

Samenvatting

Dit proefschrift beschrijft een onderzoek dat tussen 1999 en 2005 is uitgevoerd aan het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen aan de Universiteit Utrecht. Aanleiding voor het onderzoek is de observatie dat leerlingen scheikunde vaak een abstract en weinig relevant vak vinden. De vraag hoe scheikundeonderwijs zodanig vormgegeven kan worden, dat leerlingen werkelijk betrokken raken in het onderwijsleerproces stond centraal. Op grond van een literatuurstudie werden drie strategieën voor, of ‘karakteristieken van betekenisvol scheikunde onderwijs’ geïdentificeerd: *context*, *need-to-know* en *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen*. De verwachting was dat een adequate implementatie van deze karakteristieken in een onderwijsontwerp zou leiden tot gemotiveerde leerlingen die het nut van elke onderwijstaak inzien en die het gevoel hebben dat hun eigen inbreng ertoe doet. Als onderwerp voor het experimentele ontwerp werd gekozen voor ‘het beoordelen van waterkwaliteit’. De onderzoeksvraag was:

Wat is een effectief onderwijsleerproces voor het beoordelen van waterkwaliteit voor chemieonderwijs in de basisvorming waarin de drie karakteristieken van betekenisvol scheikundeonderwijs adequaat geïmplementeerd zijn?

Het project heeft geresulteerd in een empirisch onderbouwde ontwerpheuristiek voor vergelijkbare modulen die als voorbeelden van ‘betekenisvol scheikundeonderwijs’ functioneren. Ook heeft het geresulteerd in de conclusie dat het idee van ‘functionele inbedding’ het richtinggevende ontwerpprincipe is geweest in de drie onderzoeksrondes. Met functionele inbedding als een ontwerpprincipe bedoel ik dat de handelingen van leerlingen zodanig ingebed moeten worden in een overkoepelend doel dat het voor leerlingen bij voorbaat duidelijk is hoe deze handelingen gaan bijdragen aan het bereiken van dat (hun) doel. In het onderhavige geval is dit overkoepelend doel: uitzoeken hoe waterkwaliteit beoordeeld wordt. Dit is om twee redenen relevant. Ten eerste is het principe van functionele inbedding een meer richtinggevend ontwerpprincipe dan de drie eerdergenoemde karakteristieken. Ten tweede verheldert het principe van functionele inbedding bepaalde didactische dilemma’s die ook breder in onderzoek naar natuurwetenschappelijk onderwijs een rol spelen.

In **hoofdstuk 1** worden aan de hand van anekdotes problemen van het scheikundeonderwijs beschreven: de onduidelijke relevantie van het vak en het hoge abstractieniveau. De anekdotes illustreren dat leerlingen hierdoor het vak als moeilijk en weinig relevant ervaren. Deze problemen worden zowel nationaal als internationaal breed onderkend.

Hoofdstuk 2 gaat in op de oorzaken van het hoge abstractieniveau en de onduidelijkheid over de relevantie van het schoolvak. Het hoofdstuk beschrijft drie oorzaken van deze problemen van scheikundeonderwijs die uit onderzoek daarover naar voren komen. Deze oorzaken zijn:

- Schoolscheikunde is vooral een succesverhaal, een ‘rhetoric of conclusions’, dat buiten beschouwing laat hoe en waarom wetenschappers tot bepaalde theorieën kwamen.

- De vakinhouden zijn incoherent geordend. Dit geldt zowel op het niveau van concepten als op het niveau van invalshoeken ('curriculum emphases').
- Er is amper aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen in het onderwijsleerproces.

