

VU Research Portal

Development of a course on integrating ICT into inquiry-based science education

Trinh Ba, T.

2016

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Trinh Ba, T. (2016). *Development of a course on integrating ICT into inquiry-based science education*. [PhD-Thesis – Research external, graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

Achtergrond en onderzoeksvragen

Information en Communication Technology (ICT) en Inquiry-Based Science Education (IBSE) zijn al meer dan 30 jaar beschikbaar en worden prominent genoemd in formele curriculum documenten. Specialisten in onderwijs in de natuurwetenschappen zijn het grotendeels eens over de relevantie van *integratie van ICT in IBSE* voor leerlingen om onderzoekspraktijken te oefenen, onderzoeksvaardigheden te leren, en te begrijpen van wat onderzoek is. Niettemin wordt ICT in IBSE in de meeste landen nog steeds te weinig gebruikt en op relatief kleine schaal. Wanneer ICT wordt gebruikt, dan missen vaak essentiële onderdelen van onderzoeken. Betrokken factoren zijn o.a. a) beperkte curriculum tijd en beperkte voorbereidingstijd van docenten; b) onvoldoende verwerking van IBSE-doelen in veel gebruikt lesmateriaal, lesmethoden, en toetsing (zoals de prescriptieve aard van lesmateriaal en onderwijsmethoden, dominantie van inhoud over onderzoeksdoelen); en c) onvoldoende voorbereiding en training van docenten in ICT in IBSE. Al deze factoren zullen moeten worden veranderd in samenhang om een juiste implementatie van ICT in IBSE in de klas te realiseren waarin manipulatie van apparatuur gepaard gaat met manipulatie van ideeën en begrippen en met het genereren en valideren van kennis.

In het PhD project richtten we ons op de voorbereiding en training van natuur- en scheikundedocenten in ICT in IBSE en ontwikkelden we een effectieve en korte cursus voor studenten in lerarenopleiding en docenten met uiteenlopende leservaring. In het onderzoek werd ICT in IBSE beperkt tot a) drie constructieve ICT-tools: meten met sensoren, videometen, en dynamisch modelleren, en b) gebruik van deze tools om onderzoek door leerlingen te ondersteunen. In een ICT in IBSE-activiteit moeten leerlingen niet alleen een rol hebben in het uitvoeren van het experiment of model, maar ook in het formuleren van onderzoeksvragen, het ontwerpen van het experiment of model, en in het interpreteren van de resultaten. We ontwikkelden een korte cursus die geacommodeerd zou kunnen worden in de meestal overladen programma's voor lerarenopleiding of geadopteerd zou kunnen worden als in-servicecursus. Onderwijs theorieën en producten, zoals deze ICT in IBSE-cursus, zijn niet altijd goed transporteerbaar vanwege de grote verschillen in onderwijs- en culturele context in scholen en landen. Daarom voerden we casestudies uit in Nederland, Slowakije, en Vietnam in pre-service en in-service lerarenopleiding. Op die manier konden we toetsen in hoeverre de cursus overdraagbaar is en in hoeverre de pedagogische principes waarop deze is gestoeld, generaliseerbaar zijn.

Het doel van het onderzoek was tweeledig. Het eerste doel was om een korte cursus te ontwikkelen die –met enkele aanpassingen– effectief zou zijn in sterk verschillende onderwijscontexten. Het tweede doel was om de validiteit van de pedagogische principes te toetsen die gebruikt werden om de volgende processen te sturen: a) het ontwerp, de implementatie, evaluatie, en optimalisatie van de cursus, en b) de aanpassing van de cursus voor toepassing in Nederland, Slowakije, en Vietnam. De pedagogische principes zijn op een hoger niveau van abstractie en bedoeld om generaliseerbaar te zijn naar andere onderwijs en culturele contexten. De ontwerp benadering van onderwijskundig onderzoek (“design research”) werd gebruikt omdat het een leidraad en wetenschappelijke redeneringen levert voor een dergelijk onderzoeks- en ontwerpproces. De onderzoeksvragen waren: Eerst, *wat zijn de eigenschappen*

Samenvatting

van een effectieve, korte cursus voor Nederlandse leraren in opleiding om ICT-tools te leren toepassen op een onderzoekende manier in IBSE? En ten tweede: in hoeverre is de cursus toepasbaar in verschillende onderwijs- en culturele contexten van per- en in-service lerarenopleiding in verschillende landen (zoals Nederland, Slowakije, en Vietnam)?

