

Geleid heruitvinden vanuit een probleemstellende benadering

A. Bakker
Flsme, Universiteit Utrecht

Aan de hand van de proefschriften van Kortland (2001) en Bakker (2004), betoogde Lijnse (2007) dat een didactische operationalisering van geleid heruitvinden gebaat zou zijn bij een probleemstellende benadering. In het bijzonder beschrijft Lijnse een probleemstellende 'storyline' die voor brugklasleerlingen meer samenhang in het leertraject van Bakker zou moeten brengen. In antwoord op zijn storyline bespreek ik de sterke en zwakke punten van de probleemstellende benadering vanuit een geesteswetenschappelijk, een natuurwetenschappelijk en een ingenieursperspectief. Dan beargumenteer ik dat Lijnses storyline niet zal werken zoals beoogd, waarmee mijns inziens Lijnses claim is weerlegd. Tot slot nodig ik Lijnse uit om gezamenlijk een storyline te bedenken die aan ons beider bezwaren tegemoet komt.

1 Aanleiding

In een vorig nummer van dit tijdschrift betoogt Lijnse (2007, pag.3) dat:

De didactische operationalisering van *guided reinvention* aanzienlijk aan kwaliteit zou winnen wanneer ook aandacht besteed zou worden aan een probleemstellende aanpak.

Daarbij gebruikt hij mijn promotieonderzoek (Bakker, 2004) om te laten zien hoe dit volgens hem zou kunnen. Hij schetst een herziene probleemstellende aanpak die voor leerlingen betekenisvoller en samenhangender zou zijn dan die ik heb ontworpen. Omdat de probleemstellende benadering en geleid heruitvinden twee centrale ontwerpheuristieken zijn binnen veel Utrechts didactiekonderzoek, is een bredere discussie hierover toe te juichen. Vandaar deze reactie.

Ik vergelijk eerst de twee ontwerpheuristieken en formuleer dan de sterke en zwakke punten van de probleemstellende benadering vanuit drie perspectieven: een geesteswetenschappelijk, een natuurwetenschappelijk en een ingenieursperspectief. Ik stel enkele kritische vragen over de probleemstellende benadering en laat tot slot zien dat Lijnses voorstel om mijn leertraject probleemstellend te maken niet erg kansrijk is.

2 Een vergelijking van de twee ontwerpheuristieken

Zoals Lijnse (2007) opmerkt, vertonen de twee genoemde ontwerpheuristieken grote overeenkomsten, maar ook enkele verschillen. Beide richtlijnen zijn erop gericht het leren van wetenschappelijke kennis voor leer-

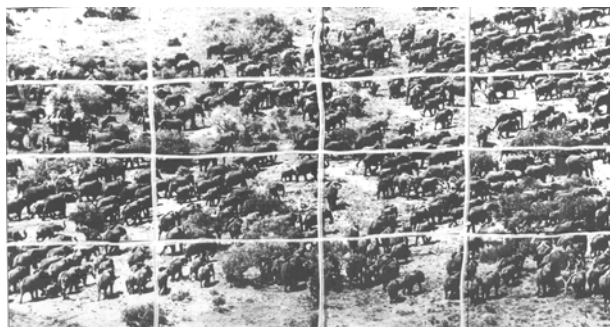
lingen betekenisvol te maken en volgens beide richtlijnen wordt het aanleren van kennis niet losgekoppeld van de toepassing ervan. De probleemstellende aanpak wordt meestal zo uitgewerkt dat een overkoepelend motief wordt opgeroepen om bepaalde kennis te ontwikkelen en functioneel in te zetten om een probleem op te lossen. In de woorden van Lijnse (2007, pag.4):

Een probleemstellende benadering brengt leerlingen nadrukkelijk in een dusdanige positie ... dat zij zelf de inhoudelijke zin inzien van het in een bepaalde richting gaan uitbreiden van hun bestaande begrippenapparaat, opvattingen en ervaringen.

