

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragwetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

1a. Aanvrager(s)

hoofdaanvrager / contactpersoon

naam, titel(s): dr. Fred Paas man
universiteit : Open Universiteit Nederland
corr. adres: Open Universiteit Nederland
Onderwijstechnologisch Expertisecentrum
(OTEC)
Postbus 2960
postcode: 6401 DL plaats: Heerlen
telefoon: 045-5762530 fax: 045-5762802 e-mail: fred.paas@ou.nl

onderzoekschool : Interuniversitair Centrum voor Onderwijskundig Onderzoek (ICO)

overige aanvragers

naam, titels, universiteit, vakgroep, onderzoeksschool:

- Prof. dr. Jeroen J.G. van Merriënboer, Hoofd Onderzoek, Open Universiteit Nederland, Onderwijstechnologisch Expertisecentrum, lid onderzoeksschool ICO
- Prof. dr. J. Sweller & dr. P. Chandler, School of Education Studies, University of New-South Wales, Australië

1b. Recente publicaties en andere gegevens uit past performance hoofdaanvrager

- Paas, F., Camp, G., & Rikers, R. (2001). Instructional Compensation for Age-Related Cognitive Declines: Effects of Goal-Specificity in Maze Learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 181-186.
- Van Merriënboer, J.J.G., Schuurman, J.G., de Croock, M.B.M., & Paas, F.G.W.C. (in press). Redirecting learners' attention during training: Effects on cognitive load, transfer test performance and training efficiency. *Learning and Instruction*.
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-295.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J.J.G. (1994a). Instructional Control of Cognitive Load in the Training of Complex Cognitive Tasks. *Educational Psychology Review*, 6, 51-71.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J.J.G. (1994b). Variability of Worked Examples and Transfer of Geometrical Problem-Solving Skills: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122-133.

2. Titel van het onderzoeksproject

Cognitieve Belastingstheorie als Leidraad voor de Identificatie van Transfer-Bevorderende Instructiematregelen: Produktgerichte versus Procesgerichte Completerproblemen

3. Korte samenvatting van de probleemstelling

Dit project neemt de Cognitieve Belastingstheorie (CBT; Paas & van Merriënboer, 1994a; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998) als uitgangspunt. Deze theorie relateert probleem- en presentatievormen aan leerprocessen, cognitieve belasting en het vermogen om het geleerde toe te passen in nieuwe situaties (transfer). De theorie laat predicties toe met betrekking tot de efficiëntie en effectiviteit van verschillende probleem- en presentatie-vormen. Zo is eerder onderzoek verricht naar het 'goal-free' effect, het 'completion' effect, het 'split-

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragwetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

attention' effect, het 'worked-example' effect, het 'modality' effect, het 'redundancy' effect, en het 'variability' effect (voor een overzicht, zie Paas & van Merriënboer, 1994a; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998; van Merriënboer, 1997). Recent onderzoek heeft de superioriteit van CBT-gebaseerde instructieve taakvormen bij kinderen, jong volwassenen en ouderen voor een breed scala van complexe cognitieve taken aangetoond. In tegenstelling tot conventionele instructieve taken blijken CBT-gebaseerde instructieve taken efficiënter te zijn, in die zin dat betere leer- en transferprestaties bereikt worden met minder trainingstijd en minder mentale inspanning. In het voorgestelde onderzoek staat het completion- of completeereffect centraal.

Completeerproblemen zijn uitgewerkte voorbeelden met "witte vlekken" die lerenden moeten aanvullen. De positieve effecten van completeerproblemen op leren en transfer, het zogenaamde *completeereffect* ("completion effect"), lijken zeer stabiel en zijn gevonden in verschillende complexe domeinen (o.a. programmeren, statistiek, economie). Een beperking is echter dat het completeereffect alleen onderzocht is voor produktgerichte voorbeelden. Zulke voorbeelden confronteren lerenden slechts met de resultaten of producten van een probleemoplosproces, zoals computerprogramma's, SPSS-setups, of economische simulatiemodellen die gecompleteerd moeten worden. Voor complexe domeinen zijn procesgerichte voorbeelden minstens even belangrijk. Zulke voorbeelden, in het Engels doorgaans "modeling examples" genoemd, besteden expliciet aandacht aan het probleemoplosproces en de heuristieken die daarbij een rol spelen. Zij laten bijvoorbeeld het verbaal protocol van een expert zien die een bepaald type problemen oplost, en geven inzicht in de vraag waarom een expert bepaalde keuzes maakt en beslissingen neemt om een oplossing te bereiken. Het belangrijkste doel van het voorgestelde onderzoek is om na te gaan of, en onder welke condities, het completeereffect (i.e., positieve effecten op leren en transfer) optreedt bij het gebruik van procesgerichte voorbeelden.