Ontwerp van cursus en onderzoek

Het algemene doel van de cursus werd gespecificeerd in vier doelen als volgt:

1. *Awareness*: deelnemers zijn zich bewust van de potentiële onderwijsvoordelen van gebruik van de ICT-tools in onderwijs in de natuurwetenschappen.
2. *ICT mastery*: deelnemers beheersen de vaardigheden die nodig zijn om het ICT-tool te gebruiken.
3. *ICT in IBSE*: deelnemers kunnen een onderzoekende les met ICT ontwerpen, uitvoeren, en evalueren.
4. *Motivatie*: Deelnemers zijn gemotiveerd voor verdere studie van de ICT tools en uitproberen daarvan in onderzoekende lessen met leerlingen.

Het ICT in IBSE doel (3) werd beschouwd als het hoofddoel van de cursus. Om dit doel te bereiken hadden de deelnemers een zekere minimumvaardigheid nodig met de ICT-tools (2). De doelen met betrekking tot *awareness* en motivatie om ICT te gebruiken waren gericht op lange termijn invloed op de onderwijspraktijken van de deelnemers. Het Coach platform voor meten met sensoren, videometen, en modelleren werd gebruikt met het beschikbare hulpmateriaal (bijvoorbeeld Coach inleidende, tutorial, en voorbeeldactiviteiten) en cursusmateriaal dat we zelf ontwikkelden (bijvoorbeeld formulieren voor ontwerpen en evalueren van ICT in IBSE-lessen).

De literatuur over ontwerp onderzoek en professionele ontwikkeling van leraren leidde ons naar de volgende pedagogische principes (zie hoofdstuk 2) als de basis voor ontwerp, evaluatie, en optimaliseren van de ICT in IBSE-cursus.

1. *Een theorie-praktijkcyclus*: deelnemers moeten in de cursus minimaal een complete cyclus uitvoeren van ontwerpen, uitvoeren, en evalueren van een ICT in IBSE les. Deelnemers passen IBSE-theorie toe in een ontwerp voor een ICT in IBSE-les die ze ook uitproberen in de klas, evalueren, en rapporteren in de laatste sessie van de cursus.
2. *Gedistribueerd leren*: Deelnemers studeren in life sessies en voeren individuele taken uit tussen sessies met gebruik van de hulpmaterialen en in consultatie met de cursus docent. De leertijd is verdeeld tussen cursussessies en individuele taken, maar is ook zorgvuldig verdeeld over een langere periode om een goed geplande uitprobeer les in de klas mogelijk te maken.
3. *Eerst diepte*: Deelnemers worden geïntroduceerd in de mogelijkheden van de drie tools. Daarna specialiseren ze zich in één tool. De leertijd is wordt in de eerste plaats gebruikt voor grondige studie van een tool (een tool specialisatie) in plaats van meer oppervlakkige studie van de drie Coach tools, dus eerst diepte, dan breedte.
4. *Eigenaarschap van leren*: Deelnemers hebben de vrijheid te selecteren wat te leren en hoe te leren, met gebruik van het cursus scenario en de hulpmaterialen, om zo de cursusdoelen te bereiken. De deelnemers volgen een zelfbepaald

leerproces waarin ze hun eigen keuzes maken m.b.t. tool, klas/niveau, onderwerp, en activiteit voor hun ICT in IBSE-les met leerlingen.

De vier doelen, vier pedagogische principes, en hulpmaterialen vormen samen het algemene ontwerp van de ICT in IBSE-cursus.

Om de effectiviteit van de ICT in IBSE-cursus te bepalen en de validiteit en generaliseerbaarheid van de pedagogische principes en de overdraagbaarheid van het cursus ontwerp naar andere onderwijscontexten, voerden we de Nederlandse, Slowaakse, en Vietnamese casestudies uit. De drie casestudies waren gerelateerd; de Nederlandse casestudie was de eerste en meest uitgebreide, gevolgd door de Slowaakse casestudie en de Vietnamese casestudie. Alle drie de casestudies a) betroffen dezelfde vragen over de implementatie van de pedagogische principes en cursus ontwerp, bruikbaarheid van de hulpmaterialen, en bereiken van de cursusdoelen, b) gebruikten dezelfde evaluatie opzet, en c) gebruikten dezelfde instrumenten voor dataverzameling en analyse. De cursus evaluatie werd gestuurd door twee vragen:

- A. In hoeverre werden de pedagogische principes toegepast zoals de bedoeling was?
- B. In hoeverre werden de cursusdoelen van de ICT in IBSE-cursus bereikt?