De ontwerpheuristiek van geleid heruitvinden wordt vaak zo ingevuld dat een probleemsituatie wordt gebruikt waarin de noodzaak om bepaalde wiskundige begrippen te ontwikkelen voor leerlingen duidelijk is. Freudenthal (1983, pag.32) spreekt van fenomenen die erom vragen om georganiseerd te worden (*beg to be organised*) door dergelijke begrippen. Leerlingen gebruiken eerst hun intuïtieve noties die vervolgens tot conventionele wiskundige begrippen moeten worden ontwikkeld.

Een voorbeeld dat ik in mijn statistiekleergang gebruik, is het schatten van het aantal olifanten op een foto. Het fenomeen of de probleemsituatie is dan: hoe schat je een groot aantal objecten, in dit geval olifanten? Een dergelijke schattingssituatie 'vraagt erom' georganiseerd te worden door begrippen als steekproef en gemiddelde. In elke onderzochte brugklas waren er enkele leerlingen die een rooster maakten, het aantal olifanten in een 'gemiddeld hokje' telden en dat vermenigvuldigden met het aantal hokjes (fig.1). Dit leidde tot een discussie over wat een gemiddeld hokje was en hoe dit beïnvloed werd door hoe de olifanten verdeeld waren in zo'n plaatje. Het aanpakken van dit schattingsprobleem met hun intuïtieve noties van steekproef (hokje) en gemiddelde (gemiddeld hokje) leidde tot het geleid heruitvinden van relevante

kwalitatieve eigenschappen van begrippen als steekproef en gemiddelde. Zo waren leerlingen zich ervan bewust dat ze geen al te lege of volle hokjes moesten kiezen (een idee dat kan leiden tot begrip van een representatieve steekproef) en dat het gemiddelde te maken heeft met intuïtieve ideeën als balans, compensatie, ergens in het midden, ‘niet te veel en niet te weinig’ (Bakker, 2004). In vervolglussen werd op dergelijke eigenschappen voortgebouwd in andere contexten.



figuur 1: de hokjes die een leerling maakte om het aantal olifanten op de foto te schatten met behulp van een ‘gemiddeld hokje’

Een belangrijk verschil in hoe de twee genoemde heuristieken zijn uitgewerkt, is dat de probleemstellende benadering leerlingen expliciet in de positie brengt waarin ze het probleem onderkennen en de noodzaak tot een aanpak inzien. Er wordt een overkoepelend motief opgeroepen om bepaalde kennis te ontwikkelen, waardoor modules lang binnen één context blijven of de begincontext aan het einde weer terugkeert. Ook wordt expliciet aandacht besteed aan het oproepen van lokale motieven voor handelingen binnen de les.

De heuristiek van geleid heruitvinden wordt in het voortgezet onderwijs op kleinere schaal uitgewerkt, dus bijvoorbeeld met één probleemsituatie per les. De ontwikkelde kennis is in het begin vaak nog impliciet. Voor leerlingen lijkt het misschien dat het erom gaat een probleem op te lossen, maar voor de ontwerper is de ‘geheime agenda’ dat leerlingen specifieke kennis ontwikkelen die zich leent om dergelijke problemen op te lossen. De behoefte aan de benodigde kennis wordt niet van tevoren geëxpliciteerd voor of door leerlingen, maar als het goed is, wordt wel op de ontwikkelde kennis gereflecteerd als het probleem wordt of is opgelost.

3 Drie perspectieven binnen onderzoek

Lijnse (2007) meent dat een dergelijke uitwerking van geleid heruitvinden het voor leerlingen niet duidelijk maakt wat de rode draad van een module is. De probleemstellende benadering zou naar zijn mening de kwa-

liteit van de didactische operationalisering van geleid heruitvinden kunnen verhogen. Om die bewering te onderzoeken, formuleer ik eerst wat volgens mij de sterke en zwakke punten van de probleemstellende benadering zijn. Daarbij maak ik gebruik van een onderscheid van Burkhardt en Schoenfeld (2003) in drie verschillende perspectieven binnen onderzoek:

- het geesteswetenschappelijk perspectief (*humanities*): het gaat om het verwoorden van idealen, ideeën en beweringen die niet puur empirisch onderbouwd hoeven te worden. Kritisch commentaar, zoals in dit artikel, hoort in deze traditie thuis. De belangrijkste criteria zijn overtuigende argumentatie, interne consistentie en wijsheid;
- het natuurwetenschappelijk perspectief (*science*): binnen de natuurwetenschappen worden hypothesen geformuleerd die bij voorkeur empirisch worden getoetst. Fenomenen worden geanalyseerd en modellen geformuleerd. Er wordt algemene kennis ontwikkeld, maar zelden praktische oplossingen voor problemen. Het belangrijkste criterium is empirische evidentie voor beweringen;
- het ingenieursperspectief (*engineering*): het doel binnen dit perspectief is om concrete oplossingen te vinden die werken in de praktijk. Kennis die ontwikkeld wordt, leidt tot producten, ontwerpen en inzicht in processen. Het belangrijkste criterium is of kennis ‘werkt’.

Vanuit een geesteswetenschappelijk perspectief vind ik de probleemstellende benadering - net als geleid heruitvinden - een nastrevenswaardig ideaal. Niemand zal er tegen zijn als leerlingen weten waarom ze leren wat ze leren, een duidelijk doel hebben, en een motief hebben om leerdoelen te bereiken. Of als leerlingen het gevoel hebben dat ze bepaalde wiskundige kennis met wat hulp zelf hebben uitgevonden. Zelfs zonder empirisch bewijs, klinkt het overtuigend dat leerlingen in zulke leerprocessen de verworven kennis beter waarderen, langer onthouden en beter kunnen toepassen. Overigens moet het nastreven van zo’n onderwijsideaal niet ten koste gaan van te veel andere idealen. Zo vind ik het belangrijk dat leerlingen abstracte begrippen leren die in ze verschillende situaties kunnen gebruiken.

Vanuit een natuurwetenschappelijk perspectief is de probleemstellende benadering mijns inziens zelfs overtuigender uitgewerkt dan het ontwerpprincipes van geleid heruitvinden. Dit komt doordat de probleemstellende benadering zich beter leent voor operationalisering dan geleid heruitvinden. In de promotieonderzoeken die de probleemstellende benadering hebben gehanteerd, wordt empirisch getoetst of leerlingen inderdaad wisten wat het globale motief en de lokale motieven waren. Meestal wordt in de conclusies gerapporteerd dat het zelfs in de laatste ronde lastig bleek bepaalde motieven op te roepen (Kortland, 2001; Vollebregt, 1998; Westbroek, 2005),

maar dergelijke criteria zijn tenminste empirisch onderzocht. Terecht merkt Lijnse (2007) op dat het principe van geleid heruitvinden niet makkelijk geoperationaliseerd en getoetst wordt als we ons baseren op uitspraken als:

Students should experience learning of mathematics as a process similar to the process by which mathematics was invented. (Gravemeijer, 1994, zoals verwoord in Bakker, 2004, pag.6-7)

De voorbeelden van geleid heruitvinden die in de traditie van het Fisme zijn gegeven, lijken eerder in een geesteswetenschappelijke dan in een natuurwetenschappelijke traditie te passen. De voorbeelden worden zo helder mogelijk beschreven en beoordeeld op overtuigingskracht, en dus niet of empirisch bewijs is gevonden voor duidelijke criteria, bijvoorbeeld of leerlingen daadwerkelijk het gevoel hebben gehad dat ze bepaalde wiskundige ideeën zelf bedacht hadden.