4. Publicaties

in welke vorm zullen de resultaten van dit project worden gepubliceerd?

- *Artikelen in wetenschappelijke tijdschriften.* Rapportage van de drie experimenten zoals beschreven onder punt 12 zal plaats vinden in de vorm van wetenschappelijke artikelen.
- *Proefschrift.* Het proefschrift zal geschreven worden op basis van de bovengenoemde wetenschappelijke artikelen, aangevuld met een uitgebreide theoretische verantwoording alsmede een algemene discussie.

5. Periode aangevraagde subsidie

duur (jaren): 4

startdatum: 1 maart 2002

6. Onderzoeksterrein (raadpleeg de toelichting)

onderzoeksgebied volgens de indeling Trefwoorden Expertise Onderwijsonderzoek (zie Toelichting)

10500 Onderwijssstelsel: Beroepsonderwijs

11500/11900 Curriculum: Techniek/Vaardigheden

12210 Educatie wetenschappen: Onderwijspsychologie/Leren

7. Samenstelling van de onderzoeksgroep

naam, titels	Universiteit	discipline	ten laste van	uren/week
dr. F. Paas	OUNL	cognitieve psychologie	OUNL	4
prof. dr. J. van Merriënboer	OUNL	onderwijs-psychologie	OUNL	2
prof. dr. J. Sweller dr. Paul Chandler	UNSW, Australië	cognitieve psychologie	UNSW	2
vacature (AIO)	OUNL	onderwijs- / cognitieve psychologie	NWO	38

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragwetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

8. Hernieuwde aanvraag

nee

9. Plaats van uitvoering

universiteit: Open Universiteit Nederland
eenheid: Onderwijstechnologisch expertisecentrum
adres: Postbus 2960
postcode: 6401 DL plaats: Heerlen

10. Is de aanvraag ook elders ingediend?

nee

11. Financiële bijdrage aan het project door derden (wat, hoeveel en door wie):

De Open Universiteit Nederland draagt zorg voor huisvesting, administratieve ondersteuning, telefoon, laboratoriumfaciliteiten, computerfaciliteiten, reproductiefaciliteiten en ondersteunend personeel (laboratoriumpersoneel en eventuele studentassistentie). De OIO heeft daarnaast een onderzoeksbudget van Kfl. 2.5 per jaar tot zijn of haar beschikking. De Open Universiteit Nederland is tevens verantwoordelijk voor de projectbegeleiding en -supervisie. Prof. dr. John Sweller en dr. Paul Chandler, respectievelijk hoofd en hoofd onderzoek van de University of New South Wales (Sidney, Australië) en prof. dr. Jeroen van Merriënboer zullen het project mede begeleiden. Het onderzoek zal worden opgenomen in het OTEC-onderzoeksprogramma.

Beschrijving van het project

12. Beschrijving van het project

12.1 wetenschappelijk belang

Het project neemt de Cognitieve Belastingstheorie (CBT) als uitgangspunt. Deze theorie relateert probleem- en presentatievormen aan leerprocessen, cognitieve belasting en het vermogen om het geleerde toe te passen in nieuwe situaties (transfer). De theorie laat predicties toe met betrekking tot de efficiëntie en effectiviteit van verschillende probleem- en presentatievormen. Zo is eerder onderzoek verricht naar het 'goal-free' effect, het 'split-attention' effect, het 'worked-example' effect, het 'modality' effect, het 'redundancy' effect, en het 'variability' effect (voor een overzicht, zie Paas & van Merriënboer, 1994a; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998; van Merriënboer, 1997). In het voorgestelde onderzoek staat het completion- of completeereffect centraal. Het project beoogt een belangrijke uitbreiding van de CBT naar *procesgerichte* probleemvormen, zoals modelvoorbeelden waarin de illustratie van heuristisch-strategische kennis centraal staat. Hoewel het gebruik van modelvoorbeelden vanuit constructivistische visies op leren (bijv. "situated cognition" en "cognitive apprenticeship") door veel auteurs wordt aanbevolen, is er nauwelijks empirische steun voor hun effectiviteit. Dit project biedt een theoretisch kader om een (verwacht) positief effect op transferprestaties te verklaren. Dit effect wordt op basis van de theorie met name verwacht voor incomplete modelvoorbeelden die door lerenden aangevuld moeten worden omdat deze (1) in vergelijking met conventioneel probleemoplossen de "extraneous cognitive load" verlagen doordat een kleiner beroep gedaan wordt op weke probleemoplosmethoden, maar (2) in vergelijking met volledige modelvoorbeelden de "germane cognitive load" verhogen doordat lerenden aangezet worden tot een diepere verwerking en elaboratie van de voorbeelden.