Vraag B betreft de meting van effecten van de cursus op deelnemers als gevolg van de actuele implementatie van de pedagogische principes, het cursusontwerp, en de hulpmaterialen. De evaluatie van de werkelijke implementatie werd gestuurd door vraag A en was gebaseerd op een vergelijking tussen a) het bedoelde cursusprogramma en b) de werkelijke activiteiten van deelnemers in de cursus. Om te meten of de cursusdoelen bereikt waren, definieerden we eerst niveaus voor de prestatie op elk van de doelen. Deze definitie van niveaus was gebaseerd op theoretische overwegingen en de beperkingen in tijd van de cursus. Vervolgens verzamelden we de data en vergeleken die met de eerder gedefinieerde prestatieniveaus van de cursus doelen en concludeerden dan welk niveau de deelnemers hadden bereikt. Hoofdstuk 3 presenteert dit evaluatie ontwerp in detail met de instrumenten voor data verzameling en analyse (bijvoorbeeld, pre- en postcourse en follow-up vragenlijsten, observatie en video-opname van cursus sessies en van IBSE-lessen van deelnemers, formulier voor lesplannen van deelnemers, zelfevaluatie formulier voor de IBSE les, de ICT eindtoets voor elk tool en de Learning Activity Inventory). Met deze instrumenten werden data verzameld van diverse bronnen en door verschillende personen (researcher, cursusdocent, cursus deelnemers). We verzamelden zowel bedoelde als onbedoelde uitkomsten tijdens de implementatie van de cursus. De meeste uitkomsten werden gemeten door meer dan één instrument of observator en maakten dus triangulatie mogelijk.

In de Nederlandse casestudie operationaliseerden we de pedagogische principes in een eerste scenario voor de ICT in IBSE-cursus. Met scenario bedoelen we het programma voor de cursus en alle docent en deelnemer activiteiten en taken (hoofdstuk 3). We implementeerden en evalueerden de cursus met 40 natuurkunde/scheikunde leraren in opleiding gespreid over 4 cycli van de cursus. Van deze vier cycli waren cyclus 1 en 2 voor verbeterde afstemming van het cursus scenario. De cursus evaluatie (vragen A en B) en ervaringen met de cursus in cyclus 1 (wat werkte, wat niet, waarom) leidde tot suggesties voor revisie van de cursus. Deze revisie was bedoeld voor een meer getrouwe implementatie van de cursus in cyclus 2 en hield verband met veel factoren zoals diversiteit in de achtergrond en kennis/vaardigheden van deelnemers, school roosters, en curriculum tijd voor de ICT in

Samenvatting

IBSE-lessen van deelnemers in de school. Op dezelfde manier werd de evaluatie van cyclus 2 gestuurd door de cursusdoelen en pedagogische principes en dit resulteerde in verdere optimalisatie van het cursus scenario. In cyclus 3 bereikten we een implementatie van de vier principes zoals bedoeld. In deze cyclus maten we de summatieve effecten van de Nederlandse versie van de ICT in IBSE-cursus en slechts kleine veranderingen werden gesuggereerd voor verdere optimalisatie. De robuustheid van het cursusontwerp en de validiteit van de pedagogische principes werden getoetst in Cyclus 4 bij routine implementatie van de cursus zonder de extra hulp van de onderzoeker.

