

Iteratie tijdens het ontwerpen van onderwijs: een empirische studie¹

D.M.L. Versteegen, A. Pilot en Y.F. Barnard

Samenvatting

Het ontwerpen van onderwijs is geen lineair proces. Iteratie kan een ontwerp verbeteren. Onderwijsontwerpers hebben echter ondersteuning nodig bij het omgaan met iteratie. In een empirische studie is onderzocht of niet-ervaren ontwerpers met behulp van een bestaande ontwerpmethode, ontwerp tool en gerichte ondersteuning voor iteratie een complex ontwerp probleem aankunnen. Daarnaast is onderzocht of er een verband is tussen het aantal iteraties en de kwaliteit van de ontwerpen. Uit de resultaten blijkt dat niet-ervaren ontwerpers acceptabele ontwerpen kunnen maken, mits zij voldoende worden ondersteund. De kwaliteit wordt in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid tijd die aan de ontwerptaak is besteed, maar hangt niet samen met het aantal iteraties. In de discussie wordt een kader voor verder onderzoek beschreven.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en onderzoeksvragen

Idealiter zou een onderwijsontwerp gebaseerd moeten zijn op wat leerlingen moeten leren en hoe zij dat het meest effectief en efficiënt kunnen leren. De analyse-, ontwerp- en productiefases kunnen sequentieel, cyclisch of overlappend worden uitgevoerd. In de praktijk wordt dit ontwerpproces echter verstoord door allerlei "praktische" factoren, zoals tegenstrijdige en veranderende eisen, interrupties door het management, personeelwisselingen in het ontwerpteam en technologische vooruitgang die leidt tot meer mogelijkheden. Door te reageren op deze verstoringen kan het ontwerpproces chaotisch worden. Maar als de ontwerpers er niet op reageren, zal hun ontwerp waarschijnlijk niet voldoen aan de eisen of niet geaccepteerd worden binnen de organisatie. Zeker voor beginnende ontwerpers is het moeilijk

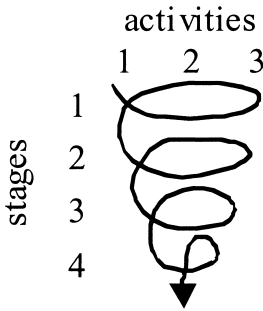
om flexibel te blijven en tegelijkertijd overzicht te houden over alle overwegingen en wijzigingen.

Het ontwerpen van onderwijs is een iteratief proces. In brede zin kan iteratie worden gedefinieerd als "dezelfde activiteiten opnieuw uitvoeren" (Van Wagenberg, 1992). Van Wagenberg onderscheidt de volgende redenen om te itereren:

1. Iteratie als repeterende activiteit. Ontwerpers voeren dezelfde ontwerpactiviteit uit maar voor verschillende deelproblemen of op verschillende niveaus van detail;
2. Iteratie door wederzijdse beïnvloeding. Wanneer twee ontwerpprocessen tegelijk worden uitgevoerd (bijv. het ontwerp van een simulator en het ontwerp van de bijbehorende klassikale theorieopleiding) dan beïnvloeden die elkaar en veroorzaken daardoor iteratie;
3. Iteratie om fouten te herstellen. Ontwerpers passen hun ontwerp aan, nadat zij tot de ontdekking komen dat ze een fout gemaakt hebben of nadat een aanname waarop het ontwerp was gebaseerd niet correct bleek, en
4. Iteratie om het ontwerp te herzien. Ontwerpers herzien hun ontwerp grondig om zo tot een beter ontwerp te komen. Onder deze vorm van iteratie valt ook het overwegen en (gedeeltelijk) uitwerken van alternatieve ontwerpen.

Alle vier de soorten iteraties zouden moeten leiden tot een beter ontwerp; een ontwerp zonder fouten dat optimaal aan de gestelde voorwaarde voldoet en is aangepast aan de (ontwerpen van) andere delen van de leeromgeving. Wanneer het probleem wordt opgesplitst in deelproblemen en iteratie als repeterende activiteit wordt uitgevoerd, wordt het ontwerpproces beter beheersbaar. Ook daardoor kunnen ontwerpers waarschijnlijk tot een beter ontwerp komen. Blessing (1994) beeldt het ontwerpproces uit als een spiraal, een concentrisch proces waarin ontwerpactiviteiten meer dan eens worden

uitgevoerd om geleidelijk de oplossingsruimte te verkleinen en dichter bij een optimaal product te komen (zie Figuur 1).



Figuur 1. Het ontwerpproces als een concentrisch proces waarin ontwerpactiviteiten meer dan eens worden uitgevoerd en de oplossingsruimte steeds verder wordt verkleind (uit Blessing, 1994: pagina 41, deel d; gebruikt met toestemming van de auteur).

De bovenstaande beschrijvingen van verschillende soorten iteraties tijdens ontwerpprocessen suggereren dat meer iteratie leidt tot een kwalitatief beter ontwerp. Of dat ook echt zo is, is moeilijk te bewijzen: Een volgende versie van een ontwerp (na één of meerdere iteraties) is immers ook verder uitgewerkt en daardoor niet meer te vergelijken met vorige versies. Daarom hebben wij ervoor gekozen om de kwaliteit te bestuderen van de ontwerpen van verschillende ontwerpers, die meer of minder itereren.

Onderzoeksvragen

In dit artikel wordt verslag gedaan van een empirische studie naar iteratie in het ontwerpontwerpproces. De eerste onderzoeksvraag is: "Is er een verband tussen de hoeveelheid iteratie en de kwaliteit van ontwerpen?" Onze hypothese is dat meer iteraties zullen leiden tot een beter ontwerp. Verder nemen we aan dat vooral niet-ervaren ontwerpers moeite zullen hebben met het iteratieve karakter van ontwerpontwerpprocessen (zie ook Paragraaf 1.3).

Daarom is de tweede onderzoeksvraag als volgt geformuleerd: "Kunnen ook niet-ervaren ontwerpers met gerichte ondersteuning voor een iteratief ontwerpproces een realistisch en complex ontwerpprobleem oplossen (zowel uit het oogpunt van de kwaliteit van

de ontwerpen als vanuit het oogpunt van de meningen van proefpersonen over de ontwerp taak)?" Tijdens de studie werd een aantal maatregelen genomen om een iteratief ontwerpproces te ondersteunen. Onze hypothese is dat het ondersteunen van een systematisch ontwerpproces met iteraties ook relatief onervaren ontwerpers in staat stelt om acceptabele ontwerpen te maken.

Feitelijk ontbreekt een theoretisch kader voor onderzoek naar en ondersteuning van iteratie tijdens het ontwerpen van onderwijs. Met ons onderzoek willen we daaraan bijdragen.

Trainingssimulatoren

Om iteratie te kunnen bestuderen is een realistisch en complex ontwerpprobleem gebruikt: het ontwerpen van simulatortraining voor warmtebeeldanalisten op grond waarvan ook de specificaties voor een nieuw aan te schaffen simulator kunnen worden afgeleid (zie Paragraaf 2.3). Een trainingssimulator is een apparaat dat (delen van) een operationeel systeem en/of de taakomgeving simuleert voor trainingsdoeleinden (Riemersma, Van Rooij, Just, Farmer, Paris, Fuchs, Reinschlüssel, Jorna, & Bermejo Muñoz, 1994). Simulatoren worden gebruikt voor het aanleren van complexe taken waarbij technisch geavanceerde systemen worden gebruikt. Voorbeelden zijn vliegsimulatoren en simulatoren voor autorijles. De studie betreft met name het deel van ontwerpproces waarin de toekomstige simulatortraining (de onderdelen van de opleiding die in de simulator zullen plaatsvinden) wordt ontworpen. Daaruit kunnen dan (later) de specificaties voor de simulator en voor andere benodigde leermiddelen worden afgeleid. Degenen die simulatortraining ontwerpen zijn doorgaans geen ervaren ontwerpontwerpers, maar instructeurs of experts in het uitvoeren van de betreffende taken.

In dit artikel gebruiken we de termen *training*, *trainingsprogramma* en *instructeurs*, omdat deze doorgaans gebruikt worden in de context van simulatoren. Deze termen hebben wellicht de connotatie van een directief, door de instructeur geleid leerproces. Dat is echter uitdrukkelijk niet de bedoeling (alhoewel op dit moment een groot percen-

tage van de simulatortrainingen nog wel zo is ingericht, zie Verstegen, 2003; Verstegen, Barnard, & Pilot, 2002).

In deze paragraaf is beschreven waarom het aannemelijk is dat iteratie leidt tot kwalitatief betere ontwerpen. In de volgende twee paragrafen wordt op verschillende manieren beargumenteerd dat een onderwijsontwerpproces niet lineair kan verlopen. Dit blijkt uit de ervaringen van ontwerpers in de praktijk, maar ook uit een analyse van de aard van ontwerpprocessen. Bovendien zijn er redenen om aan te nemen dat beginnende ontwerpers meer moeite hebben met het iteratieve karakter van onderwijsontwerp.