12.2 uitwerking van probleemstelling

Vanuit de Cognitieve Belastingstheorie (CBT) is onderzoek verricht naar het *completeereffect* (zie van Merriënboer, Schuurman, de Croock, & Paas, in druk; van Merriënboer & de Croock, 1992; Paas, 1992). Dit effect geeft aan dat uitgewerkte voorbeelden met "witte vlekken" die door lerenden aangevuld moeten worden (zg. completeeropdrachten) meer effectief zijn in het bereiken van transfer van het geleerde naar het oplossen van nieuwe problemen dan zowel conventionele problemen als volledig uitgewerkte voorbeelden. Het completeereffect is zeer stabiel en is gevonden in verschillende complexe domeinen (o.a. programmeren, statistiek, economie).

Probleemoplossen wordt binnen de CBT beschreven als een heuristisch zoekproces in een probleemruimte. De probleemruimte wordt daarbij bepaald door (1) de representatie van de begintoestand van een probleem, (2) de set operatoren die

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragwetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

beschikbaar is voor het bewerken van probleemtoestanden, en (3) een criterium dat aangeeft welke doeltoestanden acceptabel zijn. Probleemoplossen verwijst in deze context vooral naar het doelgericht maar tentatief toepassen van operatoren op probleemtoestanden teneinde een sequentie van operatoren te vinden (een "oplossing") die de begintoestand doet overgaan in een acceptabele doeltoestand. Bij het beschrijven van probleemoplosprocessen zijn derhalve de volgende vier elementen relevant: 1. een begintoestand; 2. een criterium voor een acceptabele doeltoestand; 3. een sequentie van operatoren (de "oplossing"), die de overgang van de begin- naar de doeltoestand mogelijk maakt, en 4. de strategieën en meer lokale heuristieken die het probleemoplosproces (d.w.z., het tentatief toepassen van operatoren teneinde een oplossing te bereiken) sturen.

Dit algemene model wordt vaak gebruikt om kwalitatieve verschillen in probleemoplosgedrag tussen beginners en experts te verklaren. Deze verschillen verwijzen vooral naar het tentatief toepassen van operatoren. Beginners gebruiken algemene, domein-onafhankelijke strategieën en heuristieken om te zoeken in de probleemruimte (zg. "weke" methoden zoals middel-doel analyse en "hill climbing"); experts daarentegen gebruiken krachtiger en meer domein-specifieke strategieën en heuristieken (zg. "sterke" methoden zoals analogieën en "working forward"). Experts zijn hiertoe mede in staat omdat zij beschikken over algemene kennis van het domein, die georganiseerd is in cognitieve schemata.

