

Expertise van docenten bij gebruik van ICT in de wiskundeles

Artikel voor tijdschrift voor Didactiek der bètawetenschappen.

Eisen: Richtlijn: 5000-7000 woorden

Samenvatting van 100-150 woorden met Engelse vertaling van titel en samenvatting

Referenties volgens APA (5^e editie)

Auteur: Linda Kaper

Studentnummer: 3727114

Instituut: Universiteit Utrecht, Freudenthal Instituut

Aantal ECTS: 45

Begeleider: Paul Drijvers

Tweede beoordelaar: Michiel Doorman

Coördinator: Arthur Bakker

Datum: augustus 2013

Samenvatting

Integratie van ICT in het wiskundeonderwijs vindt plaats als de groep 'mid-adopting docenten' ICT gaat gebruiken bij het lesgeven. Om deze docenten goed te kunnen begeleiden is het belangrijk te weten welke kennis en vaardigheden ze missen. Daarom heeft dit onderzoek de handelingen van mid-adopters en experts bij het gebruiken van ICT in het wiskundeonderwijs vergeleken door videomateriaal te analyseren op het gebied van instrumentele orkestraties.

De conclusie is dat mid-adopters en experts hetzelfde repertoire en frequenties van instrumentele orkestraties gebruiken. Wel is er een duidelijk verschil in de gemiddelde tijdsduur van de technische orkestraties, die de experts beduidend sneller uitvoeren dan de mid-adopters. Dit duidt erop dat mid-adopters voornamelijk technische vaardigheden missen.

Abstract

Title: Expertise of teachers in using ICT in mathematics education.

Integration of ICT in mathematics education takes place when the group 'mid-adopting teachers' starts using ICT in teaching. To guide these teachers it is important to know which knowledge and skills they lack. Therefore, this study compared the acts of mid-adopters and experts in the use of ICT in mathematics education by analyzing video material in the field of instrumental orchestration.

The conclusion is that mid-adopters and experts use the same repertoire and frequency of instrumental orchestrations. However, there is a clear difference in the average duration of the technical orchestrations, which the experts carry out considerably faster than the mid-adopters. This suggests that mid-adopters mainly miss technical skills.

Introductie

In de samenleving neemt technologie een steeds belangrijkere plaats in. In overeenstemming hiermee speelt technologie ook een steeds belangrijkere rol in het onderwijs. Allereerst is ICT-geletterdheid één van de 21^e eeuw vaardigheden waarover consensus is dat leerlingen deze moeten leren (Voogt & Pareja Roblin, 2010). Daarnaast wordt ICT ook steeds meer gebruikt om het leerproces in het onderwijs te ondersteunen. Zo beschrijft ISTE in hun richtlijn voor ICT-gebruik in het onderwijs dat “students demonstrate creative thinking, construct knowledge, and develop innovative products and processes using technology” (Thomas & Knezek, 2008, p. 336).

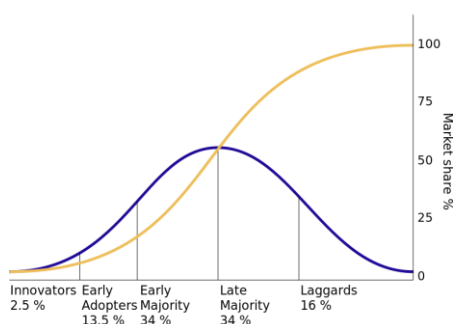
Ook in het wiskundeonderwijs leeft de visie dat ICT een rol heeft in het leerproces van de leerling. Zo neemt de National Council of Teachers of Mathematics (2008) het standpunt in dat:

Technology is an essential tool for learning mathematics in the 21st century, and all schools must ensure that all their students have access to technology. Effective teachers maximize the potential of technology to develop students’ understanding, stimulate their interest, and increase their proficiency in mathematics. (p. 1)

In Nederland beschrijft cTWO (2007, p. 7) in haar toekomstvisie de rol van ICT in het wiskundeonderwijs als volgt: “ICT is op een vanzelfsprekende manier in de wiskundeles geïntegreerd en levert een bijdrage aan het verwezenlijken van de onderwijsdoelen.”

In de Nederlandse praktijk is deze integratie van ICT in het (wiskunde)onderwijs nog beperkt. Uit de ‘Vier in balans monitor 2011 en 2012’ blijkt dat het aantal docenten dat ICT gebruikt in het voortgezet onderwijs wel toeneemt van 59% tot 69%, maar dat het aantal uren per week dat zij ICT gebruiken afneemt van 6 naar 5 (Ten Brummelhuis & Van Amerongen, 2011; Kennisnet, 2012). Aangezien de computer vooral gebruikt wordt voor tekstverwerking, opzoeken van informatie en communicatiemiddelen (Kennisnet, 2012) blijkt dat de computer nog weinig wordt gebruikt om daadwerkelijk het leren te stimuleren.

Om de toekomstvisies over ICT in het wiskundeonderwijs werkelijkheid te laten worden verwijst Ten Brummelhuis (2011) naar het adoptiemodel van Rogers (zie Figuur 1). Dit maakt zichtbaar dat eerst een groep innovators en early-adopters ICT in het wiskundeonderwijs integreren. Zij zijn vol enthousiasme over de mogelijkheden van ICT en overwinnen eenvoudig eventuele problemen. Toch vindt de echte integratie van ICT in het wiskundeonderwijs pas plaats als de early-majority en de late-majority, samen mid-adopters genoemd, ook meedoen. In tegenstelling tot de innovators en early-adopters zijn de mid-adopters niet vanzelf enthousiast over ICT in de wiskundeles. Wachira en Keengwe (2011) schrijven dat deze docenten aangeven zich angstig te voelen bij het gebruik van ICT en kennis te missen.



Figuur 1 De adoptiecurve van Rogers, waarbij de blauwe lijn aangeeft hoeveel mensen de nieuwe techniek implanteren en de oranje lijn het totaal aantal gebruikers van de vernieuwing aangeeft (Rogers, 1983, http://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_of_innovations)

Om mid-adopters te kunnen begeleiden bij het gebruik van ICT in de wiskundeles is het essentieel om te weten welke kennis en vaardigheden zij missen. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de expert-beginningmethode (voor wiskundeonderwijs zonder technologie is deze methode onder andere gebruikt door Leinhardt (1989)). Bij deze methode worden de praktijken van de experts op het gebied van ICT-gebruik in de wiskundeles vergeleken met die van beginners. In het Nederlandse wiskundeonderwijs zijn de experts de innovators en early-adopters, die al jaren bezig zijn met ICT in de wiskundeles. De beginners zijn de mid-adopters, die nog amper gebruik maken van ICT bij het lesgeven. Door te kijken naar de verschillen tussen deze twee groepen wordt duidelijk op welke gebieden de obstakels voor mid-adopters liggen en kunnen ze gericht geholpen worden deze obstakels te overwinnen.

Theoretisch kader en onderzoeksvraag

Om de verschillen in het lesgeven van expertdocenten en mid-adopters te beschrijven is het noodzakelijk om een theoretisch kader te hebben waarmee de handelingen van docenten beschreven kunnen worden. Dit theoretisch kader beschrijft daarom de instrumentele benadering en het daaruit voortkomende orkestratiemodel waarmee de handelingen van docenten bij het onderwijzen van wiskunde met ICT beschreven kunnen worden.

Instrumentele genese

In de instrumentele benadering wordt het woord instrument niet gebruikt zoals in het dagelijkse taalgebruik, waarin een instrument het gereedschap voor een handeling betekent. In de context van de instrumentele benadering wordt dit een artefact genoemd. In navolging van Rabardel (2002) wordt pas van een instrument gesproken wanneer er een betekenisvolle relatie bestaat tussen het artefact en de gebruiker voor het uitvoeren van bepaalde taken.

In de praktijk van het wiskundeonderwijs zou het artefact een applet kunnen zijn waarmee twee lineaire formules vergeleken kunnen worden, waarbij de taak is om uit te zoeken wanneer formule y groter is dan z . Het instrument is dan de applet samen met de denkschema's die ervoor zorgen dat de leerling de taak kan uitvoeren. Hierbij kan gedacht worden aan denkschema's over de bediening van de applet (bv. de grafiek kunnen verplaatsen of uitzoomen, zodat de snijpunten zichtbaar worden), maar ook wiskundekennis (bv. het kunnen oplossen van een lineaire vergelijking).

Het is dus noodzakelijk dat de leerling denkschema's ontwikkelt, zodat het artefact een instrument wordt. "Dit proces waarin de leerling het artefact leert kennen, de bij specifieke taken behorende schema's ontwikkelt en het artefact efficiënt en doelgericht leert gebruiken wordt instrumentele genese genoemd" (Drijvers, 2007, pp. 360-361). Dit proces is tijdrovend en veelomvattend (Artigue, 2002; Lagrange, 2000; Trouche, 2004). Daarnaast moet de instrumentele genese door de docent ondersteund worden (Trouche, 2004).