Op grond van een analyse van een selectie van vernieuwingsprojecten zijn drie strategieën geïdentificeerd die beschouwd kunnen worden als potentiële oplossingsstrategieën voor de geïdentificeerde problemen: *context*, *need-to-know* en *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen*. De verwachting is dat de implementatie van deze drie 'karakteristieken van betekenisvol scheikundeonderwijs' in een onderwijsleerproces als volgt bijdraagt aan een oplossing voor de problemen:

Context

Een heldere, voor leerlingen herkenbare context waarin bepaalde begrippen worden toegepast voorziet het gebruik van deze begrippen van een duidelijke functie en daardoor van een duidelijke betekenis. Hierdoor wordt de toepassing van deze begrippen voor leerlingen betekenisvol.

De invalshoek van het scheikundeonderwijs verschuift op deze manier van 'een overzicht krijgen van de conceptuele producten van scheikunde' naar 'het functionele gebruik van begrippen binnen een relevante, herkenbare context'. Door de begrippen een heldere functie en betekenis binnen de context te geven kan een coherente ordening van begrippen bereikt worden.

Need-to-know

Wanneer aandacht wordt besteed aan de vragen van leerlingen op een *need-to-know* basis, zien leerlingen het nut van wat ze leren in. Als gevolg daarvan raken ze meer betrokken in het onderwijsleerproces. Dit impliceert dat er in het ontworpen onderwijsleerproces op een goede manier moet worden voortgebouwd op de kennis die leerlingen al hebben. Deze karakteristiek voorziet (samen met de vorige karakteristiek) het onderwijsleerproces van een duidelijke invalshoek. De eerste en tweede karakteristiek zorgen samen voor een coherente ordening van de vakinhouden (vanuit het perspectief van de leerling).

Aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen

De derde karakteristiek is nauw gerelateerd aan de tweede: als het doel is het ontwerp uit te werken op basis van de *need-to-know* karakteristiek, dan is werkelijke aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen onvermijdelijk. Een succesvol uitgewerkte *need-to-know* geeft leerlingen meer zich op 'wat er komen gaat'. De docent heeft meer gelegenheid om werkelijk aandacht te geven aan de eigen inbreng van leerlingen, omdat die inbreng nu een drijvende kracht van de inhoudelijke voortgang is. Leerlingen zullen meer het gevoel krijgen dat hun eigen inbreng er toe doet. Deze karakteristiek biedt een oplossing voor het gebrek aan aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen.

In **hoofdstuk 3** wordt de keuze voor de onderzoeksstrategie toegelicht. Beargumenterd wordt waarom ontwikkelingsonderzoek (Lijnse, 1995) de geschikte

onderzoeksstrategie is om de onderzoeksvraag beantwoorden. Elke activiteit van het ontworpen onderwijsleerproces wordt in deze strategie gemotiveerd in het scenario en verwachtingen worden met behulp van dit scenario aan de praktijk getoetst. Er hebben drie onderzoeksrondes plaatsgevonden steeds met een verbeterde versie van het ontwerp. De verwachtingen in het scenario komen in iedere ronde in steeds grotere overeen met de empirisch vastgestelde resultaten. Uiteindelijk vormen deze beargumenteerde verwachtingen de basis voor de redenering waarom bepaalde ontwerpbeslissingen adequaat inhoud geven aan de drie karakteristieken van betekenisvol scheikundeonderwijs.

Hoe de eerste twee onderzoeksrondes hebben geleid tot de derde versie van het ontwerp wordt beschreven in **hoofdstuk 4**. Naast een verantwoording van de keuze voor de vakinhoud en leerdoelen, wordt in dit hoofdstuk beschreven hoe het streven naar een adequate operationalisatie van de drie karakteristieken heeft geleid tot de steeds specifiekere formulering van didactische problemen. Dit heeft voor elke onderzoeksronde geleid tot nieuwe ideeën, operationalisering en nieuwe versies van het scenario.

De eerste onderzoeksronde

In de eerste versie van het ontwerp werden de drie karakteristieken als volgt geoperationaliseerd:

Context. De keuze voor een relevante en herkenbare centrale vraag, waarvan verwacht werd dat deze vraag de leerlingen aanspreekt. In dit geval: is het water in onze buurt schoon genoeg?