Puur vanuit deze twee perspectieven geredeneerd ben ik het met Lijnse (2007) eens, hoewel ik vermoed dat het nastreven van het ideaal van de probleemstellende benadering ten koste gaat van andere onderwijsidealen. De problemen worden mijns inziens vooral duidelijk bij de overgang naar een ingenieursperspectief. De probleemstellende benadering wordt immers ook als ontwerpheuristisch gepresenteerd en gehanteerd, en daarmee treden we het domein van onderwijsontwikkelaars binnen. Laten we dus kijken hoe die benadering is toegepast en uitgewerkt. Een bescheiden analyse roept enkele vragen op die wat mij betreft beter beantwoord moeten worden voordat we ervan uit kunnen gaan dat een probleemstellende aanpak een bruikbare aanvulling op geleid heruitvinden is.

4 Uitwerkingen van de probleemstellende benadering

De probleemstellende aanpak leidt ertoe dat leerlingen lange tijd aan één probleemsituatie of binnen één context werken (bijvoorbeeld Kortland, 2001; Westbroek, 2005). Daarbij zie ik twee problemen. Ten eerste: mijn ervaring is dat de meeste leerlingen hun aandacht maar kort bij één onderwerp kunnen houden. De enkele keer dat ik langer dan één les besteedde aan een probleemsituatie, bijvoorbeeld de levensduur van batterijenmerken, waren er altijd wel leerlingen die daarover klaagden: 'Alweer die batterijen?' Ten tweede: een van mijn onderwijsidealen is dat leerlingen wiskundige begrippen in verschillende contexten leren gebruiken. Het is onwaarschijnlijk dat dit lukt door ze binnen één context te leren.

Mijn voornaamste bezwaar tegen de probleemstellende benadering is echter dat er meteen in het begin van een

module een beroep wordt gedaan op metacognitieve vaardigheden die misschien wel moeilijker zijn te verwerven dan de cognitieve vaardigheden die in de module aan bod komen.

Een voorbeeld ter verduidelijking. In zijn mechanica module probeert Westra (2006) leerlingen uit 4 vwo te interesseren voor een theoretisch verklaringsschema van bewegingen. Na een oriëntatie op bewegingen moeten leerlingen het inhoudelijk relevant gaan vinden om die bewegingen te kunnen verklaren en voorspellen. Dan wordt een onderliggend verklaringsschema gespecificeerd. De ingevulde verklaringsschema's van Kepler en Newton worden dan ontwikkeld en getest, wat leidt tot waardering van Newtons verklaringsschema. Het verbaasde mij niet dat het motief om een verklaringsschema op te stellen erg moeilijk oproepbaar was. Naar mijn idee is dat namelijk een te abstract niveau voor het begin van een module. Lijnse (2007) suggereert dat het vooral voor de docent moeilijk is, omdat hij of zij het niet gewend is om probleemstellend te werken, maar ik denk dat het probleem fundamenteeler is: Hoe voorkom je dat een uitwerking van de probleemstellende benadering een beroep doet op metacognitieve vaardigheden die leerlingen nu juist nog moeten ontwikkelen? Met deze vraag schaar ik mij achter mijn collega's die zich volgens Lijnse afvroegen hoe leerlingen inhoudelijke vragen kunnen stellen over iets wat ze nog niet weten (Lijnse, 2007, pag.3).

In de wandelgangen hoor ik wel eens dat alleen Klaassen (1995) er tot dusver in geslaagd is een module echt probleemstellend uit te werken. Vanuit een geesteswetenschappelijk en natuurwetenschappelijk perspectief is hier niets mis mee, maar zodra de benadering als ontwerpheuristisch wordt gepresenteerd, protesteert de 'ontwerpingenieur', maar vermoedelijk ook de docent die beperkte onderwijstijd heeft en toch bepaalde onderwijsdoelen wil bereiken. Het oproepen van een overkoepelend motief en lokale motieven vergt binnen de probleemstellende benadering veel tijd en energie, die niet aan andere onderwijsleerprocessen kunnen worden besteed. Vanuit een ingenieursperspectief is dit niet een erg economische werkwijze. Vandaar mijn tweede vraag: Hoe zorg je ervoor dat de tijdsinvestering die nodig is om motieven op te roepen en te verwoorden rendabel is?

