

Domeinspecifieke ontwerprichtlijnen voor lesmaterialen voor het vak techniek in de basisvorming

B.G. Doornekamp
Universiteit Twente - OCTO

Summary

This study examines the effects of domain-specific design standards for designing two self-instructing teaching/learning packages for the subject area technology in secondary education. The aim is twofold: (a) to establish domain-specific design standards for teaching/learning packages with a construction or an explanation problem, and (b) to test the effects of domain-specific design standards in terms of the quality of the final product and the time required.

A four-step procedure was used to draw up domain-specific design standards for these packages. Experimental teaching materials were developed, based on these domain-specific design standards.

Two experiments were set up, one for each package. In these, the effects of the original materials were compared with the effects of the experimental ones. The experiment with the construction problem showed no effects at all, while in the experiment with the explanation problem the quality of the final product was significantly better with the experimental teaching material.

1. Inleiding

De invoering van de basisvorming in 1993 heeft een uitbreiding van het aantal vakken tot gevolg gehad. Nieuw is onder andere het vak techniek (PMB, 1993). Helemaal nieuw is het vak ook weer niet omdat in scholen voor vbo en mavo het vak al langer op het lesrooster staat. Maar met de invoering van de basisvorming is techniek in een nieuw jasje gestoken. Er zien (nieuwe) kern-doelen geformuleerd en er is een leerplan opgesteld (Huijs & Hermans, 1993). Het vak is nu voor alle leerlingen: meisjes en jongens, van vbo tot en met gymnasium.

De vraag rijst of het lesmateriaal dat tot dan toe gebruikt werd, nog wel voldoet in deze nieuwe situatie. Kunnen meisjes met dit lesmateriaal omgaan en is het voor havo- en vwo-leerlingen te makkelijk, of juist niet? Door een experimentele versie van lesmateriaal te ontwerpen en dit lesmateriaal in een onderzoek te vergelijken met het oorspronkelijke lesmateriaal is getracht antwoord te geven op deze vragen.

Het betreft hier het onderzoek 'Probleemoplossend Handelen In Lespakketten' dat uitgevoerd is door het Onderzoek Centrum Toegepaste Onderwijskunde (OCTO) van de Universiteit Twente en heeft geresulteerd in het proefschrift 'Probleemoplossen binnen het vak techniek. Een studie naar effectieve domeinspecifieke ontwerprichtlijnen voor onderwijsleerpakketten' (Doornekamp, 1997).

In deze studie gaat het over de effecten van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen voor het ontwerpen van zelf-instruerende onderwijsleerpakketten

binnen het vak techniek waarin het leren oplossen van problemen centraal staat. Ontwerprichtlijnen maken deel uit van de ontwerptheorie, een subtheorie van de curriculumtheorie, en zijn bedoeld voor de ontwikkelaars van curriculumdocumenten om lesmaterialen en onderwijsleerpakketten, volgens bepaalde specificaties te ontwikkelen. 'Domeinspecifiek' duidt erop dat ze bedoeld zijn voor een bepaald vak, in dit geval het vak techniek.

Doel van de studie is tweeledig: (a) het opstellen van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen voor zelfinstruerende onderwijsleerpakketten binnen het vak techniek waarin het oplossen van problemen voorkomt en (b) het vaststellen van de effecten van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen.

In deze bijdrage wordt ingegaan op het uitvoeren van een methodiek gericht op het opstellen van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen (paragraaf 2), de resultaten van de twee experimenten met het lesmateriaal voor een constructieprobleem en een verklaringsprobleem (paragraaf 3) en de conclusies die naar aanleiding van de resultaten getrokken kunnen worden (paragraaf 4). Dit artikel sluit af met een discussie en met aanbevelingen voor vervolgonderzoek (paragraaf 5).

2. Opstellen van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen

2.1. Inleiding

Voor het opstellen van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen is een uit vier stappen bestaande methodiek gehanteerd. De stappen zijn: (a) afleiden van aandachtspunten, (b) toetsen van aandachtspunten, (c) evalueren van tekortkomingen, en (d) formuleren van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen. In deze paragraaf wordt deze methodiek toegelicht en nader uitgewerkt.

2.2. Afleiden van aandachtspunten

Door middel van een analyse van diverse schriftelijke documenten vanuit drie invalshoeken is nagegaan welke aandachtspunten deze documenten opleveren die relevant zijn voor het ontwerpen van zelfinstruerende onderwijsleerpakketten binnen het vak techniek waarin het oplossen van problemen voorkomt. De drie invalshoeken zijn: (a) het vak techniek in de basisvorming, (b) aspecten van probleemoplossend handelen en (c) effectieve ontwerprichtlijnen in onderwijsleerpakketten.

Hieronder worden per invalshoek de meest relevante gegevens uit de analyse samengevat en wordende daarvan afgeleide aandachtspunten weergegeven. Deze aandachtspunten zijn vervolgens gebruikt om twee onderwijsleerpakketten voor techniek te toetsen (paragraaf 2.3).

Het vak techniek in de basisvorming

In 1973 wordt het vak algemene technieken geïntroduceerd. Hieruit is het vak techniek ontstaan. In 1985 vindt de opsplitsing van algemene technieken in twee aparte vakken (techniek en verzorging) plaats. Met de invoering van de basisvorming in 1993 begint een nieuwe periode voor het vak techniek (Streumer, 1988; Doornekamp & Streumer, 1994a).

Het vak techniek in de basisvorming kenmerkt zich als een algemeen vormend vak waarbij het praktisch technisch handelen voorop staat. De werkwijze is gestructureerd door volgens een aantal stappen te werken.

Leerlingen, zowel meisjes als jongens, moeten in de technieklessen inzicht krijgen in de wijze waarop technische systemen functioneren (systeem-aanpak) en adequaat technisch leren handelen. Dit laatste vindt plaats aan de hand van concrete technische problemen. In de kerndoelen komen de drie karakteristieken van de basisvorming (toepassing, vaardigheid en samenhang) tot uiting (Huijs & Hermans, 1993).

Gedurende de ontwikkeling van het vak techniek heeft het probleemoplossend handelen altijd een prominente plaats gehad (Ploegmakers, 1982; 1986). Hierbij valt steeds de stapsgewijze benadering op van probleemoplossend handelen aan de hand van het model 'Denken-Tekenen-Maken-Controleren' (DTMC-model). Kennis, met name theoretische kennis, speelt een grote rol en wordt beschouwd als een voorwaarde om (technische) problemen op te kunnen lossen (Huijs & Hermans, 1993).

Voor wat betreft het vak techniek in de basisvorming zijn de volgende aandachtspunten afgeleid.

1. De problemen moeten voor meisjes en jongens aantrekkelijk en zinvol zijn.
2. Het oplossen van een technisch probleem is een praktische bezigheid gecombineerd met kennis en inzicht.
3. De systeembenadering kenmerkt zich door een totaalaanpak en heeft een universeel karakter.
4. De werkwijze bij probleemoplossend handelen binnen techniek is gestructureerd en planmatig door het gebruik van een model, zoals het DTMC-model.
5. Theoretische kennis is voorwaarde voor het kunnen oplossen van problemen.
6. De hoeveelheid theoretische kennis bepaalt de mate van structurering (detaillering) van de opdrachten.