Need-to-know. Een serie subvragen waarvan de verwachting is dat leerlingen de antwoorden nodig hebben om de centrale vraag te kunnen beantwoorden. De subvragen worden afgeleid van de centrale vraag, door zich in te leven in de leerlingen met de leerdoelen in het achterhoofd.

Omdat het een van de leerdoelen is dat leerlingen de procedure voor de beoordeling van waterkwaliteit leren, kan achteraf worden vastgesteld dat sommige subvragen in zekere zin procedurestappen reflecteren (hoewel dit niet een expliciet doel was).

Aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen. Deze karakteristiek werd op twee manieren geoperationaliseerd. Ten eerste ervaren leerlingen een zekere autonomie in hun keuze, in het bijzonder in de keuze van het water dat ze willen testen. Ten tweede presenteren leerlingen hun eigen bevindingen aan hun klasgenoten. In een afsluitende reflectieve klassendiscussie komt, onder leiding van de docent, naar voren dat iedereen min of meer dezelfde procedure heeft gevolgd. Dit inzicht en de realisatie dat alle groepen bij hebben gedragen aan deze conclusie zal naar verwachting bijdragen aan het gevoel bij leerlingen dat hun eigen inbreng ertoe doet.

De evaluatie van de eerste versie van het ontwerp liet zien dat leerlingen erg gemotiveerd waren om de centrale vraag te beantwoorden. Ze waardeerden ook dat ze zelf konden kiezen welk water ze wilden testen en hun bevindingen konden presenteren. Met andere woorden: ze waardeerden de autonomie in keuze. Leerlingen zagen echter niet het nut in van veel van de subvragen. Er kan daarom geconcludeerd worden dat de *need-to-know* karakteristiek niet adequaat was vormgegeven. Ook was

de procedure (het leerdoel) niet een voldoende geïntegreerd onderdeel van het onderwijsleerproces. Hierdoor realiseerden leerlingen zich niet dat alle groepen hadden bijgedragen aan een gemeenschappelijk leerdoel (namelijk: het expliciet maken van de procedure).

Om het probleem van de inadequate vormgeving van de *need-to-know* karakteristiek op te lossen werd voor de tweede versie van het ontwerp gekozen voor een probleemstellende benadering. Dit betekent dat de activiteiten zo ontworpen worden dat de behoefte bij leerlingen gecreëerd wordt om hun kennis in een specifieke richting uit te breiden in het licht van een overkoepelend motief (bijvoorbeeld: het antwoorden van een centrale vraag). De probleemstellende benadering is er nadrukkelijk op gericht om in het ontwerp en in de evaluatie expliciete en gedetailleerde aandacht te besteden aan het opwekken van inhoudelijke motieven bij leerlingen, zowel een breed overkoepelend motief als meer specifieke deelmotieven.

De procedure voor het beoordelen van waterkwaliteit moest beter geïntegreerd worden in het onderwijsleerproces. De verwachting was dat dit als volgt bereikt kon worden. *Ten eerste* moesten leerlingen gemotiveerd worden voor het doel ‘de procedure voor het beoordelen van waterkwaliteit expliciet maken’ (hoe doet men dat?). *Ten tweede* werden nu de procedurestappen gebruikt om inhoudelijke motieven bij leerlingen op te wekken. Dit gebeurde door de intuïtieve kennis van de leerlingen over wat de volgende logische stap zal zijn te gebruiken. Elke volgende stap in de procedure werd bovendien expliciet samengevat in een extra toegevoegde activiteit. *Tenslotte* werd er gereflecteerd op de procedure door leerlingen in een afsluitende activiteit.

Een probleemstellende benadering heeft ook gevolgen voor de *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen*. Deze eigen inbreng is in een probleemstellende benadering een sturende kracht in het onderwijsleerproces. De docent moet aandacht besteden aan de eigen inbreng van leerlingen, bijvoorbeeld wanneer ze hun inhoudelijke motieven verwoorden als vragen.