5 Reactie op Lijnses alternatieve *storyline*

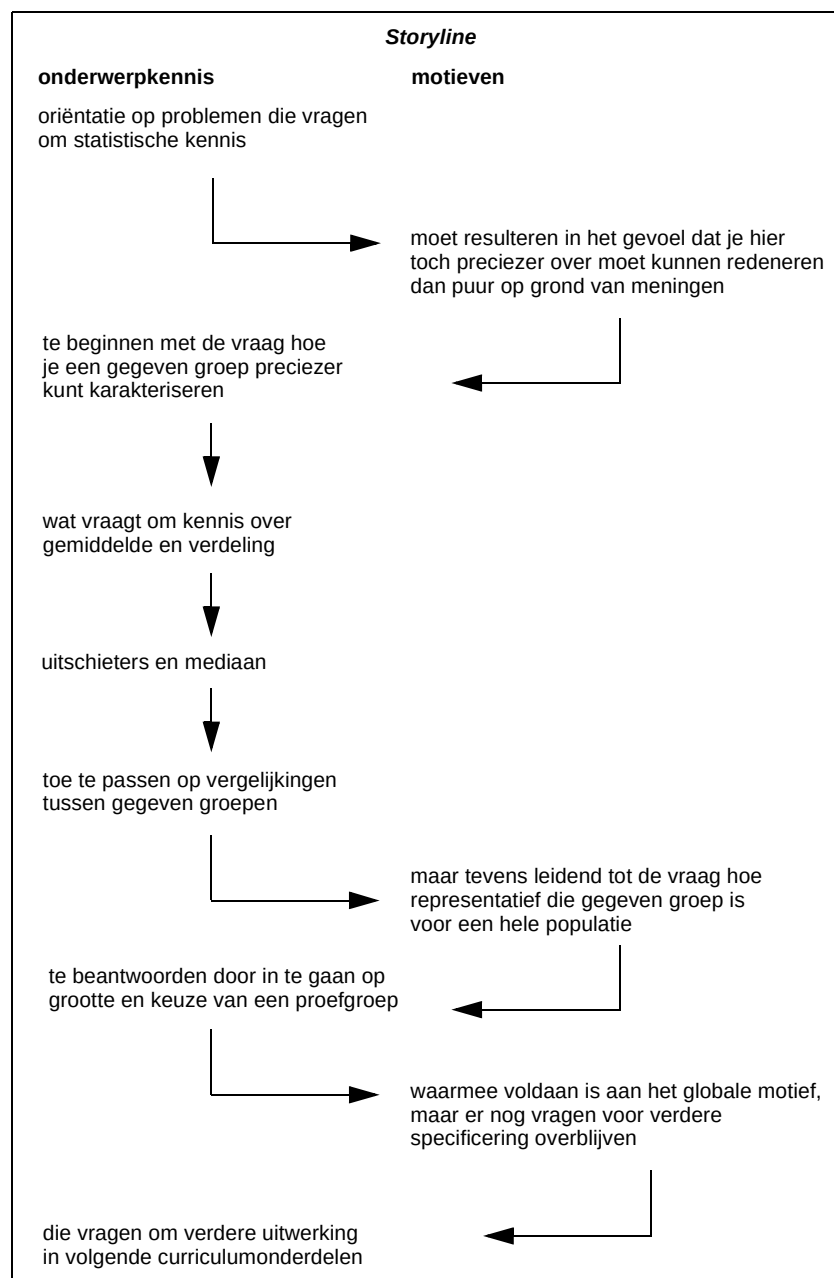
Lijnse (2007) stelt een alternatieve, probleemstellende *storyline* voor mijn onderwijsexperimenten in klas 1 voor, die als doel heeft meer samenhang voor leerlingen te creëren. Zijn kritiek op mijn leertraject is dat de samenhang vooral conceptueel is, en dus - zo neemt Lijnse aan - voor leerlingen niet duidelijk. Uit enkele zinsneden van

Lijnse (2007) blijkt dat hij aanneemt dat leerlingen geen samenhang zien in hun onderwijsleerproces als die niet door de (niet-wiskundige) context of een probleem wordt verkregen. Bijvoorbeeld op pagina 6:

Een oorzaak hiervan (het gebrek aan een rode draad) is dat er door de ontwerper gekozen is voor een veelheid van kleine, niet met elkaar samenhangende contexten. De samenhang kan dus niet door een omvattende context gegeven worden, maar alleen door de wiskunde waarmee deze losse contexten gemathematiseerd worden.

