

WAT WETEN WE OVERTPACK?

Een literatuurstudie naar Technological Pedagogical Content Knowledge

Joke Voogt

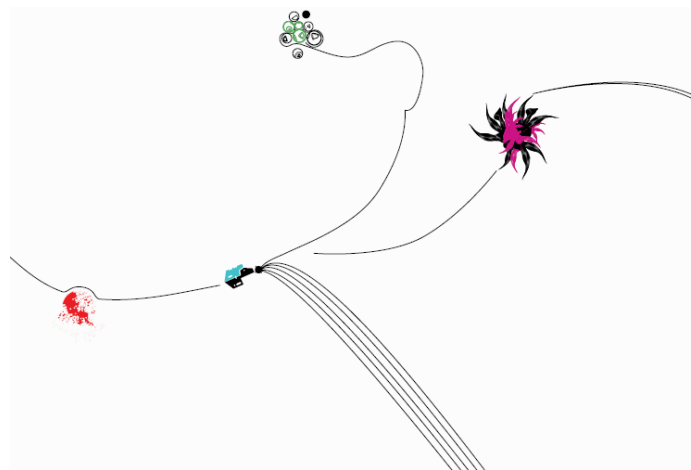
Universiteit Twente

Petra Fisser

Universiteit Twente

Jo Tondeur

Universiteit Gent



UNIVERSITEIT TWENTE.

WAT WETEN WE OVERTPACK?

Een literatuurstudie naar Technological Pedagogical Content Knowledge

Joke Voogt, Petra Fisser & Jo Tondeur

Deze literatuurstudie is uitgevoerd in opdracht van Kennisnet

Universiteit Twente
Faculteit Gedragwetenschappen
Afdeling Curriculumontwerp en Onderwijsinnovatie
Postbus 217
7500 AE Enschede
T: 053 4892022
F: 053-489 3759
E: j.m.voogt@utwente.nl

© Copyright, 2010, Joke Voogt, Petra Fisser & Jo Tondeur

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
1.1 Integratie van ICT	1
1.2 Competenties van docenten	1
1.3 Van TPCK naar TPACK	2
1.4 Technologie en ICT	2
1.5 Doel	2
1.6 Leeswijzer	3
2. TPACK	4
3. METHODE	6
3.1 Inleiding	6
3.2 Zoekstrategie	6
3.3 Definitieve selectie	6
3.4 Overzicht van de geselecteerde artikelen	7
4. DE WETENSCHAPPELIJKE BASIS VAN TPACK	8
4.1 Inleiding	8
4.2 TPACK als kennisbasis van docenten	8
4.2.1 PCK als uitgangspunt	8
4.2.2 Het belang van de context	8
4.2.3 Is de toevoeging van de 'T' nodig?	9
4.3 Kritische kanttekeningen bij het model	10
4.3.1 Is TPACK nieuw?	10
4.3.2 Validering van het model: Is TPACK een afzonderlijke kennisdomein?	10
4.3.3 De betekenis van opvattingen van docenten over leren en ICT ontbreekt	11
4.3.4 Kennis hebben versus kennis gebruiken	11
4.3.5 TPACK als metacognitief hulpmiddel	11
5. KENMERKEN VAN TPACK VOOR VAKKEN IN HET BASIS- EN VOORTGEZET ONDERWIJS	12
5.1 Inleiding	12
5.2 Maatschappijvakken	12
5.2.1 Start bij de didactiek	12
5.2.2 Veranderingen in de vakinhoud	12
5.2.3 Een vakspecifieke ICT applicatie voor geschiedenis	13
5.2.4 Een vakspecifieke ICT-rijke leeromgeving voor aardrijkskunde	13
5.2.5 Twee voorbeelden van onderzoek in de onderwijspraktijk	14
5.3 Wiskunde	15
5.3.1 Standaarden voor wiskundedocenten	15
5.3.2 Twee voorbeelden van onderzoek in de onderwijspraktijk	16
5.4 Taal	17
5.5 Kritische kanttekeningen	17
5.5.1 ICT is vaak het startpunt	17
5.5.2 Vakdidactisch onderzoek naar ICT in het onderwijs	17
5.5.3 TPACK en docenten basisonderwijs	17

6. ONDERSTEUNING VAN DOCENTEN BIJ DE ONTWIKKELING VAN TPACK	18
6.1 Inleiding.....	18
6.2 Wat we al weten over ICT-integratie in lerarenopleidingen en op school.....	18
6.3 TPACK ontwikkeling.....	19
6.4 TPACK ontwikkeling in opleiding en nascholing.....	20
6.4.1 Voorbeelden van TPACK ontwikkeling in de lerarenopleidingen.....	20
6.4.2 Voorbeelden van TPACK ontwikkeling in nascholing.....	23
6.4.3 Kennis, vaardigheden... en attitude?.....	24
6.4.4 Learning technology by design.....	26
7. HET METEN VAN TPACK	27
7.1 Inleiding.....	27
7.2 Voorbeelden van meten en beoordelen.....	27
7.3 TPACK Survey.....	30
7.4 TPACK Websurvey.....	31
7.5 TPACK Rubric.....	33
8. DISCUSSIE EN CONCLUSIE	36
8.1 Inleiding.....	36
8.2 De potentie van TPACK.....	36
8.3 Opvattingen van docenten.....	36
8.4 TPACK en de vakken.....	36
8.5 TPACK en de docent basisonderwijs.....	37
8.6 Actief ontwikkelen van TPACK.....	37
8.7 TPACK in de lerarenopleiding.....	37
8.8 TPACK en praktiserende docenten.....	37
8.9 Het meten van TPACK.....	38
8.10 TPACK en onderzoek.....	38
APPENDIX 1	39
APPENDIX 2	43
APPENDIX 3	45

1. INLEIDING

1.1 Integratie van ICT

Onderzoek laat zien dat Informatie- en Communicatietechnologie (ICT) als de juiste condities aanwezig zijn, onderwijs aantrekkelijker en effectiever kan maken (Voogt & Knezek, 2008). Desalniettemin verloopt de integratie van ICT in het onderwijs moeizaam. Positieve resultaten uit het onderzoek laten zich kennelijk slecht vertalen naar de onderwijspraktijk (Cox et. al., 2004; Voogt, 2008). Een aantal factoren blijkt telkens een rol te spelen in de kloof die er is tussen potentie en het effectief gebruik van ICT in de onderwijspraktijk: de geringe aansluiting van educatieve ICT applicaties bij het curriculum (Voogt, 2008); de huidige organisatie van het onderwijs (Cuban, 2001); en de gebrekkige ondersteuningsstructuur op schoolniveau (Anderson & Dexter, 2005). Naast bovengenoemde factoren, die vooral te maken hebben met de organisatie van het onderwijs, komt ook het gebrek aan didactische ICT-vaardigheden van docenten naar voren als cruciale factor die implementatie van ICT in de onderwijspraktijk belemmert (Law, Pelgrum & Plomp, 2008; Vier in Balans Monitor, 2009). Om de integratie van ICT in het onderwijs succesvol te laten verlopen is het daarom noodzakelijk expliciet aandacht te hebben voor de opvattingen en competenties van docenten.

1.2 Competenties van docenten

Koehler en Mishra (2005) introduceerden in dit verband het concept Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). TPACK is een verbijzondering van het - veel bekendere begrip Pedagogical Content Knowledge (Shulman, 1986) - de (unieke) mix van vak - en didactische kennis die docenten moeten verwerven om leerlingen in te kunnen wijden in hun vakgebied. Koehler & Mishra introduceerden het concept TPACK om duidelijk te maken dat ICT (*technology*) een dimensie toevoegt aan zowel de inhoud als de didactiek van een vak. Enerzijds beïnvloedt ICT de ontwikkeling van wetenschappelijke disciplines, waardoor ook het curriculum van aanpalende schoolvakken ter discussie komt te staan. Anderzijds biedt ICT nieuwe didactische mogelijkheden door de capaciteit en snelheid van informatieverzameling en -verwerking, de vorm waarin informatie kan worden gepresenteerd (audio, video, plaatjes, tekst) en de wijze waarop communicatie georganiseerd kan worden. Met het concept TPACK geven Koehler & Mishra aan dat de integratie van ICT in de onderwijspraktijk gebaat is bij een zorgvuldige afstemming tussen vakinhoud, vakdidactiek en de mogelijkheden van ICT. Docenten die ICT willen integreren moeten daarom competent zijn op alle drie domeinen. De uitwerking van het TPACK concept op het niveau van vakken geeft aanwijzingen voor de inhoudelijke inrichting van opleidingstrajecten, waarin ICT een geïntegreerd onderdeel is van de vakdidactische professionalisering voor zowel aanstaande als zittende docenten.

De oorsprong van het TPACK model ligt in de ervaring van Koehler en Mishra bij het gezamenlijke ontwerp van een online master cursus door wetenschappelijk medewerkers en docenten in opleiding (praktiserende docenten in een promotietraject) aan de universitaire lerarenopleiding waarin Koehler en Mishra beide werkzaam zijn. De uitdaging voor de ontwerpgroep was om bestaande cursussen om te zetten in aantrekkelijke online cursussen. Uit het onderzoek bleek dat de deelnemers aanvankelijk technologie (T), didactiek (P) en inhoud (C) als afzonderlijke componenten van ICT integratie opvatten, maar door het ontwerpproces de integratie van ICT gingen zien als het maken van verbindingen en interacties tussen deze drie componenten. Koehler en Mishra zien een onlosmakelijke relatie tussen TPACK enerzijds, als de kennisbasis die docenten nodig hebben om technologie op een zinvolle wijze in het onderwijs te integreren, en het ontwerpproces - 'Learning Technology by Design' – anderzijds, als de manier waarop TPACK bij docenten kan worden ontwikkeld.

1.3 Van TPCK naar TPACK

Op dit moment is TPACK de gebruikelijke afkorting voor het concept dat Koehler en Mishra in 2005 introduceerden als TPCK. Beide afkortingen verwijzen in principe naar Technological Pedagogical Content Knowledge, alhoewel sommigen TPACK vertalen in Technology, Pedagogy and Content Knowledge. De reden om TPCK te veranderen in TPACK was vooral een pragmatische: het klonk zo veel beter (zeker in het Amerikaans). Met het gebruik van de afkorting TPACK wordt ook de nadruk gelegd op het geheel aan competenties die nodig zijn om ICT te integreren in de onderwijspraktijk, het is in die zin een 'Total Package'.

1.4 Technologie en ICT

Het woord 'technologie' dat Koehler en Mishra gebruiken is een veelomvattend begrip. Technologie kan wijzen op apparaten (bijvoorbeeld een schoolbord, een overheadprojector, een laptop, of een grafische rekenmachine) en het kan betrekking hebben op een omgeving waarin technologie wordt gebruikt, bijvoorbeeld een elektronische leeromgeving, internet, een simulatie, of een online cursus. In de opvatting van Koehler en Mishra hoeft technologie niet alleen betrekking te hebben op digitale technologie, maar is het een neutraal begrip en kan het zowel gaan om traditionele media, zoals het schoolbord en de overheadprojector, en op moderne media, zoals de computer en digitale video. In de praktijk van het onderzoek naar TPACK gaat het echter altijd om digitale technologie.

In de Nederlandse context wordt voor digitale technologie vaak het begrip Informatie- en Communicatietechnologie (ICT) gebruikt. In deze literatuurstudie volgen we deze gewoonte en spreken we over ICT, daar waar Koehler en Mishra de term technologie gebruiken.

1.5 Doel

In dit literatuuronderzoek¹ zetten we de stand van zaken met betrekking tot TPACK op een rij aan de hand van een systematisch onderzoek van de wetenschappelijke literatuur. In de studie behandelen we de achtergrond van het concept TPACK en de wijze waarop dat voor verschillende vakgebieden is uitgewerkt. Ook besteden we uitdrukkelijk aandacht aan de wijze waarop docenten TPACK competenties kunnen verwerven. Bij het onderzoek hebben we ons laten leiden door de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is de wetenschappelijke basis voor TPACK?
2. Wat zijn kenmerken van TPACK voor diverse vakgebieden in het basis- en voortgezet onderwijs?
3. Hoe kunnen docenten worden ondersteund in de verwerving van TPACK?
4. Hoe meet je TPACK?

In het oorspronkelijk voorstel was hier nog een vijfde vraag aan toegevoegd, namelijk 'Wat betekent TPACK voor de ontwikkeling van digitaal lesmateriaal door docenten?'. Deze vraag was ingegeven door het besef dat een aantal docenten digitaal lesmateriaal ontwikkelen – leerinhouden en of opdrachten die via digitale technologie beschikbaar zijn -, maar dat dit materiaal nauwelijks door andere docenten wordt gebruikt (Kennisset 2009). De literatuur over TPACK bleek echter niet op deze problematiek in te gaan. In de huidige literatuurstudie kunnen we deze vraag daarom ook niet beantwoorden.

¹ De auteurs spreken hun dank uit voor de bijdragen die Petra Jonker, Anne-Marie Vis en Maaïke Heitink bij de voorbereiding van deze literatuurstudie hebben geleverd.

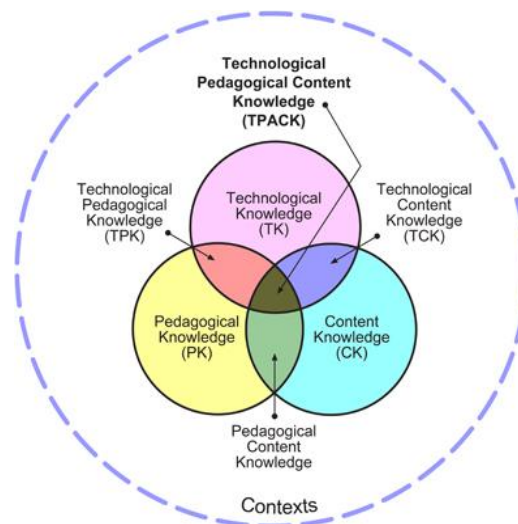
1.6 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 2) geven we een korte beschrijving van het TPACK model. In hoofdstuk 3 beschrijven we op welke wijze we literatuur hebben gezocht en geselecteerd. In hoofdstuk 4 gaan we in op de wetenschappelijke achtergrond van het TPACK model. De nadruk in TPACK ligt op de integratie van drie kennisdomeinen, de vakinhoud, de didactiek en ICT, daarom beschrijven we in hoofdstuk 5 wat bekend is over de uitwerking TPACK voor diverse vakgebieden. Naast een beter inzicht in het TPACK model zelf, is het ook van belang na te gaan hoe docenten TPACK competenties kunnen verwerven. Dit wordt in hoofdstuk 6 besproken. In hoofdstuk 7 gaan we in op de manier waarop TPACK competenties in het huidige onderzoek worden gemeten. We sluiten de literatuurstudie af met discussie en conclusie over de aanleiding tot deze literatuurstudie, namelijk 'Wat weten we over TPACK?'.

2. TPACK

Het TPACK model van Koehler en Mishra (2005) is een conceptueel raamwerk dat docenten kan helpen om ICT te integreren in leeractiviteiten. TPACK staat voor Technological Pedagogical Content Knowledge en voor 'Total Package' (zie ook <http://www.tpack.org>). Kort gezegd gaat TPACK over het geheel aan kennis die docenten zouden moeten verwerven om ICT op een verantwoorde manier te integreren in hun eigen specifieke onderwijspraktijk.

Het TPACK model is gebaseerd op Shulman's (1986) idee dat een goede docent een diep besef heeft van de complexe relatie tussen vakinhoud en didactische strategieën. Hij noemt dit ook wel Pedagogical Content Knowledge (PCK). PCK is vakkennis waarbij rekening gehouden wordt in het onderwijsleerproces, inclusief de didactische strategieën met behulp waarvan de vakkennis inzichtelijk en begrijpelijk wordt gemaakt voor de leerling. In het TPACK model hebben Koehler en Mishra (2005) de technologiecomponent (T) aan PCK toegevoegd, om aan te geven welke kennis docenten nodig hebben om het leerproces goed vorm te kunnen geven met behulp van ICT of andere technologieën (zie Figuur 1 voor een schematische weergave van het TPACK-model).



Figuur 1: Het TPACK model en de afzonderlijke kenniscomponenten (Koehler & Mishra, 2009)

Zoals eerder gezegd, bestaat het TPACK model uit drie componenten, namelijk kennis van technologie (*Technology Knowledge*; TK), didactische kennis (*Pedagogical Knowledge*; PK) en vakinhoudelijke kennis (*Content Knowledge*; CK). Vakinhoudelijke kennis (CK) is kennis van de vakinhoud die moet worden onderwezen en geleerd. Techniekennis (TK) is kennis van media, dit kunnen traditionele media zijn zoals het schoolbord, de overheadprojector en de rekenlineaal, maar ook moderne media, zoals het digibord, het internet en digitale video. Didactische kennis (PK) is kennis van onderwijsmethodes, onderwijsprocessen, onderwijsprocedures en didactische strategieën die van belang zijn tijdens het lesgeven en leren.

Verder worden in het model de geïntegreerde componenten *Technological Pedagogical Knowledge* (TPK), *Technological Content Knowledge* (TCK) en *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) onderscheiden.

Technological Content Knowledge (TCK) houdt in dat docenten meer moeten kunnen dan alleen het kennen van de vakinhoud. Docenten moeten een diep besef hebben van de impact van technologie op een bepaald vakgebied. Docenten moeten begrijpen welke specifieke ICT-toepassingen het meest

geschikt zijn om de vakinhoud inzichtelijk en begrijpelijk te maken en hoe de vakinhoud de ICT-toepassing vormgeeft of zelfs kan veranderen en andersom (Koehler & Mishra, 2009).

Technological Pedagogical Knowledge (TPK) houdt in dat docenten kennis moeten hebben van didactische strategieën, waarbij ICT op een constructieve manier wordt ingezet om bepaalde vakinhouden te onderwijzen. Docenten moeten een diep besef hebben van hoe doceren en leren kunnen veranderen als je bepaalde ICT-toepassingen op een specifieke manier gebruikt.

Pedagogical Content Knowledge (PCK) houdt in dat docenten kennis moeten hebben van de onderwijsmethoden en didactische strategieën die het leren van concepten die kenmerkend zijn voor een bepaalde vakinhoud ondersteunen en bevorderen.

Het TPACK model gaat ervan uit dat lesgeven plaatsvindt in een complexe en dynamische context. Lesgeven is een ingewikkelde activiteit, dat kan worden vergeleken met het oplossen van een authentiek probleem, waarbij informatie ontbreekt en waarvoor niet één beste oplossing te bedenken is. Hierdoor beschikt de docent weliswaar over algemene kennis en vaardigheden, maar moet hij/zij voor elke concrete onderwijssituatie beslissingen nemen hoe deze kennis te hanteren. Het inzicht dat docenten moeten verwerven over de samenhang tussen ICT, vakinhoud en didactiek is gebonden aan de eigen context, waarin kennis over de leerlingen, de sociale omgeving waarin de school zich bevindt, ouderbetrokkenheid, etc. samenkomen. Door docenten te zien als ontwerpers van het curriculum, wordt verondersteld dat docenten hun lessen actief aanpassen aan verschillende contexten met veranderende criteria.