Instrumentele orkestratie

Er zijn verschillende strategieën van de docent mogelijk om de instrumentele genese van de leerling te ondersteunen. Deze verschillende strategieën worden verkend met behulp van instrumentele orkestraties. Een instrumentele orkestratie is de intentionele en systematische organisatie door de docent van de verschillende artefacten in een leeromgeving die tot doel heeft de instrumentele genese van de leerling te bevorderen (Trouche, 2004).

De instrumentele orkestratie wordt volgens Trouche (2004) gedefinieerd uit een didactische configuratie en een exploitatiemodus. De didactische configuratie is de plaatsing van de hulpmiddelen binnen het klaslokaal en de toewijzing van rollen aan de deelnemers (Ruthven, in druk). De exploitatiemodus zijn de patronen van het gebruik van het artefact en de interactie van de gebruikers die geassocieerd worden met de didactische configuratie (Ruthven, in druk).

Drijvers, Doorman, Boon, Reed, & Gravemeijer (2010) verschuiven de betekenis en de structuur van de instrumentale orkestratie, omdat ze niet meer mogelijke strategieën willen verkennen, maar de handelingen van de docent in de wiskundeles willen beschrijven (Ruthven, in druk). Zo definiëren Drijvers et al. (2010, p. 3) de didactische configuratie als "een configuratie van de onderwijssetting en de hulpmiddelen die daarbij betrokken zijn." Bijvoorbeeld een klaslokaal met een beamer, een computer met toegang tot het applet en leerlingen die het projectiescherm met het applet kunnen zien. De exploitatiemodus wordt door Drijvers et al. (2010) beschreven als

de manier waarop de docent de didactische configuratie gebruikt voor zijn didactische doelen. Dit bevat beslissingen over de manier waarop een taak wordt geïntroduceerd en doorgewerkt, de mogelijke rollen die de hulpmiddelen kunnen spelen en de beoogde schema's en technieken die leerlingen ontwikkelen. (p. 3)

Daarnaast introduceert Drijvers et al. (2010) de didactische performance als de ad hoc beslissingen tijdens het lesgeven over hoe de gekozen didactische configuratie en exploitatie modus in de praktijk

gebracht worden. Dit gaat over beslissingen en gedachten van de docent als welke vraag hij zal stellen, hoe hij reageert op een antwoord van een leerling of hoe hij inspeelt op onverwachtse gebeurtenissen op technisch of wiskundig vlak.

Bij het indelen van de instrumentele orkestraties van de docent wordt onderscheid gemaakt tussen klassikale en individuele instrumentele orkestraties. Klassikale instrumentele orkestraties, in het vervolg klassikale orkestraties genoemd, zijn gericht tot de hele klas of een groot gedeelte van de klas om de instrumentele genese bij de gehele klas te stimuleren. Als voorbeeld kan gedacht worden aan een discussie met de gehele klas over het wat er op de beamer zichtbaar is. Bij individuele instrumentele orkestraties, in het vervolg individuele orkestraties genoemd, richt de docent zich tot één of twee leerlingen om de instrumentele genese van deze leerling(en) te ondersteunen. Deze orkestratie kan zowel plaatsvinden op initiatief van de leerling als van de docent. Een voorbeeld is dat de docent een leerling de techniek demonstreert door bijvoorbeeld te laten zien hoe hij een kwadraat snel intypt.

Bij dit onderzoek zijn in navolging van Drijvers et al. (2012) de volgende categorieën aangehouden voor het beschrijven van de klassikale orkestraties van de docenten: *Technische demonstratie*, *Instructie en uitleg*, *Verbinding scherm-bord*, *Schermdiscussie*, *Schermuitleg*, *Leerlingwerk tonen*, *Sherpaleerling* en *Borduitleg* en voor de individuele orkestraties: *Technische demonstratie*, *Instructie en uitleg*, *Verbinding scherm-papier*, *Schermdiscussie* en *Technische ondersteuning*. In bijlage 1 staat het codeboek dat nadere omschrijvingen van deze orkestraties geeft.

Onderzoeksvraag

Om ICT in het wiskundeonderwijs te integreren, is het noodzakelijk dat ook mid-adopters de stap zetten om ICT te gebruiken. Om te ontdekken welke vaardigheden mid-adopters missen bij het onderwijzen van wiskunde met behulp van ICT kunnen de verschillen in handelingen tussen experts en mid-adopters bekeken worden. Met behulp van deze verschillen kunnen mid-adopters begeleid worden bij het werken met ICT.

Voor het beschrijven van de praktijken van deze docenten kan gebruik gemaakt worden van het orkestratiemodel, zoals beschreven in het theoretisch kader. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

Wat zijn de verschillen in het opzetten en hanteren van instrumentele orkestraties tussen experts en mid-adopters bij het geven van wiskundeles met behulp van ICT?

ICT

Het begrip ICT in deze onderzoeksvraag is erg breed. Er zijn diverse technologische middelen die gebruikt kunnen worden in het wiskundeonderwijs. Bij al deze middelen loopt de instrumentele genese van de leerling anders. Verschillende middelen kunnen dus ook andere instrumentele orkestraties van de docent vragen. Het visiedocument van het cTWO (2007) beschrijft de drie functies die ICT kan aannemen in het wiskundeonderwijs. De eerste functie is als communicatiemiddel tussen leerling en docent en tussen leerlingen onderling. Ten tweede kan ICT gebruikt worden als leermiddel. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan applets waarmee leerlingen bepaalde vaardigheden kunnen oefenen, waarbij ze feedback van het applet krijgen. Als laatste kan ICT gebruikt worden als kant-en-klaar rekengereedschap.

In dit onderzoek wordt ICT gebruikt in de tweede rol, namelijk als leermiddel. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de digitale wiskundeomgeving (dwo). Dit is een omgeving waarop verschillende applets zijn verzameld en docenten zelf applets kunnen maken. In deze omgeving wordt het werk van de

leerling opgeslagen en is zichtbaar voor de docent. Meer informatie is te vinden op www.fi.uu.nl/dwo.

Onderzoekscontext: het DPICT-project

Omdat dit onderzoek nauw aansluit bij het DPICT-project wordt in deze paragraaf uitgelegd wat het DPICT-project is en welke plek het DPICT-project in het nu uitgevoerde onderzoek heeft.

Het DPICT-project

Het project DPICT (DocentenPraktijken in ICT-rijk wiskundeonderwijs) richtte zich op het gebruik van ICT in de wiskundeles en de rol van de docent hierin. Gedurende het schooljaar 2011-2012 werden twaalf mid-adopters, twee per school, gevolgd en begeleid. Bij dit project werden docenten als mid-adopters beschouwd als ze in het schooljaar 2010-2011 minder dan 20 uur ICT tijdens de wiskundeles hadden gebruikt.

De deelnemende mid-adopters voerden drie hoofdstukvervangende lessenseries uit met behulp van ICT. Deze lessenseries met als onderwerp meetkunde, lineaire vergelijkingen en kwadratische vergelijkingen, waren beschikbaar in de dwo en maakten gebruik van algebra-applets en voor de meetkunde module ook van GeoGebra.

Tijdens het project werden de docenten begeleid door het projectteam. Deze begeleiding vond plaats tijdens vijf bijeenkomsten. Daarnaast was er een online moodle-omgeving waarin docenten informatie konden vinden en ervaringen konden uitwisselen. Gedurende het project waren de onderzoekers via e-mail bereikbaar voor vragen.

Voor de dataverzameling werden 25 (delen van) lessen gefilmd. Daarnaast hielden de docenten een blog bij over hun ervaringen. Ook werden interviews en vragenlijsten bij de mid-adopters afgenomen. Als laatste werden ook de proefwerkcijfers van de leerlingen bekeken.

De videodata van de lessen is bekeken door de lens van instrumentele orkestratie en TPACK (zie voor een overzichtartikel Voogt, Fisser, Pareja Roblin, Tondeur, & Braak (2013)).

De resultaten en conclusies van het DPICT-project zijn in diverse publicaties gepubliceerd (zie Drijvers et al., 2012; Drijvers, Tacoma, Besamusca, Doorman, & Boon, in afwachting van acceptatie).

De rol van DPICT in het huidige onderzoek

In het huidige onderzoek wordt het opzetten en hanteren van instrumentele orkestraties van mid-adopters en experts vergeleken. Hiervoor is dus zowel data nodig van mid-adopters en experts. Voor de data van de mid-adopters is gebruik gemaakt van de videodata uit het DPICT-project. De module meetkunde is buiten beschouwing gelaten, omdat hierin ook GeoGebra gebruikt werd. Hierdoor week de gebruikte ICT sterk af van die van de experts. Daardoor zouden de orkestraties door de andere mogelijkheden en problemen behorende bij de ICT kunnen verschillen. Van de modules lineaire vergelijkingen en kwadratische vergelijkingen waren er van drie docenten meerdere video's beschikbaar, van zes andere docenten waren enkele (maximaal 15) fragmenten van instrumentele orkestraties aanwezig.