De tweede onderzoeksrunde

In de tweede versie van het ontwerp moesten leerlingen drinkwater produceren uit oppervlaktewater en dit water testen. De drie karakteristieken waren als volgt geoperationaliseerd:

Context: Een relevante en herkenbare centrale vraag waarvan de verwachting is dat deze leerlingen aanspreekt. In dit geval: is het water schoon genoeg?

Need-to-know: Binnen een overkoepelend algemeen motief (het beantwoorden van de centrale vraag) moet er bij de leerlingen een serie geneste inhoudelijke motieven opgeroepen worden (in dat overkoepelende motief). Hiervoor kan aan de ene kant gebruik worden gemaakt van de intuïtieve kennis van leerlingen van de te volgen procedure (de volgende logische stap). Aan de andere kant kan gebruik worden gemaakt van de evaluatieve vraag ‘Denk je dat het water aan de eisen voor drinkwater voldoet?’ om de behoefte aan een volgende specifieke procedurestap op te roepen.

Aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen. Deze karakteristiek wordt op drie manieren geoperationaliseerd.

- a. Leerlingen hebben een zekere autonomie van keuze. Ze mogen zelf kiezen van welk oppervlaktewater ze drinkwater willen produceren.
- b. De eigen inbreng van alle leerlingen is nodig om het gemeenschappelijke leerdoel te bereiken: het expliciet maken van de procedure voor het beoordelen van waterkwaliteit. Leerlingen ontwikkelen het inzicht dat alle groepen in wezen dezelfde procedure volgen. Ze realiseren zich dat de eigen inbreng van alle groepen heeft geleid tot dit inzicht.
- c. De docent moet aandacht besteden aan de eigen inbreng van leerlingen in het probleemstellende onderwijsleerproces.

De evaluatie liet zien dat leerlingen in het algemeen gemotiveerd werden door de centrale vraag. Ook konden in het onderwijsleerproces de bedoelde inhoudelijke motieven worden opgewekt (of hadden kunnen worden opgewekt) bij leerlingen. Dit was echter niet altijd het geval. Leerlingen zagen nog steeds niet het nut in van sommige activiteiten, zoals de samenvattende activiteiten en de afsluitende activiteit waarin leerlingen moesten reflecteren op de procedure. Soms verloren de leerlingen de centrale vraag uit het oog. Bijvoorbeeld toen ze drinkwater moesten produceren uit oppervlaktewater. Deze activiteit was bedoeld om leerlingen de gelegenheid te geven hun eigen water te kiezen. Het was de bedoeling dat deze autonomie in keuze zou bijdragen aan de karakteristiek *aandacht voor de eigen inbreng aan leerlingen*. Het verstoorde echter de probleemstellende verhaallijn. Mede op grond hiervan werd geconcludeerd dat de didactische structuur van het ontwerp nog niet adequaat was. Aan de andere kant liet de evaluatie ook zien dat leerlingen de autonomie die ze kregen om zelf oppervlaktewater te kiezen waardeerden. Voor de karakteristiek *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen* was het een adequate operationalisering, ook al verstoorde deze activiteit de verhaallijn en de *need-to-know* karakteristiek.