De kern van het TPACK model bestaat uit de geïntegreerde componenten kennis van technologie, didactische kennis en vakinhoudelijke kennis. ICT-integratie vindt plaats wanneer docenten begrijpen hoe deze drie kennisdomeinen met elkaar samenhangen. TPACK houdt in dat docenten weten waardoor bepaalde leerinhouden moeilijk of makkelijk te leren zijn en hoe ICT-toepassingen het leerproces kunnen ondersteunen en kunnen helpen om bepaalde problemen die leerlingen tijdens het leerproces ervaren te overwinnen. Ook kennis over de voorkennis van leerlingen en hoe met behulp van ICT kan worden voortgebouwd op deze voorkennis maakt onderdeel uit van TPACK (Mishra & Koehler, 2006). Succesvol lesgeven met behulp van ICT betekent dat er continu een balans wordt gezocht tussen alle kennisdomeinen van het TPACK model.

3. METHODE

3.1 Inleiding

Deze literatuurstudie heeft als doel om zicht te krijgen op de stand van zaken met betrekking tot de ontwikkeling van en het onderzoek naar Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). Zoals in de voorafgaande hoofdstukken is beschreven is TPACK betrekkelijk nieuw. We hadden daarom bij de aanvang van het literatuuronderzoek geen goed beeld van de omvang, aard en kwaliteit van literatuur over dit onderwerp. Bij het literatuuronderzoek is een systematisch zoekproces gehanteerd dat hieronder is beschreven. Bij de uiteindelijke selectie van de literatuur voor deze literatuurstudie is uitgegaan van artikelen die verschenen zijn in peer-reviewed tijdschriften.

3.2 Zoekstrategie

Er is systematische literatuur verzameld door te zoeken in: 1. wetenschappelijke databases (Eric, Scopus en Web of Science, Psycinfo); 2. de Education, Information and Technology Library (EdITLIB van de AACE); en 3. Wetenschappelijke publicaties van de TPACK wiki (<http://www.tpack.org>) en 4. TPACK nieuwsbrief. Voor het zoeken naar literatuur zijn de volgende zoektermen gebruikt: 'TPCK', 'TPACK', 'Technological pedagogical content knowledge', 'Koehler' 'Mishra' 'Harris'. Er werden in totaal 121 referenties gevonden.

Van alle gevonden referenties is het abstract gescreend. Het doel van de screening was om: 1. alleen die artikelen mee te nemen die expliciet over TPACK gaan; 2. zicht te krijgen op de aard van de gevonden publicaties (empirisch onderzoek, theoretische beschouwing, beschrijving van ontwerp); en 3. zicht te krijgen op de mate waarin verwacht kan worden dat het artikel een bijdrage kan leveren aan de beantwoording van de onderzoeksvragen. Van de 121 publicaties bleken er - op grond van de titel en het abstract - 76 expliciet aan het eerste criterium te voldoen. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de aantallen referenties per type publicatie en in tabel 2 een overzicht van de aard van de gevonden publicaties.

Tabel 1: *Aantallen referentie per type publicatie (N=76)*

Peer reviewed tijdschriftartikel	36
Boek, dissertatie	6
Conferentie proceeding	26
Vaktijdschrift	8

Tabel 2: *Aantallen referenties naar aard van de publicatie (N= 76)*

Empirisch onderzoek	39
Theoretische beschouwing	21
Beschrijving van ontwerp	10
Onduidelijk (abstract ontbreekt)	6

3.3 Definitieve selectie

Er is besloten om alleen de artikelen uit tijdschriften met peer review (N=36) mee te nemen voor verdere analyse. Om te bepalen welke van de artikelen zullen worden geanalyseerd zijn de volgende criteria geformuleerd:

1. Het artikel geeft op grond van het abstract naar verwachting tenminste op een van de onderzoeksvragen antwoord.
2. Het artikel beschrijft empirisch onderzoek en/of het artikel geeft een theoretische beschouwing over TPACK.

Op grond van deze criteria zijn 2 artikelen alsnog afgevalen. Daarnaast waren 2 artikelen niet vindbaar.

In totaal zijn 32 artikelen gelezen en geanalyseerd aan de hand van een vooraf opgestelde vragenlijst (zie Appendix 1), met behulp waarvan informatie werd verzameld over de inhoud van het onderzoek in het kader van de beantwoording van de onderzoeksvragen. Een overzicht van de geanalyseerde artikelen waarnaar in deze literatuurstudie is gerefereerd is te vinden in Appendix 2. Er is in deze literatuurstudie niet naar alle 32 geanalyseerde artikelen gerefereerd, omdat tijdens het schrijven van deze literatuurstudie de onderzoeksvragen met betrekking tot a) Ondersteuning van docenten bij de ontwikkeling van TPACK (“Hoe kunnen docenten en docenten in opleiding worden ondersteund in de verwerving van TPACK?”) en b) Professionalisering docenten (“Welke kennisontwikkeling wordt beschreven? Hoe geef je kennisontwikkeling vorm?”) zijn samengevoegd.

Tijdens het beantwoorden van de onderzoeksvragen is gebruik gemaakt van aanvullende literatuur. De reden hiervoor was dat het soms noodzakelijk was om de literatuur over TPACK in een perspectief te kunnen plaatsen of om de nieuwste ontwikkelingen te melden. Dit laatste was vooral het geval bij het schrijven van het hoofdstuk over ‘Hoe meet je TPACK?’ De literatuur die we voor dit hoofdstuk hebben gebruikt is nog niet wetenschappelijk gepubliceerd. De literatuur die naast de geselecteerde artikelen is gebruikt is terug te vinden in Appendix 3.

3.4 Overzicht van de geselecteerde artikelen

Vijftien van de 32 publicaties zijn een theoretische en/of conceptuele beschouwing over de mogelijkheden van TPACK met het oog op de integratie van technologie door docenten. In deze publicaties wordt ingegaan op de wetenschappelijke basis van TPACK, op de betekenis van TPACK voor vakken en op de manier waarop docenten kunnen worden ondersteund in het verwerven van TPACK competenties. In zeventien publicaties is sprake van empirisch onderzoek. Het gaat voornamelijk om kleinschalig casestudieonderzoek (14x). Een aantal publicaties richt zich op een specifieke doelgroep, te weten docenten-in-opleiding (10x), docenten primair en voortgezet onderwijs (9x) en lerarenopleiders (2x).

4. DE WETENSCHAPPELIJKE BASIS VAN TPACK

4.1 Inleiding

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden is in de eerste plaats nagegaan welke onderbouwing Koehler en Mishra zelf geven voor het model. Omdat het model gebaseerd is op de notie van Shulman over Pedagogical Content Knowledge, is gezocht naar artikelen die ingaan op de discussie die over PCK is gevoerd. Daarnaast is gekeken welke discussies over het TPACK model in onderzoek naar het model aan de orde zijn.

4.2 TPACK als kennisbasis van docenten

4.2.1 PCK als uitgangspunt

Aan de grondslag van TPACK ligt de notie van Shulman (1986, 1987) dat de relatie tussen vakinhoudelijke en didactische kennis de unieke kennisbasis van docenten bepaalt. Shulman duidt deze kennisbasis aan met Pedagogical Content Knowledge (PCK). De vakinhoudelijke kennis is domeinkennis en betreft de centrale feiten, concepten, theorieën en procedures van een bepaald vakgebied, als ook kennis van de wijze waarop nieuwe kennis in dat vakgebied wordt gegenereerd. Didactische kennis heeft betrekking op kennis van de wijze waarop leerlingen leren, hun (mis-) concepties bij bepaalde onderwerpen, de wijze waarop leermiddelen kunnen worden ingezet bij het leren, evaluatie van leren, klassenmanagement en lesvoorbereiding en -uitvoering. De combinatie van vakinhoudelijke en didactische kennis maakt dat de docent leerlingen kan helpen complexe concepten te begrijpen. Kritiek op PCK heeft te maken met het ontbreken van aandacht voor de onderwijsopvattingen van docenten als een belangrijke component bij de ontwikkeling van PCK. Volgens Grossman (1990) hangt de wijze waarop PCK zich ontwikkelt samen met de kennis van en opvattingen die de docent heeft over het vak, de didactiek en de context. Cochran, DeRuiter en King (1993) geven aan dat vanuit een constructivistische opvatting over kennisverwerving, leren is gesitueerd; dat betekent dat leerlingkenmerken en de context waarin de docent PCK gebruikt een geïntegreerd onderdeel van het concept zou moeten zijn.

4.2.2 Het belang van de context

Onderzoek naar het gebruik van simulaties bij het leren over genetica liet zien dat leerlingen met een onderzoekgerichte leerstijl in staat waren om met de simulatie de kernvragen van genetisch onderzoek naar boven te halen, terwijl taakgerichte leerlingen bleven steken in de procedures (Gelbart, Brill, & Yarden, 2009).

Uit het onderzoek van Gelbart et al. blijkt dat kennis over hun leerlingen belangrijk is om ICT op een verstandige wijze in te zetten in de onderwijspraktijk. Immers niet elke ICT toepassing is voor elke leerling geschikt.

De kritiek dat bij het denken over PCK geen aandacht was voor de context van het leren, is ook van toepassing op de eerste versie van het TPACK model. In hun eerste publicaties besteedden Koehler & Mishra (2005, 2006) geen expliciete aandacht aan het feit dat kennisverwerving gesitueerd is, en plaats vindt in een specifieke context en met een specifieke doelgroep. In hun publicatie van 2008 is context toegevoegd aan het model. Doceren is geen 'recht-toe-recht-aan' bezigheid. Het is daarentegen een complexe activiteit in een gesitueerde context, waarvoor precieze kennis van de doelgroep en de situatie nodig is. Om deze reden is kennis over vakinhoud, didactiek en technologie in samenhang, niet toereikend om concrete ICT-rijke activiteiten voor een bepaalde vakinhoud te selecteren, te ontwerpen en te implementeren. Kennis van doelgroep, school, infrastructuur en omgeving is noodzakelijk om technologie op een effectieve manier te kunnen implementeren. Van

Driel (2008) spreekt in dit verband – maar dan in relatie tot PCK - van de praktijkkennis van docenten; de kennis die docenten ontwikkelen over hun vak en het onderwijsleerproces op basis van persoonlijke en professionele ervaringen.

4.2.3 Is de toevoeging van de 'T' nodig?

In het denken over PCK is de rol van technologie (de 'T' in het TPACK model) altijd impliciet aanwezig geweest. Het gebruiken van analogieën, illustraties, voorbeelden, uitleg en demonstraties (Shulman, 1986) en de ondersteuning van leermiddelen om ingewikkelde concepten te kunnen uitleggen, behoort juist tot de kerncompetenties van docenten. Waarom zetten Koehler en Mishra de technologie dan toch apart? Koehler en Mishra betogen dat recente ontwikkelingen in de technologie, en informatie- en communicatietechnologie (ICT) in het bijzonder, evenals de snelle ontwikkelingen van ICT, ertoe heeft geleid dat een aparte plek voor ICT moet worden toegevoegd aan het denken over PCK om de betekenis van ICT voor vakinhoud en didactiek te kunnen doorgronden. Technologische kennis (TK) bestaat volgens Koehler en Mishra (2008) niet alleen uit de vaardigheden om met ICT te kunnen omgaan, maar ook uit een functioneel begrip van ICT, waardoor het mogelijk wordt om zichzelf nieuwe ICT- toepassingen eigen te maken. Deze opvatting is gebaseerd op het concept 'fluency of information fitness' van het Amerikaanse National Research Council (1999). Tengevolge van ICT veranderen vakgebieden en representaties van het vakgebied. Denk bijvoorbeeld aan modelleren bij natuurwetenschappen, GPS bij aardrijkskunde, en hypertext bij Nederlands. Docenten moeten zich afvragen in welk opzicht de inhoud en de representaties van een vak moeten worden gewijzigd, tengevolge van de ontwikkelingen in ICT, en om dat te kunnen hebben zij volgens Koehler en Mishra (2009) grondige kennis nodig van het vakgebied en van ICT (TCK).

Het proefschrift van Ormel (2010) gaat over modelleren in het vak natuurkunde. Ormel heeft onderzoek gedaan naar de wijze waarop complexe modellen over 'het klimaat' in de bovenbouw van het VWO kunnen worden onderwezen. Door middel van ICT is het gemakkelijk om leerlingen uit het VWO een modelleromgeving te bieden, waarbinnen zij complexe modellen – bijvoorbeeld over het klimaat – kunnen bouwen.

TCK heeft betrekking op de vraag of het kunnen omgaan met complexe modellen een onderdeel moet zijn van het VWO curriculum natuurkunde. De kennis die docenten nodig hebben om leerlingen te helpen bij het hanteren van de modelomgeving om klimaatmodellen te bouwen en te begrijpen is een typisch voorbeeld van TPACK.

Naast kennis van de invloed van ICT voor de inhoud van het vak is het ook nodig dat docenten inzicht hebben in de specifiek kwaliteiten en beperkingen van ICT voor het leren van leerlingen (TPK). Om ICT op een effectieve wijze te kunnen integreren in de onderwijspraktijk is het volgens Koehler en Mishra (2008) echter nodig dat docenten op flexibele wijze deze drie kennisdomeinen met elkaar in verband kunnen brengen (TPACK).

Volgens Robert Jan Simons, hoogleraar onderwijskunde, vraagt het ontwerpen en begeleiden van (gedeeltelijk) digitaal onderwijs om andere benaderingen en andere competenties van docenten. Digitale didactiek is volgens hem 'de kennis en kunde met betrekking tot het gebruik van ICT bij het leren van leerlingen'. Simons maakt een onderscheid tussen digitale vakdidactiek en algemene digitale didactiek en werkt het laatste verder uit (Simons, 2002).

Algemene digitale didactiek zou je kunnen opvatten als een vorm van TPK. Voorbeelden van algemene digitale didactiek zijn de wijze waarop opdrachten die in een online cursus worden aangeboden kunnen worden vormgegeven, samenwerking kan worden gestructureerd en de de elektronische discussie kan worden gefaciliteerd (Smits & Voogt, 2009)

4.3 Kritische kanttekeningen bij het model

4.3.1 *Is TPACK nieuw?*

Onderzoek naar de integratie van ICT in het curriculum is niet nieuw. In het vakdidactisch onderzoek wordt al sinds het eind van de jaren '80 onderzoek gedaan naar de potentie van ICT voor het leren van leerlingen. De studies van Ormel (2010) en Gelbart et al. (2009) die hierboven zijn aangehaald, zijn slechts twee van de vele onderzoeken op dit terrein. Ook de notie dat het gebruik van digitale middelen vragen stelt aan de algemene didactiek is niet nieuw. In het voorbeeld wordt de oratie van Robert Jan Simons aangehaald, die al in het begin van de 21^e eeuw uitgebreid aandacht heeft besteed aan deze problematiek.

Nieuw is dat Koehler en Mishra een conceptueel raamwerk hebben ontwikkeld, waardoor het mogelijk wordt om de kennisbasis van docenten te beschrijven, waarin ICT op een natuurlijke wijze is geïntegreerd. Archambault en Crippen (2009) geven aan dat de waarde van het model is dat het een bruikbare conceptualisering biedt om de problematiek van de integratie van technologie in het onderwijs aan de orde te stellen. Een verdere concretisering van het TPACK model voor verschillende vakgebieden is echter nodig om het model verder inhoud te geven. De implementatie van de kennisbasis in het curriculum van de lerarenopleiding zou eraan kunnen bijdragen dat de integratie van ICT in de onderwijspraktijk tot de normale routines van docenten kan gaan behoren. Het gevaar is wel dat deze kennisbasis voor docenten een statisch karakter krijgt (Angeli & Valanides, 2009). Koehler & Mishra zijn hier zelf ook voor beducht. Zij pleiten er immers voor dat docenten flexibiliteit ontwikkelen in het kunnen omgaan met ICT voor hun onderwijspraktijk (Koehler & Mishra, 2008).

Doordat, volgens Koehler en Mishra, vakinhoud, didactiek en technologie gezamenlijk moeten worden beschouwd bij het ontwerpen en uitvoeren van onderwijs zorgt het TPACK model ervoor dat ICT niet de sturende factor ('push') is voor het onderwijs, maar dat de oplossing van concrete problemen uit de onderwijspraktijk ('pull') centraal moet staan (Hammond & Mandfra, 2009; ten Brummelhuis & Kuiper, 2008).

4.3.2 *Validering van het model: Is TPACK een afzonderlijke kennisdomein?*

Vergelijkbaar met de discussie over PCK (bijv. Gess-Newsome, 1999) merken sommige onderzoekers op dat het TPACK model te algemeen en te weinig precies is. Angeli en Valanides (2009) merken op dat de grenzen tussen de verschillende componenten van het model, met name de grens tussen TPK en TCK, te vaag zijn. Uit het onderzoek van Archambault en Crippen (2009) naar TPACK bij docenten die online cursussen verzorgen, blijkt dat de correlaties tussen de vakinhoud en didactiek (CK, PK, PCK) relatief hoog is, evenals de correlaties tussen de diverse ICT componenten (TK, TPK, TCK). Dit wijst er op dat het in de ogen van docenten in feite gaat om twee kennisdomeinen; één die te maken heeft met vakinhoud en didactiek, en één die te maken heeft met integratie van ICT in inhoud en didactiek. In het licht van deze bevinding kan ook de kritiek worden gezien dat het niet duidelijk is of groei in de afzonderlijke kennisdomeinen, automatisch groei in TPACK impliceert (de integratieve opvatting), of dat TPACK als een eigenstandig kennisdomein kan worden opgevat (Angeli & Valanides, 2009). Op basis van eigen onderzoek laten zij zien dat docenten (in opleiding en praktiserend) zonder een specifieke scholing in het didactisch gebruik van technologie, niet in staat zijn om technologie op een effectieve manier te integreren in de onderwijspraktijk (Angeli & Valanides, 2009). Op grond van deze bevinding bestrijden zij de opvatting dat TPACK de resultante is van groei in de afzonderlijke domeinen, en pleiten zij voor TPACK als een apart kennisdomein, dat zij ICT-TPCK noemen.

Vanuit het perspectief van deze discussie is de verandering van TPCK naar TPACK (zie ook de inleiding) niet neutraal. Duidelijk is dat TPCK is ontstaan vanuit de idee dat PCK, de competentie, uniek is voor het beroep van docent. Koehler en Mishra pleiten er in feite voor dat technologie en

geïntegreerd onderdeel is van PCK. Als je spreekt over TPACK (Technology, Pedagogy AND Content Knowledge) dan loop je het gevaar dat vanuit de afzonderlijke domeinen wordt gedacht en niet vanuit de integratieve gedachte.

4.3.3 *De betekenis van opvattingen van docenten over leren en ICT ontbreekt*

De kritiek die Grossman (1990) had op het concept PCK (zie boven) kan ook worden geformuleerd voor het TPACK model. Het TPACK model is in de basis een middel dat kennis en vaardigheden beschrijft, het model gaat niet in op opvattingen die docenten hebben over onderwijs en over ICT, terwijl dit volgens Angeli & Valanides (2009) een belangrijk aspect kan zijn bij de ontwikkeling van TPACK. Uit onderzoek naar docentfactoren die bepalen of docenten ICT integreren in hun onderwijs blijkt dat niet alleen de kennis van docenten ertoe doet, maar ook de attitudes van docenten ten aanzien van ICT (bijv. Christensen & Knezek, 2008). In dit verband is het begrip self-efficacy (ervaren bekwaamheid) van belang. Self-efficacy heeft betrekking op vertrouwen in eigen kunnen, en verenigt aspecten van attitude en competentie (Bandura, 1977; Knezek & Christensen, 2008). Een gebrek aan self-efficacy met name met betrekking tot ICT is voor veel docenten een reden om ICT niet in hun onderwijspraktijk te integreren. Daarnaast spelen opvattingen over leren en onderwijzen in relatie tot ICT (bijv. Niederhauser & Stoddart, 2001; Tondeur, Hermans, van Braak & Valcke, 2008) een rol in de wijze waarop docenten ICT gebruiken in hun onderwijs. So en Kim (2009) refereren aan een studie van Angeli (2004) waarin docenten-in-opleiding sceptisch waren over het gebruik van ICT in hun onderwijs, omdat zij de volgende misconcepties hadden over ICT: 1. ICT maakt leerlingen passief; 2. ICT zorgt dat kinderen geïsoleerd raken; 3. ICT beperkt de fantasie en creativiteit; en 4. ICT voorziet in 'ingeblikte kennis'. Op grond hiervan pleiten So en Kim (2009) ervoor om in het model expliciet aandacht te hebben voor opvattingen van docenten. Özgün-Koca (2009) laat zien dat opvattingen van docenten-in-opleiding over de functie van specifieke technologie – in dit geval grafische rekenmachines – van invloed is op de manier waarop zij de technologie inzetten in hun onderwijs. Ook uit dit onderzoek blijkt dat het ontwikkelen van kennis en vaardigheden alleen niet voldoende is om de potentie van ICT voor de onderwijspraktijk op waarde te kunnen schatten.

