

Methodologische en Statistische Educatie als service onderwijs: Problemen en mogelijke oplossingen¹

Tjaart Imbos²
Hannelore Dekeyser³

Samenvatting

In dit artikel beschrijven we de problemen van het methodologie- en statistiekonderwijs aan studenten voor wie dit onderwijs geen doel op zich is, maar een bijvak naast hun hoofdstudierichting. We geven een overzicht van ontwikkelingen binnen en buiten de statistiek die van belang zijn voor het zoeken naar oplossingen voor de problemen. Verder wordt de vraag onderzocht of computer-ondersteund onderwijs een oplossing kan bieden voor de geschetste problemen. Tenslotte staan we stil bij de vraag aan welke voorwaarden voldaan moet zijn om (elektronische) leermiddelen te ontwikkelen die echte oplossingen bieden voor de huidige knelpunten in het methodologie- en statistiekonderwijs.

1. Inleiding

Dit artikel is geschreven naar aanleiding van de Najaarsbijeenkomst van de Sociaal Wetenschappelijke Sectie van de VVS, een bijeenkomst die geheel in het teken stond van computer-ondersteund statistiekonderwijs (COSO). Zoals de titel aangeeft, is het thema dat in dit artikel aan de orde wordt gesteld, breder. Het gaat over statistiekonderwijs in z'n algemeenheid. Het gaat dus om onderwijs aan studenten die geacht worden het 'methodologisch/statistisch handelen' te integreren in hun vakinhoudelijke kennis, voor wie de statistiek geen doel op zich is, maar veeleer een middel om hun eigen onderzoek goed uit te kunnen voeren, dan wel onderzoek van anderen naar waarde te kunnen schatten. Kortom, we richten in dit artikel de aandacht op methodologie en statistiek als 'service onderwijs', bijvoorbeeld voor studenten sociale wetenschappen, economie, geneeskunde, en biologie.

Het onderwijs aan deze studenten staat onder druk. Er worden steeds hogere eisen aan de kwaliteit van de onderwijsprogramma's gesteld. Dit probleem is alleen oplosbaar als de beroepsgroep zelf zich intensiever dan voorheen met het eigen onderwijs gaat bezighouden, al dan niet in samenwerking met deskundigen uit andere disciplines. Dat kan door het 'onderwijzen' niet alleen als activiteit van kennisoverdracht te beschouwen, maar het ook tot object van studie

¹ Dit artikel is mede tot stand gekomen dankzij financiering door de Universiteit Maastricht van het interfacultaire project 'Onderwijs in Moeilijk Leerbare Kennisdomeinen' (OMLK). De auteurs zijn dank verschuldigd aan Dr. M. van Duijn, Prof. Dr. K. Sijtsma en een anonieme reviewer voor hun commentaar op een eerdere versie van dit artikel.

² Universiteit Maastricht, capaciteitsgroep Methodologie en Statistiek, Postbus 616, 6200 MD, Maastricht. E-mail: Tjaart.Imbos@stat.unimaas.nl

³ Universiteit Gent, vakgroep Data-Analyse, H. Dunantlaan 1, 9000 Gent. E-mail: Hannelore.Dekeyser@rug.ac.be

te maken. Dit moet leiden tot het beschrijven van de problemen en van de beschikbare oplossingen voor die problemen, waarbij gebruik gemaakt wordt van de inzichten binnen en buiten het vakgebied van de methodologie en de statistiek, uitkomsten van experimentele studies gericht op de ontwikkeling nieuwe leermiddelen en beschrijvingen van de leereffecten van die leermiddelen.

In dit artikel wordt een aantal zaken in kaart gebracht, met de bedoeling om collega's te interesseren voor Methodologische en Statistische Educatie (MSE). Allereerst komt de gangbare praktijk in het MSE-onderwijs aan de orde, en vervolgens een aantal nieuwe ontwikkelingen, die duidelijk maken dat er groeiende interesse is voor MSE als aandachtsgebied. Uit deze nieuwe ontwikkelingen kan worden afgeleid welke eisen gesteld moeten worden aan 'moderne' leeromgevingen. Vervolgens bespreken we of Computer-Ondersteund Onderwijs (COO) kan voldoen aan de gestelde eisen. Het artikel eindigt met een opsomming van voorwaarden waaraan ons inziens voldaan moet worden om nieuwe leermiddelen voor MSE tot ontwikkeling te brengen.

2. Probleemschets

Het onderwijs op het MSE-terrein wordt veelal gekenmerkt door cursussen die in het *curriculum* van de propedeuse- en/of de doctoraalfase een losstaande positie bekleden. Met 'losstaand' wordt hier bedoeld: een cursus die geen of nauwelijks raakvlakken lijkt te hebben met het overige onderwijs dat in een bepaalde opleiding wordt aangeboden. De cursussen worden verzorgd door vakgroepen die gespecialiseerd zijn op het MSE-terrein. Deze vakgroepen bepalen veelal zelfstandig, zonder veel overleg met de rest van de opleiding, de inhoud van de cursussen. Hoewel dit feitelijk ook het geval is met inhoudelijke cursussen binnen een opleiding, wordt dit gegeven voor service-cursussen veelal als extra problematisch ervaren. Het feit dat MSE los lijkt te staan van de rest van de opleiding leidt er toe dat veel studenten moeite hebben met het integreren van deze kennis en vaardigheden in het algemenere kennis- en vaardighedenbestand dat vereist is om hun professie uit te oefenen. Losstaande feitenkennis wordt bovendien snel vergeten (Dolmans & Schmidt, 1996). Het is met name dit kenmerk van de cursussen dat er toe leidt dat het 'nut' van MSE lastig duidelijk te maken is. Waar vroeger minder nadruk werd gelegd op verduidelijken van de nutswaarde van MSE wordt het tegenwoordig door docenten meer als problematisch ervaren dat het nut van dergelijke cursussen door anderen wordt betwijfeld. Als reactie hierop wordt meer nadruk gelegd op het 'doen' van statistiek in plaats van het louter uitvoeren van berekeningen, het gebruiken van statistische technieken, de mogelijkheid om concepten grafisch weer te geven en de grafische exploratie van onderzoeksgegevens (Moore, 1997a; Moore, 1997b; Rossman, 1996; Schuyten & Dekeyser, 1998; Vere-Jones, 1995).

De *inhoud* van de MSE wordt gekenmerkt door een duidelijke hiërarchische en onderling sterk gerelateerde structuur. Qua opbouw vertonen cursussen uit de diverse opleidingen weinig verschillen. Begonnen wordt met de beschrijvende statistiek, vervolgens wordt de kansrekening behandeld, waarna de inferentiële statistiek aan de orde komt. In latere fases van de opleiding komen dan meer geavanceerde onderwerpen als (meervoudige) regressieanalyse, logistische regressieanalyse en variantieanalyse aan bod. Meer dan in de meeste andere domeinen bouwen de relevante begrippen op elkaar voort. Problemen die zich bij de student tijdens de kennisopbouw voordoen, zijn daarom cumulatief. Dit maakt het noodzakelijk om eventuele problemen vroegtijdig en snel te detecteren. Vroegtijdige remediëring en aangepaste, geïndividualiseerde feedback aan de studenten zijn gewenst.