Met betrekking tot training in probleemoplosvaardigheden is er ruime steun voor de hypothese dat het laten oplossen van conventionele problemen niet de beste benadering vormt om probleemoplossen te *onderwijzen* aan beginners in een domein. In zo'n conventioneel probleem wordt de lerende geconfronteerd met gegevens (die de begintoestand beschrijven) en een—meestal—specifieke doeltoestand, waarbij het de taak is om een oplossing te vinden die de gegeven toestand doet overgaan in een acceptabele doeltoestand. Er kleven twee nadelen aan deze benadering. Ten eerste richten conventionele problemen de aandacht niet op (mogelijke) probleemtoestanden, acceptabele oplossingen, en bruikbare oplossingsstappen. Dit maakt het voor de lerenden lastig, zo niet onmogelijk om te abstraheren vanuit acceptabele oplossingen, of om inductieve processen te gebruiken die kunnen leiden tot de verwerving van cognitieve schemata die veralgemeniseerde oplossingen voor bepaalde categorieën van problemen reflecteren. Ten tweede verstrekken conventionele problemen geen hints over hoe het probleem aangepakt kan worden. Een bekend fenomeen is dan ook dat beginners veel tijd en moeite besteden aan het zoeken van eventueel bruikbare voorbeelden in hun instructiematerialen (van Merriënboer & Paas, 1990). Deze nadelen leiden ertoe dat beginners als het ware "gedwongen" worden tot het gebruik van weke methoden. Dit gaat gepaard met een hoge cognitieve belasting die wordt aangeduid als "extraneous cognitive load" (Paas & van Merriënboer, 1994a) omdat hij niet direct relevant is voor *leer*processen. En er is nauwelijks sprake van de verwerving van cognitieve schemata die belangrijk geacht worden voor het optreden van transfer. Vanuit de CBT is door de aanvrager en anderen onderzoek verricht naar alternatieve probleemvormen die de bovengenoemde nadelen van conventionele problemen kunnen opheffen. Alternatieve probleemvormen zijn bijvoorbeeld uitgewerkte voorbeelden (de Croock, van Merriënboer, & Paas, 1998; Paas & van Merriënboer, 1993, 1994b), doelvrije problemen (Paas, Camp, & Rikers, 2001), omgekeerde problemen ("reverse problems"; Half, 1993), imitatieproblemen (Cooper & Sweller, 1987) en de eerder genoemde completeeropdrachten. Resultaten wijzen uit dat deze probleemvormen de "extraneous cognitive load" verminderen omdat zij het gebruik van weke methoden tegengaan, de verwerving van abstracte, veralgemeniseerde cognitieve schemata bevorderen, en leiden tot een verhoogde mate van transfer.

Met name completeeropdrachten laten een sterk positief effect zien op schemaverwerving en de bereikte mate van transfer. Een verklaring hiervoor is, dat zij niet alleen de extraneous cognitive load verlagen maar lerenden ook dwingen om de (gedeeltelijke) voorbeelden grondig te bestuderen. Bij traditionele uitgewerkte voorbeelden zijn lerenden nogal eens geneigd om ze slechts oppervlakkig te bekijken, en er pas op terug te vallen wanneer zij bij het oplossen van problemen in een impasse raken (van Merriënboer & de Croock, 1992). Bij completeeropdrachten is dat niet mogelijk. Als de voorbeelden niet begrepen worden, zijn de lerenden immers niet in staat om ze correct aan te vullen. In termen van de CBT wordt hier gesproken over het verhogen van de *germane* cognitive load, dat wil zeggen de cognitieve capaciteit die wordt aangewend voor leerprocessen die direct relevant zijn voor de constructie van cognitieve schemata, zoals elaboratie en inductie.

Naar procesgerichte probleemvormen

De tot nu toe onderzochte alternatieve probleemvormen, zoals uitgewerkte voorbeelden en completeeropdrachten, zijn produktgericht. Zulke voorbeelden confronteren lerenden slechts met de resultaten of produkten van een probleemoplosproces, zoals computerprogramma's, SPSS-setups, of economische simulatiemodellen die gecompleteerd moeten worden. De strategieën en heuristieken die experts bij het oplossen van problemen in het domein gebruiken blijven in produktgerichte probleemvormen *impliciet*, waarbij opgemerkt moet worden dat dit ook bij conventionele problemen het geval is (van Merriënboer, Jelsma & Paas, 1992). Kortom, deze probleemvormen besteden geen aandacht aan de heuristieken en strategieën die het probleemoplosproces sturen. Het belangrijkste doel van het voorgestelde project is om eerder verkregen onderzoeksresultaten uit te breiden naar procesgerichte probleemvormen. Een voorbeeld van een procesgerichte probleemvorm die geschikt kan zijn om heuristische en strategische kennis aan te reiken en transfer te faciliteren is het *modelvoorbeeld* ("modeling example").

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragswetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