Naast de data van de mid-adopters, die is overgenomen uit het DPICT-project, is ook het codeboek voor instrumentele orkestratie overgenomen. Dit betekent dat ook de codering van de videodata van de mid-adopters is overgenomen op het gebied van instrumentele orkestratie.

Methode

De onderzoeksvraag is een vergelijkingsvraag. Dat vraagt om een beschrijving van de instrumentele orkestraties van zowel de mid-adopters als de experts. Zoals in de onderzoekscontext beschreven, is voor de omschrijving van de mid-adopters de data en analyse op het gebruik van instrumentele orkestraties van het DPICT-project gebruikt. Voor de experts heeft de dataverzameling en analyse gedurende het huidige onderzoek plaatsgevonden. Deze methode gaat in op de selectie van de expertdocenten, de dataverzameling bij deze docenten en als laatste op de analyse van de data.

Selectie experts

Als expertdocenten werden drie docenten uitgenodigd om te participeren in het onderzoek. Deze docenten werden uitgekozen op grond van de volgende drie selectiecriteria:

- De docent heeft al meer dan drie jaar ICT in de wiskundeles gebruikt.
- De docent gaf in de voorgaande jaren meer dan 30 lessen per jaar wiskundeles met gebruik van ICT.
- De docent maakte in de les gebruik van de dwo.

De eerste twee criteria zijn gebruikt om te garanderen dat de docent inderdaad een expertdocent is op het gebied van ICT in de wiskundeles. Het laatste criterium zorgt ervoor dat de mid-adopting en expertdocenten dezelfde ICT gebruiken, zodat de verschillen in gebruik van orkestraties niet voortkomen uit de mogelijkheden met ICT.

Twee van de drie uitgenodigde docenten waren bereid te participeren. De derde docent heeft een collega gevraagd mee te doen, omdat hij vond dat het gebruik van ICT beter zichtbaar werd in de onderbouw en hij zelf geen klassen in de onderbouw had. Deze collega werd benaderd en was bereid deel te nemen.

Er was enige twijfel over of deze collega werkelijk een expert was. In tegenstelling tot de andere expertdocenten had hij nog niet veel ervaring met het geven van wiskundelessen. Wel had hij door het geven van lessen informatiekunde en het sinds kort werkzaam zijn als ICT-coördinator veel ervaring met gebruik van ICT. Tijdens de data-analyse bleek dat er bij hem problemen werden waargenomen die in overeenstemming waren met die van de mid-adopters en die niet bij de andere experts gesignaleerd werden. Toch had hij de meeste overeenkomsten met de experts en gaf hij in tegenstelling tot de mid-adopters geen problemen aan met het gebruik van ICT. Daarom is ervoor gekozen deze docent toch te rekenen tot de experts.

Dataverzameling

Tijdens het onderzoek zijn de volgende soorten data verzameld. Allereerst is er een kennismakingsgesprek geweest met de drie experts. Ten tweede zijn van alle drie de docenten twee lessen gefilmd. Als laatste zijn er om zicht te krijgen op de ontwikkeling van de expertdocenten en op de randvoorwaarden semigestructureerde interviews gehouden met de experts.

Allereerst werd met alle drie de docenten een kennismakingsgesprek gehouden om het doel van het onderzoek uit te leggen, een indruk te krijgen van de school en docent en afspraken te maken. Daarbij werd gesproken over de ervaringen van de docent met ICT en welke software en hardware de expertdocenten gebruikten. Ook werd gesproken over de school waarop de expertdocent werkte. Bij docent A werd dit kennismakingsgesprek, op verzoek van de docent, vergezeld van een dag meelopen waarbij lessen zijn bijgewoond waarin geen gebruik gemaakt werd van de dwo.

Videodata van lessen

Per expertdocent werden twee lessen gefilmd. Deze twee lessen vonden plaats in dezelfde klas en gingen over hetzelfde onderwerp. Er werd hiervoor gekozen, omdat met twee lessen de effecten van

afwijkend gedrag door filmen verkleind worden en ook het gedrag van de docent zichtbaarder wordt. Daarnaast werd in de les gebruik gemaakt van de dwo. Dit was om de verschillen in mogelijkheden van de technologie tussen de mid-adopters en experts zo klein mogelijk te houden.

Bij expert A werden twee lessen in een vierde klas havo wiskunde B (ongeveer 20 leerlingen), die door de docent als vrij zwakke klas omschreven werd, gefilmd. Het onderwerp van deze lessen was vergelijkingen en ongelijkheden. Deze lessen duurden 45 minuten. Ze vonden plaats in een computerlokaal, waarin de leerlingen individueel met soms wat overleg aan de opgaven werkten. De docent liep rond en beantwoordde vragen. Voorafgaande aan de gefilmde computerlessen vonden er lessen met klassikale uitleg in een lokaal zonder computers plaats. Dit onderwerp was de eerste keer dat deze klas bij wiskunde met de dwo werkte, maar de meesten hadden wel ervaring met de dwo bij natuurkunde. De opgaven in de dwo waren de opgaven behorende bij Getal en Ruimte, waarvan expert A de auteur is. Dit zijn gerandomiseerde opgaven, zodat alle leerlingen andere getallen in de opgaven hadden.

Expert B werd gefilmd in een eerste klas havo/vwo (ongeveer 30 leerlingen). Het onderwerp van de lessen was het opstellen en vergelijken van lineaire formules. De lessen duurden 60 minuten. Alle leerlingen uit de klas hadden een laptop, dus er werd lesgegeven in een normaal lokaal met beamer en whiteboard. De lessen begonnen met een klassikale uitleg van ongeveer 20 minuten. Daarna werkten de leerlingen zelfstandig aan opgaven in de dwo, waarbij de leerlingen regelmatig overlegden. De opgaven waren gedeeltelijk door de docent zelf gemaakt en gedeeltelijk kant-en-klaar materiaal uit de dwo.

Expert C werd gefilmd in een tweede klas havo/vwo (ongeveer 30 leerlingen). Het onderwerp van de lessen was het oplossen van kwadratische vergelijkingen. De lessen duurden 80 minuten. Op de school van docent C wordt zonder boek gewerkt. Dit betekent dat er in projectvorm gewerkt wordt, waarbij vaardigheden vaak geoefend worden in de dwo. De lessen bestonden uit een gedeelte van ongeveer 20 minuten klassikale uitleg, waarna de leerlingen zelfstandig aan het werk konden. Tijdens het zelfstandig werken was er af en toe klassikale uitleg als veel leerlingen op hetzelfde onderwerp vastliepen. De tweede gefilmde les sloot af met een klassikale uitleg over rekenvaardigheid van 20 minuten. Dit gedeelte is niet in de analyse betrokken, omdat het over een ander onderwerp ging.

Zowel bij de experts als bij de mid-adopters werd dezelfde methode van filmen gebruikt. Bij de klassikale uitleg is vanaf een vast punt gefilmd. Vanaf dit vaste punt was de docent goed zichtbaar en werd een groot deel van de klas ook in beeld gebracht. Op deze manier werd duidelijk hoe de docent ICT gebruikte en werd de interactie met de klas zichtbaar. Bij de individuele uitleg werd de docent gevolgd en werd het beeldscherm van de leerling gefilmd. Een enkele keer als de docent zijn lichaam veel gebruikte, door bijvoorbeeld armgebaren te maken, werd ook de docent gefilmd. Daarnaast werd op film vastgelegd als de docent de computer bediende. Deze manier van filmen zorgde ervoor dat duidelijk werd wat de docent zag en hoe hij daarop reageerde.

Interviews

Naast het verzamelen van videomateriaal werd een semigestructureerd interview gehouden met de experts aan de hand van drie onderwerpen: ervaringen/problemen die de expertdocent zelf had ervaren; adviezen voor nieuwe wiskundecollega's met betrekking tot het gebruik van ICT en vragen naar aanleiding van de observaties tijdens de gefilmde lessen.

Het doel van deze interviews was om te zien of de ervaringen en visie van de experts over de ontwikkeling van beginnende docent naar expertdocent overeenstemmen met de verschillen in vaardigheden die uit het videomateriaal naar voren komen. Daarnaast konden de randvoorwaarden voor het integreren van ICT meegenomen worden. Er is gekozen voor een semigestructureerd interview, omdat dit aan de ene kant de ruimte geeft om door te vragen op de opmerkingen van de

docenten en aan de andere kant wel richting geeft aan het gesprek, waardoor niet te ver afgedwaald werd.