4.3.4 *Kennis hebben versus kennis gebruiken*

Een andere kanttekening bij het TPACK model is het onderscheid dat moet worden gemaakt tussen de kennis en vaardigheden die docenten bezitten (*espoused TPCK*) en de kennis en vaardigheden die docenten gebruiken (*in use TPCK*) (So & Kim, 2009; Doering, Veletsianos, Scharber & Miller, 2009). Volgens So en Kim (2009) bepalen opvattingen van docenten mede of de kennis die docenten hebben ook daadwerkelijk wordt gebruikt.

4.3.5 *TPACK als metacognitief hulpmiddel*

Met behulp van het TPACK model kunnen docenten worden gestimuleerd om kritisch en expliciet na te denken over hun eigen kennis over de (geïntegreerde) componenten van het TPACK model. Hierdoor worden docenten zich bewust van de gebieden waarover ze veel kennis hebben en de gebieden waarin hun kennis nog moet groeien. Dit metacognitieve bewustzijn van de eigen kennis van technologie, didactiek, vakinhoud en van de relaties tussen deze domeinen helpt docenten om leerdoelen voor zichzelf op te stellen en om bewuste beslissingen te maken over ICT-integratie (Doering, Veletsianos, Scharber & Miller, 2009).

5. KENMERKEN VAN TPACK VOOR VAKKEN IN HET BASIS- EN VOORTGEZET ONDERWIJS

5.1 Inleiding

Een belangrijke claim van het TPACK model is dat technologie geïntegreerd moet worden met vakinhoud en vakdidactiek. In dit hoofdstuk bespreken we wat dit concreet betekent voor bepaalde vakgebieden. In het kader van deze studie hebben we een aantal theoretische beschouwingen gevonden en enkele resultaten van empirisch onderzoek. Het onderzoek naar de uitwerking van TPACK in de vakken blijkt nog in de kinderschoenen te staan: het is fragmentarisch en kleinschalig. De gevonden literatuur blijkt ook lang niet alle vakgebieden te dekken. Uit het onderzoek dat is verricht blijkt dat de docent, zijn kennis en beslissingen ten aanzien van ICT gebruik centraal staat. In dit opzicht onderscheidt het onderzoek zich van veel vakdidactisch onderzoek, waarin meestal de focus ligt op het leren van leerlingen met behulp van ICT.

5.2 Maatschappijvakken

Hammond en Manfra (2009) constateren dat er veel studies zijn verricht naar het gebruik van technologie in de maatschappijvakken. Zij refereren aan onderzoek naar het gebruik van wiki's, digitale documentaires, online games, GIS, en het gebruik van gestructureerde gegevenscollecties. Echter, ondanks dit onderzoek, staat de integratie van technologie in de onderwijspraktijk voor veel docenten nog ver van hun bed.

5.2.1 Start bij de didactiek

Hamman en Manfra (2009) gaan er vanuit dat docenten meer open staan voor technologie als gestart wordt bij de (vak)didactiek en van daaruit wordt gekeken hoe met behulp van technologie vakinhouden zouden kunnen worden onderwezen. Zij beschrijven een model voor de maatschappijvakken waarin de didactische aanpak (giving, prompting, making) van de docent wordt gekoppeld aan verwacht leerlinggedrag en aan de rol van de docent. Bij 'giving' gaat het om kennisoverdracht en directe instructie. Bij 'prompting' staat de interactie van de leerling met de inhoud van de leerstof centraal en heeft de docent daarbij een coachende rol. Bij 'making' kan een leerling door het maken van een product laten zien hoe hij of zij de leerstof begrijpt. Volgens Hammond en Manfra kunnen veel technologische toepassingen, zoals bijvoorbeeld digitaal bronmateriaal, WebQuests en GIS voor alle drie de didactische aanpakken worden ingezet. Docenten moeten zich echter bewust zijn van hun opvattingen over het vak en hun didactiek en daarbij kennis hebben van de mogelijkheden van ICT (TPACK) om op basis daarvan te bepalen hoe zij ICT in hun onderwijs zouden willen integreren.

5.2.2 Veranderingen in de vakinhoud

Binnen het geschiedenisonderwijs wordt de potentie van "digitale geschiedenis" om authentieke ervaringen te creëren met betrekking tot doceren en leren steeds meer erkend. Digitale geschiedenis is de studie van het verleden door het bestuderen van een scala aan elektronische primaire bronnen, zoals teksten, plaatjes, historische verhalen en presentaties uit historisch onderzoek. Het gebruik van deze primaire bronnen stelt leerlingen in staat om inzicht te krijgen in geschiedenis, doordat ze originele bewijzen moeten onderzoeken en moeten teruggaan naar de originele historische teksten (Manfra en Hammond, 2006).

5.2.3 Een vakspecifieke ICT applicatie voor geschiedenis

PrimaryAccess (Bull, Hammond en Ferster, 2008) is een Web 2.0 tool speciaal ontworpen om digitaal lesmateriaal toegankelijk te maken voor het geschiedenisonderwijs. PrimaryAccess is ontwikkeld vanuit het idee dat toepassingen van ICT in het onderwijs gebaat zijn bij een duidelijke link naar de inhoud en didactiek van het vak.

Bij geschiedenisonderwijs wordt gebruik gemaakt van historisch bronmateriaal uit archieven, zoals foto's, kaarten, illustraties, teksten, etc. Door deze te digitaliseren zijn de bronnen makkelijker toegankelijk voor gebruik in het onderwijs en kunnen leerlingen actief met het materiaal aan de slag, bijvoorbeeld in het maken van digitale video's. PrimaryAccess is ontwikkeld om het gebruik van digitaal historisch bronmateriaal in het onderwijs te ondersteunen.

PrimaryAccess is een omgeving voor het maken van videoclips met behulp van historisch bronmateriaal. PrimaryAccess biedt:

- Links naar historisch bronmateriaal; docenten kunnen ook zelf bronmateriaal toevoegen en hun materiaal toegankelijk maken voor andere docenten. Docenten kunnen bronmateriaal selecteren met het oog op het onderwerp en de doelgroep.
- Docenten kunnen aantekeningen maken bij bronnen; kunnen lesplannen maken en die delen met andere docenten.
- Zowel docenten en leerlingen kunnen gebruik maken van de videoclips die door anderen zijn gemaakt.
- In de applicatie zelf is het mogelijk om digitale documentaires te maken. Er is een script editor toegevoegd, waarmee leerlingen hun eigen teksten kunnen toevoegen aan de beelden. Leerlingen moeten eerst hun tekst schrijven voordat de clip kan worden gemaakt.

PrimaryAccess geeft leerlingen betrokkenheid bij historische vraagstukken door het zelf maken van digitale historische documentaires. PrimaryAccess is niet bedoeld als een op zichzelf staande activiteit: de docent is nodig om een betekenisvolle leeractiviteit te genereren en de leerlingen te ondersteunen tijdens het proces van ontwerpactiviteiten en door formatieve feedback te geven. In onderzoek naar het gebruik van PrimaryAccess komt naar voren dat er grote verschillen zijn in de frequentie en kwaliteit van de feedback van docenten.

5.2.4 Een vakspecifieke ICT-rijke leeromgeving voor aardrijkskunde

GeoThentic (Doering, Scharber, Miller & Veletsianos, 2009) is een online onderwijs- en leeromgeving, waarbij de focus ligt bij de betrokkenheid van docenten en leerlingen bij het oplossen van realistische problemen (bv. broeikaseffect) met behulp van specifieke technologie, zoals GPS en GIS, Google Earth, weerkaarten. GeoThentic is bedoeld voor toepassing binnen het aardrijkskunde onderwijs en gaat uit van probleemgestuurd leren. Bij het ontwerp van GeoThentic was het TPACK model richtinggevend. Volgens Doering & Veletsianos (2007) betekent TPACK voor aardrijkskunde docenten dat zij kennis hebben van de mogelijkheden van specifieke ICT toepassingen voor het aardrijkskundeonderwijs. Het TPACK model fungeert in de leeromgeving zelf als een metacognitief instrument voor docenten.

Aanvankelijk richtte GeoThentic zich voornamelijk op de leerling en bestond de omgeving uit een korte filmclip over het probleem, een clip waarin het gebruik van de ICT toepassing (bijv. GPS of Google Earth) werd uitgelegd, een *agent* die de leerling kon helpen bij het selecteren van data uit een database, en een virtuele omgeving waarin leerlingen met elkaar konden samenwerken aan de oplossing van het probleem. Uit formatief evaluatieonderzoek bleek echter dat docenten hulp nodig hadden bij het gebruik van de omgeving in hun lespraktijk. In samenwerking met docenten is daarom een omgeving voor docenten ontwikkeld. Bij het formatief evaluatieonderzoek dat is uitgevoerd om de

omgeving te ontwikkelen tot de huidige vorm waren 30 docenten en meer dan 600 leerlingen betrokken.

De docentomgeving ondersteunt docenten bij de voorbereiding van de les door middel van lesoverzichten, lesplannen, kennis over het gebruik van de ICT toepassing en over hoe leerlingen met hun problemen kunnen worden geholpen, achtergrondinformatie over het onderwerp, manieren waarop de module in het curriculum te integreren, en aanvullende bronnen. Daarnaast biedt de docentomgeving instrumenten om de eigen ontwikkeling van TPACK in kaart te brengen:

- Teacher-Reported Model (zelfevaluatie): Docenten kunnen via een schuifmaat aangeven welke kennis (inhoud, didactiek, technologie) zij volgens eigen zeggen hebben en gebruiken.
- Evaluative assessment (evaluatie): Docenten beantwoorden meerkeuzevragen waarin hun kennis van inhoud, didactiek en technologie wordt getoetst.
- User-path model (gebruiksgegevens): Het gebruik van GeoThentic door de docent wordt door het systeem bijgehouden. Deze informatie wordt vertaald in informatie voor de docent over zijn TPACK competenties.

5.2.5 Twee voorbeelden van onderzoek in de onderwijspraktijk

Digitale documentaires bij geschiedenis: de invloed van didactische opvattingen van docenten

Manfra en Hammond (2006) hebben een onderzoek uitgevoerd waarin ze hebben gekeken hoe twee docenten geschiedenis in het voortgezet onderwijs digitale documentaires in hun geschiedenisonderwijs hebben geïntegreerd. Doel van het onderzoek was om na te gaan in hoeverre de didactische opvattingen van de docenten van invloed was op de lessen die werden gegeven en de digitale video's die werden geproduceerd. Eén van de twee docenten vond vakinhoud belangrijk en richtte zich op het verplichte curriculum. In zijn lessen gaf hij voornamelijk inhoudelijke feedback over het product aan de leerlingen. In de video's die zijn leerlingen maakten stond een accurate rapportage van de historische gebeurtenis centraal. De andere docent legde de nadruk op het ontwikkelen van kritische denkvaardigheden bij zijn leerlingen. Deze docent richtte zich in zijn begeleiding meer op het proces, waarbij de historische gebeurtenis werd geplaatst in het licht van eigen opvattingen van leerlingen. Beide docenten moesten zich een nieuw begrip vormen van de vakinhoud, namelijk geschiedenis in de vorm van digitale documentaires. De docenten moesten hun didactiek ook aanpassen. Omdat zij gebruik maakten van ICT werd in groepjes gewerkt en moesten zij de groepjes expliciet instrueren om de productie van de digitale documentaires te faciliteren. Uit het onderzoek bleek dat de docenten hun beslissingen over het geplande en uitgevoerde curriculum baseerden op hun opvattingen over vakinhoud en de didactiek, en niet op basis van de potentie van ICT.

Digitale video: de noodzaak van geïntegreerde kennis (TPACK)

Uitgaande van het TPACK model hebben Hofer en Swan (2006) onderzocht van welk type kennis docenten gebruik maken bij de inzet van digitale video in het onderwijs aan groep 8. Aan het project deden twee docenten, een docent maatschappijleer en een taaldocent, en vier klassen mee. Voor deze docenten was digitale video nieuw. Beide docenten waren zeer ervaren op het gebied van vakinhoud, didactiek en ICT. Voor hun onderzoek hebben Hofer en Swan de docenten gevolgd tijdens de uitvoering van het project. Het digitaal video project ging over de burgeroorlog en bestond uit drie fasen, namelijk een fase waarin leerlingen historische bronnen onderzochten, een fase waarin leerlingen een script schreven voor hun documentaire en een fase waarin de leerlingen de videodocumentaire daadwerkelijk gingen maken. De geschiedenisdocent heeft de eerste en de laatste fase van het project begeleid en de taaldocent de tweede fase (het schrijfproces). Uit het onderzoek bleek dat deze ervaren docenten alleen moeilijkheden ondervonden bij het begeleiden van leerlingen

tijdens het maken en gebruiken van het script (het storyboard). De reden was dat daar inhoudelijke, vakdidactische en ICT kennis bij elkaar kwamen (TPACK), en dat deze kennis ver af stond van het normale repertoire van beide docenten. Op de andere gebieden (TK, PK, CK, TCK en TPK) kwamen de docenten weinig uitdagingen tegen. Een conclusie die de onderzoekers trokken naar aanleiding van dit resultaat was dat succes van de implementatie van het digitale videoproject afhing van de mate waarin de innovatie overeenkwam met de routines van de docent. In dit onderzoek waren de docenten bekend met de achterliggende vakinhoud, didactiek en ICT. Met betrekking tot deze domeinen ervoeren de docenten dan ook geen moeilijkheden. Waar de docenten weinig ervaring in hadden was op het gebied waar de vakinhoud, didactiek en ICT samen kwamen, namelijk tijdens het begeleiden van leerlingen tijdens het maken en gebruiken van het storyboard over de burgeroorlog.

5.3 Wiskunde

5.3.1 Standaarden voor wiskundedocenten

In navolging van Grossman (1990 - zie ook hoofdstuk 4) zien Niess et al. (2007) TPACK als een amalgaam van kennis en opvattingen over wiskunde onderwijs. Niess et al. benadrukken dat er vier basiscomponenten zijn die ten grondslag liggen aan TPACK, namelijk:

1. Het overkoepelende besef van wat het betekent om les te geven over een bepaald onderwerp zoals wiskunde met behulp van ICT.
2. Kennis over instructiestrategieën om les te geven over bepaalde wiskundige onderwerpen met behulp van ICT.
3. Kennis over het denken en leren van leerlingen van het inzicht van leerlingen bij een vak als wiskunde waarin ICT geïntegreerd is.
4. Kennis over het curriculum en curriculummaterialen die ICT integreren in het wiskundeonderwijs.

Gebaseerd op de standaarden die zijn ontwikkeld door de International Society for Technology in Education (ISTE – zie www.iste.org) voor leerlingen en docenten over het gebruik van technologie voor het leren van leerlingen, heeft ook de Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE, 2009) in de Verenigde Staten standaarden geformuleerd met het oog op het gebruik van ICT bij wiskunde. Bij de ontwikkeling van deze standaarden is uitgegaan van de hierboven beschreven basiscomponenten. AMTE (2009) onderscheidt vier kernstandaarden:

1. Docenten gebruiken hun kennis van ICT, didactiek en wiskunde om leeromgevingen en leerervaringen te ontwerpen en te ontwikkelen voor leerlingen met de bedoeling het leren van wiskunde te verbeteren.
2. Docenten implementeren leerplannen waarin ICT op passende wijze is geïntegreerd.
3. Docenten beoordelen en evalueren ICT-rijk onderwijs op hun merites voor het leren en onderwijzen van wiskunde
4. Docenten zoeken, identificeren en gebruiken ICT om hun eigen kennis, productiviteit en professionele praktijk te verrijken.

Niess et al. (2007) hebben een model ontwikkeld om de ontwikkeling van TPACK bij wiskundedocenten te bevorderen. Dit model wordt beschreven in hoofdstuk 6.

5.3.2 Twee voorbeelden van onderzoek in de onderwijspraktijk

ICT gebruik bij vakdidactiek wiskunde

Lee en Hollebrands (2008) hebben het effect onderzocht van een cursus vakdidactiek waarin ICT was geïntegreerd. Bij de ontwikkeling van de cursus is aandacht besteed aan de functie van ICT voor wiskunde en aan het leren van wiskunde met behulp van ICT. Gedurende de ontwikkeling is het materiaal formatief geëvalueerd en verbeterd voor wat betreft de vakdidactische aspecten van het leren van wiskunde met ICT. Het materiaal bestaat uit de volgende drie componenten:

1. Aan de hand van applets komen wiskundedocenten-in-opleiding in aanraking met de functie die het gebruik van ICT in het wiskundeonderwijs zou kunnen hebben. Zoals het gebruik van ICT om berekeningen sneller en efficiënter uit te voeren en het gebruik van ICT om informatie te (her)organiseren en te visualiseren. Te denken valt bijvoorbeeld aan het aan elkaar linken van verschillende representaties en het maken van overlappende metingen in grafieken. Deze visualisatie van wiskundige concepten is niet mogelijk zonder ICT.
2. Het is belangrijk dat wiskundedocenten-in-opleiding zich bewust zijn van de voorkennis en misconcepties van hun leerlingen op bepaalde specifieke domeinen, bijvoorbeeld data-analyse en waarschijnlijkheidsleer. Uit de vakdidactische literatuur werden daarom bekende misconcepties gedestilleerd die in de vorm van vragen en opmerkingen aan het lesmateriaal voor de docenten-in-opleiding werden toegevoegd. De bedoeling is dat de aanstaande docenten daar in hun lesvoorbereiding rekening mee houden.
3. Het gebruik van videocases. Om ICT efficiënt te kunnen gebruiken in het wiskundeonderwijs moeten docenten weten hoe leerlingen wiskundige problemen oplossen met behulp van ICT. Hiervoor werden videocases ingezet. Door het gebruik van ICT bij het leren van wiskunde door leerlingen te analyseren, gaan docenten nadenken over het benutten van de mogelijkheden en potenties van ICT bij de planning en uitvoering van hun eigen wiskundelessen.

Uit het onderzoek bleek dat de vakdidactische kennis van de docenten-in-opleiding was toegenomen. De videocases waren met name geschikt om aanstaande docenten te helpen modellen te ontwikkelen over het wiskundige denken van leerlingen en daarmee hun TPACK verder te ontwikkelen (Lee, Hollebrands en Wilson, 2007).