Zo'n modelvoorbeeld kan verstrekt worden door een expert die een probleem oplost binnen het relevante domein en daarbij duidelijk maakt waarom hij of zij doet wat gedaan wordt. Modelvoorbeelden confronteren gevorderde lerenden met illustraties van de toepassing van heuristieken en strategieën die het tentatief toepassen van operatoren meer effectief maken. Zij maken de verborgen mentale processen (d.w.z., impliciete kennis) van experts die problemen oplossen expliciet, en laten zien hoe zij bewuste controle uitoefenen over hun denkprocessen teneinde bepaalde betekenisvolle doelen te bereiken. Het zijn beslist géén "demonstraties" waarbij geobserveerd kan worden hoe een probleem wordt opgelost middels een lineaire progressie langs één correct oplossingspad! Integendeel, modelvoorbeelden laten zien hoe experts redeneren in moeilijke, problematische situaties, hoe zij in impasses geraken, en hoe zij middels het gebruik van bepaalde strategieën en heuristieken deze impasses ook weer de baas kunnen worden. Hardopdenk-protocollen van experts die werken aan niet-triviale problemen vormen een goede basis voor de ontwikkeling van (papieren) modelvoorbeelden (Bereiter & Bird, 1985). Er is binnen de onderzoeksgroep reeds ervaring opgedaan met het bewerken van hardopdenkprotocollen van informatica-experts om modelvoorbeelden te ontwikkelen ten behoeve van een trainingsprogramma over het object-georiënteerd ontwerpen van software. Dezelfde benadering zal gevolgd worden in het voorgestelde project.

Er zullen drie experimenten worden uitgevoerd binnen het domein van numeriek gestuurde machine programmering (CNC-programmeren) in het secundair technisch onderwijs. Ervaring met deze doelgroep en dit domein werd eerder opgedaan in de onderzoeken van Paas (1992) en Paas en van Merriënboer (1994b). Alle experimenten onderzoeken de effecten van modelvoorbeelden (d.w.z., procesgerichte voorbeelden) op leerprocessen, cognitieve belasting, en transferprestaties. In het tweede experiment vindt tevens een vergelijking plaats tussen volledige modelvoorbeelden en modelvoorbeelden die door de lerenden gecompleteerd moeten worden. De volgende vragen staan in de drie experimenten centraal: (1) Leidt het gebruik van modelvoorbeelden, zoals voorspeld, inderdaad tot lagere cognitieve belasting en hogere transfer dan het oplossen van conventionele problemen? (2) Treedt het completeereffect, zoals dat gevonden wordt voor produktgerichte uitgewerkte voorbeelden ook op bij procesgerichte modelvoorbeelden? en (3) Welke eigenschappen van modelvoorbeelden zijn bepalend voor hun (veronderstelde) effectiviteit? Een summier beschrijving van de experimenten volgt hieronder:

Experiment 1. Het eerste experiment wordt uitgevoerd bij gevorderde lerenden (bijv. leerlingen met enige jaren ervaring in het domein) en betreft een vergelijking tussen conventionele problemen en modelvoorbeelden op effectiviteit en efficiëntie van transferprestaties. De (papieren) modelvoorbeelden die aan de lerenden worden voorgelegd zullen gebaseerd zijn op hardopdenkprotocollen die worden afgenomen bij experts (i.e., professionele CNC-programmeurs met enige jaren werkervaring); zij zijn procesgericht en geven een beschrijving van niet-triviale probleemoplosprocessen. Tijdens de trainingsfase zal het accent liggen op de vraag hoe de lerenden de modelvoorbeelden verwerken. Relevante vragen zijn hier: Herkennen de lerenden de strategieën en heuristieken die worden toegepast? Nemen zij alternatieve oplossingen in overweging? Analyseren zij voor en nadelen van bepaalde beslissingen? De verzamelde kwalitatieve informatie zal gebruikt worden om de modelvoorbeelden te optimaliseren voor gebruik in de volgende experimenten. Tevens zullen tijdens de trainingsfase de geïnvesteerde "mental effort" (de subjectief ervaren cognitieve belasting) en tijdsbesteding worden gemeten (per probleem of modelvoorbeeld). Tijdens de testfase lossen beide groepen conventionele transferproblemen op. Metingen betreffen opnieuw mental effort en tijdsbesteding, waarbij middels een observatieschema tevens de kwaliteit van gegenereerde oplossingen wordt vastgesteld. De belangrijkste hypothese is dat modelvoorbeelden tot betere transfer van geleerde vaardigheden zullen leiden dan conventionele problemen, omdat zij impliciete kennis omtrent cognitieve strategieën en heuristieken expliciteren en illustreren.