1.2 Het ontwerpen van specificaties in de praktijk

Uit ervaringen van ontwerpers blijkt dat het ontwerpen van onderwijs, in dit geval het ontwerpen van simulatortraining en de daarvoor benodigde trainingssimulator, geen lineair proces is. Uit discussies met ontwerpers van specificaties van trainingssimulatoren en uit analyse van projecten in onze eigen organisaties hebben we de volgende karakteristieken van het ontwerpen van trainingssimulatoren afgeleid (Verstegen, Barnard, Van der Hulst, & Sabel, 2000; Verstegen & Van der Hulst, 2000):

- *Complexe domeinen.* Simulatoren worden gebruikt voor het aanleren van complexe taken. De taakanalyse is vaak moeilijk en arbeidsintensief. Er moeten veel gegevens worden verzameld en dat lukt doorgaans niet in één keer.
- *Verschillende soorten (tegenstrijdige) eisen.* Hoe de trainingssimulator eruit gaat zien, wordt niet alleen bepaald door onderwijskundige overwegingen, maar ook door andere soorten eisen zoals het budget, de technologische mogelijkheden, de tijd en het personeel dat beschikbaar is, etc.
- *Verschillende soorten expertise benodigd.* Voor het ontwerp zijn verschillende soorten expertise nodig, zoals kennis van het ontwerpprobleem en het domein, kennis over het geven van training, kennis over het ontwerpen van onderwijs en technische en financiële expertise. De experts op deze gebieden hebben een verschillende achtergrond en gebruiken verschil-

lende terminologie. De communicatie binnen het ontwerpteam verloopt daarvoor niet altijd even soepel.

- *Tegenstrijdige belangen.* Verschillende partijen hebben verschillende belangen; het management is vaak op zoek naar de goedkoopste oplossing, terwijl bij voorbeeld de instructeurs en onderwijskundigen inzetten op het meest effectieve onderwijs.
- *Diversiteit van ontwerpproblemen.* Probleemsituaties verschillen in complexiteit, het aantal mensen dat betrokken is bij het ontwerpproces, de eisen en randvoorwaarden, etc. Daardoor is het niet mogelijk om het “ideale” ontwerpproces voor te schrijven of te standaardiseren.
- *Ontwerpprocessen duren lang en zijn arbeidsintensief.* Dit komt niet alleen door de complexiteit van het ontwerpproces zelf, maar ook door de lange procedures die gevolgd moeten worden om toestemming en budget voor de aanschaf van dure leermiddelen te krijgen. Binnen de Koninklijke Landmacht, bij voorbeeld, wordt vier tot vijf jaar als normaal gezien (Van Rooij, 2002), maar het kan ook 15 jaar zijn (Kincaid, 1997).
- *Informatie is niet compleet en vaak onzeker.* Vaak is het nieuwe, operationele systeem ook nog in ontwikkeling en daardoor is nog niet precies duidelijk hoe de aan te leren taken zullen worden uitgevoerd. Eisen en randvoorwaarden, zoals het budget of het aantal op te leiden leerlingen, kunnen nog veranderen. Er zitten ook afhankelijkheden in het ontwerpproces zelf: Soms moeten ontwerpers bij voorbeeld beslissingen nemen, voordat ze kunnen overzien of de gekozen oplossing technisch gezien wel mogelijk is.

Deze kenmerken, die in meer of mindere mate ook gelden voor het ontwerpen van andere moderne en geavanceerde leermiddelen, leiden tot conflicten in de planning. Vanuit onderwijskundig oogpunt zou het specificeren van simulatoren en andere leermiddelen moeten worden uitgesteld totdat er voldoende informatie is over de leerlingen en de aan te leren taken. Pas dan kunnen gedegen analyses worden uitgevoerd. In de praktijk is dat onmogelijk om twee redenen. Een (eerste)

ontwerp moet al vroeg worden ingediend om budget te reserveren en de leermiddelen moeten eigenlijk al beschikbaar zijn voordat de nieuwe, operationele systemen worden afgeleverd. Het is immers onacceptabel als een nieuw type vliegtuig nog enkele jaren niet kan worden gebruikt, omdat de piloten nog niet opgeleid kunnen worden. De ontwerpers moeten dus vroeg beginnen en op een iteratieve wijze werken.

1.3 Ontwerpen als een vorm van probleemoplossen

Ook uit een analyse van de ontwerptaak kan worden afgeleid dat ontwerpen een iteratief proces moet zijn. Ontwerpen kan worden gezien als een vorm van probleemoplossen. Typisch voor probleemoplossen is dat het vaak niet meteen duidelijk is wat er moet gebeuren om tot een oplossing te komen (De Jong, 1986; Mettes & Pilot, 1980). Ontwerp-problemen zijn slecht gedefinieerd of 'ill-structured': de eisen en randvoorwaarden zijn complexe variabelen die niet meteen duidelijk zijn en zelfs nog kunnen veranderen tijdens het ontwerpproces (Greeno, Korpi, Jackson III, & Michalchik, 1990). Er is geen algoritme of procedure die een oplossing garandeert. Er zijn slechts heuristieken die de kans op het vinden van een oplossing vergroten (Mettes & Pilot, 1980). Het is zelfs niet altijd duidelijk wat precies het probleem is.

Ontwerpproblemen kunnen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld puzzels, niet alleen met algemene kennis worden opgelost. Zij vereisen ook veel professionele, domeinspecifieke kennis. Dat geldt zeker voor het ontwerpen van trainingssimulators die worden gebruikt voor het aanleren van complexe taken, die vaak moeten worden uitgevoerd met geavanceerde, technische apparaten. Bovendien hebben ontwerpers strategische kennis nodig over hoe het proces van probleemoplossen moet verlopen. Ontwerpers moeten in staat zijn om steeds de juiste (combinatie van) kennis op te roepen in verschillende soorten probleemsituaties. Experts kunnen dat beter, niet alleen omdat zij meer kennis hebben, maar ook omdat die kennis beter georganiseerd is in cognitieve structuren of schema's. Deze helpen het ontwerpproces te structureren en worden gebruikt om

informatie te categoriseren en op te slaan (Nelson, Magliaro, & Sherman, 1988). Bovendien herkennen experts problemen die lijken op andere problemen die zij in het verleden al eens hebben gezien, en zij hergebruiken delen van eerdere oplossingen. Hard-op-denkstudies naar het ontwerpen van onderwijs (Kerr, 1983; Le Maistre, 1998; Perez, Fleming-Johnson, & Emery, 1995; Rowland, 1991; Rowland, 1992) laten zien dat ervaren ontwerpontwerpers veel tijd besteden aan een gedegen probleemanalyse en die ook tijdens de ontwerpfase steeds blijven aanvullen en aanpassen. Zij beginnen al vroeg na te denken over oplossingen, maar stellen het nemen van beslissingen uit tot later. Ze bedenken altijd verschillende mogelijke oplossingen, nemen een scala van factoren in overweging en refereren meer aan ontwerptheorieën en -modellen. Minder ervaren ontwerpers, daarentegen, doen slechts een oppervlakkige probleemanalyse. Zij nemen genoeg met de beschikbare informatie, gaan al snel een oplossing in detail uitwerken en committeren zich daar ook snel aan. Niet-ervaren ontwerpers lijken ofwel de benodigde declaratieve en procedurele kennis te missen, ofwel de strategische kennis die nodig is om deze toe te passen op specifieke ontwerp-problemen. Zij hebben daarom waarschijnlijk meer behoefte aan sterk gestructureerde ontwerpmethodes (Perez et al., 1995). Uit de hierboven beschreven protocolstudies blijkt dat ervaren ontwerpers tot adequate oplossingen komen (al kunnen die van elkaar verschillen). Zij blijken inderdaad op een iteratieve manier te werken, terwijl het ontwerpproces van onervaren ontwerpers veel meer lineair van aard is. Dat is ongunstig als we aannemen dat iteratie tot betere ontwerpen leidt. We veronderstellen bovendien dat minder ervaren ontwerpers meer moeite hebben om te itereren, wanneer zij daartoe gedwongen worden (bij voorbeeld door veranderende eisen of andere aanleidingen, zoals beschreven in Paragraaf 1.2). Voor de empirische studie in dit artikel zijn daarom niet-ervaren ontwerpers als proefpersonen gebruikt.

1.4 Methodes om onderwijs te ontwerpen

Ontwerpmethodes schrijven voor hoe speci-

ficaties voor producten kunnen worden ontwikkeld op basis van een systematische analyse van de behoeftes van gebruikers. Veel methodes geven stap voor stap aan welke ontwerpactiviteiten ontwerpers moeten uitvoeren en welke beslissingen ontwerpers moeten nemen. Ze lijken daardoor aan te sturen op een lineair proces. Dat geldt ook voor veel ontwerpmethodes die zijn gebaseerd op de principes van 'Instructional System Design' (ISD, zie bijv. Gagné, Briggs, & Wager, 1992). In werkelijkheid verlopen ontwerpprocessen echter niet lineair. ISD-methodes erkennen dat en proberen daarop in te spelen door formatieve evaluaties in te bouwen in het ontwerp- en ontwikkelproces. Andere ontwerpmethodes zijn daarin rigouzeuzer en richten zich helemaal op het snel ontwikkelen, testen en aanpassen van een serie prototypes. Zij gaan uit van het 'rapid prototyping'-principe (bijv. Tripp & Bichelmeyer, 1990). Deze methodes bieden echter minder structuur, hetgeen vooral voor minder ervaren ontwerpers een nadeel kan zijn. Bovendien zijn zij alleen geschikt wanneer (functionele) prototypes snel en goedkoop kunnen worden gemaakt en eindgebruikers beschikbaar zijn voor tussenevaluaties. Beide types ontwerpmethodes ondersteunen iteratie maar ten dele. Zowel de ISD- als de 'rapid prototyping'-methodes geven niet aan wanneer en hoe ontwerpers moeten itereren (bij voorbeeld hoe lang ze moeten doorgaan met een bepaalde ontwerpactiviteit en wanneer ze moeten doorgaan met de volgende, een evaluatie moeten uitvoeren of terug moeten gaan naar een eerdere stap). Op dat gebied is, ons inziens, nog veel verbetering mogelijk.