De potentie van de grafische rekenmachine

Om de effecten te achterhalen van de grafische rekenmachine op het leren van wiskunde door leerlingen, moeten docenten kunnen beslissen of het doceren en leren van wiskunde met behulp van een grafische rekenmachine meerwaarde heeft voor het leerproces. Özgün-Koca (2009) onderzocht de opvattingen van aanstaande wiskunde docenten over het gebruik van de grafische rekenmachines in het wiskundeonderwijs. Aan het onderzoek namen 27 docenten-in-opleiding deel. Deze docenten werden opgeleid tot wiskundedocent in het voortgezet onderwijs. De aanstaande wiskundedocenten zagen de grafische rekenmachine vooral als een hulpmiddel om gegevens te visualiseren en als een middel om in een kortere tijd meer voorbeelden aan de orde te laten komen en minder routinematige handelingen te hoeven verrichten. Met behulp van de grafische rekenmachine kunnen volgens de aanstaande docenten authentieke leeromgeving worden gecreëerd waarin leerlingen worden uitgedaagd actief deel te nemen. Wel vonden zij het belangrijk dat docenten moeten weten hoe de grafische rekenmachine op een effectieve manier in kan worden gezet, wat dat betekent voor de organisatie van de les en op welke wijze een klassengesprek vorm gegeven zou kunnen worden (TPACK). Het gevaar van de grafische rekenmachine ligt volgens de aanstaande docenten in het gebruik van de machine als een black box. Özgün-Koca (2009) geeft aan dat het belangrijk is om aanstaande docenten uit te dagen te reflecteren op hun TPACK competenties aan de hand van concrete vakdidactische discussies.

5.4 Taal

Swenson, Young, McGrail, Rozema, en Whiting (2006) gaan in op de manier waarop ICT het taalonderwijs beïnvloedt en dan met name het gebruik van traditionele en digitale teksten. Voorbeelden van digitale teksten zijn webpagina's, weblogs (en blogs), virtuele omgevingen, wiki's en discussiefora. Digitale teksten hebben bepaalde eigenschappen die uniek zijn voor het digitale medium en onze ideeën over wat teksten zijn en hoe teksten werken beïnvloeden. Zo zijn digitale teksten dynamisch (teksten bevatten hyperlinks) en kan de inhoud regelmatig vernieuwd en aangepast worden. Deze eigenschappen van digitale teksten hebben consequenties voor de vakinhoud en didactiek. Swenson et al. (2006) benadrukken dan ook dat de integratie van ICT in het onderwijs het meest effectief is als de docent belangrijke relaties weet te leggen tussen de leerdoelen en vakdidactiek die gelden voor een bepaald vak en de mogelijke ICT-toepassingen die de docent hiervoor kan inzetten. Dit houdt in dat de docent zich afvraagt hoe de technologie zijn onderwijs in de eigen discipline ondersteunt en beïnvloedt. Tegelijkertijd moet de docent zich aanpassen aan de veranderingen in de vakinhoud en vakdidactiek die de technologie met zich meebrengt (Swenson et al., 2006). Swenson et al. gebruiken het TPACK model van Mishra en Koehler (2004) om inzicht te krijgen in de relatie tussen traditionele (print) en digitale teksten en het in kaart brengen van de potenties van beide type teksten. De manier waarop het TPACK model hiervoor gebruikt wordt, wordt echter niet verder uitgelegd.

5.5 Kritische kanttekeningen

5.5.1 *ICT is vaak het startpunt*

Het vertrekpunt in veel studies is de invoering van een bepaalde ICT toepassing voor een bepaald vak (bijv. digitale video; grafische rekenmachines). Van daaruit wordt gekeken naar de mogelijkheden van de nieuwe technologie in het vakgebied. De onderzoekers (bijv. Manfra & Hammond, 2006) komen echter wel tot de conclusie dat ondanks het feit dat ICT het startpunt is in veel projecten, docenten vaak beginnen bij de didactiek en zij de ICT die wordt gebruikt af proberen te stemmen op hun normale didactische routines.

5.5.2 *Vakdidactisch onderzoek naar ICT in het onderwijs*

In veel literatuur over TPACK is weinig aandacht voor vakdidactisch onderzoek naar de betekenis van ICT voor het vakgebied. Met name in de exacte vakken is een lange traditie van onderzoek naar de mogelijkheden voor ICT voor het leren van complexe natuurwetenschappelijke concepten (zie bijvoorbeeld Webb (2008), die een overzicht geeft van onderzoek naar ICT op het terrein van het natuurwetenschappelijk onderwijs). Wel is veel vakdidactisch onderzoek expliciet gericht op het leren van leerlingen, en niet zozeer op de competenties die docenten nodig hebben om ICT in te zetten in het onderwijsleerproces. Echter, bij de ontwikkeling van TPACK competenties is kennis van het leren van specifieke concepten uit het vakgebied door leerlingen en de mogelijkheden die ICT hierbij biedt een belangrijk aspect. In dit opzicht biedt het onderzoek van Lee en Hollebrands (2008) naar het leren van aanstaande wiskundedocenten interessante aanknopingspunten.

5.5.3 *TPACK en docenten basisonderwijs.*

Het is opvallend dat de problematiek van docenten basisonderwijs niet expliciet wordt gemaakt in het TPACK model. Er wordt in het model aangenomen dat docenten bepaalde vakinhoudelijke en vakdidactische kennis tijdens hun opleiding ontwikkelen. In de Nederlandse context hebben docenten basisonderwijs echter slechts een beperkte bagage hebben als het gaat om vakinhoudelijke en vakdidactische kennis. Verder onderzoek is ons inziens nodig naar wat dit betekent voor TPACK en de ontwikkeling van TPACK.

6. ONDERSTEUNING VAN DOCENTEN BIJ DE ONTWIKKELING VAN TPACK

6.1 Inleiding

Aangezien in de optiek van TPACK de integratie van ICT in het onderwijs gebaat is bij de zorgvuldige afstemming tussen vakinhoud, vakdidactiek en de mogelijkheden van ICT moeten docenten competent zijn op al deze drie domeinen. Deels zal deze competentieontwikkeling plaatsvinden in de lerarenopleiding, deels tijdens het werken in de klas en deels via nascholings- of professionaliseringstrajecten. Daarbij moet nogmaals benadrukt worden dat de ontwikkeling van TPACK niet alleen betrekking heeft op vakinhoud, vakdidactiek en ICT-mogelijkheden en de overlap tussen deze gebieden. Ook attitudes van docenten ten aanzien van technologie en opvattingen over leren en onderwijzen in relatie tot ICT bepalen in belangrijke mate of en hoe docenten ICT gaan gebruiken in hun onderwijs. Daarnaast moeten docenten kennis hebben over en inzicht hebben in de specifieke context waarin ICT geïntegreerd wordt.

Om de onderzoeksvraag rondom de ondersteuning van docenten bij de verwerving van TPACK te beantwoorden is de gevonden literatuur geanalyseerd met deze focus. Voordat deze literatuur besproken zal worden, wordt eerst kort ingegaan op wat we al weten over ondersteuning van docenten bij de verwerving van kennis en vaardigheden op het gebied van ICT-integratie in het onderwijs.

6.2 Wat we al weten over ICT-integratie in lerarenopleidingen en op school

Ondanks voorbeelden waarbij de ICT-integratie in lerarenopleiding en op scholen voor basis- en voortgezet onderwijs al wel goed verloopt, blijft de algemene tendens dat er nog veel werk verzet moet worden om ICT (verder) te integreren in het onderwijs.

Uit onderzoeksliteratuur blijkt dat er verschillende drempels zijn om ICT te integreren in het onderwijs en in de lerarenopleiding. Veelgenoemde drempels bij beginnend gebruik van ICT zijn het gebrek aan vertrouwen in de eigen bekwaamheid op het gebied van ICT, vaak voortkomend uit een gebrek aan kennis en vaardigheden (Christensen & Knezek, 2008), en weerstand tegen verandering (Fullan, 2007). Docenten willen wel, maar kunnen of durven niet. Daarnaast zijn er een aantal zaken op schoolniveau die op orde moeten zijn voordat docenten kunnen gaan werken aan hun competentieontwikkeling. Het gebrek aan de benodigde materialen, ondersteuning, scholing en tijd zijn de meest genoemde oorzaken voor de lage integratie van ICT in het onderwijs (zie bijvoorbeeld Bingimlas, 2009; Becta, 2004; Balanskat, Blamire & Kefala, 2006; Fisser, 2005; Newhouse 2002; en Cox, Preston & Cox, 1999). Uit eerder onderzoek weten we dat de mate van ICT gebruik in de klas samenhangt met de ondersteuning en scholing die docenten krijgen (zie bijvoorbeeld Strudler & Herrington, 2008; Becker, Ravitz & Wong, 1999).

Het verzorgen van ondersteuning en scholing is een complex aspect, aangezien veel verschillende componenten bijdragen aan de effectiviteit ervan. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan kennis en vaardigheden op het gebied van ICT-toepassingen, maar ook aan vakdidactiek en kennis over het vakdomein. Daarnaast is er steeds meer aandacht voor schoolbrede integratie van ICT, wat impliceert dat ondersteuning en scholing ook op schoolniveau plaats moet vinden en niet bij een individuele docent (Strudler & Herrington, 2008). Scholen willen bovendien graag dat de nieuwe docenten die van de lerarenopleiding komen al kennis hebben over mogelijke ICT-toepassingen en die ook kunnen toepassen in specifieke situaties in de klas. Gebaseerd op al deze wensen wordt in de meeste gevallen geprobeerd om ondersteuning en scholing zo in te richten dat ICT kennis en vaardigheden niet als een vak apart gezien worden, maar vaak gekoppeld worden aan vakgebieden en onderwijsbenaderingen. Om dit effectief toe te passen moeten (aanstaande) docenten anders gaan nadenken over het onderwijs dat tot dan toe gegeven werd.

Garet, Porter, Desimone, Birman en Yoon (2001) presenteerden zes factoren die bij kunnen dragen aan succesvolle ondersteuning en scholing. Daarbij gaven zij onder andere aan dat hoe meer tijd besteed wordt aan ondersteuning en scholing, hoe meer resultaat er te zien is in de onderwijspraktijk. De vorm van de ondersteuning/scholing is van belang: hoe meer docenten op een authentieke en actieve manier bezig zijn, hoe beter het resultaat. Daarnaast werkt samenwerking tussen docenten beter dan individuele ondersteuning/scholing, is het goed om de ondersteuning/scholing te koppelen aan een inhoudsdomein en de uiteindelijke doelgroep en is het van belang dat datgene wat geleerd wordt tijdens de ondersteuning/scholing aansluit bij de visie en doelen van zowel de school als de docenten. Uit andere onderzoeken blijkt dat ook het hebben of ontwikkelen van voorbeeldmaterialen en “good practices” een positief effect hebben op het zelf integreren van ICT in het onderwijs (Sandholtz, Ringstaff, & Dwyer, 1997).

Op basis van wat we weten over drempels en kansrijke mogelijkheden kan nu de vraag worden gesteld of het TPACK model een handreiking kan bieden om op het gebied van ondersteuning en scholing een volgende stap te zetten. Bij de beantwoording van deze vraag willen we kijken naar TPACK ontwikkeling tijdens de lerarenopleiding en in nascholing en kijken we naar de ontwikkeling van TPACK in het kader van kennis, vaardigheden en attitude. Op basis hiervan kunnen een aantal conclusies getrokken worden met betrekking tot mogelijke ondersteuningsvormen voor het ontwikkelen van TPACK bij (aanstaande) docenten.

6.3 TPACK ontwikkeling

De K in de afkorting TPACK staat voor “knowledge”, oftewel kennis. Kennis over technologie, inhoud en didactiek. Maar zoals eerder al genoemd is gaat het bij het ontwikkelen van TPACK naast feitelijke kennis ook over vaardigheden die nodig zijn om ICT te integreren en over de attitude van (aanstaande) docenten die bepalend is voor het wel of niet integreren van ICT in het onderwijs. De vraag is nu hoe we dit complexe geheel kunnen ontwikkelen in de lerarenopleiding en in (na)scholing van docenten. Niess et al. (2009) beschrijven in het kader van hun onderzoek naar reken/wiskundeonderwijs een ontwikkelingsmodel dat zij toepassen in de lerarenopleiding. Dit ontwikkelingsmodel is gebaseerd op een wat meer algemeen model over innovatieprocessen van Rogers (1995) dat Niess en collega's hebben aangepast om te beschrijven welke stappen docenten zetten als zij starten met ICT-integratie in het onderwijs. Dit aangepaste model omvat de volgende aspecten:

1. Kennen en herkennen; waarbij docenten weten hoe ze technologie kunnen gebruiken en kunnen herkennen dat technologie een bijdrage kan leveren aan het onderwijs. De docenten integreren de technologie in deze fase echter nog niet in het onderwijs.
2. Accepteren of overtuigd worden; waarbij docenten een houding (positief of negatief) ontwikkelen ten aanzien van leren met ICT
3. Aanpassen en beslissen; waarbij docenten betrokken zijn in activiteiten die leiden tot het maken van een keuze om technologie wel of niet te gaan gebruiken in het onderwijs.
4. Onderzoeken en implementeren; waarbij docenten actief proberen om ICT in het onderwijs te integreren.
5. Bevestiging en uitbreiding; waarbij docenten de resultaten van hun eigen beslissingen op het gebied van ICT-integratie evalueren en op basis daarvan verdere acties ondernemen.

Deze stappen zijn waarschijnlijk herkenbaar. We zouden hier ook de zeven “stages of concern” van het Concerns-Based Adoption Model (Hord, Rutherford, Huling-Austin & Hall, 1987) kunnen noemen dat er vanuit gaat dat mensen die een verandering overwegen en ondergaan tijdens de verschillende

fasen in het veranderingsproces verschillende vragen zullen hebben. Ook het model van Fullan (2007) gaat er vanuit dat het proces van een innovatie verschillende stadia doorloopt van initiatie via implementatie naar integratie. De basisgedachte achter deze (en andere) modellen is dezelfde: het adopteren van iets nieuws kost tijd en degene die de innovatie meemaakt of ondergaat zal in de verschillende stadia andere activiteiten uitvoeren en andere denkbeelden ontwikkelen. Dit geldt ook voor de ontwikkeling van TPACK, daarom is het ondersteunen van deze ontwikkeling van groot belang.

6.4 TPACK ontwikkeling in opleiding en nascholing

Het ontwikkelen van TPACK door docenten in opleiding in de lerarenopleiding en door docenten die al werkzaam zijn en via nascholing TPACK ontwikkelen, betekent het ontwikkelen van kennis en vaardigheden op het gebied van ICT, didactiek, inhoud en met name de overlap en interactie tussen deze drie domeinen. Dit alles met de uiteindelijke context waarin ICT geïntegreerd wordt in gedachten. In de gevonden TPACK literatuur worden voorbeelden hiervan gegeven in de context van de lerarenopleidingen en nascholing. In veel van de gevonden literatuur wordt echter ook aangegeven dat het TPACK model geen ontwerpmodel is waarmee je een opleiding of professionaliseringstraject vorm kan geven. Wel biedt het aanknopings- en aandachtspunten bij het nadenken over de ondersteuning van (aanstaande) docenten bij het integreren van ICT in het onderwijs.

6.4.1 Voorbeelden van TPACK ontwikkeling in de lerarenopleidingen

Koehler en Mishra (2005) beschrijven in hun onderzoek naar het ontwikkelen van TPACK dat kant-en-klare instructie op de losse domeinen van ICT, vakdidactiek en vakinhoud weinig effectief lijkt als het uiteindelijke doel ICT-integratie is. Tijdens traditionele scholing en cursussen krijgen docenten meestal niet de gelegenheid om de link te leggen tussen de samenhang van de eerder genoemde kennisdomeinen en de onderwijscontext, doordat de kennisdomeinen binnen deze traditionele trainingen vaak los worden aangeboden. De docenten leren dan niet om de kennis ook toe te passen in de eigen onderwijscontext. Hierdoor lijkt een traditionele scholing relatief minder effectief om docenten te helpen bij het ontwikkelen van een dieper besef van de samenhang tussen de kennisdomeinen (Koehler & Mishra, 2005; So & Kim, 2009). Losse ICT vakken leiden dus niet tot ICT integratie. Een geïntegreerde aanpak, waarbij docenten in opleiding samenwerken aan het onderzoeken van mogelijkheden en het ontwerpen en ontwikkelen van zinvolle "artefacten" (website, syllabus, opdrachten in een webgebaseerde omgeving, etc.) zal volgens hen leiden tot een automatische integratie van ICT in het onderwijs. De benodigde hard- en software vaardigheden moeten dan tijdens het project ontwikkeld worden op het moment dat dat nodig is.

Ook uit het onderzoek van Angeli en Valanides (2009) blijkt dat als we TPACK ontwikkeling op de lerarenopleiding willen stimuleren, het van belang is dat docenten in opleiding niet individueel aan de slag gaan, maar dat zij moeten samenwerken op dit gebied en samen kennis moeten ontwikkelen. Daarbij benadrukken Angeli en Valanides dat het belangrijk is dat de docenten in opleiding vanaf het begin de samenhang zien tussen de kennis over specifieke ICT toepassingen en hun meerwaarde, de didactiek, de inhoud, de doelgroep (de lerenden) en de context waarin dit in praktijk gebracht moet worden. Daarnaast beschrijven Angeli en Valanides dat docenten in opleiding zelf aangeven dat zij graag starten met informatie verzamelen, door te luisteren naar een docent of expert, zodat het duidelijk wordt waar het om gaat bij ICT integratie. Daarna willen de docenten in opleiding bezig met een authentieke taak, waarbij ze de kennis die ze daarvoor opgedaan hebben in de praktijk toepassen. Op basis van de ervaringen hiermee willen de docenten in opleiding deze ervaringen delen en bediscussiëren met mededocenten in opleiding om op die manier onzekerheden weg te nemen die te maken hebben met de taken die ze uitgevoerd hebben. Tot slot willen de docenten in opleiding hun ervaringen bespreken met een expert, die vanuit zijn of haar rol een betere blik heeft op het geheel aan TPACK en een bijdrage kan leveren in de verdere TPACK ontwikkeling.

Harris, Mishra en Koehler (2009) laten met hun onderzoek zien dat het goed is om, als je wilt beginnen met het gebruik van ICT in het onderwijs, docenten in opleiding bewust te maken van de verschillende mogelijkheden die ICT kan bieden voor een bepaald vakgebied of onderwijsbenadering. Op het moment dat iemand al een beeld heeft van de inhoud van de les die gegeven moet gaan worden en de doelen die bereikt moeten worden met deze les kan gekozen worden uit verschillende "activity types", waarbij een specifieke activiteit wordt genoemd en beschreven en daarbij suggesties worden gedaan om deze activiteiten te ondersteunen met ICT. Een deel van de activity types en de ICT mogelijkheden is te vinden in Tabel 3. Het idee achter deze aanpak is bewustwording, ideeën genereren en op die manier de docenten in opleiding te laten zien dat je verschillende soorten ICT kunt gebruiken om je doel te bereiken. Docenten in opleiding kunnen dan zelf bepaalde voorkeuren ontwikkelen of op zoek gaan naar kennis om nieuwe mogelijkheden te gaan gebruiken.

Tabel 3: *Mogelijkheden van ICT: activity types (Harris, Mishra, & Koehler, 2009)*

Visual Knowledge Expression		
Create an Illustrated Map	Students use pictures, symbols and graphics to highlight key features in creating an illustrated map	Cartographic software, graphics editing software, clip art, stock art, Google Maps
Create a Picture/Mural	Students create a physical or virtual mural	Multimedia editing and graphics tools
Draw a Cartoon	Students create a drawing or caricature of a content-based concept	Drawing/painting software, handheld drawing tools
Conceptual Knowledge Expression		
Develop a Knowledge Web	Using teacher- or student-created webs, students organize information in a visual/spatial manner	Concept mapping software, wikis, brainstorming aids, interactive whiteboards
Generate Questions	Students develop questions related to content/concepts	Word processing, wikis, Google Docs
Develop a Metaphor	Students devise a metaphorical representation of a content-based topic/idea	Image banks, graphics editors, multimedia authoring tools

Harris, Mishra en Koehler geven aan dat door uit te gaan van de inhoud en de doelen van het vak de docenten in opleiding zullen leren om verschillende TPACK-gebaseerde activiteiten te herkennen, te bespreken, te selecteren, te combineren en toe te passen in de onderwijspraktijk.