Experiment 2. Het tweede experiment beoogt een vergelijking tussen de effectiviteit van completeren (het completeereffect) bij zowel uitgewerkte voorbeelden als modelvoorbeelden. Uitgewerkte voorbeelden zijn produktgericht en geven slechts een beschrijving van één acceptabele oplossing, zonder daarbij aandacht te besteden aan de strategieën en heuristieken die van belang zijn voor het vinden van zo'n oplossing. De effecten op leerprocessen en transferprestaties worden onderzocht voor uitgewerkte voorbeelden in een volledige en een te completeren versie, en voor modelvoorbeelden in een volledige en een te completeren versie. Er is dus sprake van een factoriele opzet met de factoren Probleemtype (uitgewerkt, produktgericht voorbeeld vs. procesgericht modelvoorbeeld) en Volledigheid (volledig voorbeeld vs. te completeren, onvolledig voorbeeld), waarbij de conditie modelvoorbeelden volledig overlapt met één conditie uit Experiment 1. De dataverzameling tijdens de trainingsfase zal opnieuw gericht zijn op de vraag hoe de uitgewerkte problemen en modelvoorbeelden door de lerenden verwerkt worden. Daarbij wordt speciale aandacht besteed aan het completeereffect, op grond waarvan een diepere verwerking verwacht wordt voor de onvolledige voorbeelden. De belangrijkste hypothesen met betrekking tot de testfase betreffen een effect voor Probleemtype, waarbij modelvoorbeelden superieur zullen zijn aan uitgewerkte voorbeelden, en een effect voor Volledigheid, waarbij onvolledige voorbeelden superieur zullen zijn aan volledige voorbeelden.

Experiment 3. De opzet en vraagstelling van het derde experiment hangt af van de resultaten op de eerste twee experimenten. Als de resultaten van de eerdere experimenten in de verwachte richting zijn, zal het derde experiment zich richten op verdere optimalisering van modelvoorbeelden. Modelvoorbeelden kunnen het karakter hebben van life-modeling (bijvoorbeeld een video waarop een hardopdenkende expert getoond wordt), op papier uitgewerkte protocollen voor zover die relevant zijn om

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragwetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

gebruikte aanpakken en strategieën te illustreren (zoals gebruikt in de experimenten 1 en 2), of op papier uitgewerkte protocollen die *geannoteerd* zijn met een beschrijving van de gebruikte aanpakken en heuristieken. Volgens verschillende auteurs (bijv. Kintsch, 1993) is de inductie van strategische kennis vanuit modelvoorbeelden een tijdrovend proces dat de bestudering van een relatief groot aantal voorbeelden vereist. Annotatie van de voorbeelden zou een positief effect op het leerproces kunnen hebben.

12.3 *methodisch- technische opzet*

Hoewel de onderzoeksvragen niet afhankelijk zijn van een bepaald domein of van een bepaalde doelgroep, richten we ons in het huidige project op het domein numeriek CNC-programmeren binnen het secundair technisch onderwijs. De onderzoeksgroep heeft uitgebreide ervaring met deze doelgroep en dit domein.

In de drie experimenten zal gebruik gemaakt worden van random toewijzing van proefpersonen aan condities (20 ppn per cel). Experiment 1 kent twee condities (conventionele problemen vs. modelvoorbeelden; N=40); Experiment 2 heeft vier condities (uitgewerkte problemen en modelvoorbeelden, beiden in een volledige vorm en een completeervorm; N=80); Experiment 3 heeft drie condities die representatief zijn voor verschillende soorten modelvoorbeelden (N=60). In alle drie de experimenten is sprake van een trainingsfase, die in totaal ongeveer vier uur in beslag zal nemen, en een testfase waarbij de proefpersonen een reeks (conventionele) transferproblemen oplossen. Metingen worden zowel verricht tijdens de instructiefase als tijdens de testfase.

De belangrijkste afhankelijke variabelen tijdens de instructiefase betreffen tijdsbesteding en geïnvesteerde "mental effort" per probleem, waarbij de mental effort een indicatie geeft van de cognitieve belasting (instrumenten worden beschreven in Paas & van Merriënboer, 1994b en Paas, van Merriënboer & Adam, 1994). Tevens zullen bij een klein deel van de ppn hardopdenk-protocollen worden afgenomen. De afhankelijke variabelen tijdens de testfase betreffen opnieuw tijdsbesteding en mental effort, maar daarnaast ook kwaliteit van gegenereerde oplossingen (vast te stellen door minstens twee beoordelaars op basis van een te ontwikkelen scoringsschema) en "efficiëntie". Efficiëntie operationaliseert "betere" transferprestaties als hogere performance (in tijd of accuratesse) in combinatie met een lagere mentale effort (Paas & van Merriënboer, 1993, beschrijven hiervoor een computationeel model). Opnieuw zullen bij een klein deel van de ppn hardopdenkprotocollen worden afgenomen, die worden geanalyseerd op eventuele verschillen in het gebruik van strategieën en heuristieken. Alle kwantitatieve data zullen geanalyseerd worden met behulp van Anova's. Tenslotte zal er gebruik gemaakt worden van controlemetingen voorafgaand aan de experimenten (intelligentie, leerstijlen) en attitude- en motivatiemetingen na afloop.