In de empirische studie gebruikten de proefpersonen de MASTER-methode (Farmer, Jorna, Riemersma, Van Rooij & Moraal, 1999), een op de 'Instructional System Design' gebaseerde methode die speciaal bedoeld is voor het ontwerpen van onderwijs met trainingssimulatoren. Er waren twee redenen voor de keuze van een op ISD gebaseerde methode: de proefpersonen waren geen ervaren ontwerpers en bij trainingssimulatoren is 'rapid prototyping' doorgaans te duur en/of technisch niet haalbaar. Er werden een aantal maatregelen getroffen om

iteratie te ondersteunen. Deze worden beschreven in Paragraaf 2.5.

1.5 Overzicht

In dit artikel wordt verslag gedaan van een empirische studie naar iteratie in het ontwerpproces. De methode van deze studie wordt beschreven in Paragraaf 2, gevolgd door de resultaten in Paragraaf 3. In Paragraaf 4 worden eerst de conclusies wat betreft de onderzoeksvragen besproken. Vervolgens wordt een theoretisch kader geschetst dat als uitgangspunt kan dienen voor verder onderzoek naar en het ontwikkelen van ondersteuning voor een iteratief ontwerpproces.

2 Methode

Een belangrijk probleem bij veel van de hierboven beschreven studies is dat zij in het laboratorium plaatsvonden en kort duurden, dat wil zeggen enkele uren. In de praktijk zijn ontwerpprocessen complexer en nemen maanden of zelfs jaren in beslag. Het is aannemelijk dat juist iteratie pas optreedt, wanneer het ontwerpprobleem ingewikkeld en onoverzichtelijk is, en het ontwerpproces langer duurt. Daarom hebben we een empirische studie uitgevoerd, waarvoor een realistisch ontwerpprobleem, een meer realistische tijdsduur en een realistische setting werden gebruikt.

2.1 Setting

Tijdens de studie is getracht om zoveel mogelijk een realistische ontwerpsituatie na te bootsen. Allereerst is gebruik gemaakt van een realistische casus, dat wil zeggen realistisch in omvang en complexiteit en afgeleid van een in de praktijk bestaand ontwerpprobleem (zie Paragraaf 2.3). Ten tweede moest de studie een realistische tijdsduur hebben. Het kost immers tijd om een simulatortraining (voor een nieuw aan te schaffen simulator) te ontwerpen, dat wil zeggen om de ontwerpmethode te doorlopen, zeker wanneer we iteratie tijdens het ontwerpproces willen bestuderen. Ten derde was de setting zo realistisch mogelijk. De proefpersonen werkten thuis aan hun ontwerpopdracht, drie maanden lang en halftijds. Deze tijdsduur bleek voldoende te zijn om een conceptont-

werp uit te werken. Zij werkten individueel, maar konden met elkaar overleggen tijdens bijeenkomsten en via discussiegroepen op het internet. De proefpersonen konden zelf extra informatie opzoeken of per e-mail vragen stellen aan verschillende experts. Tijdens een aantal bijeenkomsten was er gelegenheid tot discussie en werden er presentaties en demonstraties gegeven over het domein van de ontwerpopdracht (warmtebeelden, zie Paragraaf 2.3) en simulatoren in het algemeen.

Deze setting lijkt op een ontwerpsituatie die in de praktijk regelmatig voorkomt, waarin bij voorbeeld een instructeur of een domeinexpert verantwoordelijk is voor dit deel van het ontwerpproces. Hij of zij heeft dan wel contact met collega's en experts op andere gebieden die vragen kunnen beantwoorden of commentaar kunnen leveren. Net als in deze studie, zullen deze collega's en experts niet altijd meteen reageren en zullen zij ook niet in alle gevallen een volledig antwoord kunnen geven. Het grootste verschil met praktijksituaties is dat deze studie werd uitgevoerd in het kader van een universitaire cursus. De proefpersonen konden studiepunten verdienen en werden aan het eind door hun docenten beoordeeld. Verder was er enige begeleiding (hieronder beschreven), de handelingen van proefpersonen werden geregistreerd door een 'tool', en de proefpersonen vulden op verschillende momenten vragenlijsten in.

2.2 Proefpersonen

De ontwerpers van simulatortraining zijn normaliter professionals die niet beschikbaar zijn voor deelname aan langere studies. Daarom werd de studie uitgevoerd als module in het curriculum Onderwijskunde aan de Universiteit Utrecht in april, mei en juni 1999 (module *COO 1999*). Het betrof een keuzemodule in het derde jaar, waaraan ook afgestudeerden (in het kader van postacademisch onderwijs) en studenten van andere studies konden deelnemen. Tien van de ingeschreven studenten maakten de module af². Acht van de tien proefpersonen waren studenten Onderwijskunde. De meeste van hen hadden enige ervaring met lesgeven, variërend van enige weken tot vele jaren. De twee anderen studeerden Computerlinguïstiek en Multime-

diapsychologie en hadden geen achtergrond in het onderwijs. Geen van de proefpersonen had ervaring met tools voor ontwerp-ontwerp of met trainingssimulatoren.

Deze proefpersonen stemmen op belangrijke kenmerken overeen met de doelgroep *niet-ervaren ontwerper*. Zij hadden (theoretische) kennis van instructieontwerp en ontwerpmethodes, maar geen concrete ervaring met het ontwerpen van specificaties voor simulatoren en de MASTER-methode. Het ontwerpprobleem betrof een domein waarvan zij weinig of niets wisten, maar er zijn geen aanwijzingen dat een gebrek aan domeinervaring de proefpersonen heeft verhinderd om hun ontwerpopdracht uit te voeren. Kleine problemen, bij voorbeeld met specifieke terminologie of specifieke activiteiten, zoals het ontwerpen van simulatorscenario's, konden worden opgelost met wat extra uitleg en voorbeelden. Twee domeinexperts die de ontwerpen van de proefpersonen na afloop bekeken, zeiden dat de beste ontwerpen goed genoeg waren om direct als uitgangspunt voor de specificatie van een simulator te gebruiken.

2.3 Materialen

De ontwerpopdracht

De casus die werd gebruikt tijdens de studie betreft de opleiding van een analist die warmtebeelden moet analyseren, die verzameld worden met een onbemand vliegtuigje. De warmtebeeldanalist moet ook (op afstand) de camera besturen en scherpstellen, berichten doorgeven aan de commandant en aanwijzingen geven aan de navigator die het vliegtuigje (op afstand) bestuurt (zie voor een uitgebreide beschrijving Verstegen, 2003; Verstegen, Barnard, & Pilot, 2003). De taak van de proefpersonen was om een opleiding te ontwerpen voor deze warmtebeeldanalist, en om het deel van de opleiding dat zij in een simulator wilden laten plaatsvinden (de simulatortraining) verder uit te werken. Het ontwerp van de simulatortraining zou inzicht moeten geven in hoe een trainingssimulator eruit zou moeten zien (functionele specificaties) en als basis moeten kunnen dienen voor nog uit te werken technische specificaties. Als 'input' kregen de proefpersonen

een set van leerdoelen en een beschrijving van de doelgroep, afgeleid van de analyses die waren uitgevoerd binnen een TNO-project (Van den Bosch, Barnard, & Helsdingen, 1999).

MASTER-methode en tool

De proefpersonen gebruikten de MASTER-methode (Farmer et al., 1999), en dan met name het deel van de MASTER-methode dat het ontwerpen van de toekomstige simulator-training betreft (het 'Training Program Design', verder aangeduid als MASTER-TPD-methode). In deze ontwerpfase treedt iteratie zeker op, doordat ontwerpers nu voor het eerst oplossingsrichtingen gaan bedenken. Omgaan met dit type iteratie is extra moeilijk, doordat het in dit stadium nog niet mogelijk is om prototypes te ontwikkelen en uit te testen.

De MASTER-TPD-methode is geïmplementeerd in een prototype tool, een aangepaste versie van Designer's Edge (DE 2.0, 1997) die draait onder Windows95 of Windows98 (zie Figuur 2). De tool leidt de gebruikers door de verschillende ontwerpactiviteiten en slaat de verzamelde gegevens op. Bovendien geeft de tool een 'notepad' voor het maken van aantekeningen bij iedere ontwerpactiviteit. De handelingen van de gebruikers worden opgeslagen in een 'logfile' (zie voor een uitgebreidere beschrijving Verstegen, Steutel, & Barnard, 2000)³.