Uit bovenstaande voorbeelden kan afgeleid worden dat (aanstaande) docenten TPACK kunnen ontwikkelen door samen te ontwerpen, door ervaring op te doen en ervaringen te delen. Er zijn echter ook een aantal onderzoeken die laten zien dat het effectief kan zijn om het TPACK model op zich een plek te geven in de opleiding en daar ook aandacht aan te besteden. Het onderzoek van Kramarski en Michalsky (2009) beschrijft bijvoorbeeld het verzorgen van workshops over TPACK. De docenten in opleiding kregen tijdens de workshop informatie over het TPACK model, waarna zij in discussie gingen over het didactisch gebruik van verschillende ICT-toepassingen. Na afloop van de workshop gingen zij aan de slag om dit in de praktijk uit te voeren. So en Kim (2009) voegen daar aan toe dat ook bij TPACK geldt dat je er niet bent met een vak waar je aandacht besteedt aan dit onderwerp,

maar dat je de ontwikkeling van TPACK moet zien als een lange termijn investering die over meerdere vakken en jaren verspreid moet worden.

In het grootste deel van de artikelen die over de lerarenopleidingen gaan, wordt aangegeven dat er nog veel moet gebeuren op de lerarenopleidingen als het gaat om het integreren van ICT in het onderwijs en de kennis die daarvoor nodig is. Specifieke handreikingen bieden de artikelen echter niet. Wel worden een aantal algemene richtlijnen genoemd. Zo zijn er volgens So en Kim (2009) samenvattend een aantal manieren om docenten in opleiding te helpen diepere verbanden te zien tussen vakinhoud, didactiek en technologie-kennis (TPACK). Tijdens de opleiding moeten zij de mogelijkheid hebben om een reeks geïntegreerde modules te ontwerpen, praktijkvoorbeelden voor te leggen aan experts voor formatieve feedback en moeten zij reflecteren op hun onderwijs- en leerervaringen met betrekking tot de integratie van ICT in het onderwijs en welke impact dit heeft op de leerlingen. Fishman en Davis (2006, in So & Kim, 2009) adviseren om binnen de opleiding een kennisbank van TPACK op te laten bouwen door de docenten in opleiding. Wanneer (aanstaande) docenten meer ervaring opdoen, kunnen zij continu de kennisbank uitbreiden om de verbinding tussen inhoud, didactiek en ICT te versterken.

Tot slot willen we hier het onderzoek van Niess (2008) noemen, waarin een pleidooi gehouden wordt voor een lerarenopleiding waarbij aandacht is voor het opleiden van docenten die op hun beurt leerlingen voorbereiden op de 21^e eeuw. Dat betekent dat zij aan de ene kant expertise moeten hebben op het gebied van vakdidactiek, de PCK van Shulman, wat niet “alleen maar” gaat over vakdidactiek, maar over ‘that special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the province of teachers, their own special form of professional understanding’ (Shulman, 1987, p.8). Van Driel (2008) legt dit verder uit door aan te geven dat het bij PCK gaat om het inzicht van docenten in de manieren waarop leerlingen vakinhoudelijke zaken begrijpen, en om kennis van doceeractiviteiten waarmee dit begrip bevorderd kan worden. Dit inzicht, gecombineerd met vakinhoudelijke kennis en de vaardigheid om deze kennis over te brengen moet volgens Niess gecombineerd worden met inzicht over mogelijkheden, strategieën en manieren van nadenken over het lesgeven in de 21^e eeuw. En daar volgt volgens Niess logischerwijs uit dat ICT daar een belangrijke rol in speelt. Maar Niess geeft ook aan dat dit voor de meeste lerarenopleidingen niet zo vanzelfsprekend is, omdat zij dit van oudsher niet meegenomen hebben in het opstellen van het curriculum. Dit kan opgelost worden door het curriculum van de lerarenopleidingen te herzien en daarbij aandacht te hebben voor:

1. De integratie van vakdidactiek met ICT, waarbij docenten in opleiding zo vroeg mogelijk in de opleiding praktische ervaring opdoen met het integreren van vakdidactiek en ICT. Dit kan worden vormgegeven door de docenten in opleiding zelf te laten werken in een omgeving die met technologie ondersteund wordt (elo, digitaal portfolio, etc.) en de docenten in opleiding in deze omgeving ook te laten samen werken, elkaar feedback te laten geven en informatie te laten delen. Op deze manier doen zij zelf ervaring op met het werken met ICT, maar krijgen ze ook inzicht in hoe anderen leren met behulp van ICT en kunnen zij dit (onder begeleiding) vertalen naar het leren van leerlingen met behulp van ICT.
2. Het plannen van een lessenserie met ICT, waarbij docenten in opleiding duidelijk moeten maken wat zij met een specifieke les willen bereiken, op welke manier, voor welke doelgroep en hoe zij daar ICT bij kunnen gebruiken. Daarbij is de redenering en het beargumenteren van de keuzes van groot belang, omdat je alleen dan kan aangeven waarom het een meerwaarde heeft om in die specifieke situatie te kiezen voor een bepaalde combinatie van inhoud, vakdidactiek en technologie.
3. Het ontwikkelen van leerstrategieën met ICT, waarbij docenten in opleiding nadenken over wat zij met hun leerlingen willen bereiken, wat de leerlingen moeten leren en op welke manier dat het beste bereikt kan worden. Docenten in opleiding zouden in onderling overleg moeten nagaan hoe je ervoor zorgt dat je een groep leerlingen (met vaak een grote diversiteit) effectief les kan geven

en op welke manier ICT daar een rol in kan spelen. Daarbij moeten de docenten in opleiding weten wat de meerwaarde of beperkingen zijn van verschillende soorten ICT en op basis daarvan beslissingen nemen wanneer je welke toepassing inzet.

4. Het meten van leerresultaten met ICT, waarbij docenten in opleiding moeten nagaan in hoeverre de leerlingen de doelen van de les (of lessenserie) bereikt hebben. Docenten in opleiding moeten inzicht krijgen in manieren om de resultaten van de leerlingen op een specifiek vakgebied te evalueren en of het gebruik van ICT er toe heeft geleid dat het leerproces goed (of beter) verlopen is. Daarnaast moeten de docenten in opleiding inzicht ontwikkelen over de mogelijkheden die ICT biedt om een rijke leeromgeving aan te bieden zodat dit kan leiden tot betere leerresultaten.
5. Het opdoen van ervaring met ICT in het onderwijs, waarbij docenten in opleiding zo vroeg mogelijk in de opleiding al ervaring op moeten doen met de integratie van ICT in het onderwijs en het verzorgen van lessen waar ICT in geïntegreerd is.

Samenvattend betekent dit dat docenten in opleiding kennis en vaardigheden moeten ontwikkelen op het gebied van ICT integratie en dat daarnaast ruimte moet zijn voor de ontwikkeling van hun denkbeelden over ICT in het onderwijs. Het curriculum zou zo vormgegeven moeten worden dat er aandacht is voor een overkoepelend begrip over wat het betekent om ICT te integreren in het onderwijs. Daarnaast moeten de docenten in opleiding kennis opdoen over leerstrategieën die nodig zijn om les te geven met ICT, over de manier waarop leerlingen kunnen leren met behulp van ICT en de docenten in opleiding moeten kennis hebben over de manier waarop het curriculum en de curriculummaterialen van een school zo aangepast kunnen worden zodat het mogelijk is om ICT te integreren in het onderwijs. Vaardigheden die docenten in opleiding daarbij moeten ontwikkelen zijn plannen, organiseren, kritisch nadenken en reflecteren over de mogelijkheden en de meerwaarde van ICT in een specifieke situatie (Niess, 2008).

Polly, Cliff, Shephard en Inan (2010) hebben een kwalitatieve analyse uitgevoerd naar de impact van ICT projecten in de lerarenopleiding in de Verenigde Staten. De zogenaamde PT3 projecten (Preparing Tomorrow's Teachers for Technology) waren speciaal bedoeld om ICT in de lerarenopleiding te integreren. Uit hun analyse komen drie strategieën naar voren die succesvol lijken en bijdragen aan de ontwikkeling van TPACK bij lerarenopleiders en (aanstaande) docenten: 1. *mentoring* van lerarenopleiders die ICT in hun onderwijs op de lerarenomgeving willen integreren door experts; 2. *integratie in de klas*: koppel docenten in opleiding en praktiserende docenten die ICT gebruiken en geef beiden ondersteuning; en 3. Ontwerpen van ICT-rijk curriculummateriaal in teams van lerarenopleiders en praktiserende docenten of in teams van praktiserende docenten en docenten-in-opleiding.

6.4.2 Voorbeelden van TPACK ontwikkeling in nascholing

Ook in nascholingstrajecten kan TPACK een rol spelen bij de integratie van ICT in het basis- en voortgezet onderwijs. De aandachtspunten zullen vergelijkbaar zijn als die bij het ontwikkelen van TPACK in de lerarenopleiding, met daarbij in gedachte dat een nascholingstraject veel korter is dan een gehele lerarenopleiding. Toch bieden de onderwerpen die Niess (2008) noemt voor het inrichten van het curriculum ook goede aanknopingspunten voor het nadenken over nascholing voor docenten. Integratie van vakdidactiek met ICT, het plannen van een lessenserie, het ontwikkelen van leerstrategieën, het meten van leerresultaten en het opdoen van praktische ervaring met ICT in het onderwijs zijn daarbij vanzelfsprekende onderdelen. Het verschil met de lerarenopleiding is dat we bij nascholingstrajecten te maken hebben met professionals, met docenten met ervaring op het gebied van vakinhoud en vakdidactiek.

Een interessant voorbeeld van een nascholingstraject met professionals is beschreven door Hofer en Swan (2006). In het hoofdstuk rondom de kenmerken van TPACK voor vakken in het basis- en

voortgezet onderwijs werd het project rondom de inzet van digitale video in groep 8 al beschreven. Aan dit project deden een docent maatschappijleer en een taaldocent mee. Voor deze docenten was digitale video nieuw, maar beide docenten waren zeer ervaren op het gebied van vakinhoud, didactiek en technologie. Deze ervarenheid leek een goed uitgangspunt voor het project, maar de kennis van de docenten op de overlappende gebieden van TPACK bleek toch lastig te zijn. Hoewel het onderzoek van Hofer en Swan eigenlijk bedoeld was om leerlingen beter te laten leren door ze digitale videoproducties te laten maken over specifieke onderwerpen, bleek tijdens het onderzoek dat er gelijktijdig aan de TPACK ontwikkeling van de docenten werd gewerkt. Dit was een complex proces waarbij de docenten hun zone van naaste ontwikkeling moesten uitbreiden. Hofer en Swan concluderen uit hun onderzoek onder andere dat het noodzakelijk is dat je van tevoren vaststelt welke TPACK docenten hebben, zodat je daarop voort kunt bouwen. Daarnaast is het van groot belang om aan te sluiten bij de dagelijkse praktijk van de docenten, zodat ze in hun eigen comfortzone kunnen werken en die uit kunnen breiden.

Het onderzoek van Doering, Veletsianos, Scharber en Miller (2009) (zie ook hoofdstuk 4) beschrijft een manier om het TPACK-model te gebruiken om met docenten een online leeromgeving te ontwikkelen en op die manier ook te werken aan docentprofessionalisering. De manier waarop dit uitgevoerd is sluit aan bij de aanbevelingen van Hofer en Swan. Het traject begon met een meting bij de docenten waarin zij zelf hun TPACK konden inschatten. Alhoewel de inhoud van het nascholingstraject niet helemaal beschreven is in het artikel, valt uit de resultaten af te leiden dat de nascholing in ging op alle drie de kennisdomeinen van TPACK. Door te werken in een online leeromgeving en na te denken over de mogelijkheden daarvan in de eigen praktijk was met name de kennis over technologie gegroeid. De nascholing zorgde er ook voor dat de docenten kritisch nadachten over de eigen manier van lesgeven. Interessant is dat in dit onderzoek niet alleen de ICT-vaardigheden van de docenten verbeterd werden, maar dat er ook een effect werd gemeten op het gebied van inhoud: de docenten gaven aan dat doordat zij deze nascholing volgden over het gebruik van specifieke ICT toepassingen voor aardrijkskunde, zij ook meer inhoudelijke kennis hadden opgedaan rondom aardrijkskunde. Het grote voordeel van dit nascholingstraject dat gebaseerd was op het TPACK-model was volgens de docenten dat zij a) de domeinen van TPACK zeer goed herkenden uit hun eigen praktijk en b) zich meer vertrouwd voelden op alle gebieden van TPACK en dat zij zich daardoor minder afhankelijk voelden van collega's die wellicht meer ICT-vaardig zijn.

Uit de studie van Doering, Veletsianos, Scharber en Miller (2009) bleek wel dat de docenten ook ondersteuning nodig hebben op het moment dat zij weer aan het werk zijn in de klas. Dit zou kunnen door de nascholing te laten volgen door een online ondersteuning op het moment dat docenten dat nodig hebben, bijvoorbeeld in een elektronische leeromgeving of via een website. Ook deze ondersteuning zou alle facetten van TPACK in zich moeten hebben, zodat de resultaten uit de nascholing doorgezet kunnen worden in de praktijk. In dit kader geven Bull, Park, Searson, Thompson, Mishra, Koehler & Knezek (2007) aan dat professionals met vakdidactische ervaring wellicht effectief ondersteund kunnen worden door professionals op het gebied van technologie. Deze ondersteuning zou dan wel weer in de vorm van samenwerking georganiseerd moeten worden, zodat het onderwijs zo goed mogelijk gebruik kan maken van de meerwaarde van de technologie.

6.4.3 Kennis, vaardigheden... en attitude?

De voorbeelden van TPACK ontwikkeling in de lerarenopleiding en nascholingstrajecten gaan voornamelijk over het ontwikkelen van kennis en vaardigheden. Impliciet zit daar ook een ontwikkeling in attitude in en lijkt het erop dat de onderzoeken die gepresenteerd worden er vanuit gaan dat de attitude van een (aanstaande) docent positief mee verandert met de verbetering in kennis en vaardigheden. Toch is de verandering in attitude ten aanzien van het gebruik van ICT in het onderwijs een onderwerp dat niet veronachtzaamd moet worden. De attitude ten aanzien van ICT is bepalend voor wat een docent wel of niet doet met ICT in het onderwijs (zie bijv. Christensen & Knezek, 2008).

Eén van de weinige artikelen in onze database die specifiek ingaat op attitude van docenten-in-opleiding is die van Lundeberg, Bergland, Klyckek en Hoffman (2003). In het onderzoek dat zij beschrijven gaat het om het veranderen van de attitude en het zelfvertrouwen van een aantal docenten in opleiding van de lerarenopleiding voor voortgezet onderwijs op het gebied van biologie. Dit wordt vormgegeven door de docenten in opleiding te laten samenwerken met een hoogleraar biologie, een biologiedocent van het voortgezet onderwijs en een docent van de lerarenopleiding. Tijdens het onderzoek wordt rekening gehouden met een aantal misconcepties die docenten in opleiding vaak hebben voordat zij met ICT gaan werken. Deze misconcepties van docenten in opleiding zijn: alle leerlingen moeten zelf achter een computer kunnen zitten, leerlingen moeten op een rustige plek kunnen zitten om de computer effectief te kunnen gebruiken, het belangrijkste doel van internet is onderzoek doen en de grootste kosten van computergebruik zitten in de kosten van de hardware. Daarnaast verwijzen Lundeberg et al. naar onderzoek dat aantoont dat traditionele didactiek weinig invloed heeft op het veranderen van de houding ten aanzien van ICT in het onderwijs en ten aanzien van de misconcepties. Ook laat het onderzoek waar Lundeberg et al. naar verwijzen zien dat docenten in opleiding hun attitude ten aanzien van ICT niet vanuit zichzelf zullen veranderen als hen goede voorbeelden worden geboden, maar dat persoonlijke en praktische ervaringen op het gebied van vakdidactiek en ICT dit wel teweeg kan brengen.

Om de aanstaande docenten actief te betrekken bij het gebruik van ICT in het onderwijs lieten Lundeberg et al. de docenten in opleiding onderzoek doen naar de effecten van het gebruik van *multimedia cases*. De docenten in opleiding kwamen wekelijks bij elkaar, lazen samen literatuur over het gebruik van multimedia in biologieonderwijs, deden ervaring op met specifieke software, hielden interviews met leerlingen en docenten en deden observaties in klassen met leerlingen om te zien hoe leerlingen leerden met case-based multimedia learning. Uiteindelijk moesten de docenten in opleiding beschrijven wat de leerlingen wel en niet hadden geleerd, welke problemen leerlingen en docenten tegenkwamen en of multimedia effectief gebruikt kunnen worden door leerlingen om kennis op te doen.

Naast vragenlijsten die de docenten in opleiding voor en na het traject in moesten vullen over hun zelfvertrouwen, moesten zij ook voor en na het traject een essay schrijven, waarin zij een docent advies moesten geven over het gebruik van ICT in het onderwijs. Uit de resultaten van het onderzoek van Lundeberg et al. blijkt dat door de manier van werken de docenten in opleiding de misconcepties die zij van tevoren hadden veranderd zijn. De docenten in opleiding zagen in de praktijk dat leerlingen samen kunnen werken achter een computer, dat dat ook in een rumoerige ruimte kan en dat het Internet niet alleen voor onderzoek, maar juist ook voor communicatie gebruikt kan worden. Daarnaast leerden de docenten in opleiding dat het belangrijk is om na te denken over de didactiek bij het gebruik van multimedia cases: dat het goed is om samen met de leerlingen bezig te zijn, dat leerlingen meer hebben aan reflectieve vragen dan aan antwoorden, dat de inhoud van het vak gerelateerd moet zijn aan de echte wereld en dat deze bevindingen consequenties hebben voor de taak/rol die een docent heeft.

Bij het vergelijken van de essays van de docenten in opleiding werd gezien dat de essays na het traject uitgebreider, concreter en specifiekere waren ten aanzien van het advies aan docenten op het gebied van ICT integratie. Ook lieten de docenten in opleiding een beter begrip van ICT en de mogelijkheden daarvan zien en waren ze beter in staat om kritisch na te denken over (on)mogelijkheden van ICT in een specifieke situatie. De essays lieten zien dat de docenten in opleiding zich ook meer vertrouwd voelen om advies te geven aan docenten. Na het vergelijken van de uitkomsten op de vragenlijsten die de docenten in opleiding voor en na het traject invulden blijkt dat de docenten in opleiding na het traject meer zelfvertrouwen hebben op zowel inhoudelijk gebied als in hun vaardigheden op het gebied van ICT gebruik in het onderwijs. Alhoewel dit onderzoek (net als de meeste andere onderzoeken op het gebied van TPACK) contextgebonden is lijkt het er op dat docenten in opleiding die intensief betrokken zijn bij een project en daar op verschillende manieren (bijeenkomsten, literatuur, interviews, observaties) mee bezig zijn beter een positie in kunnen nemen

ten aanzien van ICT in het onderwijs en in de meeste gevallen ook een positievere houding ontwikkelen, waardoor hun zelfvertrouwen wordt vergroot.