Naast een curriculumopbouw met weinig geïntegreerde cursussen, en de sterk hiërarchische en onderling gerelateerde inhoud, heeft de MSE een *doelgroep* met soms ontoereikende, maar vooral zeer heterogene voorkennis. De heterogeniteit van deze groep maakt een gedifferentieerde aanpak noodzakelijk. Voor studenten met een ontoereikende voorkennis zijn remediëring en een aangepast tempo nodig, en de noodzaak hiervoor wordt nog versterkt door de hiërarchische opbouw van het inhoudelijk domein. Dit mag er evenwel niet toe leiden dat studenten met een betere voorkennis hun interesse verliezen en een verkeerd beeld krijgen van het niveau van methodenleer en statistiek. Daarnaast doet MSE in hoge mate een beroep op vaardigheden in verband met het hanteren van niet-verbale representatievormen, terwijl de studenten die de cursussen volgen aangeven dat ze moeite hebben met grafische en symbolische representatievormen en veelal verbaal georiënteerd zijn (Dekeyser, 1996).

Naast de heterogeniteit van de doelgroep, is er tevens het probleem van de massificatie van het onderwijs. Hierdoor zien docenten zich genoodzaakt te kiezen voor werkvormen die niet geschikt zijn om de gesignaleerde problemen het hoofd te bieden (De Klerk, 1996; Jochems, 1996; Simons, 1996). Deze werkvormen richten zich veelal op de modale student en komen onvoldoende tegemoet aan de heterogeniteit van de doelgroep.

De curriculumopbouw, de inhoud van het vak en de heterogeniteit van de doelgroep zijn mede verantwoordelijk voor lage rendementen van de MSE- cursussen. Zakpercentages van 60% tot 70% komen met regelmaat voor. Nog steeds zijn statistiekcursussen voor veel studenten een struikelblok, of tenminste een hindernis die, indien een keer genomen, voor velen een flinke studievertraging heeft opgeleverd. Dit soort selectiemechanismen zijn vaak ongewilde bijverschijnselen van het gevolgde facultaire onderwijsbeleid. Onderwijs waarvan het nut betwijfeld wordt en dat bovendien slechte rendementen heeft, zal het steeds zwaarder te verduren krijgen. De behoefte aan nieuwe werkvormen en onderwijsleeromgevingen die tegelijk rekening houden met de kenmerken van het curriculum, de inhoud van het vak en de kenmerken van de doelgroep, dringt zich op.

Van een individuele docent mag echter niet verwacht worden dat hij/zij adequate leeromgevingen kan ontwikkelen die aan al de gesignaleerde problemen het hoofd kunnen bieden. Er bestaat een behoefte aan samenwerkingsverbanden tussen specialisten op het terrein van de MSE. Deze specialisten dienen zich te ontwikkelen tot vakdidactici van hoog niveau, specialisten die zich op het eigen vakgebied bezig gaan houden met onderwijsleerprocessen, met theorievorming daarover, met het opzetten van experimenten op het terrein van leeromgevingen voor de MSE, en voor de MSE doen wat in ons land Freudenthal (1991) en Gravemeyer (1994) voor het wiskundeonderwijs hebben gedaan. Er is internationaal al het een en ander in gang gezet, waarbij men kan aansluiten. Voorbeelden van samenwerking op het terrein van het inrichten van moderne leeromgevingen kunnen worden aangetroffen in dit themanummer. Andere voorbeelden zijn of worden in gang gezet (Dekeyser, 1998). Een aantal van deze ontwikkelingen wordt hieronder aan de orde gesteld.

3. Relevante ontwikkelingen

3.1 Aandacht voor de onderwijsomgeving

Er zijn ontwikkelingen binnen de statistiek gaande waarin expliciet aandacht wordt besteed aan statistische educatie. De literatuur die we in deze paragraaf samenvatten, behandelt enerzijds het onderwijs aan statistici in spe die de uitdagingen van de toekomst aankunnen en anderzijds het onderwijs aan een zeer brede groep van gebruikers van de statistiek, de groep die wij hier vooral op het oog hebben. Wij hebben ons verdiept in een aantal jaargangen van 'The American Statistician' (AMSTAT), het vakblad van de 'American Statistical Association', de proceedings van de 'International Conference On Teaching Statistics' (ICOTS), de proceedings van het congres 'Modern Interdisciplinary University Statistics Education' (Tucker, 1992), het rapport 'Statistics for the Twenty-First Century' van de 'Mathematical Association of America' (Gordon & Gordon, 1992), een artikel over de geschiedenis van de jongste divisie van de 'International Statistical Institute' (ISI) (Vere-Jones, 1995), en de jaargangen van de 'Journal of Statistics Education' (JSE).

De conclusie die uit de hier genoemde bronnen getrokken kan worden is dat statistiek-docenten veel aandacht besteden aan het beschrijven van de inhoudelijke inrichting van de onderwijsomgeving. Ideeën over de inhoudelijke vernieuwing van het statistiekonderwijs komen in deze publicaties veelvuldig aan bod (Moore, 1997a; Moore, 1997b; Watts, 1991; Wild, 1994). Zij wijzen onder meer op het belang van het integreren van de MSE binnen de totaliteit van het curriculum en op het inbedden van statistische inhoud in de context van andere vakinhouden. Uitwisseling van ervaringen met nieuwe didactische principes en discussies over pedagogische

uitgangspunten vinden veelvuldig plaats op de congressen over statistiekonderwijs (Vere-Jones, 1995). Voorbeelden hiervan zijn onder meer didactische principes die de nadruk leggen op het activeren van studenten, probleemoplossend leren, projectonderwijs en op het 'doen' van statistiek.

3.2 Aandacht voor het leereffect

Aan uitkomsten van leerprocessen wordt veel aandacht besteed in algemeen onderwijskundig onderzoek (Freudenthal, 1991) en in studies van onderzoekers van het statistiekonderwijs ('International Study Group For Research on Learning Probability and Statistics'; nieuwsbrief verkrijgbaar via email: batanero@goliat.ugr.es). De cognitieve psychologie richt in novice-expert vergelijkingen de aandacht op nieuwe methoden voor het bestuderen van leereffecten. Voorbeelden van nieuwe methoden zijn hardop-denken-protocollen, concept mapping en tekstanalyse aan de hand van netwerkmodellen (Anderson, 1995; Ashcraft, 1994; Chi, Feltovich & Glaser, 1981; De Corte, 1995a; Gagner & Glaser, 1987; Glaser, 1992a; Hendriks, Taatgen & Andringa, 1997; Mathijssen en Imbos, 1997; Posner, 1991; Roberts, 1997). De aandacht gaat hierbij uit naar de wijze waarop kennis is georganiseerd, en hoe deze kennisorganisatie verandert onder invloed van leerprocessen. Deze methoden vormen daarom een belangrijke aanvulling op traditionele vormen van kennismeting als toetsen en examens, die zich voornamelijk beperken tot de kwantiteit van de kennis maar de aard en structuur van de kennis niet zichtbaar maken. Voorbeelden van computerprogramma's die deze nieuwe methoden voor het bestuderen van leereffecten ondersteunen zijn: CETA (de Ridder, 1995), ATLAS.ti (Muhr, 1997), PathFinder (Schvaneveldt, 1990), en QSR-Nudist (User Guide, 1997).