Bij het eerste onderwerp werd vooral ingegaan op de eerste ervaringen van de expert met ICT in de wiskundeles en welke problemen zij daarbij ervoeren. Daarnaast werd ingegaan op hoe zij deze problemen overwonnen en welke ontwikkeling in vaardigheden er geweest is.

In het tweede onderwerp werd ingegaan op de adviezen en tips die de experts geven aan de mid-adopters wat betreft het gebruik van ICT en het ontwikkelen van de vaardigheden die ze daarvoor nodig hebben.

Het laatste onderdeel van het interview waren vragen over observaties tijdens de gefilmde lessen bij deze docenten. Deze vragen verschilden per docent en gingen meestal over technische problemen en de houding van leerlingen tijdens de les.

De interviews met expert B en C werden direct na de tweede gefilmde les afgenomen. Bij expert A werd het interview, wegens omstandigheden, een paar maanden later telefonisch afgenomen. De interviews werden opgenomen met een voicerecorder.

Data analyse

De videodata van de mid-adopters zijn tijdens het DPICT-project gecodeerd op instrumentele orkestraties (zie Drijvers et al., 2012). Deze codering werd overgenomen.

Op dezelfde manier werden de videodata van de experts gecodeerd. Hiervoor werden de videodata allereerst ingedeeld in analyse-eenheden. Bij de klassikale orkestraties was de eenheid van analyse een samenhangend fragment dat qua onderwerp bij elkaar paste en waarbij de orkestratie gelijk was. Een eenheid voor de individuele orkestraties is een samenhangend fragment met uitleg van één som en met één orkestratie. Deze fragmenten werden geanalyseerd met software voor kwalitatieve analyse, namelijk Atlas.ti. Voor de codering werd hetzelfde codeboek, zie bijlage 1, gebruikt als voor de mid-adopters (zie Drijvers et al., 2012).

Een gedeelte van de fragmenten van de individuele orkestraties (30%) werd ook door een tweede codeur gecodeerd. De tweede codeur was bekend met didactisch onderzoek naar bètaonderwijs, maar had een achtergrond in de biologie. Er was een hoge overeenstemming (Cohen's kappa: 0,87). Voordat gecodeerd werd, kreeg de tweede codeur uitleg over het codeboek. Hierbij kreeg ze van alle orkestraties, behalve *Schermdiscussie* een voorbeeld te zien. Tijdens het coderen bleek de tweede codeur problemen te hebben met het onderscheid maken tussen de orkestratie *Schermdiscussie* en *Instructie en uitleg*. Ze merkte hierbij op dat ze niet goed wist wanneer er voldoende sturing van de leerling was om het als *Schermdiscussie* te coderen. Toch koos ze elke keer dezelfde orkestratie als van de eerste codeur. Na ongeveer zes fragmenten werd ervoor gekozen om toch een voorbeeld van de orkestratie *Schermdiscussie* te laten zien. Hierbij werd voor de tweede codeur zichtbaar dat slechts twee fragmenten met *Schermdiscussie* gecodeerd waren. Hierdoor werd de tweede codeur beïnvloed, omdat ze door deze informatie sneller neigde naar de orkestratie *Instructie en uitleg*. Toch wordt verwacht dat deze informatie de resultaten van de tweede codering weinig beïnvloed heeft, omdat in de eerdere fragmenten de keuze van de tweede codeur tussen *Schermdiscussie* en *Instructie en uitleg* continue correct was. Daarnaast werd het fragment waarbij *Schermdiscussie* wel in overeenstemming was goed gecodeerd.

Met de codering werd van zowel de data van de mid-adopters als de experts de tijdsduur per orkestratie weergegeven. Met deze gegevens kon de gemiddelde tijdsduur en de totale tijdsduur berekend worden per orkestratiecategorie.

De drie interviews werden getranscribeerd. Aan de hand van opvallendheden in de data zijn de transcripten geanalyseerd of er over dat onderwerp overeenkomstige of tegenovergestelde beweringen stonden. Bijvoorbeeld bij de waarneming in de data dat de gemiddelde tijdsduur van de experts bij technische orkestraties lager was dan bij de mid-adopters is gekeken naar opmerkingen in

de interviews over het definiëren en omgaan met technische problemen. Op deze manier kon datatriangulatie plaatsvinden.

Ook werden de interviews geanalyseerd op de randvoorwaarden die de experts aangaven voor het gebruik van ICT. Alle drie de experts gaven namelijk aan dat de integratie niet alleen mogelijk was door hun eigen vaardigheden, maar ook door hulp en middelen van buitenaf.

Resultaten

Deze resultatensectie beschrijft eerst de data van de experts. Vervolgens wordt deze data aangehouden tegen de data van de mid-adopters (Drijvers et al., 2012).

Resultaten van experts

Klassikale orkestraties

Alle drie de experts gebruikten tijdens de klassikale uitleg voornamelijk de orkestratie *Borduitleg*.

Alleen expert B gebruikte daarnaast enkele andere orkestraties.

Expert A gebruikte tijdens de twee gefilmde lessen geen klassikale uitleg. Dit was in tegenstelling tot de geobserveerde lessen zonder dwo. Tijdens die lessen gaf hij zowel aan het begin van de les klassikale uitleg als dat hij vragen klassikaal met de orkestratie *Borduitleg* behandelde, waarbij leerlingen die ongeveer even ver waren mee konden kijken. Bij deze uitleg werd gebruik gemaakt van de beamer om het boek op het bord te projecteren, zodat leerlingen niet in hun eigen boek hoefden te kijken en eenvoudig gescrold kon worden naar een voorbeeld.

Expert A gaf in het interview drie redenen aan om tijdens de lessen met de dwo vragen niet klassikaal te behandelen. Allereerst was er een grotere spreiding van waar leerlingen mee bezig waren dan tijdens het werken met het boek. Ten tweede zijn de opgaven in de dwo gerandomiseerd, zodat een som voor een andere leerling nooit precies hetzelfde is. Als laatste zijn sommen in de dwo over het algemeen minder complex, omdat het bedoeld is voor het inoefenen van vaardigheden, zodat bordgebruik niet nodig is voor het beantwoorden van de vraag.

Expert B gaf in het interview aan dat hij tijdens de klassikale uitleg regelmatig gebruik maakte van PowerPoint. Tijdens de gefilmde lessen gebeurde dit ook, daarnaast gebruikte hij enkele keren ook het bord om uitleg te geven. Naast *Borduitleg* maakte hij gebruik van de orkestraties *Schermuitleg* en *Technische demonstratie*.

Expert C gebruikte tijdens de klassikale uitleg alleen maar de orkestratie *Borduitleg*. Wel gebruikte hij de beamer met de dwo om te laten zien welke leerlingen hun huiswerk gemaakt hadden. In de eerste gefilmde les werkte de beamer daarbij niet mee, maar in de tweede gefilmde les werkte het wel.

Individuele orkestraties

Hoewel de gefilmde tijd dat de leerlingen in de klas van de experts zelfstandig werkte vrijwel gelijk was (35-45 minuten per les), verschilde het aantal individuele orkestraties tussen de experts sterk (zie Tabel 1). In overeenstemming hiermee was er ook een groot verschil in de gemiddelde tijdsduur die de experts aan de verschillende orkestraties besteedden (zie Tabel 2).

Tabel 1 Het aantal absolute individuele orkestraties van de experts met tussenhaakjes het percentage

	Expert A – 4 havo B (n=45)	Expert B – 1 havo/vwo (n=77)	Expert C – 2 havo/vwo (n=33)
Technische ondersteuning	9 (20%)	18 (23%)	1 (3%)
Technische demonstratie	6 (13%)	3 (4%)	0 (0%)
Instructie en uitleg	26 (58%)	50 (65%)	31 (94%)
Verbinding scherm-papier	3 (7%)	6 (8%)	0 (0%)
Schermdiscussie	1 (2%)	0 (0%)	1 (3%)

Tabel 2 De gemiddelde tijdsduur in seconden van de individuele orkestraties van de experts met tussen haakjes het aantal orkestraties

	Expert A – 4 havo	Expert B – 1 havo/vwo	Expert C – 2 havo/vwo
Technische ondersteuning	41 (9)	29 (18)	43 (1)
Technische demonstratie	13 (6)	6 (3)	- (0)
Instructie en uitleg	112 (26)	55 (50)	96 (31)
Verbinding scherm-papier	92 (3)	17 (6)	- (0)
Schermdiscussie	464 (1)	- (0)	39 (1)
Totaal	91 (45)	44 (77)	93 (33)

Opvallend bij expert A is het hoge percentage *Technische demonstratie* (13%). Dit komt overeen met het interview waarin expert A aangaf dat het belangrijk is dat leerlingen handig en snel met de dwo leren werken, waarvoor het noodzakelijk is dat de leerlingen leren omgaan met de functietoetsen en zo min mogelijk de muis gebruiken.