Aspecten van probleemoplossend handelen

Probleemoplossend handelen bij technische problemen wordt beschouwd als een combinatie van probleemoplossend denken (mentaal handelen) en praktische vaardigheden (manueel handelen) (Doornekamp, 1997). Via een gestructureerde benadering wordt het doel, de oplossing, bereikt (Huijs & Hermans, 1993).

Huijs en Hermans stellen twee indelingen voor problemen voor, die bij het vak techniek aan de orde komen, namelijk (a) op basis van probleemkenmerken (open vs. gesloten) en (b) op basis van de inhoud van het probleem (bijvoorbeeld constructie- en verklaringsproblemen). Deze indelingen laten zich goed combineren, bijvoorbeeld constructieproblemen zijn open problemen en verklaringproblemen zijn gesloten problemen (R. de Jong, 1989).

Er zijn diverse modellen voor het probleemoplosproces (o.a. Van der Sanden, 1986; R. de Jong, 1989; Hutchinson & Karsnitz, 1994). Het DTMC-model geeft de hoofdlijnen aan voor het oplossen van problemen bij het vak techniek (Ploegmakers, 1986). Het model is zodoende goed bruikbaar bij het ontwerpen van onderwijsleerpakketten. Bij het oplossen van problemen kunnen zowel algoritmische als heuristische methoden gehanteerd worden.

T. de Jong (1986) deelt het kennisrepertoire van de probleemoplosser in vier soorten kennis in: (a) kennis van probleemsituaties, (b) conceptuele kennis, (c) procedurele kennis, en (d) strategische kennis. Tussen conceptuele en procedurele kennis is een nauwe samenhang (McCormick & Murphy, 1994). Beide soorten kennis moeten aanwezig zijn om een (technisch) probleem op te kunnen lossen.

Metacognitie en zelfregulatie hebben betrekking op het zichzelf controleren en sturen gedurende het probleemoplosproces (Brown in: Schepens, Streumer & Van Tricht, 1981; De Klerk, Schouten & Van der Sanden, 1989). Aanwijzingen in lesmateriaal kunnen de ontwikkeling van metacognitieve vaardigheden bevorderen (o.a. Van Hout Wolters, 1986; Veenman & Elshout, 1992).

Uit de diverse aspecten van probleemoplossend handelen zijn de volgende aandachtspunten afgeleid.

1. Bij het probleemoplossend handelen bij het vak techniek wordt het toepassen van praktische vaardigheden verondersteld.
2. Verklaringsproblemen zijn gesloten problemen die door middel van algoritmen opgelost kunnen worden.
3. Constructieproblemen zijn open problemen. Voor de oplossing ervan zijn heuristische strategieën nodig.
4. Het DTMC-model geeft in hoofdlijnen aan welke stappen gezet moeten worden bij het oplossen van een probleem.
5. Leerlingen vertonen verschillen in aanpakgedrag. Er zijn enkele indelingen om dit gedrag te identificeren.
6. Bij kennis gaat het zowel om conceptuele kennis als om procedurele kennis die bij de leerling al geheel of gedeeltelijk aanwezig kunnen zijn of in het onderwijsleerpakket worden aangeboden.
7. Metacognitie bevordert het oplossen van een probleem. Metacognitieve vaardigheden kunnen ontwikkeld worden door het opnemen van bepaalde maatregelen zoals het maken van aantekeningen en het opstellen van studievragen, het toevoegen van instructiemateriaal, het markeren van tekstgedeelten, het bewust maken van uit te voeren stappen en het uitleg geven van begrippen.

Effectieve ontwerprichtlijnen in onderwijsleerpakketten

In verschillende onderzoeken is getracht door het ontwerpen van diverse onderwijsleerpakketten het probleemoplossend handelen bij leerlingen te verbeteren. Door middel van analyse van de onderzoeksrapporten is nagegaan welke ontwerprichtlijnen in deze onderwijsleerpakketten toegepast zijn en of deze ontwerprichtlijnen effectief gebleken zijn. Het betreft hier zes recent uitgevoerde onderzoeken die gericht zijn op het oplossen van problemen in het techniekonderwijs, in het (lager) technisch onderwijs en in natuurwetenschappelijke vakken (natuurkunde, scheikunde, wiskunde).

- R. de Jong (1986) heeft een onderwijsleerprogramma ontwikkeld voor toepassingen van elektrische schakelingen bij techniek. Hierin zijn de ontwerprichtlijnen gericht op het conceptueel kennisniveau en sturing van de handelingen.

- Van der Sanden (1986) heeft schriftelijk lesmateriaal ontwikkeld bij praktijkopdrachten in het technisch onderwijs. Het materiaal bevat variatie in de mate van structurering: wel of geen instructie, vormgeving, detaillering en vrijheid van de leerling.
- Kramers-Pals (1994) heeft bij het oplossen van verklaringsproblemen in het scheikunde-onderwijs verwervingsschema's aangeboden voor systematische probleemaanpak in de vorm van kaarten, werkbladen en een computermenu om een gewenst handelingsverloop te bereiken.
- Perrenet (1995) heeft bij twee hoofdstukken uit een wiskunde-methode volgens het Ago-model groepswork geïntroduceerd om wiskundige problemen op te lossen.
- T. de Jong (1986) heeft extra instructie gegeven waarin aandacht is voor strategische kennis bij het oplossen van vakinhoudelijke problemen in het natuurkunde-onderwijs.
- Taconis (1995) heeft in verband met probleemoplossen bij het natuurkunde-onderwijs een programma voor het oplossen op basis van begrip opgesteld waarin de organisatie van kennis belangrijk is.

De genomen ontwerprichtlijnen zijn in te delen in twee categorieën: strategie en kennis, waarbij twee vormen van strategie onderscheiden kunnen worden, namelijk gebaseerd op: (a) de (mate van) voorstructurering en (b) het gewenst handelingsverloop. Ze worden in deze studie aangeduid met interne strategie en externe strategie.

Uit de resultaten van deze onderzoeken blijkt dat de ontwerprichtlijnen die Van der Sanden toepast en de aandacht voor conceptuele kennis bij R. de Jong het gewenste effect opleveren. De prestaties van de leerlingen zijn verbeterd.

Naar aanleiding van de zes onderzoeken naar effectieve ontwerprichtlijnen zijn de volgende aandachtspunten afgeleid.

