

*Proefschrift Menno Wierdsma*

## **Recontextualising Cellular Respiration. Designing a learning-and-teaching strategy for developing biological concepts as flexible tools**

*Bespreking door:*

Marcel Kamp

Radboud Docenten Academie, Radboud Universiteit Nijmegen

### **Samenvatting**

Onderwijs heeft als ultiem doel leerlingen toe te rusten met kennis en vaardigheden die ook betekenis voor hen hebben buiten het onderwijs. Scholen hebben echter niet de taak om te toetsen of dat doel gehaald wordt. Er is al reden voor tevredenheid als leerlingen aangeleerde kennis kunnen toepassen in een nieuwe context binnen de school. Examen-opgaven presenteren steeds vaker eerst een context in een verhaalvorm, waaraan dan vragen worden verbonden. Dat impliceert dat onderwijs zo moet worden gegeven dat de leerlingen niet alleen de leerstof leren kennen en begrijpen, maar ook kunnen toepassen. De vraag is hoe onderwijs dat gericht is op het vergroten van het transfervermogen er uit moet zien. Op deze moeilijke vraag heeft de bioloog Menno Wierdsma zich in zijn proefschrift geworpen. Zijn onderzoeksvraag luidde: *Hoe kan een onderwijsleerstrategie die is gericht op een flexibel gebruik van biologische concepten door recontextualiseren, worden gestructureerd?* Deelvragen richten zich op het formuleren van design criteria, het meten van het recontextualisatievermogen van leerlingen en het effect van de onderwijsleerstrategie. Wierdsma's dissertatie betreft een monografie, er zijn (nog?) geen tijdschriftartikelen.

Wierdsma was een van eerste onderzoekers uit het unieke DUDOC-programma, dat inmiddels officieel afgelopen is. Enkele DUDOC-promovendi zijn nog bezig met de afronding van hun onderzoek en we kunnen dus de komende tijd gelukkig nog enkele publicaties uit dit programma verwachten. Binnen het DUDOC-programma werd voornamelijk ontwerponderzoek uitgevoerd. Wierdsma kon zich binnen het Nederlandse onderzoek naar biologieonderwijs baseren op ontwerponderzoek van onder andere Knippels (2002), Westra (2008) en Verhoeff (2003). Dit zijn dissertaties die onder begeleiding van prof.dr. K. Boersma zijn uitgevoerd en ze vertonen daardoor een inhoudelijke gelijkenis: ze focussen op het onderwijzen en leren van systemen (met als kader de systeemtheorie). Daarnaast hebben ze steeds een biologisch thema: Knippels over genetica, Westra over ecologie en Verhoeff over celleer. De onderzoeksvraag van Wierdsma komt dus niet uit

de lucht vallen: de focus is dezelfde, en ook hij heeft een biologisch thema gekozen, namelijk dissimilatie (*cellular respiration*). Hij heeft zijn onderzoek uitgevoerd binnen het Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education (FISME), waar ook voor andere exacte vakken veel design research-expertise aanwezig is. De invloed daarvan is onder andere zichtbaar in de voorkeur voor het gebruik van de probleemstellende benadering en een ononderbroken leerlijn.

Met het gebruik van de term *recontextualiseren* wil Wierdsma transfer plaatsen in de cultuurhistorische activiteitentheorie waarin concepten worden gezien als gereedschappen in handelingspraktijken. (Net zoals Wierdsma gebruik ik verder “contexten” in plaats van “handelingspraktijken”). Het feit dat een concept verschillend wordt gebruikt in verschillende contexten maakt transfer voor mensen c.q. leerlingen waarschijnlijk moeilijk: het concept kan daardoor niet eenvoudig worden overgeplaatst van de ene context naar de andere. Er is een proces van evaluatie en aanpassing van een concept nodig, en dit noemt Wierdsma *recontextualiseren*.