Het nieuwe begrip van hoe de cursus ontwikkeld was en waarom die effectief was (Nederlandse context) samen met het basiscursus ontwerp (inclusief cursus doelen, pedagogische principes, en hulpmaterialen) maakte het mogelijk lokale versies van de ICT in IBSE-cursus te ontwikkelen in verschillende contexten. De ICT in IBSE-cursus werd aangepast en getoetst in a) twee cycli met totaal 66 natuurkunde/biologie/scheikunde docenten met uiteenlopende leservaring (1 – 33 jaar leservaring) in Slowakije (hoofdstuk 5). De twee cycli van de Slowaakse cursus werden al uitgevoerd onder routine condities zonder hulp van de onderzoeker. De ICT in IBSE-cursus werd toen aangepast en uitgeprobeerd in één cyclus in Vietnam met 22 Master studenten in natuurkundeonderwijs die of al 2 – 9 jaar hadden lesgegeven of direct uit de Bachelor lerarenopleiding kwamen (hoofdstuk 6). Toetsing van de drie lokale versies van de cursus maakte het ons mogelijk conclusies te trekken over a) de mate waarin de vier cursusdoelen waren bereikt, b) de validiteit en generaliseerbaarheid van de pedagogische principes, c) de overdraagbaarheid van het cursusontwerp, en d) de praktische relevantie van de cursus. Deze toetsing leidde ons tot nieuw begrip over in hoeverre de pedagogische principes helpen en sturen bij het aanpassen van de ICT in IBSE-cursus aan variërende omstandigheden (hoofdstuk 7).

Resultaten, discussie, en conclusies

Hoofdstuk 4 presenteert de Nederlandse casestudie die resulteerde in een verbeterd en succesvol cursus scenario waarin de Nederlandse deelnemers de cursusdoelen bereikten, ook wanneer de cursus gegeven werd onder routine condities (cyclus 4). De iteratieve evaluatie en aanpassingen van de Nederlandse cursus bevestigden de validiteit van de pedagogische principes in de Nederlandse context. De hulpmaterialen bleken nodig en nuttig in de toepassing van de pedagogische principes en voor de voldoende prestatie op cursusdoelen. Als conclusie: *de vier cursusdoelen, de vier pedagogische principes, en het geoptimaliseerde scenario met de hulpmaterialen vormen de kerneigenschappen en het basisontwerp van een effectieve korte ICT in IBSE-cursus voor Nederlandse studenten.* Resultaten van de iteratieve verfijning van de cursus laten zien dat het verfijnd afstemmen van de verdeling in tijd en individuele taken cruciaal is m.b.t. de tijdsverdeling in de cursus. Directe, gepersonaliseerde hulp (in life sessies en/of via e-mail) en doelgerichtheid (via hulp en tracking van taken en stimuleren) zijn cruciale factoren om de effectiviteit van het leerproces van deelnemers te waarborgen, vooral de kwaliteit van het ICT in IBSE-lesplan. Deze factoren creëren een balans tussen veel keuzevrijheid en passende begeleiding en dat is essentieel in het creëren van eigenaarschap.

De Nederlandse, Slowaakse, en Vietnamese contexten voor de ICT in IBSE-cursus verschilden in veel aspecten (bijvoorbeeld roostereisen, school condities, en eigenschappen

van deelnemers). Ten eerste, de Nederlandse cursus was beperkt tot 12 contacturen en 28 uur totale studietijd, maar was gespreid over 11 weken. De Vietnamese cursus was gecomprimeerd in 5 weken, maar 30 uur uit totaal 60 uur studietijd konden geroosterd worden voor “life” cursus sessies. De Slowaakse cursus had de minste beperkingen, zowel wat contacturen betreft (25 uit 40 studie-uren) als de spreiding van de cursus (15 weken). Ten tweede, de Nederlandse randvoorwaarden (bijvoorbeeld curriculumtijd, docentvoorbereidingstijd, nationale examens, leerling ervaring met ICT en IBSE, beschikbaarheid van apparatuur en software) waren niet ideaal maar wel voldoende. De Slowaakse schoolcondities waren onvoldoende en de Vietnamese condities waren slecht. Ten derde, de Vietnamese en Slowaakse deelnemers waren ervaren leraren, maar hun ICT-vaardigheden waren zwak. De Nederlandse deelnemers hadden meer ervaring met ICT-tools en voelden zich meer vrij om zelf te beslissen over hun lesdoelen en werkvormen. Maar zij misten leservaring en vooral klasmanagementvaardigheden. De Vietnamese leraren werken in een onderwijssysteem met een sterke hiërarchische cultuur en veel minder autonomie dan in het Nederlandse systeem. De lessen zijn sterk docent gecentreerd en er is geen traditie van open onderzoek of projecten in voortgezet onderwijs en in lerarenopleiding. Alle drie groepen misten praktische ervaring met IBSE met of zonder ICT, dus IBSE was een uitdaging voor hen. Voor alle drie de versies van de cursus waren heterogeniteit van deelnemers en beperkte tijd uitdagende contextuele factoren.