3.3 Aandacht voor onderwijs en leereffect: nieuwe onderwijsleeromgevingen

In aanvulling op publicaties die aandacht vragen voor de onderwijsomgeving enerzijds en voor de leereffecten anderzijds, observeren we een groeiende aandacht voor de combinatie van beide elementen van het onderwijsleerproces. Deze aandacht voor zowel kenmerken van de onderwijsomgeving als hun effect op het leerproces en de leerresultaten, bieden een interessante invalshoek voor de constructie van nieuwe onderwijsomgevingen voor de MSE. Pas dan kan met recht gesproken worden van 'onderwijsleeromgevingen', zeker indien bij de inrichting daarvan ook nog rekening wordt gehouden met de kenmerken van de individuele student (Dekeyser, 1996; Paivio, 1986).

De cognitieve psychologie en de cognitiewetenschap richten de aandacht op omgevingsfactoren en de invloed die deze hebben op de informatieverwerkingsprocessen (Vosniadou, 1996).

Garfield (1992) noemt een aantal bevindingen uit onderwijskundig- en cognitief- psychologisch onderzoek, die ook door andere auteurs naar voren worden gebracht: leren is een constructieve activiteit, studenten leren door te doen, de wijze van evalueren stuurt het leerproces, studenten leren het beste door in kleine groepen te werken aan gestructureerde leeractiviteiten en door te werken aan problemen met een open eind, door over hun leerervaringen te schrijven, door de nadruk te leggen op probleemoplossen en door het leren te redeneren. Andere publicaties wijzen erop dat efficiënte leeromgevingen de volgende kenmerken hebben (De Corte, 1995b; Glaser 1992b):

- ze ondersteunen doelgerichte kennisverwervingsprocessen;
- ze bevorderen zelfregulerende leerprocessen;
- ze zijn gebaseerd op levensechte, gecompliceerde contexten die exemplarisch zijn voor het vakgebied waarin de student wordt opgeleid;
- ze bieden de mogelijkheid voor het verwerven van algemeen geaccepteerde leer- en denkstrategieën; en
- ze zijn gericht op het ontwikkelen van disposities (De Corte, 1995a; De Groot & Medendorp, 1986).

Een aantal auteurs ondersteunt het belang van de groeiende aandacht voor de relatie tussen kenmerken van de onderwijsomgeving en de impact hiervan op leerresultaten (Bereiter, 1990; Cobb, 1993; De Corte, 1995a; De Corte, 1995b; De Corte, 1996; Duffy & Jonassen, 1992; Freudenthal, 1991; Gagne & Glaser, 1987; Glaser, 1992b; Lowyck & Verloop, 1995; Moore, 1997a; Moore, 1997b; Watts, 1991; Wild, 1994). Moore (1997b) benadrukt dat statistiekdocenten meer aandacht moeten hebben voor leerprocessen en niet alleen voor de inhoud van hun onderwijs (how to teach), en dat instructie moet worden gestimuleerd door zowel de inhoud als de onderwijskundige aanpak. De moderne computertechnologie moet in dienst staan van de genoemde elementen. In de statistische educatie moet er volgens Moore sprake zijn van een synergie tussen technologie, inhoud en onderwijskundige aanpak. Ook Box (1996) stelt dat onderwijzen iets anders is dan leren en dat er dus aandacht besteed moet worden aan de relatie tussen beide activiteiten. Dit overzicht wordt gecompleteerd door auteurs die aandacht vragen voor de verschillen tussen individuele studenten die gebruik maken van de onderwijsleeromgeving (De Volder, 1996; Dillemans, Lowyck, Van der Perre, Claeys & Elen, 1998; Lowyck, 1997; Mirande, Riemersma & Veen, 1997).

3.4 Conclusies

We concluderen dat er sprake lijkt te zijn van twee tamelijk gescheiden 'werelden': statistiekdocenten schrijven vooral over hoe het onderwijs er uit moet zien en onderzoekers houden zich

vooral bezig met hoe studenten denken en hoe ze problemen oplossen. MSE is echter meer dan het geven van onderwijs alleen. Ook het doen van onderzoek op het gebied van de MSE behoort de aandacht te hebben van professionals op dit terrein. Zoals geschetst is hiertoe reeds een aanzet gegeven in publicaties waarin de relatie tussen onderwijsomgevingen en leereffecten wordt belicht. Deze publicaties zijn interessant voor MSE-specialisten omdat ze zichtbaar maken dat het mogelijk is om complexe leerprocessen in een realistische context te bestuderen. Tevens geven ze aan dat ook de resultaten van deze leerprocessen op wetenschappelijke wijze, met geëigende methoden en technieken kunnen worden onderzocht. Projecten die tot doel hebben nieuwe onderwijsleeromgevingen voor de MSE te ontwikkelen, zullen zich bezig moeten houden met enerzijds het vormgeven van het onderwijs, rekening houdend met individuele verschillen tussen studenten, en anderzijds met het bestuderen van de effecten van de leerprocessen die door deze onderwijsomgeving worden gestimuleerd. Dit moet op een zo hoog mogelijk wetenschappelijk niveau gebeuren, waarbij zowel wordt aangesloten bij de inhoudelijke ontwikkelingen in het statistiekonderwijs en als bij de ontwikkelingen in de leerpsychologie, de cognitieve psychologie en de onderwijstechnologie.

Door het opzetten van een forum voor onderwijsgevers en onderzoekers in de MSE, en door auteurs van publicaties en congresbijdragen op het terrein van de MSE expliciet aan te moedigen om zowel de onderwijsomgeving als de leerresultaten te beschrijven, kan een brug worden geslagen tussen deze twee 'werelden'. Het leggen van contacten tussen de VVS en reeds bestaande samenwerkingsverbanden op het gebied van onderwijsinnovatie (bijvoorbeeld projecten van het Nederlands-Vlaams Consortium voor de Innovatie van het Hoger Onderwijs of het Studeerbaarheidsfonds) is hierbij wenselijk.