Het concept *dissimilatie* is gekozen als biologisch thema en het wordt in het proefschrift omschreven als “een biochemisch afbraakproces van een energierijk substraat om er energie uit vrij te maken, die nodig is om andere biologische processen te doen verlopen.” In de uitwerking van de onderwijsleerstrategie spelen de concepten aerobe en anaerobe dissimilatie (met name melkzuurgisting en alcoholgisting) een belangrijke rol. Argumenten voor de keuze van het concept dissimilatie zijn het belang van het concept in de biologie en veel voorkomende en grote problemen met het onderwijzen en leren van dit concept. Het proefschrift bevat een analyse van de manier waarop enkele Nederlandse biologieboeken voor het havo dissimilatie behandelen. De te ontwerpen onderwijsleerstrategie was bestemd voor 4-havo.

De methodologie voor dit ontwerponderzoek volgde het bekende patroon. In een exploratieve fase werd een aantal design criteria geformuleerd. Deze dienden als basis voor een ontwerp (door leraren) dat vervolgens getest werd in de praktijk, waarna op basis van de resultaten aanpassing van het ontwerp plaatsvond. Daarna volgde een tweede iteratie. Een zogenaamd scenario bevatte de verwachtingen van de ontwerper/onderzoeker over het gedrag van leraren en leerlingen. Het werd gebruikt om na te gaan of de uitvoering van de lessen plaatsvond overeenkomstig het ontwerp. De merendeels kwalitatieve databronnen bestonden uit geprotocolleerde lessen, interviews met leerlingen en leraren, en producten van leerlingen zoals werkbladen en toetsen. Naast deze “naturalistische” bronnen waren er twee specifiek onderzoeksmatige bronnen: een pre- en posttest gericht op het begrip van dissimilatie bij de leerlingen en een recontextualisatie-toets voor het meten van de vaardigheid van leerlingen om dissimilatie te recontextualiseren. Ten behoeve van de vakinhoudelijke analyse werd het begrip dissimilatie uiteengelegd in een aantal “conceptuele elementen”, waardoor het mogelijk werd gedetailleerd vast te stellen welke aspecten van dissimilatie de leerlingen wel of niet begrepen dan wel

toepasten. Die conceptuele elementen zijn *Energy, Oxygen, Products, Substrate (Glucose), Mitochondria en Reaction Speed*.

Wat zijn nu de ontwerpcriteria voor recontextualisatie? Een effectieve onderwijsleerstrategie voor het recontextualiseren van biologische concepten moet leerlingen richten op een specifieke context die is gerelateerd aan het concept (1-1); richten op de conceptuele elementen die in een context nodig zijn en een stapsgewijze ontwikkeling van het concept mogelijk maken (1-2); uitnodigen een concept in relatie tot contexten te beschrijven (2-1); uitnodigen om te reflecteren op de betekenis van een concept in verschillende contexten (2-2); en stimuleren om een motief voor recontextualiseren te ontwikkelen (2-3). Naast deze algemene ontwerpcriteria formuleerde Wierdsma specifieke ontwerpcriteria voor het bevorderen van recontextualisatie van dissimilatie.

Als contexten koos Wierdsma met redenen omkleed voor praktijken op het gebied van sportfysiologie, biotechnologie en biologisch onderzoek.

Bij de resultaten blijkt dat leerlingen wel een begrip van dissimilatie ontwikkelen, maar dat ze nog steeds moeite hebben met het recontextualiseren. Als mogelijke verklaringen veronderstelt Wierdsma dat de (on)bekendheid van leerlingen met een biologisch object en de wijze waarop een biologisch object in een context wordt gebruikt het gebruik van concepten beïnvloedt. Bij de voorgestelde aanpassingen voor een derde versie van de onderwijsleerstrategie vallen op: onderwijsleeractiviteiten met expliciete reflectie van de leerlingen op recontextualisatie-activiteiten en een recontextualisatietoets.