In de drie casestudies (hoofdstukken 4 – 6) werden de awareness en motivatie doelen van de ICT in IBSE-cursus bereikt zoals verwacht. De deelnemers konden relevante voordelen van de ICT-tools noemen en ze bedachten plannen en gingen door met het bestuderen van ICT-tools en geven van IBSE-lessen na de cursus. Met betrekking tot ICT-vaardigheid, de drie groepen deelnemers konden Coach redelijk vloeiend gebruiken na de cursus. Vergeleken met de Nederlandse deelnemers bereikten de Vietnamese deelnemers een hoger niveau van ICT-vaardigheid voor hun gekozen tool en de Slowaakse deelnemers bereikten een vergelijkbaar niveau maar dan met drie tools. Dit laat de effectiviteit zien van veel meer contacturen met directe en persoonlijke ondersteuning voor ICT-vaardigheid om te compenseren voor het lagere ICT start niveau van de Slowaakse en Vietnamese deelnemers. Dit stelde hen in staat het verwachte vaardigheidsniveau te bereiken.

Met betrekking tot het *ICT in IBSE-doel*, alle drie groepen deelnemers konden een acceptabele ICT in IBSE-les ontwerpen en realiseren ondanks hun schoolomgeving en hun onervarenheid in onderzoekend leren met ICT. De Nederlandse deelnemers konden betere ICT in IBSE-lessen ontwerpen en realiseren dan de Slowaakse en Vietnamese deelnemers. Veel Nederlandse deelnemers konden leerlingen betrekken in het ontwerpen van experimenten of modellen en voorspellen en interpreteren van resultaten zoals verwacht. De Slowaakse en Vietnamese deelnemers richtten zich teveel op uitvoering van experimenten en modellen door leerlingen (manipulatie van apparatuur en software) en betrokken de leerlingen onvoldoende in het heen-en-weer denken tussen de fysische en theoretische werelden (manipulatie van ideeën en begrippen). De meeste Slowaakse en Vietnamese deelnemers planden voor controle over de activiteiten door plenaire en systematische uitleg en/of prescriptieve werkbladen voor groepswerk. Aan de andere kant, in de helft van de Nederlandse lesplannen werd van leerlingen vereist dat ze deelnamen in het bedenken, plannen en interpreteren van het experiment of model

Samenvatting

in een meer open vorm van onderzoek. Dit laat een duidelijk verschil zien in leraar/leerling gerichtheid en onderwijscultuur in de drie landen.

Hoewel reeds bekend met de theorie van IBSE, hadden de drie groepen problemen met het operationaliseren van echt onderzoek in lesplannen en nog meer in realisatie in de klas. Er waren veel verschillen tussen geplande en uitgevoerde ICT in IBSE-lessen, en deze kwamen voort uit bijvoorbeeld kortsluiten van geplande onderzoeksmogelijkheden, taken die te veeleisend bleken, ambitieuze tijdsplanning, en ineffektieve communicatie met leerlingen. Maar de Nederlandse, Slowaakse, en Vietnamese deelnemers konden de tekortkomingen in hun ICT in IBSE-lessen identificeren en relevante revisies suggereren voor hun toekomstige lesplannen. Het basisontwerp van de ICT in IBSE-cursus bleek *effectief, praktisch, en overdraagbaar* te zijn in de verschillende onderwijs en culturele contexten van per- en in-service lerarenopleiding in de verschillende landen. De cursus is geschikt voor verschillende groepen van leraren en past binnen de tijdsbeperkingen. In alle drie de casestudies werden de doelen bereikt tot een van tevoren bepaald acceptabel niveau, behalve dat er voor het ICT in IBSE-doel nog veel ruimte was voor verbetering.