4. Elektronische onderwijsleeromgevingen voor MSE

4.1 Kenmerken van elektronische onderwijsleeromgevingen

4.1.1 Technologische kenmerken

Computers zijn in de loop der jaren veel meer geworden dan de "rekenaar" of de opslagplaats voor data in digitale vorm. Kenmerken van nieuwe elektronische omgevingen zijn:

- Vlotte navigatie door middel van hyperlinks, clickable maps;
- Multimediale aanbieder van informatie door gebruik van verschillende representaties (verbale informatie zoals tekst en natuurlijke taal; grafische informatie zoals tekeningen, pictogrammen, diagrammen; audio; dynamische beelden, animatie, video; symbolische uitdrukkingen zoals vergelijkingen en combinaties van deze representatievormen zoals tabellen en schemata);
- Interactiviteit door middel van tools zoals, bijvoorbeeld, Java-applets (reagerend op input van

de gebruiker, registratie van de (re)acties van de lerende en snelle en aangepaste reactie van het systeem daarop);

- Communicatie via groupware (software bedoeld voor gebruik door groepen), news groups, bulletin boards, e-mail discussion groups, elektronische conferenties (via video of mail);
- Snelle selectie van materialen gekoppeld aan toegekende kenmerken en snelle bewerking en herordening van informatie; en
- Koppeling met externe gegevensbanken (CD-rom, Word Wide Web).

Technologische vernieuwing kan de basis vormen voor de realisatie van onderwijskundige doeleinden. De vraag blijft echter op welke wijze bovenstaande kenmerken van nieuwe technologie adequaat kunnen worden ingezet in de MSE, met andere woorden: welke onderwijsdoeleinden worden bij uitstek door elektronische onderwijsleeromgevingen ondersteund en waar zou het gebruik van traditionele omgevingen minder, meer of even effectief en efficiënt zijn?

4.1.2 Elektronische onderwijsleeromgevingen als realisator van onderwijskundige doelen

Recente onderwijskundige en onderwijstechnologische overzichten tonen de functionaliteit van elektronische leeromgevingen bij de realisatie van onderwijskundige doelstellingen. We denken hierbij aan onderwijskundige doelstellingen als differentiatie (aanpassing aan kenmerken gebruiker), geïndividualiseerde feedback, het gebruik van multiple representatievormen en zelfregulatie van leerprocessen (De Volder, 1996; Dilleman, Lowyck, Van der Perre, Claeys & Elen, 1998; Lowyck, 1997; Mirande, Riemersma & Veen, 1997). Deze doelstellingen zijn op zich niet nieuw en steunen op didactische principes die reeds langer worden verdedigd, maar worden door de technische realisaties mogelijk gemaakt of kunnen op meer efficiënte wijze dan voorheen worden gerealiseerd.

De aanpassing van de leeromgeving aan karakteristieken van de gebruiker (*differentiatie*) kan bestaan uit het aanbieden van aangepaste inhoud, andere vormen van presentatie, begeleiding, verschillende leerpaden of een verschillend tempo, afhankelijk van de doelgroepen. Elektronische media maken het mogelijk om informatie op te slaan, deze snel te selecteren gekoppeld aan toegekende kenmerken of deze slechts op verzoek zichtbaar te maken of anders te organiseren, en zij creëren mogelijkheden voor een 'just in time and as much as I want' begeleiding van de gebruiker.

Aangepaste en geïndividualiseerde *feedback* op een actie of een vraag van de gebruiker is gebaseerd op interactiviteit, het gebruik van hyperlinks of Java-applets. Het belang van *multiple representatie* of het opnieuw bekijken van dezelfde informatie vanuit een ander perspectief of via een andere representatievorm, wordt reeds lang benadrukt (Paivio, 1986). De snelheid van

elektronische middelen maakt het mogelijk om bewerkingen uit te voeren die anders onmogelijk zouden zijn of zo tijdrovend dat het in de praktijk de moeite niet loont. Kenmerken van elektronische middelen als multimediale weergave, bewerking of flexibele reorganisatie van informatie of snelle navigatie maken multiële representatie eenvoudiger realiseerbaar. Java-applets en grafische interface met buttons, sliders, menu's en dialoog-boxen helpen inzicht te verkrijgen in dynamische fenomenen die zonder deze middelen moeilijk of niet kunnen worden gedemonstreerd of bestudeerd. Spreadsheet software zoals Lotus 1-2-3, Excell, Access; statistische software als SPSS, SAS, Systat, S-Plus; en tekensoftware als Draw, CorelDraw, PaintShopPro, ABC-SnapGraphics zijn voorbeelden van programma's die multiële representatie en flexibele reorganisatie van informatie ondersteunen.

Waar vroeger elektronische omgevingen voornamelijk werden benut voor "drill and practice" en in een latere fase ingezet werden als intelligente tutor met een sterke sturing en nauwe aansluiting bij de specifieke leerprocessen van de lerende, wordt nu veel meer de nadruk gelegd op *zelfregulering* of het stimuleren van de verantwoordelijkheid van de student voor het eigen leerproces. Het maken van bewuste keuzes en zelfregulering worden bevorderd, met ondersteuning waar nodig en gewenst (Dillemans et al., 1998).

4.1.3 Elektronische onderwijsleeromgevingen als katalysator van onderwijskundige vernieuwing

Een aantal onderwijskundige vernieuwingen hangt niet zozeer samen met de technische vernieuwingen maar zijn een artefact van het ontwikkelen van een elektronische omgeving of worden hierdoor aangezwengeld. Veel meer dan in traditionele cursusontwikkeling is het bij de constructie van elektronische leeromgevingen noodzakelijk om een basisconcept uit te werken als leidraad bij de ontwikkeling. Het uitwerken van een dergelijk basisconcept geeft aanleiding tot een grondige reflectie op diverse elementen van het didactisch proces, zoals leerdoelen, studentkenmerken, inhoudsmodellen en didactische principes. Hierdoor wordt een aantal keuzes geëxpliciteerd die bij traditionele cursusontwikkeling vaak impliciet blijven. Deze explicitering vergt weliswaar een aanzienlijke tijdsinvestering, maar creëert tevens een belangrijke meerwaarde voor de te ontwikkelen onderwijsleeromgeving.

Daarnaast zien we een aantal tendensen in cursusontwikkeling voor elektronische media die niet zozeer het gevolg zijn van intentionele pedagogische vernieuwing maar veeleer een spinoff van het zoeken naar oplossingen voor problemen en het vermijden van problemen bij het gebruik van elektronische leeromgevingen. Een voorbeeld hiervan is het vermijden van problemen met navigatieve of conceptuele desoriëntatie (Tergan, 1996). Dergelijke problemen maken het noodzakelijk om additionele ingebouwde begeleiding te geven in de vorm van het expliciteren van leerdoelen, het zorgvuldig uitschrijven van de uitleg die normaliter als begeleidende

informatie in een hoorcollege wordt verschaft, het geven van organiserende tools, enzovoorts. Deze ingebouwde begeleiding wordt door studenten bijzonder gewaardeerd en veelvuldig en op diepgaande wijze gebruikt. Dit bleek uit onderzoek naar het gebruik van ingebouwde begeleiding bij zelfstudie-leeromgevingen via interviews (Martens, 1998).