Daarnaast valt de hoge gemiddelde tijdsduur van de orkestratie *Instructie en uitleg* op. Dit was zichtbaar in de aandacht die expert A besteedde aan het terugkijken naar de gehele som, nadat hij de vraag van de leerling had beantwoord.

De orkestraties van expert B kenmerkten zich door de korte duur. Daarnaast valt het hoge aantal *Technische ondersteuning* op. Hiervoor waren een drietal redenen. Tijdens de eerste les hadden diverse leerlingen het probleem dat JAVA, dat nodig is voor de dwo, niet goed geïnstalleerd stond op hun laptop. In het interview gaf expert B aan dat dit probleem vaak voorkwam na een periode waarin niet gewerkt was met de dwo doordat leerlingen tussentijds problemen hadden met hun laptops en dat bij het oplossen van die problemen JAVA gedeïnstalleerd werd. Ten tweede was er bij het programmeren van de opgaven iets fout gegaan, waardoor leerlingen te zien kregen dat ze maar 50% goed hadden, terwijl ze alles goed gemaakt hadden. Als laatste was er in de tweede les een leerling met een computerprobleem dat expert B niet meteen kon definiëren. Hierdoor is hij vijf keer teruggeweest bij deze leerling, zodat zij ondertussen een mogelijke oplossing kon proberen, zoals de dwo opnieuw opstarten. Aan het einde van de les moest ze de computer opnieuw opstarten en als dat niet werkte langs ICT gaan, aangezien de les was afgelopen is het niet duidelijk hoe dit geëindigd is.

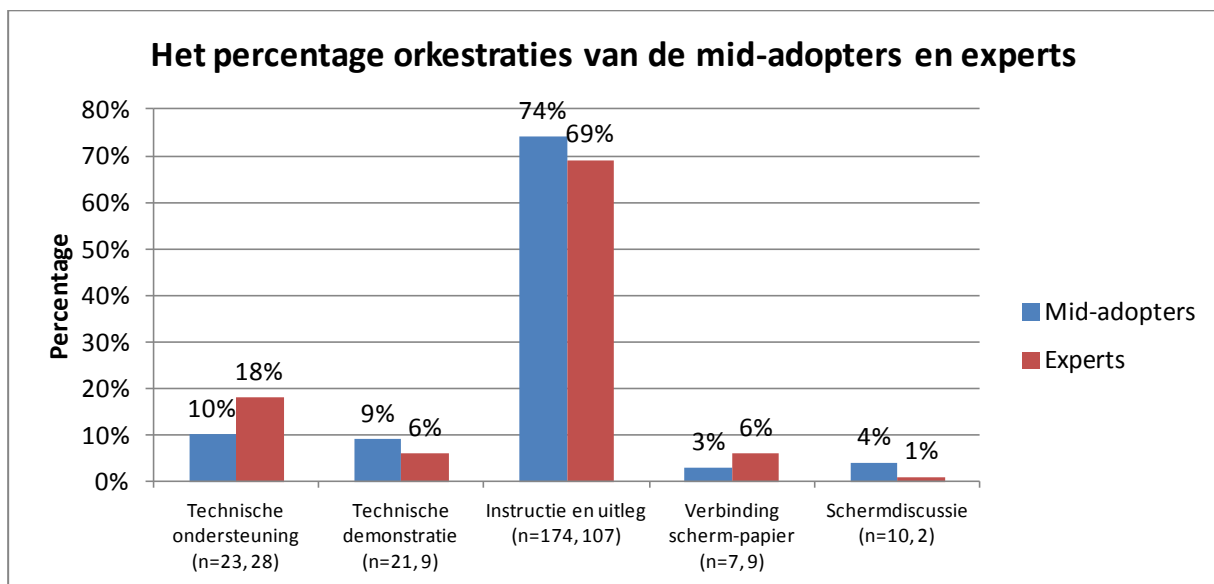
Allereerst valt bij expert C op dat hij bijna alleen maar de orkestratie *Instructie en uitleg* gebruikte (94%). Dit was allereerst mogelijk doordat de leerlingen veel ervaring hadden met de dwo en daar dus heel handig mee waren. Ten tweede waren er op één niet werkende computer na geen technische problemen. In het interview is daarnaar gevraagd en gaf expert C daarvoor drie redenen. Allereerst had de school veel computers en dus een uitgebreid systeembeheer. Ten tweede had de wiskundesectie zijn eigen computerlokalen, waar ze dus zelf verantwoordelijk voor waren. Hierdoor letten de docenten op dat de leerlingen de computer goed gebruikten. Problemen met computers ontstonden voornamelijk als er andere lessen in de lokalen waren, zoals huiswerklessen. Als laatste waren de opgaven grondig gecontroleerd en werden al een aantal jaren gebruikt, waardoor er geen fouten meer inzaten.

Daarnaast onderscheidten expert C's lessen zich doordat leerlingen elkaar veel hielpen. Bij de andere experts gebeurde dit ook wel, maar in mindere mate en alleen door leerlingen die dicht bij elkaar zaten. Daarnaast viel op dat expert C als enige gebruik maakte van klassikale uitleg als hij zag dat veel leerlingen met dezelfde opgaven worstelden.

Verschillen tussen mid-adopters en experts

Zowel bij de mid-adopters als de experts was het aantal gefilmde klassikale orkestraties zeer klein. Daarbij werd door beiden vooral de klassikale orkestratie *Borduitleg* gebruikt. Deze vergelijking gaat daarom in op de verschillen in het gebruik van individuele orkestraties.

In Figuur 2 wordt zichtbaar dat de verschillen in de gebruikte orkestraties klein zijn. Zowel de mid-adopters als de experts gebruikten voornamelijk de orkestratie *Instructie en uitleg*. Ook technische orkestraties (*Technische ondersteuning* en *Technische demonstratie* samen) werden geregeld gebruikt. De orkestraties *Verbinding scherm-papier* en *Schermdiscussie* werden amper gebruikt. In het kader van het DPICT-project, waarbij de mid-adopters zoekende waren naar de balans tussen het gebruik van de computer en pen en papier (zie Drijvers et al., 2012), is het interessant dat experts iets vaker de orkestratie *Verbinding scherm-papier* hanteerden.

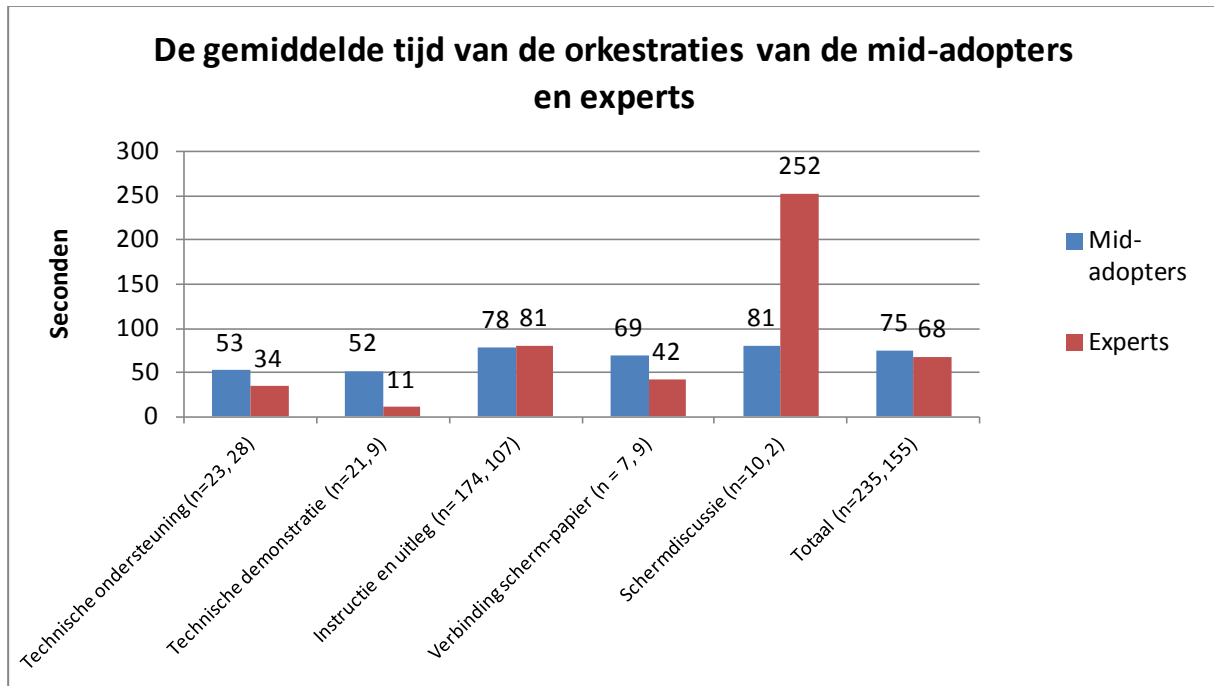


Figuur 2 Het percentage gebruikte individuele orkestraties van de mid-adopters en de experts