Ook moet er geconcludeerd worden dat in het ontwerp de rol van de docenten geen structurele aandacht had gekregen. Docenten bleken onvoldoende voorbereid om een deel van de verantwoordelijkheid voor de inhoudelijke voortgang van het onderwijsleerproces over te dragen aan leerlingen en ze het gevoel te geven dat hun eigen inbreng belangrijk was voor deze voortgang. Hierdoor hadden de docenten de neiging om de eigen inbreng van leerlingen te negeren. In lijn met Lemke's bevindingen (Lemke, 1990) vervielen de docenten in bepaalde interactiepatronen (of dialoogstructuren) die gebruikelijk zijn in traditionele scheikunde lessen. Het zijn interactiepatronen die passen in een situatie waarin de docent grotendeels verantwoordelijk is voor de inhoudelijke voortgang van het onderwijsleerproces. Dit interfereerde met een probleemstellende benadering waarin de eigen inbreng van leerlingen een belangrijke drijfveer voor de inhoudelijke voortgang vormt. Hierdoor hadden leerlingen veel minder het gevoel dat hun eigen inbreng ertoe deed dan de bedoeling was. Tenslotte bleek de procedure nog steeds niet goed geïntegreerd te zijn in het onderwijsleerproces.

De evaluatie had de volgende implicaties voor de operationalisatie van de drie karakteristieken en hun onderlinge relatie. Wat betreft de *context* en *need-to-know*

kenmerkend werd geconcludeerd dat het idee van een centrale vraag en het opwekken van een algemeen motief om deze vraag te beantwoorden (*context*) onvoldoende richting gaf aan welke inhoudelijke motieven op welke momenten opgeroepen zouden kunnen (en moeten) worden (*need-to-know*). De relatie tussen deze kenmerken, *context* en *need-to-know*, moest versterkt worden. Dit leidde tot het idee van het didactiseren van een bestaande, authentieke praktijk. Het idee is als volgt. In een authentieke praktijk wordt een kenmerkende procedure gevolgd om bepaalde duidelijke doelen te bereiken. In dit geval: water kwaliteit wordt getest en beoordeeld om te kunnen beslissen of het aan de criteria voor de waterfunctie voldoet. Met andere woorden: de procedure is functioneel om het doel van de authentieke praktijk te bereiken. De kenmerkende procedure kan gebruikt worden om de relatie tussen *context* en *need-to-know* te versterken en om de procedure als vanzelf te integreren in het onderwijsleerproces. Aan de volgende voorwaarden moet worden voldaan:

- c. Leerlingen moeten de doelen van de authentieke praktijk waarderen door ze verschillende voorbeelden uit de betreffende praktijk te presenteren. Dit moet bij leerlingen een algemeen motief opwekken om te leren over de praktijk door een van de voorbeelden te ‘simuleren’.
- d. Leerlingen moeten de procedure intuïtief kennen en de logica ervaren van de opeenvolgende procedurestappen in het licht van de te bereiken doelen (een waterkwaliteitsoordeel bijvoorbeeld). Deze intuïtieve kennis van wat de volgende stap zal zijn, kan gebruikt worden om inhoudelijke motieven op te roepen bij leerlingen.

Wat betreft de kenmerkende *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen*, moet de interactie tussen docent en leerlingen adequaat gestructureerd worden op het niveau van elke activiteit. Dit moet afgestemd worden op de complexiteit van de inhoudelijke voortgang. De docent moet expliciete richtlijnen krijgen voor het vormgeven van de communicatie over en weer. De docent moet leerlingen bijvoorbeeld de gelegenheid geven om hun inhoudelijke motieven (waar vervolgens in de volgende activiteit op in wordt gegaan) die door een activiteit opgeroepen zijn zodanig te verwoorden dat leerlingen het gevoel krijgen dat hun eigen inbreng belangrijk is voor de inhoudelijke voortgang van het proces.

Deze overwegingen leidden tot het ontwerpen van ‘interactiestructuren’ die de docent van richtlijnen voorzien voor het dirigeren van de interactie. De complexiteit van de eigen inbreng van leerlingen, bepaalt het type interactiestructuur. Een typische richtlijn voor de docent is bijvoorbeeld dat hij/zij kan volstaan met het inventariseren van de meningen van de leerlingen, omdat hij/zij erop kan vertrouwen dat leerlingen het nut inzien van het uiten van hun mening en hier ook toe in staat zijn. Tenslotte, in een gedidactiseerde authentieke praktijk hebben leerlingen minder ‘autonomie in keuze’ dan in de tweede versie van het ontwerp. De gedidactiseerde praktijk schrijft nu voor welke casussen relevant zijn om aan de leerlingen te presenteren. Het is aan de ontwerper/onderzoeker om te beslissen welke selectie van voorbeelden van de authentieke praktijk geschikt zijn om aan leerlingen te presenteren en welk voorbeeld interessant is voor leerlingen.