4.2 Rol van elektronische leeromgevingen in MSE

4.2.1 Curriculumopbouw

Problematisch aan MSE-cursussen is hun plaats in het curriculum, de geringe inhoudelijke samenhang met andere cursussen en de problemen om het nut voor het inhoudelijke vakgebied duidelijk te maken. Elektronische leeromgevingen kunnen aan deze problematiek tegemoet komen via contextualisatie: het “nut” van de MSE wordt duidelijk gemaakt door de bruikbaarheid te tonen van begrippen en methoden en technieken binnen de context van de andere cursussen uit het curriculum. Indien andere cursussen ook op elektronische wijze worden aangeboden is contextualisatie te realiseren door via een hyperlink een “excursie” te maken naar de betreffende gebieden uit die andere cursussen. Indien dit niet mogelijk is, zullen deze contexten (aangepaste voor verschillende doelgroepen) als extra informatie in de leeromgeving moeten worden aangebracht, bijvoorbeeld in de vorm van een aanvullende begeleidingscomponent of een hypertext.

Het “nut” van de MSE kan tevens worden getoond door de bruikbaarheid ervan te laten ervaren, door mogelijkheden aan te bieden om zelf onderzoek te doen en daarbij de geëigende methoden en (statistische) technieken te gebruiken. De snelheid en relatieve eenvoud van programma's voor data-analyse maken het mogelijk om op exploratieve wijze met data om te gaan, waarbij de computer als een snelle rekenaar en ‘data-explorer’ wordt ingeschakeld. Voor onderwijsdoeleinden blijken het manipuleren van data met gebruik van statistische software en het observeren van het effect hiervan, middelen om beter inzicht te verwerven in statistische concepten. Uit onderzoek naar het inschakelen van het statistisch verwerkingspakket SPSS binnen een cursus Statistiek (Schuyten & Dekeyser, 1997) bleek een positief effect op de cognitieve verwerving en verwerking van belangrijke statistische- en data-analytische concepten. De invloed van het gebruik van dergelijke software op de motivatie was minder groot dan verwacht. Er zijn aanwijzingen dat vormen van onderwijs of projectonderwijs meer effect hebben op de motivatie en het zelfvertrouwen van studenten inzake het doen van statistisch onderzoek. Hiervoor verwijzen we naar Miranda et al. (1997), Bowman (1998), Ronteltap en Eurlings (1998) en Koschmann (1994).

Andere mogelijkheden voor “hands-on” en actief experimenteren met concepten en technieken

uit de MSE zijn de interactieve, manipuleerbare of dynamische grafische omgevingen zoals Java-applets. Bekend zijn de voorbeelden van simulaties, bedoeld ter verduidelijking van concepten als steekproevenverdeling van statistische grootheden (via het herhaaldelijk genereren van aselecte steekproeven met zelf bepaalde steekproefgrootte en aantal trekkingen uit een gekozen model, mogelijkheden om verschillende simulaties tegelijk uit te voeren zodat vergelijking mogelijk is), en regressie en correlatie (met bijvoorbeeld de mogelijkheid om punten te verslepen, toe te voegen of te verwijderen, en het effect hiervan te observeren). De meeste van deze applets zijn vooral bedoeld voor demonstraties tijdens traditioneel contactonderwijs. Mits zorgvuldige voorbereid en beschikbaar in lokalen die uitgerust zijn voor de projectie van computerbeelden, zijn deze applets inderdaad zeer bruikbare tools voor demonstraties. Dergelijke leermiddelen komen echter pas volledig tot hun recht in combinatie met goede instructie en relevante opdrachten (Min, 1997). Wat voor de docent een uitstekende demonstratie-tool kan zijn, is voor de student zonder verdere begeleiding niet altijd bruikbaar. Mogelijkheden om zelf te experimenteren en de effecten van manipulaties te observeren hangen derhalve af van additionele begeleidende instructie.

4.2.2 Inhoud

De cursussen op het terrein van de MSE worden gekenmerkt door een hiërarchische opbouw en sterke onderlinge relaties. Problemen bij de aanvang van dergelijke hiërarchisch opgebouwde cursussen blijken later cumulatief te zijn, hetgeen een snelle detectie en aangepaste bijsturing wenselijk maakt. Elektronische middelen verschaffen bij uitstek de mogelijkheid om te voorzien in aangepaste, interactieve feedback bij (voortgangs)toetsen, aanwijzingen voor remediëring bij ontoereikende voorkennis en een snelle toegang tot de vereiste voorkennis. Leeromgevingen dienen hierin zelfregulerende leerprocessen te bevorderen. De hulp die door het systeem wordt aangeboden mag niet dwingend zijn, maar dient voornamelijk de reflectie van de student over diens vorderingen te stimuleren. De aangeboden begeleiding wordt geleidelijk verminderd of zo aangeboden dat de student zelf kan bepalen of deze er al dan niet gebruik van maakt, bijvoorbeeld via "toggle on/off" knoppen, of via aanklikbare icoontjes. Het verkennen van de onderlinge relaties in de inhoud worden gesteund door de navigatiemogelijkheden via linken, de 'hypertext-achtige' presentatie, zoekfuncties, en de visuele presentatie van de structuur in de leerstof.

Het benadrukken en duidelijk maken van de complexiteit van de structuur kan echter het leerproces evenzeer remmen als stimuleren, en afhankelijk van studentkenmerken als voorkennis bestaat het gevaar voor navigatieve desoriëntatie, het 'verdrinken' in de complexiteit. Daarom is het van belang dat aandacht wordt besteed aan een gedifferentieerde aanpak afhankelijk van

voorkennis, terwijl tevens organiserende elementen worden aangeboden die de structuur van de leerstof zichtbaar maken. Mogelijkheden hiervoor zijn ingebed in de meeste programma's voor de aanmaak van webpaginas, zoals FrontPage, Homesite, en sinds kort ook gangbare tekstverwerkingsprogramma's als Word en WordPerfect. Hierin wordt voorzien in een permanent aanwezig overzicht van de structuur van de gepresenteerde inhoud. Daarnaast bestaat tevens de mogelijkheid om een via "clickable maps" een overzicht van het inhoudsmodel aan te bieden. Via een dergelijk inhoudsmodel is de structuur van de leerstof gevisualiseerd, alsook de onderlinge relaties tussen de inhoud en desgewenst ook de aard van deze relaties. Indien door middel van een dergelijke gevisualiseerd inhoudsmodel wordt bijgehouden welke leerinhouden reeds zijn doorlopen en welke nog niet, en op deze inhoudskaart ook de vorderingen van de student worden gemarkeerd (In welke mate werden de vorderingstoetsen met succes afgelegd?) vormt een dergelijke tool een krachtig middel voor zowel conceptuele als navigatieve oriëntatie. Tevens biedt dit extra metacognitieve informatie over de vordering van het leerproces, waardoor de ontwikkeling van metacognitieve vaardigheden bij de student kan worden gestimuleerd.