Het laatste hoofdstuk, de discussie, vat de winst van het onderzoek samen in een advies voor recontextualiseren in vier fasen: 1) leerlingen beschrijven eerst hun begrip van een concept (voorbereidingsfase); 2) bestuderen en beschrijven het concept in een nieuwe context (recontextualiseren); 3) reflecteren daarop; en 4) nemen deel aan een toetsfase (en mogelijk nog aan een reflectie op die toets). Verder gaat Wierdsma in dat hoofdstuk onder andere in op het belang van het vasthouden van een verhaallijn in de onderwijsleerstrategie. Hij redeneert dat die lijn er bepalend voor is of een fase voor recontextualiseren kan worden ingevoegd, en geeft aan dat het onderscheiden van “conceptuele elementen” daarbij heel nuttig is omdat daarmee verschillende contexten in een verhaallijn verbonden kunnen worden. Conceptuele elementen zijn niet alleen specifiek voor een concept, maar zijn ook afhankelijk van de contexten en leerdoelen in een onderwijsleerstrategie en van de verwachte voorkennis van leerlingen. Ten slotte zijn conceptuele elementen goed te gebruiken voor het construeren van toetsvragen die de vaardigheid van leerlingen in recontextualiseren toetsen. Ze geven immers een helder beeld van het verwachte of bedoelde gebruik van het concept voor specifieke vragen en opdrachten in contexten.

### **Commentaar**

De beschrijving van het onderzoek tot nu toe was zoveel mogelijk vanuit het perspectief van de onderzoeker c.q. het proefschrift, vanaf nu neem ik meer een eigen perspectief in.

Ik bespreek maar enkele van de grote thema's die me bezighielden tijdens het lezen van het rijke en interessante onderzoek van Wierdsma. Daarmee laat ik omwille van de ruimte thema's als generaliseerbaarheid, de plaats van design criteria en van probleemstellend onderwijs helaas onbesproken.

De onderzoeksvragen van Wierdsma's dissertatie zijn in mijn ogen uitermate relevant. Ze raken op een heel directe manier aan de kern van het onderwijs, zoals ik in de eerste alinea al heb aangegeven. Het DUDOC-programma moest bij een aantal bètavakken steun geven aan de invoering van nieuwe examenprogramma's die gebaseerd waren op de concept-contextbenadering. Het is erg jammer dat veel resultaten van de DUDOC-onderzoekers pas beschikbaar kwamen en zullen komen nu de implementatie van de nieuwe examenprogramma's, in ieder geval voor biologie, voltooid is.

Hoewel er bij de start van de Vernieuwingscommissies al behoorlijke zekerheid bestond dat het lesgeven vanuit contexten de ervaren relevantie van de leerlingen verhoogt, was ook duidelijk dat er spanning zat op de verhouding tussen concepten en contexten. Onderzoek naar (conceptuele) leerresultaten van onderwijs *met* contexten in vergelijking met onderwijs *zonder* contexten gaf een gemengd beeld: soms konden betere, maar soms moesten ook slechtere resultaten gemeld worden. Waarom betaalde zich de grotere ervaren relevantie niet altijd uit, bijvoorbeeld in een grotere motivatie en dus betere leerresultaten? Precies op dat snijvlak van concepten en contexten richtte Wierdsma de microscoop van vakdidactisch onderzoek.

Voor ik daarop inga, wil ik hier graag de aandacht vestigen op de vele en uitvoerige protocollen van onderwijsleergesprekken die zijn opgenomen in het proefschrift. Het voordeel van een monografie is dat deze data, die zo veel bladzijden kosten, hier veel makkelijker opgenomen kunnen worden dan in artikelen. De protocollen zijn goed gekozen (en ze waren voor mij prima te volgen omdat ik ook beschikte over het leerlingenmateriaal) en ze illustreren de klassenpraktijk heel goed. Eigenlijk zouden de lerarenopleidingen over dat materiaal moeten kunnen beschikken; het biedt prima startpunten voor onderwijs over onderwijsleergesprekken en over vakdidactisch onderzoek.

Wierdsma maakt het zich niet gemakkelijk met zijn keuze voor het begrip dissimilatie (cellulair respiration). De leermoeilijkheden die leerlingen met dit begrip hebben – zie het overzicht in het proefschrift – tellen zwaar voor leerlingen in 4-havo – en extra zwaar voor leerlingen zonder scheikunde, zoals er de nodige in zijn testklassen zaten. De literatuur geeft aan dat het niveau van begrip van een bepaald concept een factor is die transfer van dat concept sterk bepaalt. Deze leerlingen in 4-havo zullen dus waarschijnlijk (grote) moeite hebben dit concept op cellulair niveau te begrijpen en het is daarom misschien verstandig de verwachtingen laag te stellen wat betreft het aantal leerlingen dat tot transfer van dit begrip in staat zal zijn.