Dit lijkt mij een overdreven en te simpele veronderstelling. Concepten kunnen we, in navolging van onder anderen Wittgenstein (1984), zien als 'woorden plus

gebruik', want de betekenis van woorden wordt bepaald door hoe ze worden gebruikt. Woorden als 'gemiddelde', waar leerlingen al enigszins mee vertrouwd zijn, keren steeds terug in de statistieklessen en winnen door gebruik in verschillende contexten aan betekenis. Verder is gewerkt met twee minitools - kleine computerprogramma's - met twee eenvoudig te lezen grafieken die steeds werden gebruikt. Ook representaties en ICT-gereedschap, en herhaalbare handelingen hiermee, kunnen bijdragen aan een rode draad voor leerlingen. Een omvattende context of probleemstelling is dus niet het enige wat voor leerlingen voor samenhang kan zorgen. Lijnses *storyline* (fig.2) begint met een 'oriëntatie op problemen die vragen om statistische kennis; wat moet resul-



figuur 2: Lijnses alternatieve *storyline*

teren in het gevoel dat je hier toch preciezer over moet kunnen redeneren dan puur op grond van meningen' (pag.9). De vraag is dan hoe je een gegeven groep preciezer kunt karakteriseren, wat vraagt om kennis over het gemiddelde en verdeling. Dit idee klinkt misschien aantrekkelijk omdat er een samenhangend verhaal achter zit met een motief (in ieder geval voor de ontwerper en hopelijk ook voor de docent). Toch meen ik op grond van mijn ervaringen in de eerste en tweede klas dat dit verhaal niet zo uit te werken valt als Lijnse het voorstelt, en wel vanwege het bezwaar dat ik op Westra's (2006) onderzoek formuleerde. Hoe moet je leerlingen oriënteren op problemen die vragen om statistische kennis die ze nog niet bezitten? Dan moeten ze toch een aantal problemen proberen op te lossen en ervaren dat er beter onderbouwde oplossingen nodig zijn? En hoe weten ze dat die problemen vragen om statistische kennis die ze nog niet hebben ontwikkeld? Kortom: Lijnses voorstel vereist vormen van metacognitie waartoe leerlingen in mijn ervaring nog niet in staat zijn aan het begin van een module.

Bijvoorbeeld: het karakteriseren van datasets is een abstract motief dat duidelijk is voor de ontwerper. Een van de moeilijkheden voor brugklasleerlingen is nu echter dat ze datasets als verzamelingen losse getallen zien, en niet als een eenheid die eigenschappen heeft. Pas als ze begrip van een dataverzameling hebben ontwikkeld in relatie tot geschikte representaties en begrippen (waaronder 'verdeling'), kunnen ze de behoefte voelen en verwoorden die datasets te karakteriseren. Verder zijn hun intuïties over steekproeven nog slecht ontwikkeld, wat bijvoorbeeld bleek uit het feit dat leerlingen vaak maar heel kleine aantallen (1 tot 4) wilden toetsen om iets te weten te komen over het gewicht van leerlingen of de levensduur van batterijen. De vraag of een steekproef representatief is voor een populatie (Lijnse, 2007, pag.9) zal voor bijna alle brugklasleerlingen te abstract zijn. Voor die relatie tussen steekproef en populatie zullen ze eerst gevoel moeten krijgen door met geschikte problemen geconfronteerd te worden, bijvoorbeeld over de vraag hoe betrouwbaar de data zijn en of ze iets zeggen over de hele populatie. En dat gevoel ontwikkelen ze door statistische problemen op te lossen en daarop te reflecteren.