4.2.3 Doelgroep

Het belangrijkste kenmerk van de doelgroep, studenten die MSE als serviceonderwijs moeten volgen, en tevens één van de grootste moeilijkheden bij onderwijs aan deze groep, is de heterogeniteit van wiskundige en statistische kennis en vaardigheden. Deze heterogeniteit maakt het noodzakelijk een gedifferentieerde aanpak aan te bieden, die de aanwezige cognitieve verschillen remediëert of compenseert. Elektronische omgevingen zijn bij uitstek het middel om een gedifferentieerde aanpak te verschaffen. In bestaande software wordt hier echter nauwelijks gebruik van gemaakt. Ongetwijfeld zal dit voor een deel te wijten zijn aan de grote tijdsinvestering die nodig is voor de ontwikkeling van verschillende varianten van eenzelfde product. Bovendien bieden cursusontwikkelprogrammatuur of auteursystemen zelden een ondersteuning bij differentiatie naar studentkarakteristieken.

Het belang van elektronische leeromgevingen voor de visuele presentatie en multiële representatie van informatie bestaat voornamelijk uit de mogelijkheid om op een snelle manier informatie te transformeren en om te zetten in een andere representatieve vorm op een zodanige manier dat relaties, relevante informatie of de structuur duidelijker naar voren komen. De uitvoering van dergelijke transformaties met de hand zou een hopeloos werk betekenen en wordt daarom zelden gedaan (Cleveland, 1998; Tabachneck-Schijf & Simon, 1996; Weldon, 1998).

Een belangrijk struikelblok van traditionele leeromgevingen zoals hoorcolleges betreft hun ontoereikendheid voor grote groepen en hun gerichtheid op de modale student. De flexibiliteit van elektronische leeromgevingen en de vlotte implementatie in diverse werkvormen maakt deze geschikt om op een adequate wijze onderwijs aan grote groepen te geven. De grote investering

die met de ontwikkeling van elektronische leeromgevingen gepaard gaat maakt hergebruik ervan in verschillende contexten en flexibele inzetbaarheid in verschillende onderwijsvormen noodzakelijk. Elektronische leeromgevingen kunnen op deze manier mogelijkheden bieden voor zowel zelfontdekkend leren als leren op geleide van instructie. Gedacht kan worden aan een combinatie van contactonderwijs en vormen van zelfstudie.

4.2.4 Flexibele implementatie

Een eigenschap van elektronische leeromgevingen is de flexibiliteit in het gebruik. We noemen hier een paar gebruiksmogelijkheden, gespreid over een continuüm van meer naar minder contactonderwijs:

- het gebruik voor zelfstudie in aanvulling op contactonderwijs;
- het gebruik van (elementen van) de elektronische leeromgeving tijdens het contactonderwijs. De elektronische omgeving kan worden ingezet als demonstratiemateriaal waar het een meerwaarde biedt aan het didactisch proces tijdens het traditionele contactonderwijs;
- de gedeeltelijke vervanging van contactonderwijs door zelfstudie met behulp van de elektronische leeromgeving. Het aantal hoorcolleges kan worden gereduceerd door een gedeelte te vervangen door zelfstudie terwijl de overblijvende contacturen eerder het karakter krijgen van seminars of werkcolleges, gebaseerd op zelfstandig voorbereide leerinhouden;
- het gebruik als mengvorm van zelfstudie en contactonderwijs met nadruk op zelfstudie. Bij deze mengvorm worden enkele contactmomenten voorzien als begeleiding bij de zelfstudie. De gebruikelijke totale instructietijd die aan de leerinhouden wordt besteed, blijft echter dezelfde. Enkele begeleidingsmomenten worden voorzien voor die gedeelten van de leerstof waar persoonlijke begeleiding wenselijk blijft en zelfstudie niet het gewenste effect heeft. (voorbeeldfunctie, motivering, klassikale verduidelijking van moeilijker gedeelten van de stof, detectie van misvattingen).

4.3 Relatie leeromgeving – leerprocessen

De inzet van elektronische onderwijsleeromgevingen in vormen van zelfstudie dient niet alleen het onderwijsproces te ondersteunen, maar ook het leerproces. De relatie tussen het ontwerp van de leeromgeving en de leerprocessen die door deze omgeving op gang worden gebracht, verdient daarom bijzondere aandacht. Meer nog dan in contactonderwijs dienen alle noodzakelijke stimuli aanwezig te zijn en voor studenten toegankelijk te worden gemaakt. Deze stimuli kunnen de vorm aannemen van inleidingen, informatie over de structuur van het leermateriaal en extra voorbeelden. Ook kunnen metacognitieve processen als planning, evaluatie, reflectie of oriëntatie worden bevorderd via studeeraanwijzingen, opdrachten en opmerkingen (De Volder, 1996). In

traditioneel contactonderwijs geeft de docent tijdens een uiteenzetting deze additionele begeleiding.

Aandacht dient uit te gaan naar cognitieve, conatieve en affectieve kenmerken van studenten, zoals voorkennis, voorkeuren en motivatie, en tevens naar de vraag hoe de leeromgeving hierop kan inspelen en indien nodig bij kan sturen. Onderwijstechnologisch en cognitief psychologisch onderzoek (Kirby, 1993; Sutherland & Mason, 1995; Wetzel, Radtke & Stern, 1994) richt zich op de condities voor effectiviteit van hulpmiddelen bij het leren: in welke omstandigheden en bij welke studentkenmerken zijn deze hulpmiddelen stimulerend voor de verwerving en de verwerking van het leermateriaal? Veel aandacht in dit onderzoek gaat naar de condities waaronder het gebruik van visuele informatie het leren kan ondersteunen. Resultaten hiervan tonen vaak dat de impact van ingebouwde begeleiding op leerresultaten een duidelijke interactie heeft met studentkenmerken zoals voorkennis, leesvaardigheid en voorkeur voor verbale of visuele informatie (Kirby, 1993). Hier ligt een van de relatief weinig ontgonnen mogelijkheden van computerondersteund onderwijs: de mogelijkheid om op gedifferentieerde wijze in te gaan op verschillen tussen studenten.

In het onderwijstechnologisch en cognitief psychologisch onderzoek wordt ook aandacht besteed aan training in het gebruik van hulpmiddelen en aan de ondersteuning van metacognitieve processen. Experimenten tonen bijvoorbeeld dat training van metacognitieve vaardigheden het op zich al positieve effect van visuele presentatie versterkt (Moore, 1993). Onderzoek naar leerstijlen kan ons inziens aanknopingspunten bieden voor de stimulering van metacognitieve processen. In de leeromgeving kunnen metacognitieve stimuli worden ingebouwd, aangepast aan de leerstijl van de studenten (Carette, Schattelman, Crabbe, Couder & Eisendrath, 1997).

5. Voorwaarden voor het ontwikkelen van efficiënte onderwijsleeromgevingen

We concluderen dat elektronische leeromgevingen in potentie een bijzonder stimulerende rol kunnen vervullen voor de MSE en dat zij dit voor een deel ook reeds doen. Ons inziens wordt op dit ogenblik echter nog teveel energie gestopt in de elektronisch-technische innovatie en wordt te weinig aandacht besteed aan de pedagogische implicaties hiervan. Slechts in geringe mate wordt gebruik gemaakt van de mogelijkheden voor differentiatie naar studentkenmerken. Tevens dient meer aandacht uit te gaan naar de uitwerking van didactische begeleiding bij de ontwikkelde producten.