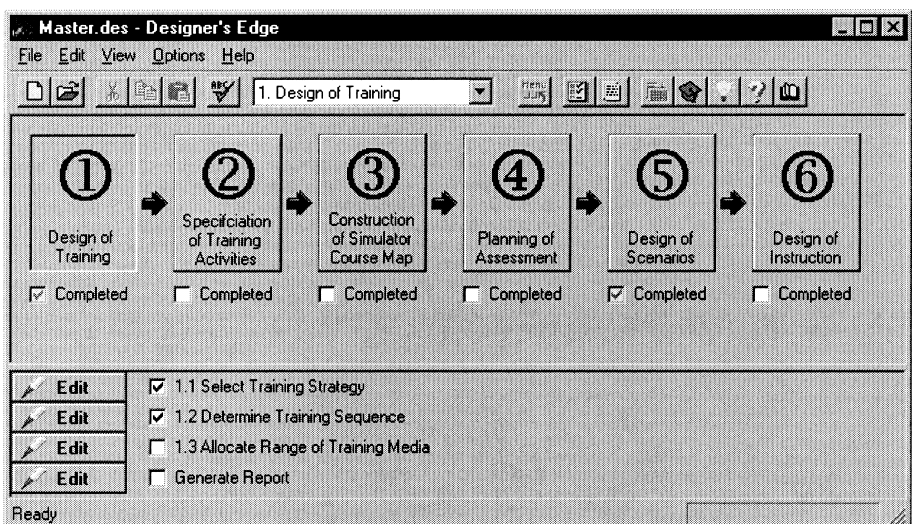
Overige materialen

De proefpersonen ontvingen een elektronische versie van de mondelinge introductie van de casus en van de ontwerpmethodeneen tool (tekst met 'screen prints'), een verklarende woordenlijst en een reader met achtergrondinformatie over warmtebeelden, onbemande voertuigen, 'Instructional System Design' in het algemeen, en de MASTER-TPD-methode in het bijzonder.

2.4 Meetinstrumenten

In deze paragraaf worden alleen de meetinstrumenten beschreven die gebruikt zijn voor het verzamelen van de gegevens die belangrijk zijn voor het beantwoorden van de beide onderzoeksvragen. Voor het beantwoorden van de tweede vraag wordt enerzijds gekeken naar het oordeel van experts over de kwaliteit van de ontwerpen en anderzijds naar de mening van proefpersonen over de ontwerpzaak en de gebruikte methode.

De kwaliteit van de ontwerpen van proefpersonen is beoordeeld door experts (zie voor een toelichting Paragraaf 3.1). Voor deze beoordeling zijn de uiteindelijke ontwerpen, inclusief aantekeningen, gebruikt die waren opgeslagen door de MASTER-TPD-tool. De beoordelingen van de experts worden vergeleken met de punten die de proefpersonen kregen van hun docenten. Een belangrijk nadeel van de empirische onderzoekssetting



Figuur 2. De prototype tool gebruikt tijdens de eerste twee studies, een aangepaste versie van Designer's Edge (DE 2.0, 1997).

was dat er geen controle was over de tijd die proefpersonen besteedden aan hun ontwerp. Omdat dat mogelijk de resultaten beïnvloedt, is deze ook afgeleid uit de 'logfiles' (zie Paragraaf 3.2).

Tijdens de studie vulden de proefpersonen vier vragenlijsten in (zie ook Tabel 1): een vragenlijst over hun eigen achtergrond (vooraf), een vragenlijst over hun eerste ervaringen met de MASTER-TPD-methode en -tool (na drie weken), een uitgebreide vragenlijst over de ontwerp taak, iteratie en de MASTER-TPD-methode, en een vragenlijst over de MASTER-TPD-tool en de andere vormen van ondersteuning (tijdens de laatste bijeenkomst). De mening van de proefpersonen is gebaseerd op de antwoorden van proefpersonen op negen meerkeuzevragen, met antwoorden op een vijfpuntsschaal, uit de derde vragenlijst die is afgenomen aan het einde van de ontwerperperiode (in week 9)⁴. De mening van de proefpersonen wordt gepresenteerd in Paragraaf 3.4 (Tabel 3).

Voor het beantwoorden van de eerste onderzoeksvraag worden dezelfde beoordelingen van de kwaliteit van de ontwerpen gebruikt (Paragraaf 3.1). Het aantal iteraties is afgeleid uit de 'logfiles' en wordt gerapporteerd in Paragraaf 3.3. Ter ondersteuning worden de antwoorden op twee open vragen over iteratie uit de derde vragenlijst vermeld (afgenomen in week 9). Deze twee open vragen werden als volgt ingeleid: "De MASTER-methode schrijft geen lineaire manier van werken voor: je kunt tussen stappen heen en weer gaan om beslissingen te herzien of wijzigingen aan te brengen." De twee open vragen waren:

1. Heb je dat veel gedaan? Geef een inschatting.
2. Zijn er specifieke (sub)stappen waarbij je dat meer gedaan hebt dan bij andere? Zo ja, welke? Wat voor soort wijzigingen heb je dan doorgevoerd?

Om de reacties van proefpersonen op het iteratieve karakter van het ontwerp proces te illustreren worden enkele opmerkingen van proefpersonen vermeld die afkomstig zijn uit toelichtingen bij de vragenlijst, uit de e-mails van proefpersonen gedurende de studie en uit de 'logfiles' van de discussies tussen proefpersonen in de internet-discussiegroepen.

2.5 Maatregelen om iteratie te ondersteunen

Voorafgaand aan de studie werd aan de proefpersonen uitgelegd dat een ontwerp proces normaliter niet lineair verloopt en dat zij daarom altijd terug konden gaan naar eerdere ontwerpactiviteiten om aanpassingen te doen. De studie was zo opgezet dat aanleidingen tot iteratie zich zouden voordoen. De casus was zo complex dat proefpersonen niet in één keer alle facetten konden overzien. Tijdens bijeenkomsten was er gelegenheid tot discussie en werden er presentaties en demonstraties gegeven. De proefpersonen konden ook via internet in groepen met elkaar discussiëren of zelf extra informatie opzoeken in de reader, via internet of in de bibliotheek. Zij konden bovendien per e-mail vragen stellen aan verschillende experts (een domeinexpert, een onderwijskundig expert, een simulator deskundige, een expert op het gebied van de MASTER-TPD-tool, de verantwoordelijke voor de internet-discussiegroepen, en de verantwoordelijke voor de organisatie van de cursus). De rol van expert werd vervuld door diverse medewerkers van de Universiteit Utrecht en TNO.

De veronderstelling was dat het gebruik van een systematische ontwerp methode iteratie zou vergemakkelijken. Wanneer het ontwerp proces een duidelijke structuur heeft, is het voor ontwerpers gemakkelijker om te overzien wat zij al gedaan hebben en wat zij nog moeten doen, en om eventueel terug te gaan naar een eerdere stap. De tool ondersteunt deze vorm van iteratie, doordat tussenresultaten altijd beschikbaar blijven. Ontwerpers zullen eerder geneigd zijn om alternatieve oplossingen te overwegen en alternatieven (gedeeltelijk) uit te werken, wanneer zij erop vertrouwen dat zij kunnen itereren zonder het overzicht te verliezen of eerder werk kwijt te raken. Bovendien bewaart de tool ook de aantekeningen van ontwerpers, zodat zij, wanneer zij een beslissing moeten herzien, kunnen nagaan op welke argumenten deze beslissing was gebaseerd, welke aannames zijn gedaan, en welke alternatieven al zijn overwogen. De volgende maatregelen ondersteunden iteratie expliciet:

- *Richtlijnen*. In de MASTER-TPD-tool waren bij elke stap van de methode richt-

lijnen opgenomen met advies over het ontwerpproces zelf. Dit hield in strategische informatie over hoe een ontwerpactiviteit moet worden uitgevoerd, aanwijzingen voor het maken van aantekeningen, en informatie over de relatie tussen de verschillende ontwerpactiviteiten. Met name die laatste categorie kan direct iteratie veroorzaken. Voorbeelden van deze categorie zijn “als u er hier achter komt dat de leerdoelen nog niet in voldoende omschreven zijn, moet u teruggaan naar....” of “mogelijk ontdekt u tijdens het uitwerken van oefeningen of scenario’s dat sommige leeractiviteiten toch beter in een andere leeromgeving of met ander leermiddel zouden kunnen worden uitgevoerd, dan moet u teruggaan naar...”

- *Waarschuwingen.* Een klein aantal waarschuwingen verschijnt automatisch, wanneer een duidelijk meetbare gebeurtenis iteratie waarschijnlijk nodig maakt. Bij voorbeeld, wanneer de ontwerper maar een heel klein deel van de leeractiviteiten in de simulator wil laten plaatsvinden, verschijnt op het scherm de vraag of er nog wel echt een (dure) simulator nodig is voor dit beperkte aantal leeractiviteiten.
- *Twee ontwerp cycli.* Aan de proefpersonen werd gevraagd om eerst globaal door de methode heen te lopen om zo tot een eerste idee te komen, en daarna de ontwerpactiviteiten in detail uit te werken. De bedoeling was dat zij door eerst een globaal ontwerp te maken, een eerste indruk zouden krijgen van het soort opleiding en training dat zij voor ogen hebben en het soort leermiddelen dat daarvoor nodig zou zijn. Daardoor zou het gemakkelijker moeten zijn om het ontwerp en ontwerpproces te overzien en te beheersen. Het werken in verschillende ontwerp cycli dwingt ontwerpers om hun eigen ontwerp opnieuw te bekijken en beslissingen te heroverwegen. Deze vorm van iteratie komt ook in de praktijk vaak voor, omdat zij afgedwongen wordt door procedures waarbij een conceptontwerp eerst moet worden goedgekeurd voordat het verder mag worden uitgewerkt. Het uitvoeren van twee ontwerp cycli werd ondersteund door het versturen van “weekopdrachten”,

waarin stond omschreven wat proefpersonen ongeveer zouden moeten doen in een bepaalde week om aan het einde van de studie het ontwerp af te hebben.