We bereidden onze cursusdeelnemers voor op hun eerste ervaring met onderzoekend leren met ICT. De theorie-praktijk cyclus was waardevol in het creëren van bewustzijn over wat IBSE vereist en over verschillen tussen geleid en open onderzoek, en hoe leerlingen te betrekken in de planning en interpretatie van een experiment. We concludeerden dat onderwijssysteem en cultuur de perceptie van leraren en implementatie van onderzoekend leren met ICT beïnvloeden. Dit resulteert in typische patronen van ICT in IBSE in de verschillende landen. De analyse van lesplannen en uitvoering met de *Laboratory Activity Inventory* liet *aanzienlijke inconsistenties zien tussen intenties, lesplannen, specificatie van activiteiten en uitvoering, en bedoelde en uitgevoerde IBSE-lessen*. Dit zijn hardnekkige problemen die wereldwijd zijn gerapporteerd (Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reiss, 2012; Tamir & Lunetta, 1981); veel leraren hebben problemen met het operationaliseren van onderzoek in de klas, zelfs in landen als Engeland en de VS waar onderzoek al heel lang in de curricula is opgenomen. Onderzoeksresultaten van de Vietnamese casestudie laten de uitdagingen maar ook mogelijke oplossingen zien van de toepassing van IBSE in een hiërarchische onderwijscultuur (hoofdstuk 6). Natuurlijk duwt de ICT in IBSE-cursus met tijdsbeperkingen de deelnemers nog onvoldoende in de richting van onderzoek met ICT. De prestaties van deelnemers in de cursus vormen een startpunt, meer theorie-praktijk cycli zijn nodig om hen verder te brengen in de richting van ICT in IBSE.

In ons onderzoek zijn de pedagogische principes niet allen valide als *richtlijnen voor ontwerpen, implementeren, evalueren, en optimaliseren* van de cursus in een bepaalde context, maar ook als *richtlijnen voor effectieve aanpassing* van de cursus aan uiteenlopende randvoorwaarden. Bij het aanpassen van de cursus aan een andere context kan de *theorie-praktijk cyclus* niet worden veranderd. Aan de andere kant kunnen de *diepte-eerst en gedistribueerd leren* principes wel in enige mate worden aangepast door de cursusdocent aan de specifieke context, zoals ingangsniveau en andere eigenschappen van deelnemers en roostereisen. Het *eigenaarschap principe* moet worden geactiveerd om de deelnemers een knop te geven om de cursus aan te passen aan eigen interesse en voorkennis/vaardigheden. De aanpassing met *gedistribueerd leren* en *diepte-eerst* creëert de eerste flexibele fase: ICT-

vaardigheid, deze kan verlengd worden (Slowaak casestudie) of gecomprimeerd worden (Vietnamese casestudie) om te compenseren voor een laag ingangsniveau van deelnemers, en hun activiteiten en taken aan te passen aan het bedoelde niveau van ICT-beheersing. Deze ICT-beheersing is nodig voor deelnemers om a) de ICT in IBSE-les te ontwerpen en uit te voeren, en b) de studie en gebruik van ICT-tools voort te zetten na de cursus. Van de vier cursusdoelen kan het ICT-beheersingsdoel bereikt worden in een gecomprimeerde cursus met voldoende contacturen, terwijl het ICT in IBSE-doel een verdeling van tijd vereist die een goed gepland en gerijpt lesplan mogelijk maakt en voldoende curriculumtijd voor keuze van een geschikte les voor uitproberen. De hulpmaterialen bleken nodig, nuttig en robuust te zijn in de verschillende contexten. Dit resultaat bevestigt dat het niet altijd nodig is materialen lokaal te ontwikkelen voor effectieve onderwijsinnovaties. Met enkele aanpassingen kunnen bestaande materialen gebruikt worden.

Reflecties met betrekking tot resultaten en methoden

Gebaseerd op onze ervaringen met een theorie-praktijk cyclus denken we dat dit principe wijder zou kunnen worden toegepast in lerarenopleiding. Zou het mogelijk zijn een klein aantal kernpraktijken te identificeren en leraren-in-opleiding voor elk door een theorie-praktijk cyclus te laten gaan? Bijvoorbeeld, studie van formatieve toetsing en feedback zou kunnen worden gevolgd door klaspraktijk in een les met geïntegreerde formatieve toetsing (*embedded formative assessment*). Wat het diepte-eerst principe betreft, dieper begrip van een ICT-tool heeft meerwaarde over meer oppervlakkig begrip van alle drie de tools en leidt tot betere transfer naar de gehele ICT-omgeving (breedte-later). Dit suggereert toepassing van het diepte-eerst principe als oplossing voor overladen lerarenopleiding programma's. Wat betreft het leren van ICT-vaardigheden bleek oefening in kleine groepen effectiever dan individuele oefening thuis of plenaire stap-voor-stap oefening. Persoonlijke, directe steun van de cursusdocent en collega cursisten is essentieel voor deelnemers om door de beginnersproblemen heen te komen van het leren van een nieuwe tool en TCK (*Technical Content Knowledge*) problemen te leren oplossen. Om TCK-problemen alleen te kunnen oplossen, moeten deelnemers begrijpen hoe het ICT-systeem werkt en zelfvertrouwen en doorzettingsvermogen hebben om oplossingen te zoeken en uit te proberen. Het uitvoeren van onze computer toets kan een eerste stap zijn in het leren van dergelijke vaardigheden.