Bij de gemiddelde tijdsduur van de orkestraties (zie Figuur 3, blz. 16) worden verschillen zichtbaar tussen de mid-adopters en de experts. Het grootste verschil is de gemiddelde tijd van de technische orkestraties, die voor de mid-adopters 53 seconden is en voor de experts 27 seconden. Dit verschil is opvallend, aangezien de gemiddelde tijdsduur van het totaal aan orkestraties wel dicht bij elkaar ligt (75 versus 68 seconden) en bij een inhoudelijke orkestratie als *Instructie en uitleg* de gemiddelde tijd van de experts zelfs iets hoger ligt. Hoewel verschillen zichtbaar waren tussen de drie expertdocenten en er ook verschillen zichtbaar zijn tussen de verschillende mid-adoptie docenten, is dit resultaat ook bij alle docenten apart zichtbaar. Alle drie de expertdocenten hebben een lagere gemiddelde tijdsduur van de technische orkestraties (respectievelijk 30, 26 en 43 seconden) dan de groep mid-adopters (53 seconden). Ook hebben de drie mid-adoptie docenten waar de meeste data beschikbaar was alle drie een hogere gemiddelde tijdsduur van technische orkestraties (respectievelijk 41, 38 en 78 seconden) dan de groep experts (27 seconden).

In het videomateriaal wordt dit zichtbaar in de korte aanwijzingen die de experts gaven om sneller met de dwo om te gaan, zoals instructies over het gebruik van functietoetsen. Bij de mid-adopters werden deze aanwijzingen ook gegeven, maar vaak als deel van een langere uitleg over hoe de dwo werkt.

Daarnaast losten de experts technische problemen, bijvoorbeeld het opnieuw installeren van JAVA op een niet werkende computer, snel zelf op of verwezen door naar de ICT-afdeling van de school. Ook problemen in de dwo met bijvoorbeeld het fout rekenen van goede antwoorden werden door de experts snel gediagnosticeerd.



Figuur 3 De gemiddelde tijdsduur van de individuele orkestraties van de mid-adopters en experts

Dit komt overeen met het beeld dat uit de interviews ontstaat, dat de technische vaardigheden om een probleem met de computer snel te definiëren en een oplossing te bedenken ontstaan door veel ervaring. Zo zegt expert B dat het verschil tussen hem en een nieuwe wiskundedocent zonder ervaring met ICT is: “Ik kan heel goed inschatten als bijvoorbeeld een computer het niet doet ofzo, wat er dan mis is, of we het nu kunnen oplossen of niet.”

Ook in het interview met expert C kwamen de technische problemen van de dwo (in het interview wisweb genoemd) ter sprake bij de vraag naar de problemen bij het gebruik van ICT: “Nou, kijk, wisweb is niet heel stabiel, dus het is nog wel eens zo dat een leerling vastloopt en vastloopt en vastloopt. En, er zijn wel eens knoppen die opeens niet werken en eh, dat vind ik eigenlijk het grootste probleem. Dat kun je, dat kun je zelf meestal wel opvangen, maar ja, als je een nieuwe collega hebt en die denkt opeens help hoe moet dit? Ja, dus iedereen loopt toch weer tegen hetzelfde probleem aan.” Op de vraag wat hij zelf doet als dat gebeurt in de les antwoordt hij: “Nou, kijk, de eerste regel is van als iets niet wordt opgeslagen ga je gewoon verder bij waar je gebleven bent, dus het telt niet mee in een cijfer, dus wat dat betreft is er nooit echt een man overboord. En, kijk vaak werk ik daar wel om heen of ben ik er sneller achter waar het aan ligt en soms laat ik gewoon een nieuwe accountnaam aanmaken als ik denk dat, soms wordt één leerling geblokkeerd en alle andere niet. Ja, dan laat ik gewoon een ander account maken en dan gaat hij op een ander account verder. En, ja, soms verzint een leerling hoe je een probleem kan omzeilen dat bijvoorbeeld, nou goed er zijn dus dingen waarvan hij zegt maar als je het zo doet dan loopt hij niet vast. Dus ja, dat weet je dan langzamerhand wel.”

Naast de kennis en vaardigheden die nodig zijn voor het onderwijzen van wiskunde met ICT, gaven alle drie de experts tijdens het interview aan dat er praktische voorwaarden zijn. Zo is het belangrijk dat computerfaciliteiten eenvoudig beschikbaar zijn. Een computerlokaal moeten reserveren is een enorme hindernis voor het gebruik van ICT in de wiskundeles, omdat de docent bijna dwingt om meteen de hele les ICT te gebruiken en het ook veel moeite kost. Daarnaast is het belangrijk dat goed materiaal beschikbaar is of dat er tijd is om eigen materiaal te testen.

Conclusie en discussie

Conclusie

De onderzoeksvraag van deze studie luidt:

“Wat zijn de verschillen in het opzetten en hanteren van instrumentele orkestraties tussen experts en mid-adopters bij het geven van wiskundeles met behulp van ICT?”

Het antwoord op deze vraag bestaat uit twee delen. Allereerst is gekeken naar de orkestraties die de docenten gebruiken. Op dit punt is de conclusie dat het repertoire en de frequenties van de gebruikte orkestraties voor de experts en de mid-adopters ongeveer gelijk ligt. Er zijn kleine verschillen, waaronder dat de experts de orkestratie *Verbinding scherm-papier* iets vaker gebruiken.

Ten tweede is gekeken naar de tijdsduur van de orkestraties. Hierbij zijn vooral verschillen waargenomen bij de technische orkestraties. De gemiddelde tijdsduur van de technische orkestraties (*Technische ondersteuning* en *Technische demonstratie* samen) ligt bij de experts veel lager dan bij de mid-adopters.

Daarbij geven de interviews aan dat experts weinig moeite hebben met het omgaan met technische problemen, omdat zij veel problemen herkennen. Bij elkaar duidt dit erop dat experts technische problemen sneller kunnen definiëren en kunnen oplossen dan de mid-adopters.

Discussie

In deze discussie komen aan de orde: de beperkingen en generaliseerbaarheid van het onderzoek, de keuze voor het orkestratiemodel en aanbevelingen voor de praktijk.

Beperkingen en generaliseerbaarheid van het onderzoek

Dit onderzoek heeft een aantal beperkingen. Ten eerste was de groep van drie experts vrij klein. Van elk van deze experts zijn slechts twee lessen gefilmd. Ook de groep van mid-adopters was vrij klein, want hoewel twaalf mid-adopting docenten participeerden in DPICT was van slechts negen docenten videodata beschikbaar uit de modules zonder meetkunde. Van deze negen docenten waren van zes docenten vijftien of minder individuele orkestraties gefilmd. De verwachting is dat deze kleine hoeveelheid data de betrouwbaarheid van de conclusies van dit onderzoek niet heeft aangetast. Er waren weliswaar verschillen tussen de docenten onderling en tussen de twee opgenomen lessen van de experts, maar de belangrijkste conclusies golden voor elk van deze docenten en elk van deze lessen. Wel is het mogelijk dat er meer conclusies te trekken waren geweest als de resultaten zich meer uitgekristalliseerd hadden door het verzamelen van meer data.

Ten tweede was het onderwerp van de lessen tussen de experts onderling niet gelijk en verschilden deze ook van die van de mid-adopters. Wel zijn het allemaal algebraïsche onderwerpen, waardoor de mogelijkheden van de dwo redelijk gelijk waren. Hierdoor zijn de verschillen geminimaliseerd.

Ten derde verschilden het niveau en leeftijd van de leerlingen. Bij expert A is in een bovenbouwklas gemeten, terwijl de data van de andere docenten onderbouwklassen betreffen. De verwachting is dat dit weinig invloed heeft gehad op welke instrumentele orkestratie de docenten gebruikten, omdat dit verschil zich vooral uitte in de aanspreekvorm en niveau van de uitleg en niet in de keuze voor welk van de instrumentele orkestraties gebruikt werd.

Ten vierde verschilde de ervaring van de leerlingen met de dwo. Dit verschil is geminimaliseerd door de eerste module meetkunde van de mid-adopters niet mee te nemen, waardoor ook deze leerlingen enige ervaring hadden met de dwo. Toch zijn de resultaten hierdoor beïnvloed, want vooral de leerlingen van expert C waren erg bedreven in het werken met de dwo. Hierdoor had expert C bijvoorbeeld de orkestratie *Technische demonstratie* niet nodig om de leerling te helpen snel en handig met de dwo te laten werken. Ook waren er geen problemen met bijvoorbeeld inloggen, waarvoor de orkestratie *Technische ondersteuning* nodig was.