De derde onderzoeksronde

De derde onderzoeksronde wordt in detail beschreven in paragraaf 4.6 (de derde operationalisering van de drie karakteristieken), **hoofdstuk 5** (het scenario), **hoofdstuk 6** (evaluatiemethoden) en **hoofdstuk 7** (de evaluatie).

De drie karakteristieken van betekenisvol scheikundeonderwijs zijn in de derde ronde duidelijk met elkaar geassocieerd. Ze zijn als volgt geoperationaliseerd:

Context en *Need-to-know*. Het opnieuw doordenken van de karakteristieken *context* en *need-to-know* en hun onderlinge relatie leidde tot het idee van een gedidactiseerde vorm van een authentieke praktijk. Leerlingen moeten gemotiveerd worden voor de doelen van de authentieke praktijk om hun rol in de gedidactiseerde versie te gaan spelen en uit te zoeken hoe mensen in de authentieke praktijk water kwaliteit beoordelen door de authentieke praktijk te simuleren. Leerlingen hebben intuïtieve kennis van de procedure. Die intuïtieve kennis wordt gebruikt in het ontwerp van een probleemstellend onderwijsleerproces. Op deze manier wordt een gedidactiseerde versie van de authentieke praktijk gecreëerd.

Aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen. De eigen inbreng van leerlingen draagt gedurende het hele onderwijsleerproces bij aan het gemeenschappelijke doel: het ontwikkelen van een procedure voor de beoordeling van waterkwaliteit. De docent dirigeert de interactie op het niveau van de 'stage setting' en tijdens de evaluatie van elke episode van het onderwijsleerproces. De vorm van de interactie hangt af van de gekozen interactiestructuur.

De evaluatie van de derde versie van het ontwerp liet zien dat de leerlingen inderdaad gemotiveerd werden door het doel van de authentieke praktijk, door de selectie van voorbeelden die werd gepresenteerd. De evaluatie liet echter ook zien dat leerlingen hun rol niet expliciet accepteerden en daardoor ook niet het bij die rol horende specifieke doel van de procedure expliciet maken. De oorzaak hiervan lag in de concrete uitwerking van de activiteiten en in het feit dat de docent de leerlingen niet duidelijk uitnodigde om hun rol op zich te nemen. Aan de andere kant werden, zoals verwacht, de inhoudelijke motieven van de leerlingen veel meer oproepen dan in de tweede versie van het ontwerp. Hierdoor zagen de leerlingen beter het doel van de opeenvolgende activiteiten dan in de tweede versie. Op grond hiervan kan geconcludeerd worden dat de evaluatie van de derde versie van het ontwerp geen aanleiding geeft tot herziening van de didactische structuur van het ontwerp. Op dit niveau is het ontwerp adequaat en is de lijn van activiteiten goed ontworpen.

Het feit dat sommige inhoudelijke motieven niet werden opgeroepen als verwacht was het gevolg van de concrete uitwerking van de activiteiten. De evaluatie liet zien dat de bedoelde inhoudelijke motieven opgeroepen hadden *kunnen* worden als de activiteiten goed waren uitgewerkt. Bijvoorbeeld omdat ze op andere momenten in het onderwijsleerproces door leerlingen werden geuit. Speciaal in de complexere episodes, die uit meerdere activiteiten bestonden, ervoeren de leerlingen de activiteiten niet bij voorbaat als functioneel, gezien in het licht van het bereiken van hun doel (soms pas achteraf).