- *Feedback.* Op twee momenten kregen de proefpersonen feedback: aan het einde van de *globale* ontwerp fase (d.w.z. na drie weken) en aan het eind van de *gedetailleerde* ontwerp fase (d.w.z. na 9 weken). De feedback werd opgesteld door de eerste auteur van dit artikel en de hoofddocent van de module. Omdat we juist het ontwerpproces en de variëteit in ontwerpen wilden bestuderen, was de feedback alleen gericht op de manier waarop proefpersonen de verschillende ontwerpactiviteiten van de MASTER-methode hadden uitgevoerd en nadrukkelijk niet op de kwaliteit van het ontwerp of op de validiteit van specifieke ontwerpbeslissingen.

2.6 Procedure

De proefpersonen werden geacht de helft van hun studietijd aan deze module te besteden, dat wil zeggen ongeveer 20 uur per week. Zij konden daarmee zeven studiepunten verdienen. Om deze studiepunten te halen moesten de proefpersonen aan het einde van de module een voldoende uitgewerkt (concept)ontwerp inleveren, dat ontwerp kort en helder presenteren tijdens de laatste bijeenkomst en in staat zijn om hun eigen ontwerpbeslissingen toe te lichten en te verdedigen in een schriftelijk verslag of tijdens een mondeling tentamen.

De proefpersonen werkten in hun eigen tempo, maar om een indicatie te geven van het tijdspad ontvingen zij wekelijks een beschrijving van het werk dat zij ongeveer zouden moeten doen om de opdracht op tijd af te krijgen. Na een introductie van de MASTER-methode, de tool en de casus tijdens de eerste bijeenkomst, oefenden de proefpersonen in de eerste week met een andere, kleine casus. Daarna werd hen gevraagd om in twee weken snel door de ontwerp methode heen te lopen en zo een eerste, globaal idee te ontwikkelen. Vervolgens hadden de proefpersonen zes weken de tijd om hun ontwerp verder uit te werken. De resterende drie weken besteedden zij aan het voorbereiden van hun presentatie en het afmaken van hun ontwerp. Tijdens

Tabel 1

Procedure

| Activiteit | | Week |
|-------------------------------------|---|-------------------|
| Eerste bijeenkomst (verplicht) | Uitleg doel en planning van de studie Introductie MASTER-TPD-methode en tool Introductie over trainingssimulatoren Eerste vragenlijst | 1 |
| Installatie tool | Bij proefpersonen thuis, op eigen of geleende computer | 1 |
| Oefenenfase | Oefenen met methode en tool m.b.v. oefencase over autorijden | 1 |
| Tweede bijeenkomst (verplicht) | Presentatie van domeinexpert over warmtebeelden en onbemande vliegtuigen Demonstratie van twee (andere) simulatoren Gelegenheid om vragen te stellen Uitleg van taken van proefpersonen in week 2-12 | 2 |
| Globale ontwerpfase | Globaal door alle stappen van de MASTER-TPD-methode om snel een eerste versie van het ontwerp te maken | 2-3 |
| Eerste feedbackronde | Feedback op het globale ontwerp | 3-5 ^a |
| Derde bijeenkomst (niet verplicht) | Gelegenheid om vragen te stellen | 3 |
| Gedetailleerde ontwerpfase | Nogmaals door alle stappen van de MASTER-TPD-methode om het ontwerp verder uit te werken | 4-9 |
| Vierde bijeenkomst (verplicht) | Demonstratie van warmtebeeldcamera Demonstratie van gesimuleerd onbemand vliegtuig Gelegenheid om vragen te stellen Tweede vragenlijst | 5 |
| Vijfde bijeenkomst (niet verplicht) | Excursie naar trainingssimulator in gebruik bij de Koninklijke Nederlandse Landmacht | 7 |
| Zesde bijeenkomst (verplicht) | Demonstratie van Designer's Edge 3.0 door de importeur Derde vragenlijst | 9 |
| Tweede feedbackronde | Feedback op gedetailleerd ontwerp | 9-11 ^a |
| Eindfase | Ontwerp afmaken op basis van feedback Presentatie voorbereiden | 10-12 |
| Zevende bijeenkomst (verplicht) | Voordracht van 15 minuten door alle proefpersonen Vierde vragenlijst | 12 |

^a Feedback werd gegeven, wanneer een proefpersoon het globale c.q. gedetailleerde ontwerp had ingeleverd.

de laatste bijeenkomst presenteerden de proefpersonen hun ontwerpen aan elkaar. De procedure is samengevat in Tabel 1.

3. Resultaten

3.1 Kwaliteit van de ontwerpen

De resultaten die de proefpersonen opleverden aan het einde van de studie waren ont-

werpen van de simulatortraining. Aangezien er geen objectieve maat was om de kwaliteit te meten, zijn de ontwerpen beoordeeld door verschillende experts. De focus lag daarbij op de algehele kwaliteit en de vraag of de ontwerpen geschikt waren als basis voor de specificatie van een simulator. Twee onderwijskundige experts met kennis van en ervaring in het specificeren van simulatortraining (de eerste en derde auteur van dit artikel) beke-

ken anonieme afdrucken van de ontwerpen, inclusief de aantekeningen, aan de hand van de volgende vragen:

- Zijn alle stappen van de MASTER-TPD-methode adequaat uitgevoerd?
- Zijn alle stappen voldoende uitgewerkt?
- Is het ontwerp coherent, bijv. wordt de gekozen trainingsstrategie toegepast in leeractiviteiten en trainingsscenario's?
- Bevat het ontwerp de informatie die noodzakelijk is voor de specificatie van een simulator? en
- Worden de genomen ontwerpbeslissingen voldoende onderbouwd in de aantekeningen?

Deze criteria werden niet apart beoordeeld, omdat ze niet objectief meetbaar zijn, omdat niet duidelijk is of ze even belangrijk zijn en omdat ze niet onafhankelijk zijn van elkaar. Een beoordelaar kan bij voorbeeld nauwelijks beoordelen of een stap van de methode adequaat is uitgevoerd als een proefpersoon geen aantekeningen heeft gemaakt. Daarom hebben de beoordelaars de ontwerpen gerangschikt van het beste (10) tot het minst goede (1) ontwerp. Zij besteedden daar twee tot drie dagen aan. Vervolgens werden de gemiddelde scores opnieuw gerangschikt. De twee proefpersonen met hetzelfde gemiddelde (proefpersoon 8 en 9) kregen dezelfde plaats. Deze gemiddelde rangorde is gebruikt in vergelijkingen met andere data in dit artikel. Uit Tabel 2 blijkt dat de scores van de

twee beoordelaars in hoge mate overeenkomen (Spearman's $\rho = 0,95$).

In Tabel 2 zijn nog twee andere maten opgenomen. Ten eerste, de punten die de proefpersonen van hun docenten kregen aan het einde van de cursus. De docenten baseerden hun beoordeling op de kwaliteit van de ontwerpen, de presentaties van de proefpersonen tijdens de laatste bijeenkomst en hun verslagen of mondelinge examens. En ten tweede, de beoordelingen door twee domeinexperts van de (militaire) school die verantwoordelijk zal zijn voor de opleiding van analisten van warmtebeelden afkomstig van onbemande vliegtuigen. Deze domeinexperts volgden dezelfde procedure als de eerste twee beoordelaars, maar besteedden ongeveer één uur aan het rangordenen. Het ligt voor de hand dat zij vanuit een meer domeingericht en meer pragmatisch gezichtspunt naar de ontwerpen gekeken hebben.

Hoewel de beoordelingen van docenten en domeinexperts gedeeltelijk op andere criteria zijn gebaseerd, lijken ze toch opvallend veel op de beoordelingen van de eerste twee beoordelaars. De twee proefpersonen die de laagste beoordelingen kregen van beoordelaar 1 en 2 zijn ook gezakt voor de cursus (punt < 5). Een van hen bleek heel weinig tijd aan de ontwerp-opdracht te hebben besteed (zie Figuur 3).