Als laatste is deze onderzoeksvraag alleen beantwoord voor het gebruik van de dwo en niet voor ICT-gebruik in het algemeen. Zoals expert A tijdens de kennismaking opmerkte zijn er nog veel meer mogelijkheden voor het gebruik van ICT naast de dwo. De verwachting is dat wanneer ICT als leermiddel gebruikt wordt andere middelen soortgelijke conclusies geven, omdat voor mid-adopting docenten deze techniek nieuw is en ze dus meer moeite hebben met het herkennen en oplossen van problemen. Het is mogelijk dat wanneer ICT gebruikt wordt die voor de docent bekender is, zoals Excel, deze verschillen minder groot zijn, omdat de docent dan meer problemen zelf is tegengekomen.

Voor de generaliseerbaarheid van het onderzoek wordt opgemerkt dat de twaalf deelnemende mid-adopting docenten allemaal weinig ervaring met ICT hadden, wel geïnteresseerd zijn in de ontwikkeling van ICT-gebruik in de wiskundeles, maar waarschijnlijk zonder ondersteuning geen ICT gebruikt zouden hebben in de wiskundeles. Experts A en C zijn al jaren bezig met het gebruik van ICT in de wiskundeles en hebben daar veel materiaal voor ontwikkeld. Daarentegen is expert B minder een voorloper op dit gebied, zoals in de methode al vermeld is. Hij geeft nog maar een aantal jaren wiskundeles en hoewel hij al die tijd ICT gebruikt, heeft hij beduidend minder ervaring met het gebruik van technologie in de wiskundeles. Toch is hij zeker meer een expert dan de mid-adopters. Zowel onder de mid-adopters als onder de experts was er een variatie in scholen, regio en welke wiskundemethode op school gebruikt werd. Dit maakt dat zowel de deelnemende mid-adopters als de experts beschouwd kunnen worden als representatief voor de groep mid-adopters en experts in Nederland.

Samen met het feit dat de conclusie dat technische orkestraties sneller uitgevoerd worden door experts dan door mid-adopters bij alle docenten apart zichtbaar is, maakt dit aannemelijk dat deze conclusie generaliseerbaar is.

Reflecties op het orkestratiemodel

Het verschil tussen technologische en niet-technologise lessen is het proces waarin de leerling de denkschema's ontwikkeld om het artefact (bv. een applet in de dwo) te gebruiken voor bepaalde wiskundige taken. Dit proces van instrumentele genese moet ondersteund worden door de docent (Trouche, 2004). Voor de docent is dus het verschil tussen lesgeven in een wiskundeles met of zonder ICT dat hij bij het lesgeven met ICT ook de instrumentele genese van de leerling moet ondersteunen. De verwachting is dat de verschillen tussen experts en mid-adopters op dit punt liggen, omdat het allen ervaren docenten zijn, die in staat zijn om de leerling te begeleiden bij het leren van wiskunde. Om deze reden is gekozen om de onderzoeksvraag en het theoretisch kader te formuleren in termen van het orkestratiemodel.

Daarnaast is het orkestratiemodel bij eerdere onderzoeken succesvol gebruikt (zie Drijvers et al., 2012). Ook in dit onderzoek bleek de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid hoog en was het mogelijk de data betrouwbaar te coderen.

Toch zit er een nadeel aan deze benadering, namelijk dat de orkestraties een globale omschrijving van de handeling van de docent geven en niet dieper ingaan op wat de verschillen in het uitvoeren van de orkestraties zijn. Zo was één van de conclusies dat de expertdocenten technische orkestraties sneller uitvoeren, maar het orkestratiemodel geeft geen mogelijkheid tot het analyseren waaruit dit verschil bestaat. De interviews ondersteunen het vermoeden dat expertdocenten sneller het

probleem definiëren en meer oplossingen paraat hebben, maar het orkestratiemodel is niet in staat deze verschillen in kwaliteit van de orkestratie te omschrijven.

Het orkestratiemodel was in dit onderzoek dus zeer geschikt om globaal te kijken op welke punten de handelingen van experts en mid-adopters verschillen, maar het was niet mogelijk om te analyseren wat experts precies anders deden dan mid-adopters tijdens het uitvoeren van de orkestraties en welke vaardigheden zij daarvoor nodig hadden. Met de interviews is geprobeerd iets richting aan deze vraag te geven, maar dit is niet in de volle diepte gebeurd. Voor vervolgonderzoek zou dit interessant zijn.

Aanbevelingen voor de praktijk

Dit onderzoek geeft een aantal handvatten voor de praktijk. Ten eerste geven de conclusies van dit onderzoek aan dat het belangrijk is een docent, die ICT gaat integreren in zijn les, te begeleiden bij dit proces en dan voornamelijk bij de technische vaardigheden die hij daarvoor nodig heeft.

Hoewel de orkestratie *Verbinding scherm-papier* bij beide groepen weinig gebruikt wordt, is het mogelijk dat mid-adopting docenten daar meer moeite mee hebben, gezien het feit dat ze moeite hebben balans te vinden tussen de computer en pen en papier (zie Drijvers et al., 2012). Daarom zou het nuttig kunnen zijn ook daar aandacht aan te besteden.

Ten tweede is het belangrijk dat goede computerfaciliteiten beschikbaar zijn, zodat de docent de middelen tot zijn beschikking heeft voor het gebruik van ICT in de les (zie ook Wachira & Keenge, 2011)

Als laatste is het belangrijk dat het gebruik van ICT doorgezet kan worden in de komende jaren, zodat tijd die geïnvesteerd wordt om bepaald materiaal te maken of in de vingers te krijgen niet elk jaar opnieuw geïnvesteerd hoeft te worden.

Bibliografie

Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7, 245-274.

Boon, P., & Drijvers, P. (2005). *Applets en algebra, leren en onderwijzen*. Utrecht: Universiteit Utrecht/ Onderwijskunde/ICO-ISOR Onderwijsresearch.

Brummelhuis, A. ten. (2011, april 21). Keynote speech Kennisnet Vlootschouw 2011. *Wat werkt met ict?* Utrecht.

Brummelhuis, A. ten., & Amerongen, M. van. (2011). *Vier in balans monitor 2011*. Zoetermeer: Stichting Kennisnet.

College voor Examens. (2011, juni). *Wiskunde B VWO Syllabus centraal examen 2013*. Opgehaald van Examenblad:

http://www.examenblad.nl/9336000/1/j9vvhinitagymgn_m7mvi7dmy3fq6u9_n11vg41h1h4i9qe/vhi1nc4phqyw?topparent=vg41h1h4i9qe

CTWO. (2007). *Rijk aan betekenis - Visie op vernieuwd wiskundeonderwijs*. Utrecht: Commissie Toekomst WiskundeOnderwijs.

Drijvers, P. (2007). Instrument, orkest en dirigent: een theoretisch kader voor ICT-gebruik in het wiskundeonderwijs. *Pedagogische studiën*, 358-374.

Drijvers, P., & Trouche, L. (2008). From artifacts to instruments, a theoretical framework behind the orchestra metaphor. In M. Heid, & G. Blume, *Research on technology in the learning and teaching of mathematics: Cases and perspectives* (pp. 363-391). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.

Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75, 213-234.

Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., van Gisbergen, S., & Gravemeijer, K. (2007). Tool use in a technology-rich learning arrangement for the concept of function. In D. Pitta-Pantazi, & G. Philippou, *Proceedings of the V Congress of the European Society for Research in Mathematics Education CERME5* (pp. 1389-1398). Larnaca, Cyprus: University of Cyprus.

Drijvers, P., Tacoma, S., Besamusca, A., Doorman, M., & Boon, P. (in afwachting van acceptatie). Digital resources inviting changes in mid-adopting teachers' practices and orchestrations. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*.

Drijvers, P., Tacoma, S., Besamusca, A., Doorman, M., & Boon, P. (2012). *Docentpraktijken in ICT-rijk wiskundeonderwijs. Onderzoeksrapport*. Zoetermeer: Kennisnet.

Kennisnet. (2012). *Vier in balans monitor 2012*. Zoetermeer: Kennisnet.

Lagrange, J. (2000). L'intégration d'instruments informatiques dans l'enseignement: une approche par les techniques [De integratie van informatieinstrumenten in instructies: Een technische benadering]. *Educational Studies in Mathematics* , 1-30.

Leinhardt, G. (1989). Math lessons: a contrast of novice and expert competence. *Journal for Research in Mathematics Education* , 52-75.

Monaghan, J. (2004). Teachers' activities in technology-based mathematics lessons. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* , 9, 327-357.

