geven aan welk deel van het maximaal aantal beoogde proposities per meetmoment ook daadwerkelijk correct is genoemd. De foutbalkjes betreffen de standaardafwijking van de aantallen correct genoemde proposities.

moment blijkt gaven van een (deels) incorrect begrip van één van de centrale concepten. Dit tonen we in Tabel 7.

We bespreken Tabel 7 door vooral de incorrecte uitingen tussen de centrale concepten onderling te vergelijken en er een verklaring voor te geven. Dit geeft inzicht in het verloop van het leerproces en in eventuele belemmeringen hierin. In overeenstemming met de resultaten betreffende het aantal leerlingen dat iedere propositie correct noemde (Tabel 5), blijkt ook hier dat leerlingen meer moeite hebben met de centrale concepten

Tabel 6

Spearmans rangcorrelatiecoëfficiënten van de scores op vijf meetmomenten waarbij leerlingen individueel proposities noemden ($17 \leq n \leq 20$).

	T1	T2	T4	T5
T2	-.08			
T4	.09	.46		
T5	.26	-.07	.05	
T6	-.17	.45	.23	.30

voortgezette assimilatie en energie dan met fotosynthese en aërobe dissimilatie. We zullen twee opvallende scores uit Tabel 7 toelichten: de hoge aantallen incorrecte uitingen bij T2/Voortgezette assimilatie en T3/Energie.

Het getal 11 bij T2/Voortgezette assimilatie betekent dat iets meer dan de helft van de leerlingen bij de formuleringstest laat zien dat ze (aspecten van) voortgezette assimilatie niet begrijpen. Hierbij moet worden opgemerkt dat daarmee nog niet is aangetoond dat de overige leerlingen het wel begrijpen. Blijkbaar is op dat moment voortgezette assimilatie, ondanks de aandacht die er aan is besteed in de drie voorafgaande lessen, nog moeilijk voor leerlingen. Een analyse van deze 11 uitingen van incorrect begrip van voortgezette assimilatie laat zien dat de meeste leerlingen opschrijven: 'door voortgezette assimilatie neemt de biomassa toe'. Zij zien nog niet in dat de biomassa toeneemt doordat glucose als organische stof door fotosynthese wordt gemaakt en dat door voortgezette assimilatie de ene organische

stof (glucose) wordt omgezet in een andere organische stof (koolhydraten, eiwitten of vetten), zonder massatoename dus. Dat zou kunnen betekenen dat deze leerlingen niet goed weten wat organische stoffen zijn.

Het getal 18 bij T3/Energie betekent dat vrijwel alle leerlingen energieconcepten in hun conceptmap op verkeerde wijze verbinden met andere concepten. Het valt vooral op dat warmte-energie wordt gekoppeld aan ATP ('ATP is warmte-energie') en chemische energie aan CO₂ ('CO₂ is chemische energie'). Het lijkt erop dat leerlingen wel inzien dat voor fotosynthese energie uit zonlicht nodig is, maar vervolgens moeilijk kunnen bevatten dat deze energie als chemische energie in een molecuul kan worden opgeslagen en vervolgens hieruit weer beschikbaar kan komen.

5 Discussie

In dit artikel stond de vraag centraal: In hoeverre ontwikkelen havo-4-leerlingen

Tabel 7

Aantallen leerlingen ($19 \leq n \leq 21$) met uitingen die duiden op een incorrect begrip van één van de centrale concepten.

Kernconcept	Fotosynthese	Aërobe dissimilatie	Voortgezette assimilatie	Energie
T1				
Pretest (n=20)	2	2	0	2
T2				
Formuleringstest (n=19)	1	1	11	4
T3				
Conceptmapping (n=21)	0	0	6	18
T4				
Schrijfpoddracht (n=20)	1	3	4	6
T5				
Posttest (n=20)	2	0	2	1
T6				
Eindtoets (n=19)	1	3	1	2
Totaal	7	9	24	33

samenhang tussen concepten in een concept-contextmodule voor biologie die gericht is op het stimuleren van het leggen van verbanden tussen concepten? In dit onderzoek is gebleken dat een referentieconceptmap kan worden gebruikt om de proposities die leerlingen noemen te categoriseren. Doordat enkele meetmomenten plaatsvonden in een naturalistische setting hebben we ook kunnen vaststellen dat de onderwijsleeractiviteiten conceptmapping en schrijven inderdaad leiden tot het mondeling en/of schriftelijk formuleren van correcte proposities door leerlingen. Hierbij is ook naar voren gekomen welke proposities nog moeilijk zijn voor leerlingen. In de hier gepresenteerde case study blijkt dat dit proposities betreffen die te maken hebben met de concepten voortgezette assimilatie en vooral energie. Dat dit laatste concept problematisch is voor leerlingen is in overeenstemming met vakdidactische literatuur (Lin & Hu, 2003). Dezelfde moeilijkheden kwamen ook naar voren bij een inventarisatie van incorrecte uitingen rondom centrale concepten. De onderzochte module was nog niet uitontwikkeld en deze resultaten bieden aanwijzingen voor verbeteringen.