1. Probleemoplossend handelen kan verbeterd worden door in onderwijsleerpakketten ontwerprichtlijnen toe te passen die gericht zijn op het verwerven van kennis, op het aanbieden van een strategie (zowel intern als extern) en op het gebruik van groepswork.
2. Conceptuele kennis blijkt een belangrijke voorwaarde te zijn voor probleemoplossend handelen.
3. Ontwerprichtlijnen in verband met kennis kunnen zijn: vooraf de noodzakelijke kennis aanbieden door de docent of taken met bepaalde inhoud vooraf laten uitvoeren door studenten.
4. Een interne strategie, waarin sturing in het probleem of de opdracht gegeven wordt (hoge voorstructurering), heeft bij leerlingen met bepaalde kenmerken effect. Geen of weinig sturing (lage voorstructurering) is in die situatie, voor leerlingen die deze kenmerken niet hebben, effectief.
5. Ontwerprichtlijnen in verband met een interne strategie kunnen zijn: voorstructureren aan de hand van een probleemoplosmodel, variëren in instructievormen (mondeling vs. schriftelijk), variëren in instructiekenmerken (concrete vs. abstracte aanwijzingen), variëren in de volgorde (vaste vs. vrije volgorde), variëren in de hoeveelheid schriftelijke instructie (hoogst noodzakelijk, matig gedetailleerd, zeer gedetailleerd).

6. Een externe strategie om sturing te geven wordt als hulpmiddel toegevoegd aan bestaande onderwijsleerpakketten.
7. Ontwerprichtlijnen in verband met een externe strategie kunnen zijn: kaart of werkblad met een systematische probleemaanpak aanbieden, vooraf instructie van probleemaanpak aanbieden, groepswerk hanteren.

2.3. Toetsen van aandachtspunten en evalueren van tekortkomingen

In het onderzoek is uitgegaan van twee onderwijsleerpakketten voor het vak techniek, namelijk 'Techniek in de Waterzuivering' (Weber, 1992) en 'Procesbesturing' (E. de Jong & Huijs, 1991), die ontwikkeld zijn door het Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO). Deze pakketten zijn gericht op probleemoplossend handelen; hierbij gaat het om respectievelijk een constructie- en een verklaringsprobleem. Het constructieprobleem betreft een montage-opdracht. De leerlingen moeten zelf een ontwerp maken voor de aandrijving van en de overbrenging bij een roterend filter (onderdeel van een waterzuiveringsinstallatie). Hiervoor wordt constructiemateriaal gebruikt. Bij het verklaringsprobleem moeten de leerlingen door middel van het nabouwen van een model de werking van een tijdschakelaar kunnen verklaren. Ook hierbij wordt constructiemateriaal gebruikt.

Aan de hand van een checklist die bestaat uit de hiervoor genoemde aandachtspunten (zie paragraaf 2.2), is getoetst in hoeverre aan deze aandachtspunten in deze onderwijsleerpakketten tegemoet is gekomen, waarbij '+' betekent dat het betreffende aandachtspunt aan de orde komt en '-' betekent dat niet of maar gedeeltelijk aan de orde komt. Dit laatste wordt beschouwd als een tekortkoming. Het resultaat is dat bij verschillende aandachtspunten tekortkomingen zijn vastgesteld. Vanuit twee of drie invalshoeken zijn soms dezelfde tekortkomingen gesignaleerd.

Bij de evaluatie van deze toetsing is in het bijzonder gelet op die tekortkomingen waarop vanuit drie invalshoeken tegelijk gewezen wordt. Dergelijke tekortkomingen worden beschouwd als heel cruciaal en de lesmaterialen behoeven op deze punten verbetering. Het blijkt nu dat in beide onderwijsleerpakketten een tekortkoming voorkomt die vanuit drie invalshoeken gesignaleerd wordt. Deze tekortkomingen belemmeren leerlingen in het zelfstandig oplossen van de twee problemen.

- Bij het constructieprobleem gaat het om het ontbreken van de conceptuele kennis die betrekking heeft op de wijze waarop het constructiemateriaal gebruikt kan worden bij het ontwerpen van de aandrijving en de overbrenging. In het lesmateriaal dienen de mogelijkheden door middel van afbeeldingen getoond te worden, waarbij de afbeeldingen aangevuld worden met een toelichtende tekst.
- Bij het verklaringsprobleem is de werkwijze bij het bouwen van het model weinig gestructureerd. Niet duidelijk is welke opeenvolgende stappen gezet moeten worden om het model te bouwen. De benodigde procedurele kennis is maar in beperkte mate aanwezig in het onderwijsleerpakket. In het lesmateriaal zullen de te nemen stappen duidelijk door middel van tekeningen aangegeven moeten worden.

2.4. Formuleren van domeinspecifieke ontwerprichtlijnen

Vanwege het feit dat per probleem vanuit drie invalshoeken op dezelfde tekortkomingen gewezen wordt, is voor elk probleem afzonderlijk een domeinspecifieke ontwerprichtlijn geformuleerd, om bij de ontwikkeling van lesmateriaal te voorzien in de ontbrekende conceptuele respectievelijk procedurele kennis bij de leerlingen. De volgende twee domeinspecifieke ontwerprichtlijnen worden op basis van het voorafgaande voorgesteld:

In zelf-instruerende onderwijsleerpakketten voor het vak techniek waarin probleemoplossend handelen aan de orde komt, is het wenselijk dat bij:

- *constructieproblemen de noodzakelijke conceptuele kennis beschikbaar is in de vorm van schriftelijke informatie over de mogelijkheden van het constructiemateriaal;*
- *verklaringsproblemen de noodzakelijke procedurele kennis beschikbaar is waarmee stapsgewijs de volgorde van het gebruik van het constructiemateriaal aangegeven wordt.*

Aan de hand van deze domeinspecifieke ontwerprichtlijnen is experimenteel lesmateriaal ontwikkeld. Ten opzichte van het oorspronkelijke lesmateriaal is het experimentele lesmateriaal voor het constructieprobleem uitgebreid met afbeeldingen en tekst over de wijze waarop het constructiemateriaal (Fischertechnik) gebruikt kan worden voor het bouwen van de aandrijving en de overbrenging.

Het experimentele lesmateriaal voor het verklaringsprobleem is uitgebreid met zes stap-voor-stap tekeningen waarin de bouwvolgorde met het constructiemateriaal (Fischertechnik) wordt getoond. In het oorspronkelijke lesmateriaal staat alleen een zwart/wit foto van het model.

Bij het constructieprobleem zit de toegevoegde conceptuele kennis in de zwart/wit foto's en tekst, terwijl bij het verklaringsprobleem de procedurele kennis is toegevoegd door middel van de serie van zes stap-voor-stap tekeningen.

De praktijkopdrachten zijn, evenals de schriftelijke opdrachten, in beide versies van het lesmateriaal gelijk. In tabel 1 zijn de praktijkopdrachten van beide problemen vermeld.

Voor het uitvoeren van de praktijkopdrachten beschikken de leerlingen over een doos met constructiemateriaal. Bij het constructieprobleem is dit aangevuld met een bak van kunststof, een filter en twee buizen (Doornekamp & Streumer, 1994b).