6.4.4 *Learning technology by design*

Uit de onderzoeken die betrekking hebben op zowel ICT integratie in de lerarenopleiding als in nascholingstrajecten blijkt het actief samenwerken tussen (aanstaande) docenten van groot belang. In dit kader beschrijven Koehler en Mishra (2005) het werken in ontwerpteams en noemen dit "learning technology by design". Learning technology by design is een constructivistische aanpak binnen de onderwijscontext die uitgaat van leren door te doen (Brown, Collins & Duguid, 1989; Gibson, 1986; Roschelle & Clancey, 1992; Young, 1993, in Koehler & Mishra, 2005). Dit komt overeen met de visie dat leren het best ondersteund wordt wanneer de inhoud onderdeel is van de context die lerenden ervaren als betekenisvol, waardevol en gericht is op de eigen praktijk (Lave, 1997, in Mishra & Koehler, 2006). Het TPACK model leent zich volgens Mishra en Koehler (2006) uitstekend voor het geven van sturing aan het ontwerpproces en kan bijdragen aan het creëren van een samenhangende leeromgeving, waarbij het TPACK model gezien kan worden als een samenhangend model waarbij de verschillende kennisdomeinen die essentieel zijn voor integratie van ICT aan bod komen. Mishra en Koehler (2006) zijn van mening dat het essentieel is de drie kennisdomeinen (TK, PK & CK) te zien als afhankelijke onderdelen van de hogere kennisstructuur TPACK.

Koehler en Mishra (2005) beschrijven in deze context een case study, waarin 4 docenten en 13 docenten in opleiding van een lerarenopleiding een online cursus moesten ontwerpen. Voorafgaand aan deelname aan dit traject hadden de deelnemers relatief eenvoudige overtuigingen over de rol van technologie in het onderwijs: technologie is alleen maar een nieuw te leren medium, ontwerpen met technologie is het vertalen van de eerdere inhoud en didactiek in het nieuwe medium. Na een aantal weken samen te hebben gewerkt aan het ontwerp van de online cursus kwamen de deelnemers tot de conclusie dat het gebruik van technologie een verandering van de inhoud en de didactiek teweegbrengt en dat het ontwerpen van een online cursus wezenlijk anders is dan het ontwerpen van een face-to-face cursus. Opvallend is dat de deelnemers aan de ontwerpteams geen specifieke informatie over TPACK hadden ontvangen door middel van een les of workshop. Wel was bekend waar de online cursussen over moesten gaan en dat de cursussen in een echte situatie gebruikt moesten gaan worden. Daarnaast maakten de ontwerpteams kennis met verschillende soorten ICT toepassingen en hadden zij in de ontwerpteams discussies over de manier waarop de online cursussen uiteindelijk aangeboden moesten worden. Maar door het werken in de ontwerpteams legden zij uiteindelijk zelfstandig de verbanden binnen het TPACK model. Koehler en Mishra (2005) concluderen op basis van de resultaten van de case study dat de deelnemers uit de ontwerpteams zich in eerste instantie ontwikkelden op het gebied van technologie, didactiek en vakinhoud en deze zagen als onafhankelijke constructen, maar dat de teams uiteindelijk de complexe relaties tussen technologie, didactiek en vakinhoud eigen gemaakt hadden. Op basis van de case study zetten Koehler en Mishra (2005) uiteen dat TPACK zich ontwikkelt door bezig te zijn met authentieke vraagstukken over technologie, didactiek en vakinhoud en door de interactieve samenwerking tussen de deelnemers in de ontwerpteams.

7. HET METEN VAN TPACK

7.1 Inleiding

TPACK ontwikkelen betekent het ontwikkelen van kennis, vaardigheden en attitudes op het gebied van ICT-integratie. Deze ontwikkeling kan op verschillende manieren gebeuren. Maar hoe weten we nu of iemand TPACK heeft of TPACK-vaardig is? In de gevonden literatuur worden een aantal manieren besproken om TPACK te meten. Daarnaast zijn er instrumenten die in veel onderzoeken gebruikt zijn. In dit hoofdstuk bespreken we eerst wat er gemeten wordt in de verschillende artikelen die over TPACK gaan. Daarna geven we een beschrijving van de meest gebruikte instrumenten, inclusief de opmerkingen die daarover gemaakt worden in de literatuur.

7.2 Voorbeelden van meten en beoordelen

Als het gaat om complexe kennis en vaardigheden hebben traditionele methoden van meten en beoordelen met als uitgangspunt om cijfers te geven weinig meerwaarde. Daarom zou het meten en beoordelen van TPACK volgens Angeli en Valanides (2009) veel meer gericht moeten zijn op de resultaten die behaald worden met het oplossen van een authentiek probleem. Deze resultaten zouden over een langere periode bijgehouden moeten worden, zodat niet alleen het eindresultaat, maar ook de vooruitgang inzichtelijk wordt gemaakt. Angeli en Valanides stellen voor om dit via peer assessment, expert assessment en self-assessment te doen. Peer assessment stelt (aanstaande) docenten in staat om in een professionele community met elkaar te overleggen en feedback te geven, waardoor de beoordelaar en degene die beoordeeld wordt beiden leren. Na de peer assessment is het de bedoeling dat de docent zichzelf beoordeelt (self-assessment), waarbij de focus ligt op het verwerken van de feedback van een collega of mede-student. Op basis van peer- en self-assessment vindt dan de expert assessment plaats, waarbij de expert de peer- en self-assessment meeneemt in het oordeel over het uiteindelijke resultaat. Alle drie de vormen van beoordeling moeten plaatsvinden volgens afgebakende kaders, zodat men van elkaar weet waarop beoordeeld gaat worden. Angeli en Valanides hebben daarvoor vijf indicatoren opgesteld: a) zijn er onderwerpen uitgekozen waarbij het duidelijk was dat technologie een meerwaarde kan hebben?, b) is de inhoud zo aangepast met technologie dat het op die manier beter te begrijpen is door de lerende?, c) zijn er leerstrategieën gebruikt die zonder technologie niet of moeilijk te realiseren waren?, d) zijn de juiste ICT-toepassingen gebruikt? en e) zijn de juiste strategieën om de technologie in de klas te gebruiken toegepast? Deze indicatoren zijn niet een 1 op 1 vertaling van het TPACK-model, omdat Angeli en Valanides ervoor gekozen hebben om te focussen op wat zij ICT-TPCK noemen: TPACK puur gericht op ICT en niet op het bredere “technologie”, maar wel met de toevoeging van “kennis over de lerende” en “kennis over de context waarin het leren plaatsvindt”. De indicatoren zijn te scoren op een schaal van 1 tot 5, waarbij 1 betekent dat het criterium niet behaald is en 5 betekent dat het criterium helemaal behaald is. De totaalscore voor ICT-TPCK kan daardoor tussen de 5 en 25 liggen. Door twee ontwerp opdrachten aan de docenten in opleiding te geven en beide keren op dezelfde manier te meten konden de onderzoekers de vooruitgang van de docenten in opleiding zien en bleek dat docenten in opleiding significant hoger scoorden op de tweede ontwerp opdracht.

In het onderzoek van Koehler en Mishra (2005) naar de ontwikkeling van een online cursus via samenwerking tussen docenten en docenten in opleiding werd een vragenlijst ontwikkeld. Deze vragenlijst meet de ontwikkeling van de docenten en docenten in opleiding tijdens het ontwerp proces met aandacht voor theoretische en praktische kennis over ICT, het leren ontwerpen van online cursussen en de groei in TPACK. De vragenlijst werd vier keer afgenomen bij de docenten en docenten in opleiding. Van de 35 vragen zijn 33 vragen (stellingen) gebaseerd op een 7-punts Likert schaal en onderverdeeld in stellingen over a) tijdsinvestering, b) leren en tevredenheid, c) groepsfunctioneren, d) e-learning, e) TPACK individueel en f) TPACK in de groep. Daarnaast zijn er 2

open vragen die ingaan op de rol in het ontwerpteam en het functioneren van het team. In hun conclusie geven Koehler en Mishra aan dat ze door de resultaten op de vragenlijst inzicht hebben gekregen in zowel het proces als het product van “Learning Technology by Design”, oftewel het werken in ontwerpteams aan een authentiek probleem. De vragen/stellingen in de vragenlijst zijn echter stellingen waarbij de respondent zelf moet inschatten hoe hij of zij scoort op de verschillende categorieën. Of dit een compleet beeld geeft van zowel proces als product is niet helemaal in te schatten.

In het onderzoek van Koehler, Mishra en Yahya (2007) werden meerdere instrumenten gebruikt om hetzelfde te meten als wat Koehler en Mishra deden. In dit onderzoek werd andere data verzameld: aantekeningen van groepsdiscussies, e-mailverkeer tussen de leden van de ontwerpteams, (tussen)producten van de ontwerpteams en voortgangsrapportages van de teams. De data werd gecodeerd op basis van de 7 elementen van TPACK (T, P, C, TP, TC, TPC en TPACK) en daarna geanalyseerd. Op basis van de analyse kan onder andere gezien worden dat de discussies tijdens het verloop van het ontwerp langer worden en meer inhoudelijk en er konden verschillen gemeten worden in TPACK ontwikkeling tussen de groepen tijdens het ontwerpproces. De analyses die hiervoor uitgevoerd zijn richten zich dan ook op zowel het proces dat leidt tot TPACK ontwikkeling als de TPACK ontwikkeling zelf.

In het onderzoek van Doering, Veletsianos, Scharber en Miller (2009) is gebruik gemaakt van een vragenlijst, een interview en een “TPACK diagram positioning” instrument. De vragenlijst omvat 3 gesloten vragen waarbij docenten aan moeten geven of zij zichzelf op een schaal van 1 tot 5 een beginner of een expert vinden op het gebied van technologie, inhoud en didactiek. Het interview (9 vragen) gaat in op vragen over lessen die docenten gegeven hebben en in hoeverre ze daar zelf tevreden over waren. Het “TPACK diagram positioning” instrument laat in een figuur het TPACK-model zien waarbij docenten moeten aangeven waar zij zichzelf zouden plaatsen in het model. Door deze combinatie van instrumenten kan worden nagegaan hoe docenten zelf hun TPACK en hun verandering in TPACK inschatten en kan met name door het interview worden ingegaan op hoe TPACK beïnvloed wordt door het werken in een elektronische leeromgeving en door een professionaliseringstraject dat expliciet vormgegeven is op basis van het TPACK-model. Doering et al. geven aan dat het zelf laten inschatten van TPACK door docenten een meerwaarde heeft, omdat het iets zegt over het zelfvertrouwen van docenten en daardoor wellicht ook iets over het wel of niet gebruiken van ICT in het onderwijs. Aan de andere kant geven de auteurs aan dat het ook belangrijk is om te meten hoe TPACK tot uiting komt in de praktijk.

Het onderzoek van Kramarski en Michalsky (2009) beschrijft vier soorten meetinstrumenten die zowel voor als na het gebruik van een interactieve multimediaomgeving ingezet werden bij docenten in opleiding van een lerarenopleiding. Het gaat daarbij om het meten van het begrijpen van het idee achter TPACK, ontwerpvaardigheden op basis van TPACK, en twee categorieën die te maken hebben met zelfstandig/zelfsturend lerend (de additionele focus van het artikel). TPACK begrijpen wordt gemeten door een vragenlijst met vijf subschalen en twee open vragen, toegespitst op het werken met de interactieve multimediaomgeving. De ontwerpvaardigheden worden gemeten door de docenten in opleiding de opdracht te geven om een traditionele les te herontwerpen naar een les waarin ICT geïntegreerd is. Dit ontwerp wordt beoordeeld door gebruik te maken van een rubric waarin gescoord kan worden of de docenten in opleiding bij het ontwerp rekening hadden gehouden met de leerdoelen, de juiste inhoud hadden geselecteerd, hoe het didactisch materiaal eruit zag en hoe de (ICT-gebaseerde) leeromgeving was ontworpen. Elk van deze categorieën kon gescoord worden op een schaal van 0 (niet) en 1 (laag) tot 4 (hoog). Hierdoor kon de totale score op het gebied van ontwerpen volgens TPACK lopen van 1 tot 16. Ook bij dit onderzoek wordt aangegeven dat de resultaten met name ingaan op de inschatten van de (aanstaande) docenten en het beoordelen van een opdracht. Op basis van de resultaten kan nog niets gezegd worden over het in praktijk brengen van TPACK.

Dit geldt ook voor het onderzoek van So en Kim (2009). Zij gebruikten (tussen)producten van docenten in opleiding en een vragenlijst om te meten of docenten in opleiding kennis en vaardigheden hebben ontwikkeld op het gebied van TPACK en probleemgestuurd leren. De producten van de docenten in opleiding werden beoordeeld door middel van een rubric waarin zowel didactisch ontwerp als technologisch ontwerp werden beoordeeld. De vragenlijst bevat demografische items (geslacht, leeftijd, onderwijservaring, inhoudsgebied waarin lesgegeven wordt, school en mate van probleemgestuurd leren) en vijf open vragen over de houding ten aanzien van probleemgestuurd leren en de houding ten aanzien van ICT.

Özgün-Koca (2009) beschrijft onderzoek naar het gebruik van grafische rekenmachines in wiskundeonderwijs en de vaardigheden en houding van docenten daarbij. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een vragenlijst, groepsinterviews en een tekst die docenten in opleiding schreven over hun attitude ten aanzien van het gebruik van de rekenmachine. De vragenlijst en interview gingen met name in op het gebruik van de rekenmachine. De tekst van de docenten in opleiding werd gecodeerd op basis van het TPACK-model, waarbij met name aandacht was voor kennis over (de mogelijkheden van) ICT, instructiestrategieën die mogelijk werden door het gebruik van de rekenmachine, de manier waarop leerlingen leren door middel van een grafische rekenmachine en kennis van het curriculum (geoperationaliseerd door TK en PK). Dit onderzoek is nog een voorbeeld van het coderen op basis van TPACK van teksten die door (aanstaande) docenten geschreven zijn. En hoewel de docenten in opleiding ervaring opgedaan hebben met het gebruik van grafische rekenmachines moet ook hier weer opgemerkt worden dat de resultaten van de metingen nog niet veel zeggen over het in praktijk brengen van TPACK.

Het onderzoek van Lee en Tsai (2010) beschrijft de ontwikkeling van de vragenlijst TPCK-W. Op basis van deze vragenlijst kan onderzocht worden wat de TPACK van (aanstaande) docenten is ten aanzien van webgebaseerde technologie voor onderwijs en de daarmee gerelateerde self-efficacy (gevoel van bekwaamheid) van deze docenten. Het instrument bestaat uit 30 vragen, onderverdeeld in vijf schalen: a) self-efficacy ten aanzien van het gebruik van "het web" in het algemeen, b) self-efficacy ten aanzien van "het web" voor communicatie, c) Web-Content Knowledge, d) Web-Pedagogical-Content Knowledge en e) de houding van docenten ten aanzien van webgebaseerd onderwijs. De resultaten van de vragenlijst geven inzicht in de huidige stand van zaken rondom de kennis en houding van docenten in relatie tot webgebaseerd onderwijs. Op basis hiervan kun je volgens Lee en Tsai verdere (na)scholingstrajecten vormgeven met het idee om de kennis van webgebaseerd onderwijs te verhogen en daarmee ook het gevoel van bekwaamheid van de docenten.

De diverse onderzoeken zijn over het algemeen kleinschalig en gericht op een specifieke didactische aanpak of specifieke ICT-toepassing. In deze onderzoeken zijn we de volgende instrumenten tegengekomen om TPACK te meten:

- Vragenlijsten met stellingen en open vragen over de ontwikkeling van TPACK, de specifieke didactische aanpak of de specifieke ICT-toepassing en de self-efficacy van docenten;
- Het TPACK-coderen van essays, (ontwerp)opdrachten, aantekeningen van groepsdiscussies, e-mailverkeer en interviews;
- TPACK diagram positioning;
- Expert assessment, peer assessment, self-assessment;

In de volgende paragrafen worden instrumenten beschreven die minder gericht zijn op een specifieke didactische aanpak of specifieke ICT-toepassing en daardoor breder gebruikt kunnen worden in onderzoek. De TPACK Survey van Schmidt, Baran, Thompson, Koehler, Shin en Mishra (2009) wordt al in verschillende onderzoeken gebruikt. De online TPACK Survey van Archambault en Crippen (2009) krijgt ook steeds meer aandacht in onderzoek. De TPACK Rubric (Harris & Hofer, 2010) is recent opgeleverd en nog niet in veel onderzoeksbeschrijvingen te vinden, maar het lijkt er op dat er wel veel interesse voor is.

7.3 TPACK Survey

De vragenlijst die op dit moment vaak gebruikt wordt in diverse onderzoeken rondom TPACK is de "Survey of Preservice Teachers' Knowledge of Teaching and Technology". Deze vragenlijst is ontwikkeld voor docenten in opleiding van de lerarenopleiding (po en onderbouw vo). De vragenlijst bestaat uit 47 "self-report" items op een 5-punts Likert schaal, waarbij de docenten in opleiding zelf inschatten hoe hun kennis en vaardigheden zijn op het gebied van ICT-integratie in het onderwijs.

De vragen zijn ingedeeld in de zeven subschalen, van TPACK, namelijk TK, PK, CK, PCK, TCK, TPK en TPACK. De vragen over inhoudsdomeinen zijn op dit moment gericht op Math (rekenen/wiskunde), Social Studies (waaronder vakken als geschiedenis, aardrijkskunde, maatschappijleer, godsdienst), Science (natuur en techniek) en Literacy (taal). De vragenlijst is meerdere keren getest op validiteit en betrouwbaarheid. De laatste versie van de vragenlijst (2009) heeft op de verschillende subschalen een Cronbach's Alpha van .78 tot .93, wat aangeeft dat de vragen in de vragenlijst meten wat beoogd is.

In Tabel 4 en 5 worden twee voorbeelden gegeven van het soort vragen dat gesteld wordt in de vragenlijst.

Tabel 4: *TPACK Survey, voorbeeldvragen TPACK*

TPACK (Technology Pedagogy and Content Knowledge)					
40. I can teach lessons that appropriately combine mathematics, technologies and teaching approaches.					
41. I can teach lessons that appropriately combine literacy, technologies and teaching approaches.					
42. I can teach lessons that appropriately combine science, technologies and teaching approaches.					
43. I can teach lessons that appropriately combine social studies, technologies and teaching approaches.					
44. I can select technologies to use in my classroom that enhance what I teach, how I teach and what students learn.					

Naast de vragen in de zeven subschalen zijn er een aantal vragen aan de vragenlijst toegevoegd waarin gevraagd wordt naar de manier waarop het onderwijs tijdens de lerarenopleiding zelf een goed voorbeeld is geweest van het gebruik van ict in het onderwijs en de integratie daarvan met didactiek en inhoud.

Tabel 5: *TPACK Survey, voorbeeldvragen rolmodel TPACK*

Models of TPACK (Faculty, PreK-6 teachers)					
48. My mathematics education professors appropriately model combining content, Technologies and teaching approaches in their teaching.					
49. My literacy education professors appropriately model combining content, Technologies and teaching approaches in their teaching. .					
50. My science education professors appropriately model combining content, Technologies and teaching approaches in their teaching.					
51. My social studies education professors appropriately model combining content, Technologies and teaching approaches in their teaching.					