12.4 *relevantie*

Technologische ontwikkelingen zorgen ervoor dat de uitvoering van meer en meer taken wordt geautomatiseerd. Maatschappelijke ontwikkelingen vragen om werknemers die flexibel inzetbaar zijn en die op een innovatieve wijze problemen kunnen oplossen. Probleemoplossen en het creatief kunnen benaderen van nieuwe problemen wordt dan ook steeds belangrijker – zowel op de werkvloer als op school. Juist strategisch-heuristische kennis speelt daarbij een grote rol. De resultaten van dit project hebben dan ook een onmiddellijke relevantie voor het onderwijs in het algemeen en het beroepsonderwijs in het bijzonder. Wij verwachten dat de resultaten kunnen bijdragen aan het streven van het Ministerie van OC en W om te komen tot een optimale aansluiting tussen het secundaire beroepsonderwijs, de arbeidsmarkt en de maatschappij.

12.5 *literatuuropgave*

- Bereiter, C., & Bird, M. (1985). Use of thinking aloud in identifying and teaching of reading comprehension strategies. *Cognition and Instruction*, 2, 131-156.
- Cooper, G.A., & Sweller, J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79, 347-362.
- De Croock, B.M., van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F. (1998). High versus Low Contextual Interference in Simulation-Based Training of Troubleshooting Skills: Effects on Transfer Performance and Invested Mental Effort. *Computers in Human Behavior*, 14, 249-269.
- Half, H.M. (1993). Supporting scenario- and simulation-based instruction: Issues from the maintenance domain. In J.M. Spector, M.C. Polson, & D.J. Muraida (Eds.), *Automating instructional design: Concepts and issues* (pp. 231-248). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach.

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragwetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

- Journal of Educational Psychology*, 84, 429-434.
- Paas, F., Camp, G., & Rikers, R. (2001). Instructional compensation for age-related cognitive declines: Effects of goal specificity in maze learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 181-186.
- Paas, F., & van Merriënboer, J.J.G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental-effort and performance measures. *Human Factors*, 35, 737-743.
- Paas, F., & van Merriënboer, J.J.G. (1994a). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6, 351-371.
- Paas, F., & van Merriënboer, J.J.G. (1994b). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving skills: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122-133.
- Paas, F., van Merriënboer, J.J.G., & Adam, J.J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419-430.
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-295.
- Van Merriënboer, J.J.G. (1997). *Training complex cognitive skills*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Van Merriënboer, J. J. G., & de Croock, M. B. M. (1992). Strategies for computer-based programming instruction: Program completion vs. program generation. *Journal of Educational Computing Research*, 8, 365-394.
- Van Merriënboer, J. J. G., Jelsma, O., & Paas, F. (1992). Training for reflective expertise: A four-component instructional design model for complex cognitive skills. *Educational Technology, Research & Development*, 40, 23-43
- Van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F. (1990). Automation and schema acquisition in learning elementary computer programming: Implications for the design of practice. *Computers in Human Behavior*, 6, 273-289.
- Van Merriënboer, J.J.G., Schuurman, J.G., de Croock, M.B.M., & Paas, F. (in druk). Redirecting Learners' Attention during Training: Effects on Cognitive Load, Transfer Test Performance and Training. *Learning and Instruction*.

12.6 belang en plaats van het project in het PROO-programma

Dit project wordt ingediend binnen het onderzoeksthema 'Instructiestrategieën en leeromgeving' van het PROO zwaartepunt 'Leren en Instructie'. Binnen het onderzoeksthema richt het project zich hoofdzakelijk op 'Empirisch onderzoek naar de relatie tussen instructie en leren'. Het project, dat qua doelgroep gelokaliseerd is in het secundair beroepsonderwijs, kan beschouwd worden als fundamenteel onderzoek gericht op het identificeren van factoren die het optreden van transfer bevorderen en het beter begrijpen van de processen die aan de basis liggen van het optreden van transfer. Daartoe worden de effecten van produkt- en procesgerichte completeerproblemen op transfer onderzocht. Alhoewel de positieve transfereffecten van instructie met produktgerichte completeerproblemen reeds meermaals zijn aangetoond, veronderstellen wij dat instructie met procesgerichte completeerproblemen tot nog betere transferresultaten zal leiden. Daarnaast wordt in dit project rekening gehouden met de gevolgen van individuele leerlingkenmerken op de leer- en transfereffecten van de onderzochte instructievormen door voorafgaand aan de experimenten een leerstijlen- en intelligentietest en na afloop een motivatie- en attitudetest af te nemen.