De verwachting is dat het gebruik van het experimentele lesmateriaal bij het constructieprobleem zal leiden tot een betere kwaliteit van het eindproduct (meer complex model) en bovendien zullen de leerlingen minder tijd nodig hebben dan de leerlingen die het oorspronkelijke lesmateriaal gebruiken, omdat zij niet hoeven uit te zoeken hoe ze het constructiemateriaal kunnen gebruiken.

Tabel 1: *Praktijkopdrachten*

Constructieprobleem	Verklaringsprobleem
1. monteren van het roterende filter in een bak van kunststof	1. bouwen van een model van de tijdschakelaar met Fischertechnik
2. ontwerpen / tekenen van de aandrijving en de overbrenging	2. aansluiten van de snoertjes en de transformator
3. bouwen van de aandrijving en de overbrenging met Fischertechnik	3. testen van het model
4. testen van de gebouwde oplossing	4. toevoegen van schuine hoekstenen en opnieuw testen

Bij het verklaringsprobleem zal het gebruik van het experimentele lesmateriaal er toe leiden dat de leerlingen het model op de juiste manier bouwen (kwaliteit van het eindproduct). Hierdoor zijn ze ook beter in staat de schriftelijke opdrachten over het model te beantwoorden. Door de leerlingen op deze wijze te sturen, hebben ze minder tijd nodig dan de leerlingen die het oorspronkelijke lesmateriaal gebruiken.

Uit eerder onderzoek (Streumer, Doornekamp & Van Bommel, 1985; Streumer, Doornekamp & Bonekamp, 1987; Doornekamp, 1991) is gebleken dat bepaalde leerlingkenmerken van invloed zijn op de prestaties bij techniek. Nagegaan wordt of dit hier ook het geval is.

In verband met het bovenstaande zijn de volgende vraagstellingen geformuleerd:

1. Worden met het experimentele lesmateriaal voor het constructieprobleem betere resultaten behaald dan met het oorspronkelijke lesmateriaal?
2. Worden met het experimentele lesmateriaal voor het verklaringsprobleem betere resultaten behaald dan met het oorspronkelijke lesmateriaal?
3. Welke leerlingkenmerken hebben een positieve invloed op het bereiken van deze resultaten en is deze invloed mede afhankelijk van de gebruikte versie van het lesmateriaal?

3 Experimenten met het lesmateriaal

3.1 Opzet van de experimenten

Zowel voor het constructieprobleem als voor het verklaringsprobleem is een experiment volgens het 'independent group design' (Willems, 1989) opgezet waarin de twee versies van het lesmateriaal met elkaar vergeleken worden om vast te stellen wat de effecten van de domeinspecifieke ontwerprichtlijnen zijn. De groep leerlingen die het oorspronkelijke lesmateriaal gebruikt, fungeert als controlegroep. Er heeft geen voormeting plaatsgevonden.

Relevante leerlingkenmerken voor dit onderzoek zijn: geslacht, categorie voortgezet onderwijs, ervaring met constructiespeelgoed, technisch inzicht, ruimtelijk inzicht en veld(on)afhankelijkheid (Streumer et al, 1985; Streumer, et al., 1987; Doornekamp, 1991).

Voor de analyses zijn hoofdzakelijk standaard statistische methoden (t-toets, correlatie) gebruikt, waarbij een significantieniveau van $\alpha = 0,05$ is

aangehouden. Om vast te stellen of er significante interacties optreden tussen de gebruikte versie van het lesmateriaal en de genoemde leerlingkenmerken zijn univariate variantie-analyses uitgevoerd.

Leerlingen uit de basisvorming werken individueel aan één probleem en beschikken over hetzelfde constructiemateriaal (Fischertechnik). De experimenten vinden plaats in de normale klassesituatie onder leiding van een proefleider. Per klas werkt de ene helft met het oorspronkelijke lesmateriaal en de andere helft met het experimentele lesmateriaal. De leerlingen zijn 'at random' in deze twee groepen ingedeeld. Vooraf getrainde studenten observeren de activiteiten van de leerlingen met behulp van een observatieschema. Aan de hand hiervan is vastgesteld hoeveel tijd de leerlingen aan de diverse activiteiten besteden.

De scholen voor voortgezet onderwijs zijn benaderd via de docenten die lid zijn van de Vereniging van Docenten Techniek (VeDoTech). Aan het experiment met het constructieprobleem hebben 305 leerlingen deelgenomen en aan het experiment met het verklaringsprobleem 295 leerlingen.

3.2 Resultaten van het experiment met het lesmateriaal voor het constructieprobleem

Schriftelijke opdrachten

In het lesmateriaal 'Mechanische zuivering van water' zijn zeven schriftelijke opdrachten opgenomen. In totaal hebben 283 leerlingen deze opdrachten gemaakt. De gemiddelde totaalscore van deze leerlingen bedraagt 6,2 (maximumscore is 7).

Bij een vergelijking van de gemiddelde scores van de leerlingen die het experimentele lesmateriaal en leerlingen die het oorspronkelijke lesmateriaal gebruikt hebben, blijkt het verschil niet significant te zijn (t -waarde = 1,78). Iets groter is het verschil tussen de jongens en meisjes wat betreft de gemiddelde scores. De meisjes behalen een hogere gemiddelde score dan de jongens. Nog groter is het verschil tussen de gemiddelde scores van de vbo/mavo- en de havo/vwo-leerlingen. De havo/vwo-leerlingen hebben een hogere gemiddelde score. In de laatste twee gevallen is het verschil significant (t -waarden respectievelijk 2,77 en 5,09).

Er zijn alleen significante correlaties tussen de totaalscore op schriftelijke opdrachten en de leerlingkenmerken ruimtelijk inzicht en veld(on)afhankelijkheid (resp. 0,29 en 0,23). Gezien de lage correlaties kan hieraan echter weinig waarde gehecht worden.

Praktijkopdrachten

Het lesmateriaal bevat vier praktijkopdrachten (zie tabel 1). In totaal hebben 191 van de 305 leerlingen (62,6%) deze praktijkopdrachten uitgevoerd. Uit de resultaten per praktijkopdracht blijkt dat bij praktijkopdracht 2 ongeveer de helft van de leerlingen de tekening achteraf maakt en niet vooraf. Bij het bouwen van de overbrenging (praktijkopdracht 3) is door 60% van de leerlingen een ketting gebruikt. Combinaties van verschillende vormen van overbrenging (ketting, tandwielen en/of rupsband) komen nauwelijks voor. Het aansluiten van de transformator bij praktijkopdracht 4 verloopt meestal in één keer goed. De oplossing werkt dan maar in de helft van de gevallen. Er moet

dan eerst iets gewijzigd worden aan de gebouwde oplossing. Over het algemeen werkt de oplossing dan wel. De leerlingen maken eenvoudige tot zeer eenvoudige oplossingen voor het constructieprobleem.