NCTM. (2008, maart). *The Role of Technology in the Teaching and Learning of Mathematics. A position of the National Council of Teachers of Mathematics*. Opgehaald op 17 juni 2013 van National Council of Teachers of Mathematics: <http://www.nctm.org/about/content.aspx?id=14233>

Rabardel, P. (2002). *People and technology - a cognitive approach to contemporary instruments*. . Opgehaald op 21 juni 2013 van http://ergoserv.psy.univ-paris8.fr/Site/default.asp?Act_group=1

Ruthven, K. (in druk). Frameworks for analysing the expertise that underpins successful integration of digital technologies into everyday teaching practice. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair, *The mathematics teacher in the digital era* (pp. -). New York / Berlin: Springer.

Thomas, L. G., & Knezek, D. G. (2008). Informations, communications, and educational technology standards for students, teachers and schoolleaders. In J. M. Voogt, & G. Knezek, *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education, deel 1* (pp. 333-348). New York: Springer.

Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: guiding students command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* , 9, 281-307.

Voogt, J., & Pareja Roblin, N. (2010). *21st century skills - discussion paper*. Enschede: University of Twente.

Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & Braak, J. van. (2013). Technological pedagogical content knowledge - a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning* , 109-121.

Wachira, P., & Keengwe, J. (2011). Technology integration barriers: Urban school mathematics teachers perspectives. . *Journal of science education and technology* , 17-25.

Bijlage 1: Codeboek

Hieronder staat het codeboek dat zowel binnen het DPICT-project als tijdens dit onderzoek gebruikt is.

Klassikale orkestraties

- De orkestratie *Technische demonstratie* staat voor de demonstratie van de verschillende technieken van de dwo door de docent. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de technologie, voorzieningen voor het projecteren van het computerscherm en een klassikale opstelling die het voor de studenten mogelijk maakt om de demonstratie te volgen. Binnen de exploitatiemodus kunnen docenten een techniek demonstreren in een nieuwe situatie of taak, of leerlingwerk gebruiken om nieuwe technieken te laten zien.
- De orkestratie *Instructie en uitleg* staat voor een klassikaal gesloten onderwijsleergesprek waarbij de docent kennis en inzichten overdraagt. Het doel is het stapsgewijs opfrissen, verdiepen en verwerken van kennis. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo, projectievoorzieningen en een klassikale opstelling die het onderwijsleergesprek ondersteunt. Binnen de exploitatiemodus stelt de docent gesloten vragen of geeft een taak die is gebaseerd op wat in één van de activiteiten werd gevraagd. De docent neemt de door directe instructie verkregen inbreng van de leerlingen als uitgangspunt voor de uitleg. Er is geen sprake van interactie tussen de leerlingen.
- In de orkestratie *Verbinding scherm-bord* benadrukt de docent de relatie tussen wat er gebeurt in de technische omgeving en hoe dit wordt gerepresenteerd in conventionele wiskunde op papier, in het boek en op het bord. Naast toegang tot technologie en projectiefaciliteiten zijn ook een bord en een klassikale opstelling waarbij het scherm en het bord zichtbaar zijn inbegrepen in de didactische configuratie. De exploitatiemodus van de docent kan uitgaan van het leerlingwerk of van een taak of probleemsituatie die de docent zelf kiest.
- *Schermdiscussie* staat voor een klasseleergesprek over wat er op het scherm gebeurt. Het doel is om de collectieve instrumentele genese te stimuleren. De didactische configuratie bevat wederom toegang tot de technologie en projectievoorzieningen, bij voorkeur toegang tot leerlingwerk en een klassikale opstelling die de discussie ondersteunt. Binnen de exploitatiemodus kan worden uitgegaan van leerlingwerk, een taak, of een probleem of benadering die door de docent is gekozen.
- De orkestratie *Schermuitleg* staat voor klassikale uitleg door de docent aan de hand van wat er op het scherm gebeurt. Er is mogelijk interactie met leerlingen, maar die is gesloten van karakter. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo, projectievoorzieningen en een klassikale opstelling die het mogelijk maakt de uitleg te volgen. Als exploitatiemodus kan de docent uitgaan van leerlingwerk en dat bespreken, of zelf een techniek voorstellen en die dan toelichten of uitleggen.
- De orkestratie *Leerlingwerk tonen* is technologiespecifiek en geïnstrumenteerd door de dwo. De docent zet interessant digitaal werk van leerlingen in bij de klassikale discussie om leerlingen aan te zetten tot redenering. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo, projectievoorzieningen, een klassikale opstelling die het mogelijk maakt dat leerlingen het leerlingwerk kunnen volgen en toegang tot de dwo tijdens de voorbereiding van de les. Bij de exploitatiemodus vraagt de docent aan de leerlingen van wie het werk wordt getoond of ze hun redenering kunnen verklaren. Andere leerlingen worden gevraagd naar reacties.
- Bij de orkestratie *Sherpaleerling* gaat het erom dat een leerling de knoppen bedient, hetzij om zijn/haar uitwerking te presenteren, hetzij om te doen wat de docent vraagt. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo, projectievoorzieningen en een klassikale opstelling waarbij de leerling eenvoudig bij de knoppen kan en de leerling en de docent beiden te volgen zijn voor de klas. De exploitatiemodus kan uitgaan van het

leerlingwerk wat de leerling kan presenteren, uitleggen of toelichten. Het kan ook dat de docent vragen stelt aan de leerling of de leerling opdracht geeft om bepaalde bewerkingen in het applet uit te voeren.

- De orkestratie *Borduitleg* staat voor de standaard klassikale uitleg die de docent voor het bord doet. Onderdeel van de didactische configuratie is een klassikale opstelling die het voor elke leerling mogelijk maakt het bord te zien. De exploitatiemodus gaat uit van een deel van de theorie of een taak die klassikaal door de docent wordt behandeld.

Individuele orkestraties

- *Technische demonstratie* staat voor de demonstratie van technieken door de docent tijdens een werk-en-loop-langs situatie. Het doel is om belemmeringen als gevolg van onwetendheid in het gebruik van de bediening van de knoppen weg te nemen. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo, faciliteiten waarmee elke leerling hiertoe toegang heeft en een klaslokaal waarin de docent de individuele leerling apart kan begeleiden. Een mogelijke exploitatiemodus is het behandelen van een techniek in een nieuwe situatie of taak, of het toevoegen van nieuwe technieken naar aanleiding van een vraag van de leerling.
- De orkestratie *Instructie en uitleg* staat voor een individueel onderwijsleergesprek: een één op één gesprek tussen docent en leerling waarbij de docent vragen stelt. Het gesprek is erop gericht om de leerling zijn handelen en denken te laten verantwoorden, de oplossing van een vraagstuk te vinden, maar vooral ook de leerling inzicht te geven in de wiskunde achter een bepaalde taak. Als onderdeel van de didactische configuratie moet het klaslokaal zodanig zijn ingericht dat de leerlingen individueel toegang hebben tot de dwo en dat de docent hierlangs kan lopen en de leerlingen individueel kan begeleiden. Binnen de exploitatiemodus is één van de activiteiten in de dwo het uitgangspunt van gesprek. Het doel van het gesprek wordt bepaald door de docent.
- Bij de orkestratie *Verbinding scherm-papier* benadrukt de docent de relatie tussen wat er in de technologische omgeving gebeurt en hoe deze wordt weergegeven op papier. Het doel is om leerlingen te helpen om dat wat met ICT wordt geleerd op de juiste manier toe te passen wanneer zij werken met pen en papier. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo en bijbehorende voorzieningen en de mogelijkheid om te wisselen tussen papier en scherm. Bij de exploitatiemodus is het leerlingwerk het uitgangspunt voor de uitleg. De docent maakt handelingen die in de dwo impliciet plaatsvinden expliciet door deze op papier weer te geven.
- *Schermdiscussie* staat voor een gesprek rond het scherm tussen de docent en individueel of in paren werkende leerlingen tijdens het zelfstandig werken. Het doel van het gesprek wordt niet van tevoren door de docent bepaald en het is de leerling die de richting van het gesprek bepaalt. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo, de mogelijkheid om te kijken naar het werk van de leerling en een klaslokaal waarin de docent eenvoudig met een individuele leerling in gesprek kan gaan. Bij de exploitatiemodus bepaalt de leerling de richting van het gesprek, door te verwoorden waar de moeilijkheid zit.
- *Technische ondersteuning* staat voor de ondersteuning die de docent aan individuele leerlingen biedt bij technische problemen met de dwo, zoals problemen met inloggen. De ondersteuning komt voort uit een vraag van de leerling, een probleem met de dwo, of de vraag van de docent. Onderdelen van de didactische configuratie zijn toegang tot de dwo en een klaslokaal waarin de docent individuele leerlingen kan helpen. Bij de exploitatiemodus is de ondersteuning veelal kort en directief van vorm.