Na het bediscussieren van de gehanteerde meetmethode (5.1) geven we aan hoe het in kaart brengen van de conceptuele samenhang een bijdrage kan leveren aan het optimaliseren van concept-contextmodules (5.2).

5.1 Bruikbaarheid, beperkingen en aanpassingen van de meetmethode

De referentieconceptmap is een waardevol middel gebleken om de ontwikkeling van conceptuele samenhang te operationaliseren. Uitgangspunt hierbij is dat het noemen van proposities maatgevend is voor de ontwikkelde conceptuele samenhang. Uit de grote overeenstemming tussen de eerste en tweede beoordelaar blijkt dat het meten van afzonderlijke proposities op eenduidige wijze kan plaatsvinden. Dit geldt in mindere mate voor de overeenstemming tussen de eerste en tweede beoordelaar bij het herkennen van uitingen van incorrect begrip. Deze data moeten dan ook met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Een kanttekening bij het meten van afzonderlijke propo-

sities als maat voor conceptuele samenhang is dat we zodoende alleen uitspraken kunnen doen over de mate waarin leerlingen twee concepten met elkaar verbinden. Door in de analyse ook na te gaan in hoeverre leerlingen een combinatie van proposities kunnen noemen, zou conceptuele samenhang op een hoger niveau kunnen worden vastgesteld.

Door vooraf de beoogde proposities uit de referentieconceptmap vast te stellen en vervolgens de daadwerkelijk genoemde proposities te verzamelen, konden we met de nodige voorzichtigheid meetmomenten onderling vergelijken. Zodoende hebben we laten zien hoe de leerlingen conceptuele samenhang hebben ontwikkeld. De resultaten van de rangcorrelatietoets van Spearman laten echter zien dat er geen significante correlatie bestaat tussen de scores op de meetmomenten. Wel is de correlatie tussen de scores van de meetmomenten waarbij concepten werden aangereikt en de leerlingen een tekst moesten schrijven hoger dan bij de meetmomenten waarbij de concepten niet werden aangereikt. De wijze waarop proposities worden ontlokt heeft kennelijk grote invloed op de uitkomsten van de meting. Ook Ruiz-Primo en Shavelson (1996) wijzen er op dat meetmomenten met een vergelijkbare taak en wijze van respons noodzakelijk zijn om de ontwikkeling in conceptuele samenhang vast te stellen.

De enige resultaten die duiden op een significante stijging in conceptuele samenhang zijn gebaseerd op een vergelijking tussen de identieke pre- en posttest. Toch is het moeilijk om het percentage van 34% correct genoemde proposities op de posttest op waarde te schatten, bij gebrek aan een norm. Om een norm vast te stellen zou er aan grote groepen leerlingen van vergelijkbare achtergrond en aanleg na allerlei soorten onderwijs op vergelijkbare wijze dezelfde proposities moeten worden ontlokt.

5.2 Optimaliseren van concept-contextmodules

Een van de doelen van concept-contextonderwijs is dat leerlingen meer conceptuele samenhang verwerven. In deze case study hebben we ons gericht op de ontwikkeling in samenhang tussen centrale concepten bij het

vak biologie waarbij de wijze van meten veel aandacht heeft gekregen. We verwachten dat de gebruikte manier ook heel nuttig is voor andere schoolvakken waarbij kennis georganiseerd is rondom concepten, zoals andere natuurwetenschappen, geschiedenis, aardrijkskunde, economie en maatschappijleer. Na het constateren van opmerkelijke (dat wil zeggen van de verwachting afwijkende) leerresultaten kan in het scenario worden nagegaan hoe de betreffende proposities in de lessen aan de orde zijn gekomen. Er kunnen aanwijzingen worden gezocht welke kenmerken van contexten in combinatie met onderwijsleeractiviteiten wel of niet bijdragen aan een toename in conceptuele samenhang. Door een meetmoment te laten samenvallen met een onderwijsleeractiviteit - in deze case study is dat het geval bij conceptmapping en een schrijfopdracht - is het mogelijk om dit heel precies te doen. Er zijn dan wel betrouwbare data nodig over de vraag of leerlingen tijdens het proces van conceptmapping of schrijven expliciet concepten met elkaar verbinden. Video- en geluidsopnames zijn dan noodzakelijk. Het lijkt overigens belangrijk om deze aan te vullen met interviews waarin leerlingen hun denkactiviteiten expliciteren tijdens onderwijsleeractiviteiten die gericht zijn op het leggen van verbanden tussen concepten. In deze interviews kan rijkere en meer valide informatie over samenhangen in de kennis van leerlingen wordt verzameld, in aanvulling op de vaak gebrekkig formuleringen in geschreven producten. Dit blijkt ook uit onderzoek waarbij een interviewstrategie wordt gehanteerd waarin leerlingen worden geconfronteerd met natuurwetenschappelijke verschijnselen in een variatie aan contexten (Gómez, Benarroch, & Marín, 2006). Het in kaart brengen van proposities uit de referentieconceptmap die één individuele leerling op verschillende momenten tijdens het verloop van de module kan noemen, zou hierbij aanvullende informatie kunnen geven over samenhangbevorderende factoren.