Omdat alleen de resultaten van de 191 leerlingen die alles gedaan hebben, zijn geanalyseerd, treedt er een selectieve uitval van leerlingen op wat betreft de bestede tijd. De conclusies hebben alleen betrekking op leerlingen die de opdrachten in de beschikbare tijd kunnen uitvoeren. Een dergelijke beperking geldt niet voor de kwaliteit van het eindproduct.

De gemiddelde kwaliteit van het eindproduct is 12,7. Het blijkt dat er een significant verschil is tussen de gemiddelde kwaliteit van het eindproduct van meisjes en jongens (zie tabel 2). Jongens behalen een hogere gemiddelde kwaliteit. Ook is er een significant verschil tussen de gemiddelde kwaliteit van het eindproduct wat betreft de ervaring met het aantal soorten constructiespeelgoed. De versie van het lesmateriaal heeft nauwelijks invloed op de gemiddelde kwaliteit. Het verschil is niet significant. Dit geldt eveneens voor het verschil tussen de gemiddelde kwaliteit van het eindproduct van vbo/mavo- en havo/vwo-leerlingen.

Tabel 2: T-waarden bij toetsing van verschillen tussen gemiddelden

	Versie van het lesmateriaal	Geslacht van de leerling	Categorie voortgezet onderwijs	Ervaring met constructie speelgoed
Kwaliteit eindproduct	0,95	3,73*	0,79	3,73*
Totaal bestede tijd	2,11	3,10*	2,24*	2,96*

* $\alpha = 0,05$.

Voor de vier praktijkopdrachten hebben de leerlingen gemiddeld 58,2 minuten nodig. Vergelijking van de gemiddelde tijden tussen de onderscheiden groepen laat zien dat leerlingen die het oorspronkelijke lesmateriaal gebruikt hebben, gemiddeld minder tijd nodig hebben. Omdat dit tegen de verwachting is (zie paragraaf 2.4) is de t-waarde (2,11) niet significant. De jongens hebben gemiddeld minder tijd nodig; evenzo geldt dit voor vbo/mavo-leerlingen en voor leerlingen die ervaring hebben met verschillende soorten constructiespeelgoed. De verschillen zijn in alle gevallen significant (zie tabel 2).

Leerlingen met een lage score op de subtest 'Technisch Inzicht' hebben gemiddeld meer tijd nodig dan leerlingen met een hoge score. Bij de subtest 'Ruimtelijk Inzicht' hebben leerlingen met een lage score gemiddeld minder tijd nodig dan leerlingen met een hoge score op deze subtest. Veldafhankelijke leerlingen hebben gemiddeld minder tijd nodig dan veldonafhankelijke leerlingen. De verschillen zijn niet significant (t-waarden respectievelijk 0,70; 0,63 en 1,03).

Nadere analyse van de praktijkopdrachten

Er zijn geen significante correlaties tussen de totaal bestede tijd en de drie leerlingkenmerken technisch inzicht, ruimtelijk inzicht en veld(on)afhanke-

lijkheid. Er zijn wel significante, maar erg lage, correlaties tussen deze leerlingkenmerken en de kwaliteit van het eindproduct (resp. 0,32; 0,31 en 0,16). Bij de uitgevoerde variantie-analyse op de totaal bestede tijd is er sprake van een significante interactie tussen de gebruikte versie van het lesmateriaal en het leerlingkenmerk veld(on)afhankelijkheid. De F-waarde bedraagt $F(2,183) = 3,85$. Eveneens is er een significante interactie tussen de gebruikte versie van het lesmateriaal en het leerlingkenmerk ervaring met Fischertechnik. De F-waarde is hier $F(1,178) = 4,41$. Dit houdt in dat de samenhang tussen het leerlingkenmerk en de totaal bestede tijd afhankelijk is van de gebruikte versie van het lesmateriaal.

Er blijken geen significante interacties op te treden bij de variantie-analyses tussen de versie van het lesmateriaal en de leerlingkenmerken op de kwaliteit van het eindproduct, hetgeen betekent dat de kwaliteit niet afhankelijk is van de gebruikte versie van het lesmateriaal.

Bij het experimentele lesmateriaal wordt zowel absoluut als relatief meer tijd besteed aan cognitieve activiteiten dan bij het oorspronkelijke lesmateriaal. Meisjes besteden gemiddeld meer tijd aan zowel cognitieve als motorische activiteiten. Havo/vwo-leerlingen hebben gemiddeld meer tijd nodig bij motorische activiteiten dan vbo/mavo-leerlingen. Ervaring met één of meer soorten constructiespeelgoed heeft geen invloed op de bestede tijd aan cognitieve en motorische activiteiten.

3.3 Resultaten van het experiment met het lesmateriaal voor het verklaaringsprobleem

Schriftelijke opdrachten

In deel 1 van het lesmateriaal 'Mechanisch schakelen bij een tijdschakelaar' zijn tien schriftelijke opdrachten opgenomen. In totaal hebben 268 leerlingen deze opdrachten gemaakt. De gemiddelde totaalscore bedraagt 8,4 (maximumscore is 10). Deel 2 bevat acht schriftelijke opdrachten die door 294 leerlingen zijn gemaakt. De gemiddelde totaalscore is 5,5 (maximumscore is 13). Omdat niet alle leerlingen alle praktijkopdrachten binnen de beschikbare tijd hebben uitgevoerd en daardoor ook niet alle schriftelijke opdrachten gemaakt hebben, valt het gemiddelde laag uit.

Het verschil tussen de gemiddelde scores van leerlingen die het experimentele lesmateriaal en van leerlingen die het oorspronkelijke lesmateriaal hebben gebruikt is bij deel 2 significant (t -waarde = 2,01). Dit geldt ook voor het verschil tussen de gemiddelde scores van meisjes en jongens. De t -waarde bedraagt 3,91.

De verschillen tussen vbo/mavo- en havo/vwo-leerlingen wat betreft de gemiddelde scores zijn bij beide delen significant (t -waarden respectievelijk 8,72 en 6,94). De havo/vwo-leerlingen hebben hogere gemiddelde scores.

De totaalscores op de schriftelijke opdrachten van beide delen correleren positief (significant) met de leerlingkenmerken technisch inzicht, ruimtelijk inzicht en veld(on)afhankelijkheid (correlaties bij deel 1 resp. 0,30; 0,35 en 0,32 en bij deel 2 resp. 0,38; 0,47 en 0,37).

Praktijkopdrachten

Het lesmateriaal bevat vier praktijkopdrachten (zie tabel 1). Van de 295 leerlingen hebben 192 leerlingen (65,1%) alle praktijkopdrachten uitgevoerd.

De verschillende onderscheiden groepen bouwen bij praktijkopdracht 1 het model van de tijdschakelaar in verschillende volgorden. Met de toets voor trends van Jonckheere en Bower (1967) is vastgesteld dat de volgorde volgens de stap-voor-stap tekeningen het best wordt gevolgd door de leerlingen die het experimentele lesmateriaal gebruiken.