Kortom: het lijkt me onwenselijk dat leerlingen, zoals de probleemstellende benadering eist, steeds vooraf weten wat ze waarom doen. Het lijkt mij voldoende als de docent de samenhang van de leerlijn ziet, deze gebruikt bij het sturen van het leerproces en de leerlijn gaandeweg ook leerlingen duidelijk wordt. Motieven en leerdoelen kunnen en moeten *gaandeweg* helderder worden.

Zoals geschetst in het begin van dit artikel begon de lessenserie met een probleem dat leerlingen interessant vonden om op te lossen (schatten van het aantal olifanten in figuur 1) en dat aanknopingspunten bood om de intuï-

ties die leerlingen hadden van - in dit geval - het gemiddelde aan te scherpen tot statistische definities. Nieuwe probleemsituaties gaven aanleiding tot het geleid heruitvinden van bepaalde begrippen, die vervolgens in volgende problemen werden gebruikt.

Op deze manier had elk probleem binnen de module zijn eigen doel, waarvan de docent zich bewust was, maar Lijnse merkt terecht op dat het voor een deel van de leerlingen vermoedelijk niet duidelijk was wat de samenhang tussen al die problemen was. En eerlijkheidshalve vermeld ik ook dat het geleid heruitvinden voor bepaalde begrippen niet goed gelukt is (de kwartielafstand bijvoorbeeld). Dit brengt mij tot de vraag hoe we moeten omgaan met ontwerpheuristieken zoals geleid heruitvinden en de probleemstellende benadering.

6 De toepassing van ontwerp-heuristieken

Ik zie het geleid heruitvinden en de probleemstellende benadering beide als nastrevenswaardige idealen. Mijn bezwaar tegen een consequente uitwerking van één of twee heuristieken is echter dat die uitwerking in mijn ontwerpervaring altijd in conflict komt met andere ideeën binnen didactische onderzoekstradities. Het is daarom niet verwonderlijk dat Doormans (2005) lesmateriaal voor kinematica niet strikt probleemstellend en niet geheel volgens het principe van geleid heruitvinden is uitgewerkt. Vanuit een puur natuurwetenschappelijk perspectief is dit misschien niet zo fraai, maar in een ontwerp-onderzoek vanuit een ingenieurstraditie lijkt dit me onvermijdelijk.

Ook in mijn eigen onderzoek heb ik bij het ontwerpen van lesmateriaal gemerkt dat het ondoenlijk is om onderwijsactiviteiten te ontwikkelen die aan alle idealen voldoen die er voor onderwijsontwerp zijn geformuleerd. Sommige van de activiteiten in mijn lessenseries voldeden prima om bepaalde statistische ideeën bij leerlingen op te roepen, maar waren vloeken in de kerk van sommige onderwijsvernieuwers. Toch zag ik ze als functioneel, bijvoorbeeld de discussie over wat het gemiddelde hokje was in ingevulde tabellen (fig.3).

35	58	91
93	83	89
98	97	68
76	82	11

figuur 3: voorbeeld van een besproken tabel met getallen waarover gevraagd werd wat hier het 'gemiddelde hokje' was en waarom

Dit leidde tot het geleid heruitvinden van de mediaan (zes

getallen erboven en zes eronder) maar richtte ook de aandacht op de verdeling van de getallen. Zo'n activiteit lijkt bijvoorbeeld niet te passen in een probleemstellende aanpak.

7 Conclusies

Laten we terugkeren naar Lijnses (2007) uitspraak dat 'de didactische operationalisering van *guided reinvention* aanzienlijk aan kwaliteit zou winnen wanneer ook aandacht besteed zou worden aan een probleemstellende aanpak'. Ik wil op deze bewering samenvattend ingaan vanuit de drie genoemde perspectieven.