Noot

- 1 Met concepten worden belangrijke vakspecifieke begrippen bedoeld.

Literatuur

- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
- Boersma, K., van Graft, M., Hartevelde, A., de Hullu, E., de Knecht-van Eekelen, A., Mazereeuw, M., Van den Oever, L., Van der Zande, P. (2007). *Leerlijn biologie van 4 tot 18*. Utrecht: NIBI.
- Boersma, K. T., Kamp, M. J. A., Van den Oever, L., & Schalk, H. H. (2010). *Naar actueel, relevant en samenhangend biologietoelwijs*. Utrecht: CVBO.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn*: Washington D.C: National Research Council.
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21(4), 363-371.
- Chi, M., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 815-843.
- CvE. (2009). *Biologie HAVO Syllabus centraal examen 2011*. Utrecht
- diSessa, A. A., Gillespie, N., & Esterly, J. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept force. *Cognitive Science*, 28, 843-900.
- Donovan, M. S., & Bransford, J. D. (Eds.). (2005). *How students learn: science in the classroom*. Washington D.C.: National Research Council.
- Gómez, E. J., Benarroch, A., & Marín, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 577-598.
- Keselman, A., Kaufman, D.R, Kramer, S., Patel, V.L. (2007). Fostering conceptual change and critical reasoning about HIV and AIDS.

- Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 844-863.
- Lijnse, P., & Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26(5), 537-554.
- Lin, C., & Hu, R. (2003). Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of food chain, photosynthesis, and respiration. *International Journal of Science Education*, 25(12), 1529-1544.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2005). *Assessing Science Understanding* London, UK: Elsevier Academic Press.
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-analysis. *Review of educational research*, 76(3), 413-448.
- Novak, J. D., & Wandersee, J. H. (1990). Concept mapping. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10).
- Pearsall, N. R., Skipper, J. E. J., & Mintzes, J. J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: a longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81(2), 193-215.
- Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600.
- Scott, P. H., Mortimer, E., & Ametller, J. (2011). Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science education*, 47(1), 3-36.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). *Educational design research*. London and New York: Routledge.
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech (N. Minich, Trans.). In R. W. Rieber & A. S. Carton (Eds.), *The collected work of L.S. Vygotsky* (pp. 39-285). New York: Plenum Press.
- Leraar en School van de Radboud Universiteit Nijmegen. **Hans de Kroon** is hoogleraar Experimentele Plantenecologie aan de faculteit Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Radboud Universiteit Nijmegen. **Kerst Boersma** is emeritus-hoogleraar Didactiek van de Biologie aan het Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen van Universiteit Utrecht. Hij was tevens voorzitter van de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (CVBO, 2005-2010)

Correspondentieadres: M. Ummels, Instituut voor Leraar en School, Radboud Universiteit Nijmegen, Postbus 9103, 6500 HD Nijmegen. Email: m.ummels@ils.ru.nl

Abstract

The development of conceptual coherence within concept-context education

In secondary education it is problematic for many students to develop coherence between domain-specific concepts. The aim of this research project is to gain insight into the way conceptual coherence can be fostered in education. For this reason we describe a case study in which a context-based biology lesson series on energy transformations in relation to photosynthesis, dissimilation and biosynthesis for year 10 in upper general secondary education has been developed and executed. As a measure of coherence we observed, by using a reference concept map, which and how many connections between concepts (propositions) were mentioned correctly by 21 students at six moments. The results indicate a relative increase of correctly mentioned propositions. Propositions including the central concepts energy and biosynthesis were mentioned less often correctly. This study indicates that scoring propositions has potential to measure students' development of conceptual coherence.

Auteurs

Micha Ummels is Dudoc-promovendus aan het Instituut voor Leraar en School van de Radboud Universiteit Nijmegen en biologie docent op de Nijmeegse Scholengemeenschap Groenewoud. **Marcel Kamp** is lerarenopleider biologie en didactisch onderzoeker aan het Instituut voor