Het aansluiten van het 2-aderig snoer blijkt gemakkelijker te zijn dan het aansluiten van de 1-aderige snoertjes. Veel leerlingen moeten bij praktijkopdracht 3 eerst het gebouwde model wijzigen voordat het werkt. Er is weinig verschil tussen de twee versies van het lesmateriaal. Bijna alle leerlingen gebruiken vier hoekstenen om het model uit te breiden bij praktijkopdracht 4 en bij bijna alle leerlingen werk het model na deze uitbreiding.

De volgende analyses betreffen alleen de leerlingen die alle praktijkopdrachten uitgevoerd hebben. Hier is er echter sprake van selectieve uitval van leerlingen. Conclusies hebben alleen betrekking op leerlingen die de praktijkopdrachten binnen de beschikbare tijd kunnen uitvoeren.

De gemiddelde kwaliteit van het eindproduct is 7,9. De gemiddelde kwaliteit van het eindproduct van leerlingen die het experimentele lesmateriaal gebruikt hebben, is significant hoger dan het gemiddelde met het oorspronkelijke lesmateriaal (zie tabel 3). Het verschil tussen de gemiddelde kwaliteit van het eindproduct van meisjes en jongens is eveneens significant. Er is geen significant verschil tussen vbo/mavo- en havo/vwo-leerlingen en tussen leerlingen die ervaring hebben met één soort of met verschillende soorten constructiespeelgoed.

Tabel 3: T-waarden bij toetsing van verschillen tussen gemiddelden

	Versie van het lesmateriaal	Geslacht van de leerling	Categorie voortgezet onderwijs	Ervaring met constructiesp eelgoed
Kwaliteit van het eindproduct	3,92*	2,71*	0,53	1,80
Totaal bestede tijd	0,79	5,11*	0,67	2,74*

* $\alpha = 0,05$.

Gemiddeld wordt 53,8 minuten besteed aan alle praktijkopdrachten. Vergelijking van gemiddelde tijden tussen de onderscheiden groepen toont aan dat met het experimentele lesmateriaal gemiddeld iets minder tijd nodig is dan met het oorspronkelijke lesmateriaal. Ook zijn vbo/mavo-leerlingen eerder klaar dan havo/vwo-leerlingen. De verschillen zijn niet significant (zie tabel 3). Er is wel een significant verschil tussen de gemiddeld bestede tijd van meisjes en jongens. Jongens hebben gemiddeld acht minuten minder nodig dan meisjes. Leerlingen die ervaring hebben met verschillende soorten constructiespeelgoed hebben gemiddeld bijna vijf minuten minder nodig dan leerlingen die deze ervaring niet hebben. Het verschil is significant.

Leerlingen met een lage score op de subtest 'Technisch Inzicht' of op de subtest 'Ruimtelijk Inzicht' hebben gemiddeld meer tijd nodig dan leerlingen met een hoge score op deze subtests. Veldafhankelijke leerlingen hebben gemiddeld meer tijd nodig dan veldonafhankelijke leerlingen. De verschillen zijn significant, de t-waarden zijn respectievelijk 2,92; 2,21 en 1,93.

Nadere analyse van de praktijkopdrachten

Er is sprake van significante correlaties tussen de totaal bestede tijd en de leerlingkenmerken technisch inzicht, ruimtelijk inzicht en veldonafhankelijkheid (resp. -0,30; -0,14 en -0,15). Eveneens zijn er significante correlaties tussen de kwaliteit van het eindproduct en de leerlingkenmerken technisch en ruimtelijk inzicht (resp. 0,15 en 0,25). De vermelde, significante, correlaties zijn erg laag.

Een uitgevoerde variantie-analyse op de totaal beste tijd wijst uit dat ervaring met Fischertechnik een rol speelt bij het gebruik van een bepaalde versie. De interactie tussen de versie van het lesmateriaal en het leerlingkenmerk is significant. De F-waarde bedraagt $F(1,181) = 12,86$. Leerlingen die geen ervaring met Fischertechnik hebben, hebben het meest aan het experimentele lesmateriaal, terwijl de leerlingen die hiermee wel ervaring hebben, het oorspronkelijke lesmateriaal beter kunnen gebruiken. Alleen in die situaties besteden zij gemiddeld minder tijd dan wanneer zij de andere versie zouden gebruiken.

Variante-analyses die uitgevoerd zijn op de kwaliteit van het eindproduct tonen aan dat er geen significante interacties optreden tussen de versie van het lesmateriaal en leerlingkenmerken. Dit wil zeggen dat de kwaliteit niet beïnvloed is door de gebruikte versie van het lesmateriaal.

Met het experimentele lesmateriaal wordt meer tijd besteed aan cognitieve activiteiten en met het oorspronkelijke lesmateriaal meer tijd aan motorische activiteiten. Meisjes besteden gemiddeld meer tijd aan beide typen activiteiten. De verschillen zijn significant. Voor de tijd besteed aan cognitieve en aan motorische activiteiten is het onderscheid tussen vbo/mavo- en havo/vwo-leerlingen en tussen ervaring met één soort en met verschillende soorten constructiespeelgoed minder van belang.

4. Conclusies naar aanleiding van de twee experimenten

Naar aanleiding van de resultaten die in de twee experimenten verkregen zijn, kunnen per probleem conclusies getrokken worden omtrent de effectiviteit van de twee domeinspecifieke ontwerprichtlijnen, uitgaande van de kwaliteit van het eindproduct en de totaal bestede tijd.

Constructieprobleem

Op grond van de resultaten is vastgesteld dat het oplossen van het constructieprobleem met een experimentele versie van het lesmateriaal niet leidt tot betere resultaten. De gemiddelde kwaliteit van het eindproduct verschilt niet significant van het gemiddelde dat met het oorspronkelijke lesmateriaal is bereikt. De complexiteit van de gemaakte oplossingen is met het experimentele lesmateriaal niet hoger dan met het oorspronkelijke lesmateriaal.

De leerlingkenmerken geslacht en ervaring met constructiespeelgoed hebben bij dit probleem invloed op de kwaliteit van het eindproduct: jongens en leerlingen die ervaring hebben met verschillende soorten constructiespeelgoed behalen een hogere kwaliteit van het eindproduct. Bij de onderzochte leerlingkenmerken is de kwaliteit van het eindproduct niet mede afhankelijk van de gebruikte versie.

De aanwijzingen in het lesmateriaal hebben de leerlingen kennelijk onvoldoende ondersteuning geboden bij het ontwerpen en maken van de aandrijving en overbrenging. Het gebruik van het experimentele lesmateriaal heeft geleid tot meer tijd om de oplossing te bereiken. Dit komt voor rekening van de cognitieve activiteiten (o.a. het lezen van de aanwijzingen voor het gebruik van het constructiemateriaal) waaraan meer tijd is besteed.

Wat betreft de leerlingkenmerken blijkt dat geslacht, categorie voortgezet onderwijs en ervaring met constructiespeelgoed invloed hebben op het oplossen van dit type probleem wat betreft de benodigde tijd: jongens, vbo/mavo-leerlingen en leerlingen die ervaring hebben met verschillende soorten constructiespeelgoed hebben hiervoor minder tijd nodig. Bij het leerlingkenmerk ervaring met Fischertechnik is de benodigde tijd mede afhankelijk van de gebruikte versie.