Tot slot worden er in de vragenlijst drie open vragen gesteld, waarin de student gevraagd wordt om een voorbeeld te geven van a) een docent van de lerarenopleiding die op een goede manier liet zien hoe inhoud, didactiek en ICT gecombineerd werden en op welke manier, b) een docent van een school die op een goede manier liet zien hoe inhoud, didactiek en ICT gecombineerd werden en op welke manier en c) de student zelf waarbij duidelijk blijkt dat inhoud, didactiek en ICT effectief gecombineerd werden en op welke manier.

De uitkomsten van de vragenlijst geven dus een inschatting van de respondent zelf, in dit geval de student van de lerarenopleiding. Deze inschatting zegt iets over het vertrouwen dat de student heeft over zijn of haar eigen kennen en kunnen met betrekking tot zowel de afzonderlijke delen als het geheel aan TPACK. Dit soort resultaten kunnen gebruikt worden om voor een traject (module, les, lessenserie, project, etc.) in te schatten waar docenten in opleiding op dit moment staan in hun ontwikkeling en waar nog aan gewerkt moet worden. De resultaten kunnen ook gebruikt worden om het verschil in ingeschatte kennis en vaardigheden voor en na een traject te meten en op basis daarvan iets te zeggen over zowel het effect van het doorlopen traject als over de kennis en vaardigheden van de docenten in opleiding.

Omdat de vragenlijst gebaseerd is op het onderwijssysteem van de Verenigde Staten is de vragenlijst niet één op één te vertalen naar de Nederlandse situatie. Culturele verschillen in taalgebruik en doelgroep en het letterlijk vertalen van vragen waardoor de vraag te onnatuurlijk overkomt zijn belangrijke aspecten om rekening mee te houden en die invloed kunnen hebben op de validiteit en de betrouwbaarheid van de vragenlijst (Behling & Law, 2000). Deze problemen bij het vertalen van vragenlijsten betekenen dan ook dat de vragenlijst na vertaling opnieuw getest worden, omdat niet uitgegaan mag worden van de originele betrouwbaarheidsgegevens. Op dit moment wordt het proces van vertalen en testen doorlopen door de auteurs van dit artikel, met toestemming van de oorspronkelijke auteurs van de TPACK Survey.

7.4 TPACK Websurvey

Archambault en Crippen (2009) geven in hun onderzoek aan dat het interessant zou zijn om een verdiepende case study te doen naar de implementatie van TPACK in de praktijk, maar ook zij hebben een vragenlijst ontwikkeld als startpunt voor onderzoek naar de mate van TPACK onder docenten. In dit geval ging het om een specifieke groep docenten, namelijk die docenten die ervaring hebben met

het verzorgen van afstandsonderwijs met behulp van ICT. Om veel respondenten te bereiken met de vragenlijst werd besloten om de vragenlijst online aan te bieden.

De webgebaseerde vragenlijst bestaat uit 24 items die verdeeld zijn over de zeven verschillende TPACK domeinen (TK, PK, CK, PCK, TCK, TPK en TPACK) en te scoren zijn op een 5-punts Likert schaal. De respondenten wordt gevraagd om hun eigen kennis en vaardigheden in te schatten in de context van hun ervaring met leren en onderwijzen op afstand.

In tabel 6 is te zien dat niet alleen het totaal aantal vragen minder is dan het aantal vragen in de TPACK Survey van Schmidt, Baran, Thompson, Koehler, Shin en Mishra (2009), maar dat de formulering van de items op de vragenlijst ook afwijkt. De vragenlijst van Archambault en Crippen vraagt veel specifiek naar vaardigheden. De inhoud van de vragen is overigens wel vergelijkbaar, het gaat om een inschatting van de docent over zijn of haar kennis en vaardigheden.

De auteurs van de websurvey geven aan dat het verzamelen van data via een online vragenlijst het voordeel heeft dat je op hetzelfde moment een grotere groep respondenten kan bereiken dan wanneer je dat via een papieren versie van de vragenlijst zou moeten doen en dat het verwerken van de digitale data direct kan beginnen. Een websurvey heeft echter ook nadelen. Archambault en Crippen geven aan dat het grootste nadeel is dat je geen persoonlijk contact hebt met de respondent, waardoor het aantal respondenten dat de vragenlijst ook daadwerkelijk invult vaak lager is dan bij een papieren versie. Een lager aantal respondenten kan betekenen dat je de resultaten niet kunt generaliseren en alleen iets kan zeggen over de beperkte groep respondenten.

Een ander nadeel aan deze websurvey is volgens Archambault en Crippen dat het gaat om een zelfinschatting van de docenten, niet om een geobserveerde meting in de praktijk. Zelfinschatting brengt altijd een bepaalde mate van vertekening van de resultaten met zich mee, aangezien de respondenten zichzelf kunnen over- of onderschatten.

Tabel 6: *TPACK Websurvey, voorbeeldvragen PK, TK, CK, TPK en TPACK*

<p>Pedagogical Knowledge</p> <p>(j) My ability to determine a particular strategy best suited to teach a specific concept.</p> <p>(c) My ability to use a variety of teaching strategies to relate various concepts to students.</p> <p>(r) My ability to adjust teaching methodology based on students performance/feedback.</p> <p>Technological Knowledge</p> <p>(a) My ability to troubleshoot technical problems associated with hardware (e.g., network connections).</p> <p>(g) My ability to address various computer issues related to software (e.g., downloading appropriate plug-ins, installing programs).</p> <p>(q) My ability to assist students with troubleshooting technical problems with their personal computers.</p> <p>(b) My ability to create materials that map to specific district/state standards.</p>
--

Tabel 6: *TPACK Websurvey, voorbeeldvragen PK, TK, CK, TPK en TPACK (vervolg)*

<p>Technological Pedagogical Knowledge</p> <p>(h) My ability to create an online environment which allows students to build new knowledge and skills.</p> <p>(l) My ability to implement different methods of teaching online.</p> <p>(n) My ability to moderate online interactivity among students.</p> <p>(p) My ability to encourage online interactivity among students.</p> <p>Technological Pedagogical Content Knowledge</p> <p>(e) My ability to use online student assessment to modify instruction.</p> <p>(k) My ability to use technology to predict students' skills/understanding of a particular topic.</p> <p>(w) My ability to use technology to create effective representations of content that depart from textbook knowledge.</p> <p>(x) My ability to meet the overall demands of online teaching.</p>

7.5 TPACK Rubric

Het probleem rondom het zelf inschatten van kennis en vaardigheden en het interpreteren van de resultaten daarvan is in voorgaande paragrafen al eerder signaleerd. Een andere manier om TPACK te meten is het gebruiken van de TPACK Rubric (Harris, Grandgenett & Hofer, 2010) om lesvoorbereidingsformulieren te evalueren. Want, zoals Harris, Grandgenett en Hofer zelf aangeven, de twee surveys die hierboven beschreven zijn, zijn robuust en betrouwbaar gebleken, maar het meten van zelfinschattingen blijft lastig, zeker bij docenten in opleiding en beginnende docenten. Ook blijkt dat de toename in zelfingeschatte kennis in verloop van tijd eigenlijk meer een toename is in vertrouwen in de kennis en vaardigheden dan in de kennis en vaardigheden zelf (Lawless & Pellegrino, 2007; Schrader & Lawless, 2004, in Harris, Grandgenett & Hofer, 2010). Het zou daarom goed zijn om bij het meten van TPACK niet alleen uit te gaan van de data van de vragenlijst(en), maar ook van additionele metingen. Daarbij denken Harris, Grandgenett en Hofer aan een combinatie van zelfrapportages (vragenlijsten, interviews of reflecties), geobserveerd gedrag in de onderwijspraktijk en het onderzoeken van *teaching artifacts*, de producten die docenten ontwikkelen om lessen voor te bereiden en te verzorgen. Omdat een instrument voor deze laatste manier van meten nog niet ontwikkeld is voor TPACK hebben Harris, Grandgenett en Hofer de TPACK Rubric ontwikkeld.

Het idee achter de TPACK Rubric is dat de kennis en vaardigheden van docenten met name gemeten kunnen worden door de daadwerkelijke activiteiten die docenten uitvoeren. Observatie in de klas zou daarom de meest logische manier van meten zijn, maar omdat er in de klas niet altijd gebeurt wat gepland is, is de bedoeling van de TPACK Rubric om de lesvoorbereidingsformulieren van (aanstaande) docenten te evalueren. Bij het ontwikkelen van deze Rubric is gebruik gemaakt van de Technology Integration Assessment Instrument (TIAI) van Britten and Cassady' (2005). De TIAI is een Rubric die gebruikt kan worden om de integratie van ICT in lesvoorbereidingsformulieren te evalueren, maar gaat met name in op technologie-gerelateerde zaken en neemt niet alle dimensies van het TPACK-model mee. In de Rubric van Harris, Grandgenett en Hofer is hier wel rekening mee

gehouden. Daarbij is gekozen om de focus te leggen op de overlappende domeinen van het TPACK-model omdat je op die manier het beste kan meten of de integratie van inhoud, didactiek en ICT aan bod komt. Dit betekent dat de TPACK Rubric bestaat uit de categorieën TPK, TCK en TPACK, te zien in tabel 7.

Tabel 7: TPACK Rubric

Criteria	4	3	2	1
Curriculum Goals & Technologies (Curriculum-based technology use)	Technologies selected for use in the instructional plan are <u>strongly aligned</u> with one or more curriculum goals.	Technologies selected for use in the instructional plan are <u>aligned</u> with one or more curriculum goals.	Technologies selected for use in the instructional plan are <u>partially aligned</u> with one or more curriculum goals.	Technologies selected for use in the instructional plan are <u>not aligned</u> with one or more curriculum goals.
Instructional Strategies & Technologies (Using technology in teaching/ learning)	Technology use <u>optimally supports</u> instructional strategies.	Technology use <u>supports</u> instructional strategies.	Technology use <u>minimally supports</u> instructional strategies.	Technology use <u>does not supports</u> instructional strategies.
Technology Selection(s) (Compatibility with curriculum goals & instructional strategies)	Technology selection(s) are <u>exemplary</u> , given curriculum goal(s) and instructional strategies.	Technology selection(s) are <u>appropriate, but not exemplary</u> , given curriculum goal(s) and instructional strategies.	Technology selection(s) are <u>marginally appropriate</u> , given curriculum goal(s) and instructional strategies.	Technology selection(s) are <u>inappropriate</u> , given curriculum goal(s) and instructional strategies.
“Fit” (Content, pedagogy and technology together)	Content, instructional strategies and technology <u>fit together strongly</u> within the instructional plan.	Content, instructional strategies and technology <u>fit together</u> within the instructional plan.	Content, instructional strategies and technology <u>fit together somewhat</u> within the instructional plan.	Content, instructional strategies and technology do not <u>fit together</u> within the instructional plan.

De TPACK Rubric is getest door docenten van de lerarenopleiding die de lesvoorbereidingsformulieren van docenten in opleiding beoordeeld hebben aan de hand van de Rubric. Aan de hand daarvan concluderen de auteurs van de Rubric dat de Rubric ook gebruikt kan worden om andere *teaching artifacts*, zoals plannen voor een projectweek of een lessenserie te beoordelen. Dit betekent wel dat deze plannen in redelijk detail beschreven moeten worden, zodat een zo goed mogelijke keuze voor één van de dimensies in de Rubric gemaakt kan worden. De auteurs geven tenslotte aan dat de Rubric in de toekomst wellicht ook gebruikt kan gaan worden als observatie-instrument.

De TPACK Rubric is net als de twee beschreven surveys beschikbaar en via een Creative Commons licentie te gebruiken. Maar ook hier geldt dat een zorgvuldige vertaling en test van validiteit en betrouwbaarheid noodzakelijk is. Ook voor de TPACK Rubric geldt dat het vertalen en testen op dit moment gebeurt door de auteurs van dit artikel, met toestemming van de oorspronkelijke auteurs van de TPACK Rubric.

8. DISCUSSIE EN CONCLUSIE

8.1 Inleiding

De titel van deze publicatie luidt ‘ Wat weten we over TPACK?’ In dit laatste hoofdstuk geven we een antwoord op deze vraag en maken we de balans op. Daarbij realiseren we ons dat het wetenschappelijk onderzoek naar TPACK nog aan het begin staat en dat onze antwoorden wat dat betreft voorlopig zijn. In dit hoofdstuk reflecteren we op de potentie van het model, op mogelijke implicaties van het model voor de opleiding en (na-)scholing van docenten, op mogelijke knel- en discussiepunten bij de implementatie van het model en op aandachtspunten in verder onderzoek.

8.2 De potentie van TPACK

Het TPACK model is een veelbelovend model om de kennisbasis die docenten nodig hebben om ICT op een zinvolle manier te integreren in hun onderwijspraktijk te beschrijven. Het TPACK model gaat er uitdrukkelijk niet van uit dat de computer de docent zou kunnen vervangen. Integendeel, de docent heeft een expliciete rol in de begeleiding van het leerproces van de leerling. Een sterk punt in het model is dat het uitgaat van de specifieke deskundigheid van de docent, namelijk de expertise die de docent heeft om vakinhoudelijke kennis en vaardigheden op een aantrekkelijke en begrijpelijke manier te presenteren aan de leerling. In het TPACK model worden deze kennis en vaardigheden van docenten uitgebreid met kennis over hoe toepassingen van ICT het leren van leerlingen kan ondersteunen. Koehler en Mishra (2008) geven uitdrukkelijk aan dat deze kennisbasis dynamisch is. Gezien het gegeven dat technologische ontwikkelingen snel gaan, moeten docenten zelfvertrouwen en flexibiliteit ontwikkelen om te kunnen bepalen of en hoe specifieke ICT toepassingen kunnen bijdragen aan het leren van leerlingen.

8.3 Opvattingen van docenten

Een belangrijke beperking van het TPACK model is dat het niet expliciet aandacht besteedt aan opvattingen van docenten over ICT en over leren en onderwijzen. Uit onderzoek blijkt dat opvattingen van docenten een belangrijke rol spelen bij de daadwerkelijke integratie van ICT in de onderwijspraktijk. Kennis hebben betekent immers nog niet altijd kennis gebruiken. Onzes inziens gaat het bij de verwerving van TPACK in feite om het verwerven van competenties, waarin naast kennis- en vaardigheden de ontwikkeling van opvattingen over ICT in het onderwijs een geïntegreerd onderdeel is.

8.4 TPACK en de vakken

Primair biedt het TPACK model een conceptueel kader om de kennisbasis van docenten te beschrijven. Daarbij willen we opmerken dat het model inhoudelijk betekenisvol wordt als het wordt uitgewerkt voor diverse vakgebieden. In de artikelen uit onze database blijkt dat die uitwerking voor de vakgebieden nog erg fragmentarisch is. Wij denken dat het vakdidactisch onderzoek naar ICT in het onderwijs een belangrijke bijdrage kan leveren aan de verdere uitwerking van TPACK voor diverse vakgebieden. Immers veel vakdidactisch onderzoek naar ICT in het onderwijs gaat over de potentie van specifieke ICT toepassingen om ingewikkelde vakinhoudelijke concepten of vaardigheden aan te leren. Onzes inziens vormt die kennis een belangrijk aspect van de kennisbasis van docenten. In het kader van TPACK zou dan de nadruk moeten liggen op de rol die de docent heeft in het vertalen van die vakdidactische kennis in didactische strategieën en concrete leeractiviteiten voor de leerling.

8.5 TPACK en de docent basisonderwijs

Uitgangspunt van TPACK is de vakinhoudelijke en vakdidactische kennis van de docent. In de Nederlandse context past een dergelijk uitgangspunt weliswaar goed bij docenten in het voortgezet onderwijs, maar het is de vraag of docenten in het basisonderwijs voldoende vertrouwen op hun vakdidactische en vakinhoudelijke kennis om op grond daarvan ICT toepassingen te selecteren en in te bedden in leeractiviteiten voor hun leerlingen. Bij de ontwikkeling van TPACK is daarom speciale aandacht nodig voor de ontwikkeling van brede vakinhoudelijke en vakdidactische kennis en vaardigheden in relatie tot ICT toepassingen. In dit opzicht is de aanbeveling om voorafgaand aan scholingstrajecten die zich richten op de integratie van ICT in het onderwijs na te gaan welke TPACK kennis- en vaardigheden docenten reeds in huis hebben.

8.6 Actief ontwikkelen van TPACK

Uit het onderzoek naar de ontwikkeling van TPACK blijkt dat het leren van TPACK een actieve didactiek vereist, waarin (aanstaande) docenten met elkaar samenwerken aan een authentiek probleem en waarbij meerdere werkvormen worden gebruikt. TPACK ontwikkel je niet door alle onderdelen (TK, PK, CK, PCK, TPK, TCK) afzonderlijk te behandelen. De kern van het concept is dat je ze integraal behandelt. In sommige lerarenopleidingen behandelden ze het TPACK model expliciet. Het voordeel is dat docenten in opleiding zich dan bewust zijn van TPACK, en vanuit dat kader kunnen reflecteren op hun handelen. Het belangrijkste is echter dat TPACK ontwikkeld wordt aan de hand van een concreet probleem uit de onderwijspraktijk, waarvoor ICT in potentie een oplossing kan bieden.

8.7 TPACK in de lerarenopleiding

Door systematisch aandacht te besteden aan TPACK in de opleiding van docenten kan ICT tot de normale routines van docenten gaan behoren. Ontwikkelen van TPACK is een meerjarentraject. Het gaat dus niet om het toevoegen van een enkele cursus over TPACK in de opleiding voor docenten. In feite betekent het dat TPACK een vanzelfsprekende plek in vakdidactiek cursussen moet krijgen. Een probleem in de praktijk is dat veel lerarenopleiders zelf nog niet over de gewenste TPACK competenties bezitten. Onderzoek in de VS (Polly et al., 2009) liet zien dat 'mentoring' van lerarenopleiders door ICT experts een mogelijke oplossing voor dit probleem kan bieden. In de Nederlandse context zouden we echter ook kunnen denken aan *team-teaching*, waarin lerarenopleiders en ICT experts met elkaar optrekken en van elkaar kunnen leren. De opleider brengt zijn of haar vakinhoudelijke en vakdidactische kennis in en de ICT expert zijn kennis van technologie. Samen begeleiden projecten waarin docenten in opleiding vakdidactiek en ICT moeten integreren.

8.8 TPACK en praktiserende docenten

Bij praktiserende docenten is het van belang uit te gaan van de kennis die de docent heeft. Het gaat hier niet alleen om de vakinhoudelijke en vakdidactische kennis en vaardigheden, maar ook om de kennis van de context. Van Driel (2008) noemt dit de praktijkkennis van de docent. Diverse onderzoekers (Hofer & Swan, 2008; Doering et al., 2009) wijzen in dit verband op het belang om voorafgaand aan een project de TPACK competenties van een docent vast te stellen. De diverse instrumenten die in het vorige hoofdstuk zijn beschreven bieden hiervoor aanknopingspunten. De ontwikkeling van TPACK bij praktiserende docenten is waarschijnlijk het meest efficiënt als dit gebeurt in het kader van concrete projecten, waarin ICT direct wordt ingezet om een concreet probleem uit de praktijk op te lossen. Uit het onderzoek van Polly et al. (2009) blijkt dat samenwerking tussen docenten in opleiding en praktiserende docenten in een project gericht op integratie van ICT in het onderwijs voor beiden succesvol kan zijn, mits deze samenwerking goed wordt ondersteund door vakdidactische en ICT experts.