13. Onderzoeksplan

13.1 gedetailleerde beschrijving van het onderzoeksplan voor de eerste twaalf maanden

Paas neemt als assistent-promotor de dagelijkse begeleiding op zich. Van Merriënboer treedt op als supervisor van het project en als promotor van de gevraagde assistent in opleiding (AIO). Voor de werkgroep (projectleiding en AIO's die op dezelfde onderzoekslijn werkzaam zijn) worden maandelijks bijeenkomsten georganiseerd. De planning voor de eerste 12 maanden is als volgt:

Maand 1-6: De eerste zes maanden zullen vooral besteed worden aan het uitvoeren van een literatuurstudie en het volgen van onderwijs in het kader van het opleidings- en begeleidingsplan (hiervoor zijn 2 maanden gereserveerd). Bestaande instructiematerialen zullen bestudeerd worden teneinde te bepalen of zij geschikt zijn om in de experimenten te gebruiken. Er wordt een definitieve keuze voor een domein gemaakt. Na zes maanden moet er een intern rapport liggen dat een beschrijving geeft van de theoretische achtergrond van het project en dat een gedetailleerde planning bevat voor de voorbereiding, uitvoering en verslaggeving van het eerste experiment.

Maand 7-12: De volgende zes maanden zullen besteed worden aan de voorbereiding van het eerste experiment. Met name de constructie van instructiematerialen (modelvoorbeelden), op basis van bij experts af te nemen hardopdenkprotocollen, zal relatief veel tijd in beslag nemen. Daar staat tegenover dat de ontwikkelde materialen ook in de volgende experimenten gebruikt kunnen worden. Tevens zal in deze periode een precieze beschrijving van het experimentele

PROO

Aanvraagformulier subsidie voor afzonderlijke projecten 2001/2002

Programmaraad Onderwijsonderzoek (Gebied Maatschappij- en Gedragwetenschappen)

Dossiernummer: 411-01-010

design, procedures, analysetechnieken e.d. worden voorbereid. Opnieuw zijn twee maanden gereserveerd voor het volgen van onderwijs.

13.2 globale uitwerking van het onderzoeksplan voor de resterende duur van het project

Maand 13-15: In deze periode wordt het eerste experiment uitgevoerd en vindt de data-analyse plaats. Er zijn ongeveer vier weken gereserveerd voor het volgen van onderwijs.

Maand 16-19: In deze periode wordt de data-analyse van het eerste experiment afgerond en vindt rapportage in de vorm van een congrespaper plaats. Congrespapers zullen vervolgens worden herschreven in de vorm van tijdschriftartikelen die kunnen worden aangeboden aan een internationaal wetenschappelijk tijdschrift. Ook in deze periode zijn er nog vier weken gereserveerd voor het volgen van onderwijs.

Vanaf maand 20: De voorbereiding, uitvoering en rapportage van zowel het tweede als derde experiment zal ongeveer 10-11 maanden in beslag nemen. Na uitvoering van experiment 2 (maand 20-31) en experiment 3 (maand 32-43) resteert nog een vijftal maanden voor het afronden van het proefschrift (maand 44-48). In de periode tussen maand 20 en maand 43 is daarbij rekening gehouden met het volgen van onderwijs met een omvang van ongeveer 2 a 3 maanden. De afronding van het proefschrift betreft met name het definitief uitwerken van het theoretisch kader en het schrijven van een algemene discussie, omdat rapportage van de uitgevoerde experimenten al in een eerder stadium heeft plaats gevonden.

13.2 disseminatieplan

maand 6: intern rapport: theoretisch kader en detailplanning

maand 17: presentatie op internationaal congres

maand 19: wetenschappelijk artikel over experiment 1

maand 29: presentatie op internationaal congres

maand 31: wetenschappelijk artikel over experiment 2

maand 41: presentatie op internationaal congres

maand 43: wetenschappelijk artikel over experiment 3

maand 48: dissertatie

Hoofdaanvrager: Dr. Fred Paas

Plaats: Heerlen

Handtekening:

datum: 28 - 09 - 2001