Wat betreft de karakteristiek *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen* kan geconcludeerd worden dat leerlingen meer dan in het vorige experiment het gevoel

hadden dat hun eigen inbreng gedurende het hele proces ertoe deed. In vergelijking met de vorige versie besteedde de docent structureel meer aandacht aan eigen inbreng van leerlingen. Hierdoor gedroegen leerlingen zich veel meer betrokken.

Op sommige momenten echter voerde de docent de interactiestructuren uit zoals bedoeld, maar konden leerlingen niet hebben ervaren dat hun eigen inbreng belangrijk was voor het bereiken van hun doel. Ze gedroegen zich betrokken, maar de evaluatie liet ook zien dat ze de functie van deze activiteiten voor het bereiken van hun doel niet hadden ervaren. Ook bleken de complexere interactiestructuren de docent onvoldoende richtlijnen te geven voor het sturen van de interactie op het niveau van *elke* activiteit. Op grond hiervan kan geconcludeerd worden dat de ontworpen interactiestructuren niet volledig bewerkstelligen dat leerlingen het gevoel krijgen dat hun eigen inbreng belangrijk is *in het bereiken van hun doel*.

Deze bevindingen suggereren dat de karakteristiek *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen* herzien moet worden. Dat leerlingen het gevoel hebben dat hun eigen inbreng een rol speelt in het bereiken van een gemeenschappelijk doel zou het resultaat moeten zijn van een goed uitgewerkte probleemstellende benadering. Als een probleemstellende benadering goed is uitgewerkt ervaren leerlingen namelijk dat alles wat ze doen in het onderwijsleerproces de drijfveer is in dit proces. Met andere worden, alles wat ze doen draagt bij aan het bereiken van hun doel. ‘Het ontwerpen van een gedidactiseerde praktijk die voldoet aan het criterium dat leerlingen het nut van elke activiteit bij voorbaat ervaren in het licht van het bereiken van hun doel’ is *hetzelfde* als ‘aandacht besteden aan de eigen inbreng van leerlingen’. Interactiestructuren moeten dan beschouwd worden als richtlijnen voor de docent om zijn/haar rol in de gedidactiseerde praktijk adequaat vorm te geven en recht te doen aan de karakteristiek *aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen*.

In **hoofdstuk 8** wordt de situatiespecifieke onderzoeksvraag beantwoord en wordt er gereflecteerd op de bijdrage van deze studie aan de didactische theorie.

Wat betreft de onderzoeksvraag kan geconcludeerd worden dat de didactische structuur van het ontwerp (zie figuren 4.6 A en B) adequaat is. De gedidactiseerde versie van een bestaande authentieke praktijk en interactiestructuren hebben bijgedragen aan het creëren van betekenisvol scheikundeonderwijs. Deze ideeën, ondanks de didactische problemen die in derde onderzoeksrunde nog naar voren kwamen, kunnen beschouwd worden als een ontwerpheuristiek voor het ontwerpen van andere vergelijkbare modules. Deze heuristiek biedt houvast voor het uitvoeren van ontwerpstappen en voor criteria voor het maken van ontwerpbeslissingen. Om vast te stellen of een ontwerp voldoet aan de verwachtingen zal echter steeds een ontwikkelingsonderzoek nodig zijn. Deze studie is een eerste verkenning van het idee van een gedidactiseerde praktijk en van interactiestructuren. Veel aspecten dienen verder onderzocht te worden, met name de specifieke problemen die in de derde onderzoeksrunde naar voren kwamen:

- Het bereiken dat leerlingen hun rol in de gedidactiseerde praktijk aannemen en daarmee het bijbehorende doel (het expliciet maken van de procedure voor het beoordelen van waterkwaliteit) is in zekere zin nog steeds problematisch.