De conclusie luidt derhalve dat de voorgestelde domeinspecifieke ontwerprichtlijn voor dit constructieprobleem niet bijdraagt tot de gewenste verbetering van de prestaties van leerlingen, met name voor leerlingen die geen of weinig ervaring met Fischertechnik hebben.

Verklaringsprobleem

Vastgesteld is dat bij het oplossen van het verklaringsprobleem met een experimentele versie van het lesmateriaal betere resultaten behaald worden wat betreft de kwaliteit van het eindproduct. Met de stap-voor-stap tekeningen wordt de ideale volgorde beter gevolgd waardoor de enige juiste oplossing bereikt wordt. Het raadplegen van de tekeningen leidt tot een hogere kwaliteit van het eindproduct. De schriftelijke opdrachten in deel 2 worden beter beantwoord omdat de leerlingen nu beschikken over een volledig model van de tijdschakelaar.

De leerlingkenmerken geslacht en ervaring met constructiespeelgoed hebben invloed op de kwaliteit van het eindproduct: jongens en leerlingen die ervaring hebben met verschillende soorten constructiespeelgoed behalen een hogere kwaliteit van het eindproduct. Bij de onderzochte leerlingkenmerken is de kwaliteit van het eindproduct niet mede afhankelijk van de gebruikte versie.

Het experimentele lesmateriaal leidt echter niet tot betere resultaten in termen van de benodigde tijd. Het raadplegen van de tekeningen levert wel tijdswinst op bij het bouwen van het model, maar wordt te niet gedaan door het raadplegen zelf.

De leerlingkenmerken geslacht, categorie voortgezet onderwijs, ervaring met constructiespeelgoed, technisch inzicht, ruimtelijk inzicht en veld(on)afhankelijkheid hebben invloed op het oplossen van dit probleem wat betreft de benodigde tijd: jongens, vbo/mavo-leerlingen, leerlingen die ervaring hebben met verschillende soorten constructiespeelgoed, leerlingen met technisch en

ruimtelijk inzicht en veldonafhankelijke leerlingen hebben hiervoor minder tijd nodig. Bij het leerlingkenmerk ervaring met Fischertechnik is de benodigde tijd mede afhankelijk van de gebruikte versie.

De conclusies luiden derhalve dat (a) de voorgestelde domeinspecifieke ontwerprichtlijn voor dit verklaringsprobleem bijdraagt tot een betere kwaliteit van het eindproduct waardoor de leerlingen de werking beter kunnen verklaren; (b) ervaring met Fischertechnik een positieve rol speelt bij het oplossen van problemen waarin dit constructiemateriaal gebruikt wordt.

5. Discussie en aanbevelingen

Toepassing van de domeinspecifieke ontwerprichtlijn bij het constructieprobleem (in de vorm van foto's en tekst over de mogelijkheden voor aandrijving en overbrenging) heeft niet het gewenste effect opgeleverd en is daardoor niet zonder meer bruikbaar voor het ontwikkelen van lesmateriaal bij andere vergelijkbare constructieproblemen. Combinatie met andere (domeinspecifieke) ontwerprichtlijnen kan mogelijk ertoe bijdragen dat de leerlingen beter gebruik kunnen maken van de ondersteuning die in het lesmateriaal geboden wordt. In dit verband kan gedacht worden aan het tonen van de mogelijkheden van Fischertechnik door gebruik te maken van afbeeldingen in kleur en/of de "exploded view"-techniek. De pagina-opmaak kan verbeterd worden waardoor de instructie beter gevolgd wordt (Van der Meij, 1996). Het vooraf uitvoeren van gerichte opdrachten met Fischertechnik is te overwegen. Er kan ook gedacht worden aan het gebruik van (Technisch) Lego bij dit probleem, omdat dit constructiemateriaal bij leerlingen bekender is dan Fischertechnik (Doornekamp & Streumer, 1994a).

Toepassing van de domeinspecifieke ontwerprichtlijn bij het verklaringsprobleem (door toevoeging van zes stap-voor-stap tekeningen) heeft gedeeltelijk het gewenste resultaat opgeleverd en is zodoende bruikbaar voor het ontwikkelen van lesmaterialen bij andere verklaringsproblemen. Leerlingen kunnen effectief in de richting van de oplossing gestuurd worden. Lesmateriaal kan verder verbeterd worden het gebruik van kleur bij de serie tekeningen, waardoor verschil gemaakt kan worden tussen de opeenvolgende stappen en verbetering van de vormgeving van het lesmateriaal. Verdere voorstructurering van andere praktijkopdrachten en verbeterde tekeningen kan bijdragen tot verdere optimalisering van het lesmateriaal.

In het onderzoek is het constructieprobleem opgevat als een open probleem en het verklaringsprobleem als een gesloten probleem. Open en gesloten problemen zijn de uiteinden van een continuüm, daartussenin ligt een scala aan problemen die variëren van minder open tot minder gesloten. Zowel constructieproblemen als verklaringsproblemen kunnen respectievelijk meer of minder open of gesloten zijn.

In het (techniek)onderwijs zal aanvankelijk het gesloten, goed gedefiniëerde probleem de leerlingen leren hoe het probleemoplosproces verloopt. Niet al te lang moet gewacht worden met probleem die minder gesloten zijn. Leerlingen moeten dan een gedeelte van het probleemoplosproces zelf bepalen. Dit kan zijn het maken van een keuze uit verschillende ontwerpen, het kiezen van het geschikte materiaal of het bepalen van tussenstappen bij een bepaalde fase van het proces. Deze ontwikkeling zet zich voort, waarbij het

probleem steeds meer kenmerken van een open, slecht gedefinieerde probleem gaat vertonen.

Als leerlingen geconfronteerd worden met meer complexe problemen of met problemen waar eerder toegepaste oplosstrategieën niet meer werken, wordt eerst weer teruggeschakeld naar gesloten problemen. Van daaruit volgt weer de ontwikkeling naar meer open problemen.

Een dergelijke ontwikkeling in het leren oplossen van technische problemen dient zich niet te beperken tot de periode van de basisvorming. Nu het ook mogelijk is in het basisonderwijs techniekactiviteiten te integreren in de bestaande leergebieden (waaronder natuuronderwijs), biedt dit de mogelijkheid al in een eerder stadium hiermee te beginnen. Hierdoor ontstaat een ononderbroken ontwikkeling van het leren probleemoplossen. In de periode na de basisvorming kan deze ontwikkeling afgesloten worden, waarbij een integratie met andere (natuurwetenschappelijke) vakken voor de hand ligt. Onderwijs van 4 tot 18 jaar wordt op deze manier op elkaar afgestemd en door deze verbeterde aansluiting wordt een verdere diepgang in probleemoplossen mogelijk gemaakt.