3.2 Tijd besteed aan de ontwerp-taak

Uit de 'logfiles' werd afgeleid gedurende

Tabel 2

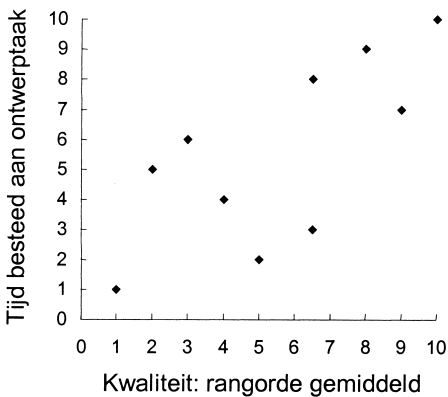
Beoordeling van de kwaliteit van de ontwerpen^a

| Proefpersoon | Rangorde | Rangorde | Rangorde gemiddeld | Punt van docenten | Rangorde | Rangorde |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | beoordelaar 1 | beoordelaar 2 | | | Domeindeskundige 1 | Domeindeskundige 2 |
| 1 | 5 | 4 | 5 | 6,7 | 9 | 7 |
| 2 | 10 | 10 | 10 | 8,7 | 8 | 10 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 4,7 | 4 | 3 |
| 4 | 3 | 5 | 4 | 6,7 | 2 | 1 |
| 5 | 4 | 3 | 3 | 7,0 | 5 | 5 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8,7 | 6 | 9 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 2,3 | 1 | 4 |
| 8 | 6 | 7 | 6,5 | 8,3 | 3 | 2 |
| 9 | 7 | 6 | 6,5 | 7,0 | 7 | 6 |
| 10 | 9 | 9 | 9 | 8,7 | 10 | 8 |

^a Rangordes van het beste (10) tot het minst goede (1) ontwerp.

hoeveel tijd de proefpersonen ingelogd hadden in de tool. De eerste week waarin de proefpersonen oefenden met de methode en de tool in een ander domein werd daarbij niet meegeteld. Op enkele punten ontbrak de eindtijd van een sessie, namelijk wanneer de tool niet goed was afgesloten of was gecrasht. In deze gevallen werd het tijdstip van de laatste actie van de desbetreffende proefpersoon als eindtijd gebruikt. Bovendien werden "lege sessies" verwijderd, d.w.z. sessies waarin een proefpersoon wel ingelogd had maar verder niets had gedaan. De inlogtijden zijn gebruikt als maat voor de tijd die aan de ontwerptaak is besteed, alhoewel het niet absoluut zeker is dat de proefpersonen altijd aan het werk waren als ze hadden ingelogd.

Er zijn grote verschillen tussen proefpersonen: zij besteedden tussen de ongeveer 13 en 121 uur aan de ontwerptaak ($M = 62$ uur en 14 minuten; $SD = 31$ uur en 22 minuten). Het aantal sessies met de tool varieerde van 17 tot 47 ($M = 30,0$ sessies; $SD = 9,3$ sessies). Uit Figuur 3 blijkt dat de hoeveelheid tijd besteed aan de ontwerptaak sterk samenhangt met de kwaliteit (Spearman's $\rho = 0.72$).

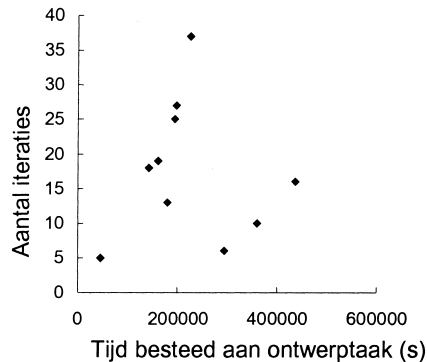


Figuur 3. Tijd besteed aan de ontwerptaak versus de kwaliteit van de ontwerpen (Rangorde gemiddeld uit Tabel 2).

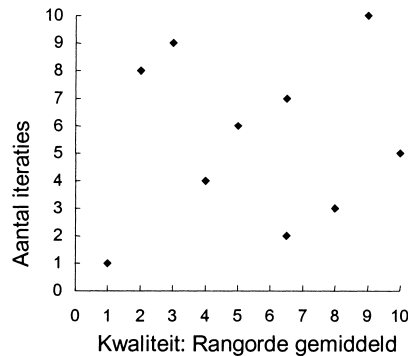
3.3 Het aantal iteraties

Het aantal iteraties werd ook afgeleid uit de 'logfiles'. Daarbij werd het aantal iteraties gedefinieerd als het aantal malen dat proefpersonen teruggingen naar een ontwerpactiviteit waaraan zij al eerder hadden gewerkt. Het aantal iteraties varieerde van 5 tot 37

($M = 17,6$ iteraties; $SD = 10,0$ iteraties). Er was echter geen verband tussen het aantal iteraties en de tijd in seconden besteed aan de ontwerpopdracht (Pearson's $r = -0,03$; zie Figuur 4a), noch tussen het aantal iteraties en de kwaliteit van de ontwerpen (Spearman's $\rho = 0,12$; zie Figuur 4b).



Figuur 4a. De tijd besteed aan ontwerpen versus het aantal iteraties.



Figuur 4b. De kwaliteit van de ontwerpen versus het aantal iteraties.

In Figuur 4b is te zien dat er grote verschillen zijn wat betreft iteratie. Bij nadere inspectie van de 'logfiles' zagen we heel verschillende patronen, ook bij voorbeeld bij de drie proefpersonen wiens ontwerpen als beste werden beoordeeld. De ene proefpersoon gaat vrij lineair door de stappen van de MASTER-TPD-methode heen. De andere proefpersoon springt voortdurend heen en weer. Ook tussen proefpersonen van wie het ontwerp minder goed werd beoordeeld, zijn grote ver-

schillen in hoe vaak zij itereerden. Uit de aantekeningen van proefpersonen blijkt dat de hoeveelheid iteraties ook niet altijd correspondeert met het wel of niet heroverwegen van eerdere beslissingen. De proefpersoon wier ontwerp als beste werd beoordeeld, beschrijft uitgebreid hoe ze vaak van mening veranderde, en haar eigen werk aanpaste of verder in detail uitwerkte. Toch itereert zij niet vaak. Blijkbaar heeft ze de meeste veranderingen in één iteratieslag doorgevoerd.

3.4 Meningen van proefpersonen

De gegevens in Tabel 3 zijn afkomstig van de derde vragenlijst die de proefpersonen hebben ingevuld aan het einde van de ontwerpperiode (in week 9). Uit de antwoorden van proefpersonen blijkt dat zij de ontwerptaak niet te moeilijk vonden. Zij zijn van mening dat de MASTER-TPD-methode voldoende ondersteuning biedt. Ze zouden de methode weer gebruiken als ze een trainingssimulator zouden moeten ontwerpen en zouden anderen dat ook aanraden. Sommige proefpersonen merkten daarbij echter op dat zij niet wisten of er betere methodes bestaan, omdat zij geen andere methodes voor het specificeren van simulatoren kenden.

In de derde vragenlijst waren ook twee open vragen over iteratie opgenomen. Alle proefpersonen gaven aan dat zij meerdere malen teruggegaan waren naar eerdere ont-

werpactiviteiten om veranderingen aan te brengen of beslissingen te heroverwegen. Uit opmerkingen in de vragenlijsten, e-mails aan experts en in de discussiegroepen blijkt dat sommige proefpersonen het helemaal niet leuk vonden om te itereren. Na de eerste feedbackronde schreven zij bij voorbeeld: "Ik heb Stap 2 aangepast nadat ik feedback gekregen had en nu kom ik er achter dat ik ook Stap 4, 5, en 6 opnieuw moet doen. Vinden jullie dat ook zo vervelend?" en "Nu moet ik echt alles opnieuw doen." Andere proefpersonen daarentegen hadden er helemaal geen moeite mee: "[...] schrijft dat veranderingen in Stap 2 grote gevolgen hebben voor Stap 4, 5 en 6. Maar moet je echt alles opnieuw doen? De ideeën die je had (over trainingsscenario's, assessment, enz.) kun je toch nog steeds gebruiken?" Eén van de proefpersonen noemde iteratie zelfs expliciet als een sterk punt van de MASTER-TPD-methode. Een deel van de problemen met iteratie kan wellicht verklaard worden uit technische problemen met de MASTER-TPD-tool. Hoewel de tool iteratie in een aantal opzichten ondersteunde (bij voorbeeld door het beschikbaar houden van tussenresultaten en aantekeningen) bleek soms informatie over de volgorde van trainingsscenario's verloren te gaan, doordat sommige proefpersonen de tool anders hadden gebruikt dan bedoeld.

Tabel 3

Meningen van de proefpersonen over de MASTER-TPD-methode en de ontwerptaak^a

| Vraag | M | SD |
|--|-----|-----|
| <i>Je hebt nu 9 weken gewerkt aan het ontwerpen van een trainingsprogramma voor een trainingssimulator. Wat vond je van dit werk?</i> | | |
| Moeilijk ----- Gemakkelijk | 3,4 | 1,0 |
| Niet zinvol ----- Zinvol | 3,4 | 1,0 |
| Saaï ----- Boeiend | 3,0 | 0,8 |
| <i>De MASTER-methode is bedoeld om de ontwikkeling en aanschaf van trainingssimulatoren te ondersteunen. Wat vind je van die ondersteuning?</i> | | |
| Onvoldoend ----- Voldoende | 3,7 | 0,8 |
| Niet bruikbaar ----- Bruikbaar | 4,0 | 0,7 |
| <i>Stel, je werkt als onderwijskundige in een bedrijf: als je zelf specificaties voor een trainingssimulator zou moeten ontwerpen, zou je dan overwegen om de MASTER-methode te gebruiken?</i> | | |
| Nee, zeker niet ----- Ja, zeker wel | 4,1 | 0,7 |
| <i>Zou je iemand anders (b.v. zakelijke relaties) die een trainingssimulator moet ontwerpen aanraden om de MASTER-methode te gebruiken?</i> | | |
| Nee, zeker niet ----- Ja, zeker wel | 3,7 | 0,8 |

^a Scores op een 5-puntsschaal van 1 (links) tot 5 (rechts).