- Het bereiken dat leerlingen elke activiteit bij voorbaat als functioneel ervaren, in het licht van hun doel, is in zekere zin nog steeds problematisch op het niveau van het concrete ontwerp van activiteiten (speciaal die van de meer complexe episodes van het verhaal).
- De docentenrol in dit alles is in zekere zin nog steeds problematisch.

De tweede conclusie is dat, terugkijkend, de operationalisatie van de drie karakteristieken van betekenisvol scheikundeonderwijs vanaf het begin in weze gestuurd werd door één enkel ontwerpprincipe dat ik het principe van functionele inbedding heb genoemd. Dit ontwerpprincipe heeft de operationalisatie van de drie karakteristieken steeds gestuurd, in het begin intuïtief maar steeds meer expliciet. Vanuit dit principe kunnen de drie karakteristieken nu als volgt geherformuleerd worden:

Context

Het doel van de gedidactiseerde praktijk moet zoveel mogelijk functioneel ingebed worden in de belangstelling en doelen die leerlingen hebben.

Het evaluatiecriterium wordt dan:

Ervaren leerlingen het bereiken van het doel van de gedidactiseerde praktijk (en hun rol) als een manier om hun eigen interesses en doelen te verwezenlijken?

Context, need-to-know en aandacht voor de eigen inbreng van leerlingen

Activiteiten moeten zoveel mogelijk functioneel ingebed worden in het doel van de gedidactiseerde praktijk (nu als het goed is ook het doel van de leerlingen).

Het evaluatiecriterium wordt dan:

Ervaren leerlingen de activiteiten bij voorbaat als functioneel, in het licht van het bereiken van hun doel en hebben ze als gevolg hiervan het gevoel dat hun eigen inbreng ertoe doet?

De docentenrol

- a. De docentenrol draagt bij aan de functionele inbedding van het doel van de gedidactiseerde praktijk in de interesses van de leerlingen. De docent moet gericht zijn op het zoveel mogelijk overbruggen van de spanning tussen van bovenaf opgelegde leerdoelen en de interesses en doelen van leerlingen.
- b. De docentenrol draagt bij aan het tot zijn recht komen van de karakteristiek *aandacht voor eigen inbreng van leerlingen*. De implementatie van interactiestructuren moet de docent van richtlijnen voorzien voor het dirigeren van de interactie tussen docent en leerlingen. Dit moet gerealiseerd worden op het niveau van elke activiteit en zodanig dat leerlingen hun deel van de verantwoordelijkheid voor de inhoudelijke voortgang krijgen.

Het evaluatiecriterium wordt dan:

Vervult de docent zijn/haar rol zoals bedoeld? Heeft dit tot gevolg dat:

- a. de hierboven beschreven spanning minder wordt en de leerlingen gemotiveerd raken om hun rol te spelen?
- b. de leerlingen zich verantwoordelijk voelen voor de inhoudelijke voortgang van het onderwijsleerproces?

Tenslotte is het principe van functionele inbedding een richtinggevend ontwerpprincipe dan bijvoorbeeld het principe van een *'need-to-know'*. Het verbindt onderstaande vier problemen met elkaar waarbij bepaalde didactische dilemma's naar voren komen die breder onderkend worden in het onderzoek van natuurwetenschappelijk onderwijs.

1. Het probleem van externe functionele inbedding van leerdoelen in de interesses en doelen van leerlingen.
2. Het probleem van functionele inbedding van activiteiten en leerdoelen van een onderwijsleerproces.
3. Functionele inbedding van een onderwijsleerproces in een curriculum
4. Een functionele fine-tuning van de activiteiten van de docent wat betreft de drie bovenstaande punten.

Een voorbeeld van zo'n dilemma is de mate van autonomie die leerlingen krijgen in het kiezen van een leerdoel om tegemoet te komen aan punt 1. Echter, hoe meer autonomie leerlingen krijgen, hoe moeilijker het wordt om het probleem onder punt 2 op te lossen.