In vervolgonderzoek zou aandacht besteed moeten worden aan het opstellen van andere (domeinspecifieke) ontwerprichtlijnen bij de twee onderwijsleerpakketten en het vaststellen van de effecten hiervan (in combinatie met de domeinspecifieke ontwerprichtlijnen die in deze studie onderzocht zijn). Daarnaast zouden de strategieën die gebruikt worden bij het (leren) oplossen van technische problemen door leerlingen van 4 tot 18 jaar en de rol van open en gesloten problemen daarbij, nadere verkenning behoeven. Ook zou onderzocht moeten worden op welke wijze leerlingen van 4 tot 18 jaar problemen die bij techniek voorkomen, oplossen. In theorie wordt altijd uitgegaan van een lineair proces voor probleemoplossen. De vraag is of deze leerlingen op deze wijze te werk gaan. De resultaten van dergelijk onderzoek kunnen gebruikt worden als input voor het voorgestelde vervolgonderzoek.

Literatuur

Doornekamp, B.G. (1991). *Techniek in het basisonderwijs: Technische kennis, vaardigheden en attitudes in groep 1/2 en groep 7 van de basisschool*. Enschede: Universiteit Twente - OCTO.

Doornekamp, B.G. (1997). *Probleemoplossen binnen het vak techniek: Een studie naar effectieve domeinspecifieke ontwerprichtlijnen voor onderwijsleerpakketten*. Enschede: Universiteit Twente - OCTO.

Doornekamp, B.G. & Streumer, J.N. (1994a) *Probleemoplossend handelen in lespakketten voor het Techniek-onderwijs*: Eindrapport PHIL-project. De Lier: Academisch Boeken Centrum.

Doornekamp, B.G. & Streumer, J.N. (1994b). *Probleemoplossend handelen in lespakketten voor het Techniek-onderwijs*: Lesmateriaal bij het construeren en het verklaringsprobleem. Enschede: Universiteit Twente - OCTO (interne publicatie).

Hout Wolters, B.H.A.M. van (1986). *Markeren van tekstgedeelten in studieteksten: Een proces-product benadering*. Lisse: Swets & Zeitlinger.

- Huijs, H. & Hermans, P. (1993). *Een leerplan techniek ("Bouwstenen voor de basisvorming")*. Enschede: SLO/Wolters-Noordhoff.
- Hutchinson, J. & Karsnitz, J.R. (1994). *Problem solving in technology education*. Albany, NY: Delmar Publishers Inc.
- Jonckheere, A.R. & Bower, G.H. (1967). Non-parametric trend tests for learning data, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 20, 2, 163-186.
- Jong, E. de & Huijs, H (red.) (1991). *Procesbesturing*. Enschede: Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO).
- Jong, R. de (1989). *Probleemoplossen binnen het vak Techniek: Kenmerken en effecten van een onderwijsleerprogramma voor lbo- en middenschole* ("Monografieën onderwijsonderzoek" nr. 5). Groningen: RION.
- Jong, T. de (1986) *Kennis en het oplossen van vakinhoudelijke problemen: Een voorbeeld uit een natuurkundig domein*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Klerk, L.F.W. de, Schouten, A. & Sanden, J.M.M van der (1989). *Het leren van praktische vaardigheden: Aanzetten tot een didactiek van technisch onderwijs*. Amersfoort: ACCO.
- Kramers-Pals, H. (1994). *Leren probleemoplossen van verklaringsproblemen in het scheikunde-onderwijs*. Enschede: Universiteit Twente.
- McCormick, R. & Murphy, P.(1994). *Learning the processes in technology*. Paper presented at the Annual conference of the British Educational Research Association (BERA), 8 - 11 September, 1994, Oxford (UK).
- Meij, H. van der (1996). Visuele handleidingen: Ik zie ik zie wat jij niet ziet. *Opleiding & Ontwikkeling*, 9, 11, 21-26.
- Perrenet, J.C. (1995). *Leren probleemoplossen in het wiskunde-onderwijs: Samen of alleen: Onderzoek van wiskunde leren bij 12- tot 16-jarigen*. Deventer: Sneldruk.
- Ploegmakers, B. (1982). *Algemene Technieken: De relatie Mens en Techniek uitgewerkt in voorstellen voor de onderwijskundige inrichting van het onderwijs aan 12 - 14 jarigen*. Enschede: Stichting voor de Leerplanontwikkeling (SLO).
- Ploegmakers, B. (red.) (1986). *Leerplanvoorstel Techniek: Inhoud van Techniek in de basisvorming: Deel 1*. Enschede: Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO).
- Procesmanagement Basisvorming (1993). *Inrichtingsbesluit vwo - havo - mavo - vbo: Besluit kerndoelen en adviesurentabel basisvorming 1993 - 1998* ("Info-reeks Basisvorming" nr. 6). Almere: PMB.
- Sanden, J.M.M. van der (1986). *Het leren van technische vaardigheden: Individuele verschillen bij het uitvoeren van praktijkopdrachten in het lager technisch onderwijs*. 's-Gravenhage: SVO.
- Schepens, J., Streumer, W. & Tricht, N. van (1981). *Operationaliseringsvormen van (meta)cognitieve activiteiten*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht - IPAW.
- Streumer, J.N. (1988). *Evalueren van Techniek*. De Lier: Academisch Boeken Centrum.

- Streumer, J.N., Doornekamp, B.G. & Bonekamp, L.W.F.(1987). *Techniek in het voortgezet onderwijs. Onderzoek naar de prestaties van leerlingen uit LBO, AVO en VWO*. 's-Gravenhage: SVO.
- Streumer, J.N., Doornekamp B.G.& Bommel, E van (1985). *Beginsituatie-Onderzoek Algemene Technieken: Deel I. Literatuurstudie, opzet en uitvoering* (2e dr.). Enschede: T.H. Twente - Toegepaste Onderwijskunde.
- Taconis, R. (1995). *Understanding based problem solving: Towards qualification-oriented teaching and learning in physics education*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- Veenman, M.V.J. & Elshout, J.J. (1992). Intelligentie en metacognitieve vaardigheden, *Tijdschrift voor Onderwijsresearch*, 17, 5, 290-302.
- Weber, R. (1991). *Techniek in de Waterzuivering*. Enschede: Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO).
- Willems, J.M.H.M. (1989). Sturen van leerprocessen met behulp van studietaken. In P. Span, E. de Corte & B. van Hout Wolters (red.), *Onderwijsleerprocessen: Strategieën voor de verwerking van informatie* ("Bijdragen aan de Onderwijsresearch" nr. 22), p. 113-121. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.

Voor nadere inlichtingen omtrent dit promotie-onderzoek kan contact opgenomen worden met:

B.G. Doornekamp, Universiteit Twente, Onderzoek Centrum Toegepaste Onderwijskunde (OCTO), Postbus 217, 7500 AE Enschede, Tel.: (053) 489 35 86, E-mail: doornekamp@edte.utwente.nl