4. Conclusies en discussie

We beantwoorden in deze paragraaf de eerder geformuleerde onderzoeksvragen:

1. Kunnen ook niet-ervaren ontwerpers met gerichte ondersteuning voor een iteratief ontwerpproces een realistisch en complex ontwerpprobleem oplossen? en
2. Is er een verband tussen de hoeveelheid iteratie en de kwaliteit van ontwerpen?

Het antwoord op de eerste vraag is positief. Het overgrote deel van de proefpersonen leverde een acceptabel ontwerp af. Er bleek een verband te bestaan tussen de tijd die was besteed aan het ontwerp en de kwaliteit ervan. We vonden geen aanwijzingen dat andere factoren een rol hebben gespeeld, zoals de achtergrond van proefpersonen of hun onderwijservaring. Domeinexperts die de ontwerpen bekeken, zeiden dat de kwaliteit varieerde, maar dat de beste ontwerpen zo gebruikt zouden kunnen worden als 'input' voor simulatorspecificaties. De proefpersonen gaven zelf aan dat zij de ontwerp-opdracht en het werken met de voor hen nieuwe MASTER-TPD-methode en tool niet te moeilijk vonden. Dat blijkt ook uit het feit dat de studie kon worden uitgevoerd zoals gepland, zonder grote aanpassingen. Opvallend was wel dat de proefpersonen tijdens de studie erg onzeker waren en voortdurend om feedback vroegen. De meest waarschijnlijke reden daarvoor is dat zij bezorgd waren over het behalen van de studiepunten. Meer dan bij andere cursussen waren zij verantwoordelijk voor hun eigen werk. Bovendien waren er aan het begin van de cursus wat onduidelijkheden over hoe de docenten de resultaten zouden gaan beoordelen. Tijdens een vervolgstudie, waarbij de proefpersonen betaald werden voor hun deelname ongeacht het resultaat, trad deze onzekerheid niet op (Verstegen, 2003; Verstegen, Barnard, & Pilot, 2004). Toch is het een factor om rekening mee te houden: in de praktijk kan er voor (niet-ervaren) ontwerpers veel afhangen van de beoordeling van hun werk, zoals hun carrière en hun aanzien bij collega's.

De resultaten van deze studie suggereren dat het ontwerpen van specificaties voor een groot deel "gewoon werk" is: als er voldoende tijd aan wordt besteed, komt er een accep-

tabel resultaat uit, ook bij niet-ervaren ontwerpers. In die zin zijn de resultaten van dit onderzoek hoopvoller dan wellicht kon worden verwacht op basis van onderzoek naar verschillen tussen ervaren en niet-ervaren onderwijsontwerpers (zie Paragraaf 1.3). Dat wil natuurlijk niet zeggen dat ervaren ontwerpers niet betere ontwerpen zouden kunnen afleveren. Bovendien merkten de beoordelaars op dat de ontwerpen van de proefpersonen niet bijzonder innovatief waren.

Wat betreft de tweede onderzoeksvraag geldt dat onze verwachting niet werd bevestigd. Weliswaar blijkt uit de resultaten van deze studie dat alle proefpersonen itereren, maar er is geen verband tussen het aantal iteraties en de kwaliteit van de ontwerpen. Blijkbaar zijn er verschillende ontwerpstijlen met meer of minder iteraties die tot goede resultaten kunnen leiden. Sommige proefpersonen maken eerst stap voor stap een goed concept. Ze gingen alleen terug naar eerdere ontwerpactiviteiten als dat echt nodig was, en spaarden minder ingrijpende ideeën en of wijzigingen op tot de volgende detailleringsslag. Andere proefpersonen daarentegen kwamen tot een goed ontwerp door veel meer heen en weer te springen tussen de ontwerpactiviteiten. Zij laten wellicht meer beslissingen open, werken hun ontwerp gedeeltelijk uit, krijgen nieuwe ideeën, gaan dan weer terug om aan hun eerste concept te werken, etc. De resultaten van deze studie laten zien dat veel iteratie ook onderdeel kan zijn van een niet-effectieve ontwerpstijl. Dat zou kunnen wijzen op een gebrek aan overzicht. Minder goede ontwerpers maken waarschijnlijk meer fouten en zij hebben minder inzicht in de consequenties van beslissingen die vroeg in het ontwerpproces worden genomen. Goede ontwerpers maken waarschijnlijk minder fouten en hoeven dus minder te itereren om fouten te herstellen, wellicht ook omdat zij een betere analyse maken van het ontwerpprobleem. Zij kunnen daarentegen iteratie gebruiken voor een ander doel, namelijk om te controleren of zij inderdaad een goede oplossing hebben ontworpen en/of om te bekijken of er nog andere, wellicht betere, alternatieven zijn. Deze verklaring zou in overeenstemming zijn met eerder onderzoek, waaruit blijkt dat ervaren ontwerpers meer

tijd besteden aan de probleemanalyse dan niet-ervaren ontwerpers, verschillende alternatieve oplossingen overwegen en zich niet snel committeren aan één oplossing (zie Paragraaf 1.3).

De hier beschreven studie had een aantal beperkingen. Het aantal proefpersonen was klein en doordat de proefpersonen thuis werkten, konden we niet controleren of zij altijd aan het werk waren wanneer zij ingelogd waren. In sommige gevallen werd niet geregistreerd dat proefpersonen teruggingen naar een eerdere ontwerpactiviteit, als zij daarin geen veranderingen aanbrachten. Bovendien bleek de tijd die aan de ontwerptaak werd besteed, grote invloed te hebben op het resultaat. In een vervolgstudie werkten proefpersonen onder supervisie allemaal even lang aan dezelfde ontwerptaak. De resultaten van die studie bevestigen dat er geen duidelijk verband is tussen het aantal iteraties en de kwaliteit van de ontwerpen (Verstegen, 2003; Verstegen et al., 2004).

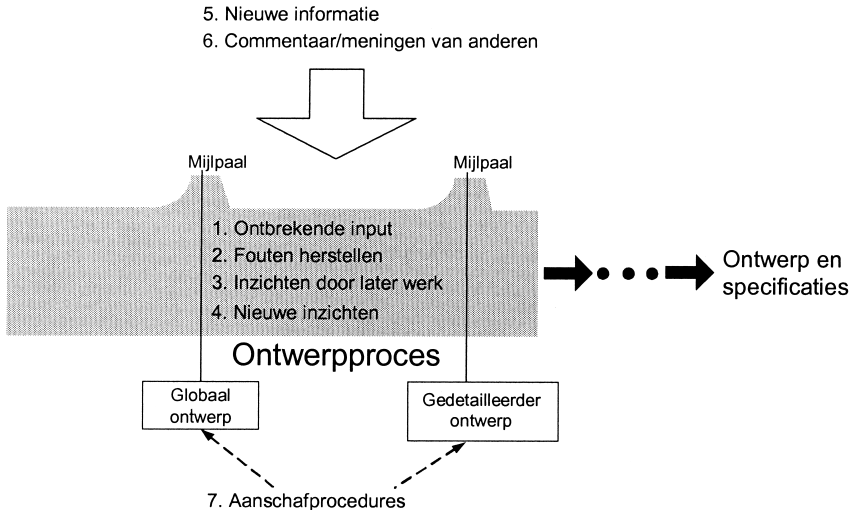
5 Toekomstig onderzoek

Uit de resultaten van deze studie blijkt dat de hoeveelheid iteraties niet op eenduidige wijze samenhangt met de kwaliteit van ontwerpen. Verder onderzoek zou zich daarom moeten richten op het onderscheiden van verschillende soorten iteraties en de effecten daarvan. Een mogelijkheid zou zijn om verschillende ontwerpstijlen met meer of minder iteraties verder in detail te onderzoeken (zie Paragraaf 4). Een andere mogelijkheid zou zijn om verschillende redenen voor iteratie als uitgangspunt te gebruiken, bij voorbeeld het onderscheid van Van Wagenberg (1992; zie ook Paragraaf 1.1): iteratie als repeterende activiteit, iteratie door wederzijdse beïnvloeding, iteratie om fouten te herstellen en iteratie om het ontwerp te herzien. Een verwachting daarbij zou kunnen zijn dat met name de laatste soort iteratie belangrijk is om tot innovatie te komen. Een probleem dat zich daarbij voordoet is dat de redenen om wel of niet te itereren moeilijk te registreren zijn. Daarvoor zouden protocollen van hardop-denkende proefpersonen kunnen worden geanalyseerd. Deze optie lijkt echter minder

reëel, omdat voor het bestuderen van iteratie een realistisch ontwerpprobleem, en een realistische en dus behoorlijk lange ontwerptijd vereist zijn.