Duidelijk is dat het ontwikkelen van dergelijke elektronische omgevingen de mogelijkheden van individuele docenten, maar ook van capaciteitsgroepen/vakgroepen te boven gaan. Samenwerking is hier geboden. De belangrijkste maar ook meest tijdrovende vernieuwingen zijn niet zozeer van technische maar van pedagogische aard. Het opstellen van voorkennistoetsen en

goede feedback bij de antwoorden, het opstellen van itembanken voor oefeningen, het uitschrijven van aangepaste begeleiding en metacognitieve stimuli zoals studeeraanwijzingen, aangepast aan de leerstijl van studenten, het aanbieden van goede contexten, enzovoorts zijn veeleer een tijdrovend dan een technisch moeilijk realiseerbaar werk. Uitwisseling van eerder ontwikkelde leer- en begeleidingsmaterialen kan ervoor zorgen dat werk dat elders reeds is gebeurd niet wordt overgedaan, dus dat bijvoorbeeld oefenprogramma's die voor een groep studenten van één universiteit reeds zijn geprobeerd, kunnen worden gebruikt als basis voor oefenpakketten in andere instellingen. Het uitwisselen van basisconcepten die aan een elektronische omgeving ten grondslag liggen en het uitbouwen van halffabrikaten en sjablonen die in een basisarchitectuur voorzien en door individuele docenten naar eigen behoeften met eigen inhouden kunnen worden ingevuld, zou een enorme tijdsparing kunnen opleveren. Daardoor komt ruimte vrij voor didactische vernieuwing, die eigenlijk de kern van de innovatie vormt.

Aandacht dient bovendien uit te gaan naar de implicaties van diverse vormen van implementatie van elektronische leeromgevingen, naar de veranderde rol van de docent voor de klas en de implicaties die computertechnologie zal hebben op docententrainingen (Anonymous, 1996, blz. 7). Het is duidelijk dat deze veranderingen in het onderwijsleerproces meer dan ooit implicaties zullen hebben voor de organisatie van het onderwijs.

Tot slot bestaat er een duidelijke behoefte aan goede informatie over de reeds ontwikkelde elektronische onderwijsleeromgevingen, een goede evaluatie van de bestaande middelen en een aanduiding van de onderwijskundige doelstellingen die ermee worden gerealiseerd. (Anonymous, *ibid*). Een expertisecentrum, al dan niet virtueel via het World Wide Web, zou hierin kunnen voorzien door regelmatig een grondige screening en evaluatie te maken van bestaande voorbeelden van 'good practice', bestaande websites en beschikbare software. Samenwerkingsprojecten op het gebied van onderwijsinnovatie in de MSE zoals Cyberstat (project van het Consortium voor de Innovatie van het Hoger Onderwijs) en COSO (project van het Studeerbaarheidsfonds) vormen een eerste aanzet voor een dergelijk expertisecentrum. Het lijkt ons duidelijk dat de VVS ook hier een stimulerende bijdrage zou kunnen leveren aan het vormen van samenwerkingsverbanden door bijvoorbeeld ruimte te bieden aan woordvoerders van deze projecten op de jaarlijkse Statistische Dag. Ook zou de VVS een stimulerende rol kunnen gaan vervullen bij het bevorderen van samenwerking tussen de verschillende groepen die zich al bezig houden met de vernieuwing van de MSE.

Tevens is een theoretisch kader voor de evaluatie van elektronische leeromgevingen en de constructie van een gevalideerd instrumentarium onontbeerlijk. Onderzoek dat zich richt op de evaluatie van elektronische leeromgevingen neemt zeer veel verschillende vormen aan en is vaak gebaseerd op een weinig systematische en theoretisch onderbouwde aanpak. Met deze bijdrage menen we hiertoe een aanzet te hebben gegeven. De verwachtingen ten aanzien van effectieve

en efficiënte leeromgevingen kunnen worden beschouwd als voorschrift bij de verdere uitbouw van onderwijsleeromgevingen, maar vormen tevens een aanzet voor de evaluatie van reeds bestaande omgevingen en de selectie van een geschikte leeromgeving, afhankelijk van de doelstelling die men met het gebruik ervan beoogt.

6. Referenties

- Anderson, J. R. (1995). Learning and memory: an integrated approach. New York: John Wiley & Sons.
- Anonymous. (1996). IASE-round table (newsletter). Granda: International Association For Statistical Education.
- Ashcraft, M. H. (1994). Human memory and cognition. (2 ed.). New York: Harper Collins College Publishers.
- Bereiter, C. (1990). Aspects of an educational learning theory. Review of Educational Research, 60(4), 603-624.
- Bowman, A. (1998). Computer based learning in statistics: a problem solving approach. The Statistician, 47(2), 349-364.
- Box, G. (1996, August , 1996). Scientific statistics, teaching, learning and the computer. Paper presented at the COMPSTAT, Barcelona.
- Carette, E., Schatteman, A., Crabbe, C., Couder, J., & Eisendrath, H. (1997, juni 1997). Onderzoek en de interpretatie van een procesgerichte instructievorm in het eerste jaar aan de universiteit. Paper presented at the Landelijke dag studievoordigheden, Rotterdam.
- Chi, M. T., Feltovich, P.J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. Cognitive Science, 5, 121-152.
- Cleveland, W. (1998, 21- 26 juni). Trellis display: a framework for displaying multivariable data. Paper presented at The fifth international conference on teaching of statistics, Singapore.
- Cobb, G. W. (1993). Reconsidering statistics education: A national science foundation conference. Journal of Statistics Education, 1(1), [online].
- De Corte, E. (1995a). Fostering cognitive growth: A perspective from research on mathematics learning and instruction. Educational Psychologist, 30(1), 37-46.
- De Corte, E. (1995b, july, 2-7, 1995). Linking a theory of learning from instruction and educational practice: The case of mathematics.
- De Corte, E. (1996). Learning theory and instructional science. In P. S. Reiman, H (Ed.), Learning in humans and machines. (pp. 97-108). Kidlington: Elsevier Science Ltd.
- De Groot, A. D., & Medendorp, F. L. (1986). Term, begrip, theorie: inleiding tot significante begripsanalyse. Meppel: Boom.
- De Klerk, L. F. W. (1996). Practice, de kern van goed onderwijs. Onderzoek van Onderwijs, 25(1), 6-7.
- De Volder, M. (Ed.). (1996). From penny post to information super-highway: open and distance learning in close-up. Leuven: Acco.
- Dekeyser, H. (1996, september 4-6). Student preference for verbal, graphic or symbolic information in an independent learning environment for an applied statistics course. Paper

presented at the Using complex information systems, Poitiers.

Dekeyser, H. (1998). Een elektronische onderwijsleeromgeving voor probleemgestuurd wiskunde- en statistiek onderwijs. Gent: Departement Data analyse, Universiteit Gent.