Bij het begin van dit onderzoeksproject definieerden we de unieke doelen van de te ontwikkelen cursus en een overzicht van ontwerpprincipes. Gebaseerd op deze doelen en criteria kozen we ontwerp onderzoek als middel om de cursus te ontwikkelen, evalueren, en optimaliseren. We begonnen het onderzoek en ontwerpproject met pedagogische principes en beëindigen het met deze principes als de kern van het basisontwerp van de ICT in IBSE-cursus. Deze principes kunnen beschouwd worden als onafhankelijke en gevalideerde onderwijsproducten die lerarenopleiders kunnen adopteren en gebruiken voor bredere doelen dan alleen integratie van ICT in IBSE. De pedagogische principes creëren een theoretisch model onder het cursusontwerp dat richtlijnen en structuur geeft voor ontwerp, implementatie, evaluatie en optimalisering en helpt het ontwerp naar anderen te communiceren. De rol van de pedagogische principes is inderdaad essentieel. In ons ontwerp onderzoek gebruikten we a) een robuustheidsstap om de cursus uit te proberen onder routine omstandigheden en een generaliseerbaarheid en overdraagbaarheid stap om de cursus uit te proberen in verschillende

Samenvatting

programma's of zelfs landen. We bereikten succesvolle uitkomsten met deze stappen. Daarom bevelen we aan robuustheid, en generaliseerbaarheid en overdraagbaarheid te toetsen als vast onderdeel van ontwerponderzoek.

Belangrijke beperkingen van het huidige onderzoek waren dat we alleen de kwaliteit van de ene theorie-praktijk cyclus toetsten en niet de gelegenheid hadden de verdere ontwikkeling van deelnemers te meten in latere ICT in IBSE-activiteiten in hun klassen, en dat leerling resultaten niet gemeten werden. Leren om les te geven door middel van IBSE heeft een langer traject nodig dan deze cursus, dus laten onze metingen slechts de start zien van de ontwikkeling van deelnemers. Om dezelfde reden was het niet zinvol om leerling prestaties te meten want verbetering van onderzoeksvaardigheden zou slechts zichtbaar worden na een serie van lessen en niet na één les.

Het is algemene praktijk dat elke lerarenopleiding zijn eigen wielen uitvindt. Onze onderzoeksresultaten door het ontwerpen/aanpassen, implementeren, en evalueren van de ICT in IBSE-cursus in Nederland, Slowakije, en Vietnam laten zien dat met een doordacht ontwerp en goed gekozen pedagogische principes, cursussen en andere onderwijsproducten kunnen worden aangepast en gedeeld. De vierde en vijfde cyclus van de Nederlandse cursus en de tweede cyclus van de Vietnamese cursus konden worden geïmplementeerd door lokale cursusdocenten zonder de onderzoeker. De derde Slowaakse cyclus wordt momenteel gepland binnen een nieuw project op nationale schaal waarbij het doel is ICT-tools te gebruiken in de verschillende disciplines van de natuurwetenschappen in Slowakije. De Nederlandse cursus (reeds geïmplementeerd in vijf cycli) is uniek want het is de enige lerarenopleidingscursus die –voor zover wij weten- gezamenlijk wordt uitgevoerd door verschillende Nederlandse universiteiten. De Vietnamese ICT in IBSE-cursus is uniek want het is de enige Mastercursus waarvoor ontwerp en materialen geheel werden ontwikkeld buiten de universiteit. Dit soort van institutionalisering gebeurt niet vaak voor onderwijsprojecten. Dit laat niet alleen de praktische relevantie zien van het basisontwerp van de ICT in IBSE-cursus voor verschillende onderwijs en culturele contexten van pre- en in-service lerarenopleiding, maar suggereert ook de mogelijkheid van meer productieve standaardisering van lerarenopleidingscursussen.