8.9 Het meten van TPACK

Op dit moment zijn er met name instrumenten voor handen die meten hoe de student of docent zelf denkt over zijn of haar kennis en vaardigheden met betrekking tot ICT in het onderwijs. Dit is belangrijk, omdat de mate van zelfvertrouwen van een docent in zijn eigen bekwaamheid een bepalende rol kan spelen in het wel of niet integreren van ICT in het onderwijs. We moeten ons er alleen wel van bewust zijn dat als we het zelfvertrouwen van docenten ten aanzien van kennis en vaardigheden meten, we niet altijd meten wat het daadwerkelijke kennis- en vaardigheidsniveau is. Het is daarom van belang om het meten van het zelf ingeschatte niveau van kennis en vaardigheden te combineren met het meten van geobserveerde kennis en vaardigheden. Dat kan op dit moment door voorbereidingsformulieren of plannen te evalueren via de TPACK Rubric, maar voor het meten van de daadwerkelijke integratie van ICT in de klas op basis van het TPACK-model is nog geen instrument voorhanden.

8.10 TPACK en onderzoek

Centraal in onderzoek naar TPACK staat de docent in relatie tot de integratie van ICT in zijn onderwijspraktijk. In dit opzicht is het onderzoek naar TPACK een waardevolle aanvulling op veel vakdidactisch onderzoek, waarin het leren van de leerling met ICT centraal staat. Onzes inziens wordt in onderzoek naar TPACK te weinig gebruik gemaakt van wat uit vakdidactisch onderzoek naar ICT voor een bepaald vakgebied bekend is. Dezelfde kanttekening kan worden gemaakt voor onderzoek naar het leren van docenten. In onderzoek naar professionaliseringstrajecten voor docenten ten aanzien van TPACK zou veel meer gebruik kunnen worden gemaakt van wat uit wetenschappelijk onderzoek al bekend is over leren van docenten. Immers uit dit onderzoek is al lang bekend dat incidentele scholing in het algemeen weinig bijdraagt aan de implementatie van het geleerde in de praktijk, maar dat vormen van scholing waarin ruimte is voor (peer-)coaching in een follow-up traject van groot belang is. In dit verband is leren op de werkplek, het leren in teams met andere docenten en het leren door gezamenlijk ontwerpen en implementeren veelbelovende vormen van nascholing die ook kunnen worden benut bij TPACK scholingstrajecten.

Onderzoek naar TPACK staat nog in de kinderschoenen en op veel aspecten van het TPACK model is in nauwe samenwerking met de praktijk verder onderzoek gewenst. Wij zien in dit verband de kracht van ontwerpgericht onderzoek waarin de verdere uitwerking van TPACK in scenario's voor scholing van (aanstaande) docenten voor diverse vakgebieden wordt uitgevoerd en onderzocht in teams van docenten en onderzoekers.

APPENDIX 1

Vragenlijst beoordeling artikelen

1. Wie heeft het artikel gelezen/beoordeeld?
2. Identificatienummer van het artikel (zie TPCK referentielijst)
3. Auteur(s) van het artikel
4. Jaartal waarin het artikel gepubliceerd is
5. Titel van het artikel (eerste drie woorden)
6. Wat voor type publicatie?
7. Wat voor type onderzoek?
8. Wat is de onderzoeksopzet?
9. Wat is de omvang van de studie?
(bijv. Aantallen respondenten of aantallen bronnen als het gaat over een theoretisch paper)
- 10a. Welke databronnen zijn gebruikt?
 - Interviews
 - Vragenlijsten (surveys)
 - Observaties
 - Field notes
 - Self reports (learners report/dagboeken/logboeken)
 - Peer-assessments
 - Expert-assessments/reviews
 - Toetsresultaten
 - Recorded group discussions
 - Concept webs/ concept maps
 - Documentanalyse
 - Literatuuronderzoek
 - Anders (kort omschrijven)
11. Welke doelgroep is betrokken bij het onderzoek?
 - 1 Leraren in opleiding
 - 2 Lerarenopleiders
 - 3 Leraren primair onderwijs
 - 4 Leraren voortgezet onderwijs
 - 5 Docenten universitair/hoger onderwijs
 - 6 Docenten in opleiding
 - 7 Niet van toepassing

12. Op welk sector/onderwijsniveau richt het onderzoek zich?

- 1 Basisonderwijs
- 2 Voortgezet onderwijs
- 3 K-12
- 4 Beroepsonderwijs
- 5 Universitair/hoger onderwijs
- 6 Lerarenopleiding PO
- 7 Lerarenopleiding VO
- 8 Lerarenopleiding (onduidelijk in artikel voor welk onderwijsniveau)
- 9 Anders, namelijk.....

13. Op welk vak richt het onderzoek zich?

- 1 Science
- 2 Biology
- 3 Chemistry
- 4 Physics
- 5 Mathematics
- 6 Economics
- 7 Geography
- 8 History
- 9 Social sciences
- 10 Language
- 11 Arts
- 12 Computers & ICT

14. Waar richt het onderzoek zich op?

- Theoretische onderbouwing TPACK model (potential and limitations)
- Kenmerken van TPACK voor vakken
- Ontwikkeling van digitaal lesmateriaal
- Ondersteuning docenten
- Hoe meet je TPACK?
- Professionalisering docenten
- Success and bottlenecks in teacher ICT integration

15. Wat is de onderzoeksvraag/ zijn de onderzoeksvragen?

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

16. Wetenschappelijke basis TPACK/Potential and limitations of TPACK

(Wat is de wetenschappelijke basis voor TPACK? Hoe wordt TPACK beschreven? Wat zijn volgens de auteurs potenties en beperkingen van TPACK?)

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

17. Kenmerken van TPACK voor vakken

(Wat zijn kenmerken van TPACK voor diverse vakgebieden in het onderwijs? Hoe verhoudt TPACK zich tot bepaalde vakken en hoe is dit door de auteurs onderzocht?)

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

18. TPACK voor ontwikkeling van digitaal lesmateriaal (en vice versa)

(Wat betekent TPACK voor de ontwikkeling van digitaal lesmateriaal door docenten, docenten in opleiding en ontwikkelaars? OF: Wat betekent de ontwikkeling van digitaal lesmateriaal door docenten, docenten in opleiding en ontwikkelaars voor TPACK?)

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

19. Ondersteuning docenten AL

(Hoe kunnen docenten en docenten in opleiding worden ondersteund in de verwerving van TPACK?)

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

20. Professionalisering docenten AM

(Welke kennisontwikkeling wordt beschreven? Hoe geef je kennisontwikkeling vorm?)

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

21. Hoe meet je TPCK?

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

22. Succes in teacher ICT integration

(What are the success encountered in current professional development practices related to teacher ICT integration?)

Wat zijn de bevindingen/resultaten met betrekking tot:

23. Bottlenecks in teacher ICT integration AP

(What are the bottlenecks encountered in current professional development practices related to teacher ICT integration?)

24. Opmerkingen/ andere bevindingen in relatie tot de onderzoeksvragen

25. Is het onderzoek intern consistent?

(Sluit de onderzoeksvraag aan bij de vraag, zijn de databronnen goed gekozen, sluit de data-analysemethode aan bij de vraag etc.)

- 1 Ja
- 2 Nee
- 3 Onvoldoende

26. Missen er in de beschrijving van de onderzoeksgroep kenmerken die relevant zijn voor het interpreteren van de resultaten en bevindingen?

(b.v. een omschrijving van de ervaring van de betrokken docenten)

- 1 Ja, als lezer mis ik een omschrijving van bepaalde kenmerken, nl:
- (korte toelichting hieronder)
- 2 Nee, de beschrijving van de onderzoeksgroep is adequaat
- 3 Niet van toepassing

27. Wordt besproken hoe data verzameld is?

- Ja
- Nee/onvoldoende

28. Wordt besproken welke data verzameld is?

- Ja
- Nee/onduidelijk

29. Wordt besproken hoe de data geanalyseerd is?

- Ja
- Nee/onvolledig

30. Is de data door meerdere personen geanalyseerd (triangulatie)?

- Ja
- Nee

31. Worden de onderzoeksvragen beantwoord met behulp van alleen de verzamelde data?

- Ja
- Nee

32. Wat is de kwaliteit van het onderzoek (op basis van de rapportage)-eindoordeel?

- 6 Zeer goed
- 5 Goed
- 4 Voldoende
- 3 Matig/zwak
- 2 Slecht
- 1 Zeer slecht

33. Eerste ideeën over bijdrage aan review – studie, met in acht neming van de beperkingen van het onderzoek.

APPENDIX 2

- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education, 52*, 154-168.
- Archambault, L., & Crippen, K. (2009). Examining TPACK among K-12 online distance educators in the United States. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 71-88.
- Bull, G., Hammond, T. C., & Ferster, B. (2008). Developing web 2.0 tools for support of historical inquiry in social studies. *Computers in the Schools, 25*(3-4), 275-287.
- Bull, G., Park, J., Searson, M., Thompson, A., Mishra, P., Koehler, M. J., & Knezek, G. (2007). Editorial: Developing technology policies for effective classroom practice. *Contemporary Issues in Technology & Teacher Education, 7*(3), 129-139.
- Doering, A., Scharber, C., Miller, C., & Veletsianos, G. (2009). GeoThentic: Designing and assessing with Technological Pedagogical Content Knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(3), 316-336.
- Doering, A., Veletsianos, G., Scharber, C., & Miller, C. (2009). Using the technological, pedagogical, and content knowledge framework to design online learning environments and professional development. *Journal of Educational Computing Research, 41*(3), 319-346.
- Hammond, T., & Manfra, M. (2009). Giving, prompting, making: Framing a conceptual home for TPACK in social studies instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(2), 160-185.
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education, 41*(4), 393-416.
- Hofer, M., & Swan, K. O. (2008). Technological Pedagogical Content Knowledge in action: A case study of a middle school digital documentary project. *Journal of Research on Technology in Education, 41*(2), 179-200.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Computing Research, 32*(2), 131-152.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60-70.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Computers and Education, 49*, 740-762.
- Kramarski, B., & Michalsky, T. (2009). Preparing preservice teachers for self-regulated learning in the context of technological pedagogical content knowledge. *Learning and Instruction,*
- Lee, H., & Hollebrands, K. (2008). Preparing to teach mathematics with technology: An integrated approach to developing technological pedagogical content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 8*(4), 326-341.
- Lee, M. H., & Tsai, C. C. (2010). Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science, 38*, 1-21.

- Lundeberg, M., Bergland, M., Klyczek, K., & Hoffman, D. (2003). Using action research to develop preservice teachers' confidence, knowledge and beliefs about technology. *Journal of Interactive Online Learning, 1*(4), 1-16.
- Manfra, M. M., & Hammond, T. C. (2008). Teachers' instructional choices with student-created digital documentaries: Case studies. *Journal of Research on Technology in Education, 41*(2), 223-245.
- Marino, M., Sameshima, P. & Beecher, C. (2009). Enhancing TPACK with assistive technology: promoting inclusive practices in pre-service teacher education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(2), 186-207.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.
- Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper, S. R., Johnston, C., Browning, C., Özgün-Koca, S. A., & Kersaint, G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 4-24.
- Ozgun-Koca, S. A. (2009). The views of preservice teachers about the strengths and limitations of the use of graphing calculators in mathematics instruction. *Journal of Technology and Teacher Education, 17*(2), 203-227.
- Polly, D., Mims, C., Shepherd, C. E., & Inan, F. (2010). Evidence of impact: Transforming teacher education with preparing tomorrow's teachers to teach with technology (PT3) grants. *Teaching and Teacher Education, 26*(4), 863-870.
- So, H. J., & Kim, B. (2009). Learning about problem based learning: Student teachers integrating technology, pedagogy and content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology, 25*(1), 101-116.
- Swenson, J., Young, C. A., McGrail, E., Rozema, R., & Whitin, P. (2006). Extending the conversation: New technologies, new literacies, and English education. *English Education, 38*(4), 351-369.
- Valtonen, T., Kukkonen, J., & Wulff, A. (2006). High school teachers' course designs and their professional knowledge of online teaching. *Informatics in Education, 5*(2), 301-316.

APPENDIX 3

- Anderson, R. E., & Dexter, S. (2005). Technology leadership: Its incidence and impact. *Educational Administration Quarterly*, 41, 49-82.
- Angeli, C. (2004). Transforming a teacher education method course through technology: Effects on preservice teachers' technology competency. *Computers and Education*, 45, 383-398.
- Association of Mathematics Teacher Educators. (2009). *Preparing teachers to use technology to enhance the learning of mathematics. A position of the Association of Mathematics Teacher Educators*. Verkregen van <http://www.amte.net/publications>
- Balanskat, A., Blamire, R., & Kefala, S. (2006). *The ICT impact report – A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. Brussels: European SchoolNet.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Becker, H. J., Ravitz, J. L., & Wong, Y-T. (1999). *Teacher and teacher-directed student use of computers and software*. Irvine, CA: Center for Research on Information Technology and Organizations, University of California.
- Behling, O., & Law, K. S. (2000). *Translating questionnaires and other research instruments: Problems and solutions*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- British Educational Communications and Technology Agency (Becta). (2004). *A review of the research literature on barriers to the uptake of ICT by teachers*. Verkregen van <http://becta.org.uk>
- Britten, J. S., & Cassady, J. C. (2005). The technology integration assessment instrument: Understanding planned use of technology by classroom teachers. *Computers in the Schools*, 22(3), 49-61.
- Bingimlas, K. A. (2009). Barriers to successful integration of ICT in teaching and learning environment: A review of the literature. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 5(3), 235 – 245.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-41.
- Brummelhuis, A. ten., & Kuiper, E. (2008). Driving forces for ICT in learning. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 97-111). New York: Springer.
- Christensen, R., & Knezek, G. (2008). Self-report measures and findings for information technology attitudes and competencies. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 349-366). New York: Springer.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44, 263-272.
- Cox, M., Abbott, C., Webb, M., Blakely, B., Beauchamp, T., & Rhodes, V. (2004). ICT and pedagogy – A review of the literature. *ICT in Schools Research and Evaluation Series*, 18. London: DfES/BECTA.
- Cox, M. J., Preston, C., & Cox, K. (1999, September). *What factors support or prevent teachers from using ICT in their classrooms?* Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference of the University of Sussex, Brighton.
- Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Reforming schools through technology, 1980-2000*. Cambridge MA: Harvard University Press.

- Doering, A., & Veletsianos, G. (2007). An Investigation of the use of real-time, authentic geospatial data in the K-12 Classroom. *Journal of Geography, Special Issue on Using Geospatial Data in Geographic Education*, 106(6), 217-225.
- Fisser, P. (2006). Using ICT in education: From pilot to implementation, Who are involved? In Whitelock, D., & Wheeler, S. (Eds.), *The next generation*. Research Proceedings of the 13th Association for Learning Technology Conference (ALT-C 2006).
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change 4th edition*. New York: Teachers College Press.
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945.
- Gelbart, H., Brill, G., & Yarden, A. (2009). The impact of a web-based research simulation in bioinformatics on students' understanding of genetics. *Research in Science Education*, 39(5), 725-751.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer Publishers.
- Gibson, J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Harris, J. B., & Hofer, M. J. (2010). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in action: A descriptive study of secondary teachers' curriculum-based, technology related instructional planning. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(x), pp. in press.
- Harris, J., Grandgenett, N., & Hofer, M. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In C. Crawford et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010* (pp. 3833-3840). Chesapeake, VA: AACE.
- Hord, S. M., Rutherford, W. L., Huling-Austin, L., & Hall, G. E. (1987). *Taking charge of change*. Alexandria, VA: ASCD.
- Kennisnet. (2009). *Vier in balans monitor 2009*. Kennisnet: Zoetermeer.
- Knezek, G., & Christensen, R. (2008). The importance of information technology attitudes and competencies in primary and secondary education. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 321-331). New York: Springer.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2008). Introducing TPCK. In AACTE Committee on innovation and technology (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 3-29). New York: Routledge.
- Lawless, K. A., & Pellegrino, J. W. (2007). Professional development in integrating technology into teaching and learning: Knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers. *Review of Educational Research*, 77(4), 575-614.
- Law, N., Pelgrum, W. J., & Plomp, T. (2008). *Pedagogy and ICT use in schools around the world: Findings from the IEA SITES 2006 study*. CERC Studies in comparative education. Hong Kong: Comparative Education Research Centre, The University of Hong Kong, and Dordrecht: Springer.

- Lee, H. S., Hollebrands, K. F., & Wilson, P. H. (2007). *Preservice mathematics teachers' design and use of probability simulations*. Verkregen op 13 januari, 2010, van http://www.ncsu.edu/project/ptmt/PTMT_NCTM2007Symposium.pdf
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2004). *Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge*. Verkregen op 13 november, 2005, van http://punya.educ.msu.edu/PunyaWeb/publications/inpress/MishraKoehler_TPCK.pdf
- National Research Council, Committee on Information Technology Literacy. (1999). *Being fluent with information technology*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Newhouse, P. (2002). *The impact of ICT on learning and teaching: A literature review for the Western Australian department of education*. Perth, WA: Specialist Educational Services.
- Niederhauser, D. S., & Stoddart, T. (2001). Teachers' instructional perspectives and use of educational software. *Teaching and Teacher Education*, 17, 15–31.
- Niess, M. L., Sadri, P., & Lee, K. (2007, April). *Dynamic spreadsheets as learning technology tools: Developing teachers' technology pedagogical content knowledge (TPCK)*. Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association Annual Conference, Chicago, IL.
- Niess, M. L. (2008). Knowledge needed for teaching with technologies – Call it TPACK. *AMTE Connections*, 17(2), 9-10.
- Ormel, B. J. B. (2010). *Het natuurwetenschappelijk modelleren van dynamische systemen; Naar een didactiek voor het voortgezet onderwijs*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations (4th edition)*. The Free Press. New York.
- Roschelle, J., & Clancey, W. J. (1992). Learning as social and neural. *Educational Psychologist*, 27, 435-453.
- Sandholtz, J. H., Ringstaff, C., & Dwyer, D. C. (1997). *Teaching with technology: Creating student-centered classrooms*. New York: Teachers College Press.
- Schrader, P. G., & Lawless, K. A. (2004). The knowledge, attitudes, and behaviors (KAB) approach: How to evaluate performance and learning in complex environments. *Performance Improvement*, 43(9), 8–15.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Simons, R.J. 2002. *Digitale didactiek: Hoe (kunnen) academici leren ICT te gebruiken in hun onderwijs?* Inaugurele rede, Universiteit Utrecht.
- Schmidt, D., Baran, E., Thompson, A., Koehler, M. J., Shin, T., & Mishra, P. (2009, April). *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers*. Paper presented at the 2009 Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, California.
- Smits, A., & Voogt, J. (2009). *Elements of online teacher behaviour that lead to student satisfaction*. Paper presented at the 23rd ICDE World Conference on Open and Distance Learning including the 2009 EADTU Annual Conference (M-2009), June, 7-10, Maastricht, The Netherlands.
- Strudler, N., & Herrington, D. (2008). Quality support for ICT in schools. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 579-596). New York: Springer.

- Tondeur, J., Hermans, R., van Braak, J., & Valcke, M. (2008). Exploring the link between teachers educational beliefs profiles and different types of computer use in the classroom: The impact of teacher beliefs. *Computers in Human Behavior*, 24, 2541-2553.
- Van Driel, J. H. (2008). *Van een lerende vakdocent leer je het meest*. Inaugurale rede. Universiteit Leiden. Leiden, ICLON.
- Voogt, J., & Knezek, G. (2008). IT in primary and secondary education: Emerging issues. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. xxi- xxiii). New York: Springer.
- Voogt, J. (2008). IT and curriculum processes: Dilemmas and challenges. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (117-132). New York: Springer.
- Webb, M. E. (2008). Impact of IT on science education. In J. Voogt, & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 133-148). London: Springer.