Dillemans, R., Lowyck, J., Van der Perre, G., Claeys, C., & Elen, J. (1998). New technologies for learning: contribution of ICT to innovation in education. Leuven: Leuven University Press.

Dolmans, D. H. J. M., & Schmidt, H. G. (1996). Inzichten over leren en implicaties voor het onderwijs. Bulletin Medisch Onderwijs, 15(3), 114-119.

Duffy, T. M., & Jonassen, D. H. (Eds.). (1992). Constructivism and the technology of instruction. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Freudenthal, H. (1991). Revisiting mathematics education. (1 ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gagne, R. M., & Glaser, R. (1987). Foundations in Learning Research. In R. M. Gagne (Ed.), Instructional Technology: Foundations (pp. 49-83). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Garfield, J. B. (1992, August, 1992). Respondent. Paper presented at the Modern Interdisciplinary University Statistics Education, Boston.

Glaser, R. (1992a). Expert knowledge and processes of thinking. In D. F. Halpern (Ed.), Enhancing thinking skills in the sciences and mathematics (pp. 63-75). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Glaser, R. (1992b, juli, 1992). Learning theory and instruction. Paper presented at the 25th International Congress of Psychology, Brussel, België.

Gordon, F. S., & Gordon, S. P. (1992). Statistics for the Twenty-First Century (MAA Notes 26). Washington: Mathematical Association of America.

Gravemeyer, K. P. E. (1994). Developing realistic mathematics education. Culemborg: Technipress.

Hendriks, P., Taatgen, N., & Andringa, T. (1997). Breinmakers & breinbrekers: Inleiding cognitiewetenschap. (1 ed.). Amsterdam: Addison- Wesley Longman.

Jochems, W. (1996). Good practice, wat is de praktijk en wat is goed? Onderzoek van Onderwijs, 25(1), 4-5.

Kirby, J. R. (1993). Collaborative and competitive effects of verbal and spatial processes. Learning and Instruction, 3(3), 201-214.

Koschmann, T. D. (1994). Toward a theory of computer support for collaborative learning. The journal of the learning sciences, 3(3), 219-225.

Lowyck, J. (1997). Onderwijs en technologie. In J. Elen & K. Staessens (Eds.), Onderwijskundige begeleiding in het hoger onderwijs, uitdagingen en perspectieven (pp. 87-104). Leuven: Garant.

Lowyck, J., & Verloop, N. (1995). Onderwijskunde: een kennisbasis voor professionals. Groningen: Wolters-Noordhoff.

Martens, R. (1998). The use and effects of embedded support devices in independent learning. Utrecht: Lemma.

Mathijssen, I., & Imbos, Tj. (1997). De effecten van verschillende leeromgevingen in universitaire statistiekonderwijs (intern rapport). Maastricht: Vakgroep Methodologie en Statistiek.

Min, R. (1997). Het WEB als werk- en doe- en leeromgeving. In M. Mirande, J.

Riemersma, & V. W. (Eds.), De digitale leeromgeving (pp. 149-159). Groningen: Wolters-Noordhoff.

Mirande, M., Riemersma, J., & Veen, W. (1997). De digitale leeromgeving. Groningen: Wolters-Noordhoff.

Moore, D. S. (1997a). Bayes for beginners? Some reasons to hesitate. The American Statistician, 51(3), 254-274.

Moore, D. S. (1997b). New pedagogy and new content: the case of statistics. Statistical Review, 65(2), 123-165.

Moore, P. (1993). Meta cognitive processing of diagrams, maps and graphs in comprehension of graphics in texts. Learning and Instruction, 3(3), 215-216.

Morris, C. N. (1992, August, 1992). Respondent. Paper presented at the Modern interdisciplinary university statistics education, Boston.

Muhr, Th. (1997). Atlas. ti; The knowledge workbench (version 4.1) [Computer software]. Berlin: Scientific software development.

Paivio, A. (1986). Mental representations: a dual coding approach. Oxford: University Press.

Posner, M. I. (Ed.). (1991). Foundations of cognitive science (3 ed.). Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

Ridder, de J.A. (1995). Ceta; a program for content analysis (version 2.1) [Computer software]. Groningen: iec ProGAMMA.

Roberts, C. W. (Ed.). (1997). Text Analysis for the Social Sciences. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Ronteltap, F., & Eurelings, A. (1998). Samenwerking tijdens de studie met behulp van ICT. Onderzoek van Onderwijs, 27(2), 19-22.

Rossmann, A. J. (1996). Workshop statistics: Discovery with data. (2 ed.). New York: Springer-Verlag Inc.

Schuyten, G., & Dekeyser, H. (1997). Computer software in statistics education: student views on the impact of a computer package on affection and cognition. In J. B. Garfield & G. Burrill (Eds.), Research on the role of technology in teaching and learning statistics (pp. 207-217). Voorburg: International Statistical Institute.

Schuyten, G., & Dekeyser, H. (1998, 21-26 June 1998). An electronic learning environment for applied statistics: Quality Care and Statistics Education in Higher Education. Proceedings of the fifth international conference on teaching statistics. Paper presented at the fifth international conference on teaching statistics, Singapore.

Schvaneveldt, R. W. (1990). Pathfinder associative networks: studies in knowledge organisation. Norwood, New Jersey: Ablex publishing corporation.

Simons, P. R. J. (1996). Goed doceren is goed laten leren. Onderzoek van Onderwijs, 25(1), 8-9.

Sutherland, R., & Mason, J. (1995). Exploiting mental imagery with computers in mathematics education. (Vol. 138). Berlin: Springer-Verlag.

Tabachneck-Schijf, H. J. M., & Simon, H. A. (1996). Forms of representations. In D. Peterson (Ed.), Forms of representations (pp. 33). Exeter: Intellect Books.

Tergan, S. O. (1996). Hypertext/hypermedia. In M. De Volder (Ed.), From penny post to information super high-way: open and distance learning in close up (pp. 195-204). Leuven: Acco.

Tucker, J. R. (1992, August 1992). Modern interdisciplinary university statistics education. Paper presented at the Modern Interdisciplinary University Statistics Education, Boston.

User Guide (1997). QSR-Nudist [Computer software]. Qualitative solutions & research Pty Ltd. Melbourne Victoria Australia.

Vere-Jones, D. (1995). The coming age of statistical education. International Statistical Review, 63(1), 3-23.

Vosniadou, S. (1996). Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. Learning and Instruction, 6(2), 95-109.

Watts, D. G. (1991). Why is introductory statistics difficult to learn? and what can we do to make it easier. The American Statistician, 45(4).

Weldon, K. L. (1998, 21- 26 june). Simulation models, graphical outputs and statistical discovery. Paper presented at the The fifth international conference on teaching of statistics, Singapore.

Wetzel, C. D., Radtke, P., & Stern, H. (1994). Instructional effectiveness of video media. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Wild, C. J. (1994). Embracing the "wider view" of statistics. The American Statistician, 48(2), 163-171.

Ontvangen: augustus 1998

Geaccepteerd: januari 1999