Vanuit een geesteswetenschappelijk perspectief ben ik het met Lijnse eens dat een probleemstellende benadering een nobel streven is, maar niet als dit streven ertoe leidt dat kostbare onderwijstijd bijna niet meer gebruikt wordt om abstracte begrippen te leren die in veel situaties toepasbaar zijn. Vanuit een natuurwetenschappelijke optiek ben ik het ook met hem eens: door haar heldere criteria laat de probleemstellende benadering zich onderzoeksmatig toetsen, iets wat voor geleid heruitvinden veel lastiger is. Maar met mijn vragen en opmerkingen vanuit een ingenieursperspectief heb ik hopelijk laten zien dat een nobel streven en een duidelijk wetenschappelijk criterium niet per se tot een werkbare ontwerptheorie hoeven te leiden. Een fundamenteel probleem is het beroep dat op metacognitie wordt gedaan en de onderwijstijd die het kost om motieven op te roepen. Ook in Lijnses alternatieve *storyline* komen die problemen naar voren: deze *storyline* zal naar mijn inschatting niet werken. Lijnse (2007, pag.3) heeft dus mijns inziens niet laten zien dat 'de didactische operationalisering van *guided reinvention* aanzienlijk aan kwaliteit zou winnen wanneer ook aandacht besteed zou worden aan een probleemstellende aanpak'.

Het zou interessant zijn om gezamenlijk een nieuwe *storyline* te ontwikkelen waarin aan ons beider bezwaren tegemoet wordt gekomen.

Ik nodig Lijnse daarom uit gezamenlijk te zoeken naar een andere manier om leerlingen een duidelijker doel te geven en aan te sluiten op hun intuïties over wat een logische weg is naar zo'n doel. Een mogelijkheid is om in minstens twee contexten de empirische cyclus te doorlopen: een vraag formuleren, data verzamelen, analyseren en conclusies trekken. Die volgorde van activiteiten is mogelijk logisch voor leerlingen, waardoor ze makkelijker de samenhang in handelingen binnen een module ervaren. Een hernieuwde poging kan mogelijk verduidelijken of mijn bezwaren tegen de probleemstellende benadering fundamenteel zijn of toe te schrijven zijn aan concrete uitwerkingen ervan.

Ik hoop tot slot dat de gedachtewisseling over deze ontwerptheorieën ook door anderen wordt voortgezet.

Literatuur

- Bakker, A. (2004). *Design research in statistics education: On symbolizing and computer tools*. Utrecht: CD Beta Press (proefschrift).
- Doorman, L.M. (2005). *Modelling motion: from trace graphs to instantaneous change*. Utrecht: CD Beta Press (proefschrift).
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Dordrecht: Reidel.
- Klaassen, C.W.J.M. (1995). *A problem-posing approach to teaching the topic of radioactivity*. Utrecht: CD Beta Press (proefschrift).
- Kortland, J. (2001). *A problem posing approach to teaching decision making about the waste issue*. Utrecht: CD Beta Press (proefschrift).
- Lijnse, P.L. (2007). Over de probleemstellende aanpak en *guided reinvention*. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 26(1), 3-11.
- Vollebregt, M. J. (1998). *A problem posing approach to teaching an initial particle model*. Utrecht: CD Beta Press, (proefschrift).
- Westbroek, H. B. (2005). *Characteristics of meaningful chemistry education - The case of water quality*. Utrecht: CD Beta Press (proefschrift).
- Westra, A. S. (2006). *A new approach to teaching and learning mechanics*. Utrecht: CD Beta Press (proefschrift).
- Wittgenstein, L. (1984). *Philosophische Untersuchungen*. Suhrkamp: Frankfurt am Main.

Using Kortland's (2001) and Bakker's (2004) dissertations, Lijnse (2007) argued that a didactical operationalisation of guided reinvention would benefit from a problem-posing approach. Lijnse further described a storyline that should be more coherent for 12-year-old pupils than Bakker's learning trajectory. In response to Lijnse's claim I analyse the strong and weak features of the problem-posing approach from three perspectives: humanities, science and engineering. Then I show that Lijnse's storyline is unlikely to play out as intended, which contradicts his claim. Finally I invite Lijnse to design jointly an alternative storyline that will surpass the objections made by us both.