Bij het analyseren van zijn data stuit Wierdsma op een probleem: wat mag hij verwachten, waar moet hij een norm vandaan halen? De vraag hoe de kennis en het inzicht van de leerlingen gewaardeerd moeten worden zou nog te benaderen zijn vanuit bijvoorbeeld

examenprogramma's en -opgaven. Maar dat was de vraag niet. De vraag was wanneer een leerling een recontextualisatievermogen vertoont dat als voldoende of goed kan worden aangemerkt. Hier moet Wierdsma pionieren: er is nauwelijks literatuur. Een stap in de goede richting is de formulering van een *overzicht van fasen in de beoogde ontwikkeling* van het concept bij de leerling. Het overzicht (p. 171) begint met fase 0 bij de veronderstelde voorkennis van leerlingen (zoals "Combustion uses oxygen") en gaat via fase 1 betreffende het aanleren van vakjargon ("Cellulair respiration" komt in de plaats van "combustion") en fase 2 ("Cellulair respiration takes place in all cells of all organisms, because all living cells need energy") naar de eindfase waarin kenmerken van aerobe en anaerobe dissimilatie zijn geleerd. Deze fasen kunnen gekoppeld worden aan de verschillende delen (lessen) van de onderwijsleerstrategie. Hoe dit overzicht van fasen in de beoogde ontwikkeling precies geconstrueerd wordt, blijft overigens nogal in het duister.

Wanneer later in het onderzoek de resultaten van de leerlingen op de recontextualisatietoets moeten worden gewaardeerd, en dus weer het normprobleem opduikt, wordt dit overzicht van fasen in de beoogde ontwikkeling overigens niet gebruikt. Ik denk dat de reden is dat dit overzicht niet gedetailleerd genoeg is, maar een expliciete bespreking daarvan had ik graag gezien.

Met de recontextualisatietoets worden de belangrijkste data binnengehaald: het doel is te bepalen of leerlingen hebben geleerd te recontextualiseren. Bij de constructie van de toets vindt er een validatietest plaats bij experts. De variatie in de oordelen van deze experts over de moeilijkheidsgraad van de verschillende items lijkt mij verontrustend groot. Bij de verwerking van de resultaten van de recontextualisatietoets wordt gekozen voor een oplossing van het normprobleem die ik – hoewel ingenieus – toch als een noodgreep ervaar. In wezen komt het er op neer dat eerst wordt bepaald hoeveel leerlingen op reproductieniveau begrip hebben van een bepaald conceptueel element (zie het eerder genoemde rijtje). Vervolgens wordt dit aantal gebruikt om de scores op recontextualisatieniveau te interpreteren (in de tekst wordt *indication* gebruikt). Dat het voorkomt dat leerlingen de reproductievragen veel slechter maken dan de recontextualisatie-items zou ik niet vlug verwachten.

Bij de recontextualisatietoets is er nog een moment waarop het normprobleem opspeelt, namelijk als bepaald moet worden of een antwoord wel of niet als bewijs van recontextualisatie kan worden aangemerkt. Dit leidt tot een worsteling waarbij eerder opgestelde normen over welke conceptuele elementen in het antwoord moeten zitten worden opgerekt (p. 244). Daarbij wordt als argument gebruikt dat deze leerlingen in 4-havo niet alles opschrijven wat ze weten. Ik vind het begrijpelijk dat aan de weerbarstige data met veel geduld en vasthoudendheid conclusies worden ontworsteld, maar ik kan moeilijk beoordelen of hier te ver wordt gegaan. Kortom, het normprobleem lijkt me niet echt opgelost met deze recontextualisatietoets. In de bespreking van de resultaten rest Wierdsma dan ook vaak niet veel anders dan speculeren, al is het mij wel duidelijk dat het specula-

ties van een expert betreft! Kortom, er valt op dit punt nog heel wat te onderzoeken en te ontwikkelen.