Ons eigen vervolgonderzoek heeft zich meer gericht op mogelijkheden om iteratieve ontwerpprocessen beter te ondersteunen dan bestaande ontwerpmethodes doen (zie ook Paragraaf 1.4). Daarvoor is inzicht nodig in de concrete gebeurtenissen die iteratie kunnen (of zouden moeten) veroorzaken, en in hoe deze gebeurtenissen kunnen worden voorspeld of herkend. Als uitgangspunt voor verder onderzoek hebben we daarom een zevental aanleidingen voor iteratie gedefinieerd (zie Figuur 5). Sommige 'triggers' worden veroorzaakt door, of ontstaan uit de interactie met het ontwerpproces zelf, zoals het ontdekken van ontbrekende 'input', de noodzaak om fouten te herstellen, nieuwe inzichten gebaseerd op werk dat later in het ontwerpproces wordt verricht of nieuwe ideeën van de ontwerpers. Andere 'triggers' zijn het gevolg van externe factoren, bijv. nieuwe informatie van een vakexpert of een gedachteswisseling met een collega-ontwerper, die andere argumenten inbrengt. Een derde mogelijke 'trigger' van buitenaf heeft te maken met de procedures die in veel organisaties verplicht zijn voor de aanschaf van (dure) producten. Daardoor moeten ontwerpers vaak mijlpaaldocumenten met conceptontwerpen en conceptspecificaties produceren, die door anderen worden beoordeeld. In een vervolgstudie zijn een aantal van deze 'triggers' voor iteratie bewust ingepland (zie Verstegen, 2003; Verstegen et al., 2004).

De hier beschreven studie heeft meer inzicht gegeven in het belang van iteratie en de ondersteuning daarvan. De resultaten laten ook zien dat ontwerpers op heel verschillende manieren omgaan met het iteratieve karakter van onderwijsontwerpprocessen. Onderzoek naar 'triggers' voor iteratie (zie Figuur 5) kan leiden tot de identificatie van verschillende soorten ondersteuning en kan dienen als basis voor meer onderzoek op dit gebied. Bovendien kunnen zij ontwerpers in de praktijk meer inzicht geven in dit moeilijke aspect van de ontwerptaak en hen helpen om er greep op te krijgen.



Figuur 5. Zeven 'triggers' voor iteratie.

Noten

- 1 De hier beschreven studie werd uitgevoerd bij TNO Defensie en Maatschappelijke Veiligheid (voorheen TNO Technische Menskunde) in het kader van het verkennend onderzoeksprogramma. Wij danken de beoordelaars voor hun commentaar op eerdere versies van dit artikel.
- 2 De studenten die de module niet afmaakten, haakten vooral af wegens tijdgebrek en verkeerde verwachtingen.
- 3 Deze tool is een prototype, dat slechts bedoeld is als onderzoeksinstrument. De tool blinkt niet uit in gebruikersvriendelijkheid of uitgebreidheid van de hulpfaciliteiten. Tijdens de studies was er echter geen sprake van onoverkomelijke gebruiksproblemen. Wel waren er veel suggesties om de tool te verbeteren.
- 4 Deze uitgebreide vragenlijst bestond uit, in totaal, 21 meerkeuzevragen met antwoorden op een vijfpuntsschaal over de ontwerp taak, twee open vragen over iteratie, zeven meerkeuzevragen over de tijd die proefpersonen aan de ontwerp taak en verschillende aspecten daarvan hadden besteed en per ontwerpactiviteit die de MASTER-TPD-methode voorschrijft acht meerkeuzevragen over die activiteit. Bij alle meerkeuzevragen konden de proefpersonen, desgewenst, commentaar geven (in tekst). De volledige vragenlijst is opgenomen in Bijlage B3 van Verstegen et al. (2003).

Literatuur

- Blessing, L. T. M. (1994). *A process-based approach to computer-supported engineering design*. Dissertatie. Universiteit Twente, Enschede.
- Bosch, K. van den, Barnard, Y. F., & Helsdingen, A. S. (1999). *Taak- en trainingsanalyse beeld-analist SPERWER* (Rapport No. TM-99-A018). Soesterberg, Nederland: TNO Technische Menskunde.
- DE 2.0. (1997). *Designer's Edge, Version 2.0* [Computer software]. Salt Lake City, UT: Allen Communication.
- Farmer, E. W., Jorna, P. G. A. M., Riemersma, J. B. J., Rooij, J. C. G. M. van, & Moraal, J. (1999). *Handbook of simulator-based training*. London: Ashgate.
- Gagné, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1992). *Principles of instructional design* (4th ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Greeno, J. G., Korpi, M. K., Jackson III, D. N., & Michalchik, V. S. (1990). *Processes and knowledge in designing instruction* (Rapport No. N00014-88-K-0152). Stanford, CA: Stanford University.
- Jong, A. J. M. de. (1986). *Kennis en het oplossen van vakinhoudelijke problemen: Een voorbeeld uit een natuurkundig domein*. Dissertatie. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- Kerr, S. T. (1983). Inside the black box: Making design decisions for instruction. *British Journal of Educational Technology*, 14, 45-58.

- Kincaid, B. (1997). *A dinosaur in Whitehall: The true cost of defence procurement bureaucracy*. London: Brassey's.
- Le Maistre, C. (1998). What is an expert instructional designer? Evidence of expert performance during formative evaluation. *Educational Technology Research and Development*, 46(3), 21-36.
- Mettes, C. T. C. W., & Pilot, A. (1980). *Over het leren oplossen van natuurwetenschappelijke problemen: Een methode voor ontwikkeling en evaluatie van onderwijs, toegepast op een cursus Thermodynamika*. Dissertatie. Universiteit Twente, Enschede.
- Nelson, W. A., Magliaro, S., & Sherman, T. M. (1988). The intellectual content of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 11(1), 29-35.
- Perez, R. S., Fleming-Johnson, J., & Emery, C. D. (1995). Instructional design expertise: A cognitive model of design. *Instructional Science*, 23, 321-349.
- Riemersma, J. B. J., Rooij, J.C.G.M. van, Just, J., Farmer, E., Paris, Ph., Fuchs, M., Reinschlüssel, R., Jorna, P. G. A. M. & Bermejo Muñoz, J. (1994). *Reference frame-work (EUCLID RTP 11.1 MASTER Deliverable D1.1)*. Soesterberg, Nederland: TNO Technische Menskunde.
- Rooij, J. C. G. M. van. (2002, mei). Digitalisatie van het trainingsveld. *Opleiding & Training*, 17, 4-8.
- Rowland, G. (1991). *Problem solving in instructional design*. Dissertatie. Indiana University, Bloomington.
- Rowland, G. (1992). What do instructional designers actually do? An initial investigation of expert practice. *Performance Improvement Quarterly*, 5(2), 65-86.
- Tripp, S. D., & Bichelmeyer, B. (1990). Rapid prototyping: An instructional design strategy. *Educational Technology Research & Development*, 38(1), 31-44.
- Verstegen, D. M. L. (2003). *Iteration in instructional design: An empirical study on the specification of training simulators*. Dissertatie. Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Verstegen, D. M. L., Barnard, Y. F., Hulst A. H., van der, & Sabel, A. A. (2000). *Stappenplan voor de behoeftebepaling voor GOLMen* (Rapport No. TM00A020). Soesterberg, Nederland: TNO Technische Menskunde.
- Verstegen, D. M. L., Barnard, Y. F., & Pilot, A. (2002). *Do training simulators support instruction and practice? Results of field visits to 44 simulators* (Rapport No. TM02B005). Soesterberg, Nederland: TNO Technische Menskunde.
- Verstegen, D. M. L., Barnard, Y. F., & Pilot, A. (2003). *Iterative design of training programs: Results of an evaluation study* (Rapport No. TM03B005). Soesterberg, Nederland: TNO Technische Menskunde.
- Verstegen, D. M. L., Barnard, Y. F., & Pilot, A. (2004). *Second evaluation of iterative design of training programs* (Rapport No. TM04B006). Soesterberg, Nederland: TNO Technische Menskunde.
- Verstegen, D. M. L., & Hulst, A. H. van der. (2000). Standardized development of a needs statement for advanced training means. *Proceedings of the 22th Interservice/Industry Training, Simulation and Education Conference* (pp. 1136-1144). Arlington, VA: National Training Systems Association (NTSA).
- Verstegen, D. M. L., Steutel, S., & Barnard, Y. F. (2000). *Support for iteration in training program design* (Rapport No. TM00B009). Soesterberg, Nederland: TNO Technische Menskunde.
- Wagenberg, M. J. G. M. van. (1992). *Gericht CAD-ondersteund ontwerpen en organiseren*. Dissertatie. Technische Universiteit Delft, Delft.

Manuscript aanvaard: 15 april 2006

Auteurs

Dr. D. M. L. Verstegen werkt aan het RISBO (Rotterdams Instituut voor Sociaal-wetenschappelijk BeleidsOnderzoek) van de Erasmus Universiteit Rotterdam.

Prof. dr. A. Pilot is hoogleraar en decaan van het IVLOS van de Universiteit Utrecht.

Dr. Y. F. Barnard werk bij Eurisco International in Toulouse, Frankrijk.

Correspondentieadres: Dr D. Verstegen, RISBO, Erasmus Universiteit Rotterdam, Burg. Oudlaan 50/Postbus 1738, 3000 DR Rotterdam , e-mail: verstegen@risbo.eur.nl

Abstract

Iteration in instructional design: an empirical study

Instructional design is an iterative process. Iteration of design activities can improve the resulting design, but it makes the design process more complex. In this article, we describe an empirical study focused on two research questions. First, are novice instructional designers able to solve a complex design problem with an existing design method, and tool and measures to support an iterative design process? And, is there a relation between the number of iterations and the quality of the designs? The results show that novice designers can deliver acceptable designs if they are adequately supported. The quality of the designs is clearly influenced by the time spent on the design task, but not by the number of iterations. The article concludes with a framework for further research.