Een volgend thema dat ik graag wil bespreken is het opnemen van reflectie-activiteiten in de onderwijsleerstrategie. In de exploratiefase van het onderzoek wordt het verschijnsel gerapporteerd dat leraren tijdens de lessenreeksen geplande reflectie-activiteiten niet uitvoeren, bijvoorbeeld omdat ze in tijdnood komen. In hoofdstuk 3 van dit proefschrift wordt dit tweemaal vermeld, en in het eerder aangehaalde proefschrift van Westra (2008) is dit ook gerapporteerd. Ik ken dat ook uit andere klassensituaties. Hoewel reflectie wordt gezien als een krachtig middel voor het bevorderen van de leerresultaten, is het kennelijk voor leraren niet gemakkelijk om die reflectie-activiteiten ook echt uit te voeren: als er tijdnood is vallen reflectieactiviteiten kennelijk gemakkelijk af. In de docentenhandleiding van de onderwijsleerstrategie valt me op dat er weinig concrete aanwijzingen staan hoe leraren deze activiteiten zouden moeten uitvoeren. Er staat een aantal keren “reflectie (recontextualiseren)”. Is recontextualiseren een vorm van reflectie, of is reflectie een fase die nodig is om recontextualisatie volledig te maken? Die laatste gedachte dringt zich bij me op omdat er in de vier fasen van onderwijs dat op recontextualisatie is gericht (blz. 273) na een recontextualisatiefase (in de toetsfase moet ook gerecontextualiseerd worden) steeds een reflectiefase wordt gepland. (Los hiervan is het de vraag of de conclusie dat reflectie helpt bij de recontextualisatie van het begrip dissimilatie, niet wat te algemeen is voor zo’n specifiek onderzoek.)

Ten slotte wil ik ervoor pleiten dat Wierdsma in staat wordt gesteld zijn proefschrift alsnog via artikelen te publiceren. Een proefschrift is nu eenmaal niet zo toegankelijk als artikelen en krijgt daardoor niet de aandacht die het verdient. Maar minstens zo belangrijk is dat zijn boodschap door zich te onderwerpen aan de rigueur van reviewers helderder en nauwkeuriger zal worden. De slordigheden, de overlap en de herhalingen die ik aantrof kunnen me dus niet zoveel schelen, maar de toegankelijkheid en de leesbaarheid is nu op sommige plaatsen – voor mij – te laag. Dat zit soms in het gebrek aan details – in een boek van 352 bladzijden! – waardoor de gevolgde werkwijze onnaspeurbaar wordt (zie bijvoorbeeld de methode van onderzoek van schoolboeken op pagina 122), soms doordat verschillende aspecten niet goed onderscheiden worden (conclusies over het ontwerp, de uitvoering en het effect van de onderwijsleerstrategie lopen door elkaar heen), en soms doordat een belangrijke tabel een puzzel wordt (tabel 6.17 op pagina 256). Ook kan de coherentie beter. Eén belangrijk voorbeeld daarvan betreft de design criteria, waarvan Wierdsma zelf opmerkt dat hij ze tijdens het ontwerpen wel eens uit het oog verloor. De design criteria worden niet opnieuw (kritisch) besproken na de recontextualisatietoets of in het generaliserende hoofdstuk 7. Ik denk dat opmerkingen van reviewers over deze en vergelijkbare punten zullen leiden tot aanzienlijke verbeteringen in de leesbaarheid en begrijpelijkheid. Het onderzoek is het waard.

**Literatuur**

- Knippels, M.C.P.J. (2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education*. Utrecht: CD-β Press.
- Verhoeff, R.P. (2003). *Towards systems thinking in cell biology education*. Utrecht: CD-β Press.
- Westra, R.H.V. (2008). *Learning and teaching ecosystem behaviour in secondary education*. Utrecht: Flsme.
- Wierdsma, M.D.M. (2012). *Recontextualising cellular respiration. Designing a learning-and-teaching strategy for developing biological concepts as flexible tools*. Utrecht: Flsme.

