

**OP WEG NAAR DE
ONDERZOEKENDE**

PABO

**WETENSCHAP & TECHNOLOGIE
VERDUURZAMEN OP DE PABO**

WHITEPAPER - DE ONDERZOEKENDE PABO

**OP WEG NAAR REALISATIE VAN EFFECTIEF
EN DUURZAAM W&T-ONDERWIJS VOOR
TOEKOMSTIGE LERAREN**

**TECH
YOUR
FUTURE**

Centre of Expertise TechniekOnderwijs

Samenvatting

In 2020 dienen alle basisscholen Wetenschap & Technologie geïntegreerd te hebben in hun curriculum. Momenteel wordt er hard gewerkt om dit te realiseren. Steeds meer leraren kennen de principes van onderzoekend en ontwerpend leren en passen deze toe in hun lessen. Daarbij worden echter ook moeilijkheden ervaren. Om toekomstige leraren beter toe te rusten hoogwaardig onderwijs in Wetenschap en Technologie te geven, zijn pabo's bezig hun curriculum anders in te richten.

Vanuit TechYourFuture is een onderzoeksproject gestart naar de onderzoekende pabo's, om antwoord te kunnen geven op de vraag: 'Hoe kunnen pabo-studenten voorbereid worden op het ontwerpen en verzorgen van effectief onderwijs in Wetenschap & Technologie?' Om hierop antwoord te geven zijn zowel een zestal good practices van verschillende pabo's als de resultaten van wetenschappelijk onderzoek geraadpleegd.

In dit whitepaper wordt allereerst ingegaan op de kenmerken van hoogwaardig W&T-onderwijs op de basisschool. De tien kenmerken zijn: onderzoekend en ontwerpend leren, dimensies van onderzoekend en ontwerpend leren, doelgericht en expliciet, actief betrekken van de voorkennis, contextualiseren, interactie en dialoog, samenwerkend leren, hands-on en minds-on activiteiten, toetsen om te leren, en de inzet van media/ICT. Vervolgens is vastgesteld welke moeilijkheden pabo-studenten ervaren bij het verzorgen van W&T-onderwijs. De ervaren moeilijkheden zijn: kennis W&T, onderzoeks- en ontwerpvaardigheden, naïeve kijk op wetenschap, pedagogical-content knowledge, gerichtheid op leren, low-risk activiteiten, managen van de klas, vertrouwen in eigen kunnen. Door het samenvoegen van de kenmerken en moeilijkheden, worden een zestiental doelen gesteld voor het realiseren van W&T-onderwijs op de pabo.

Vervolgens worden zeven ontwerprichtlijnen vastgesteld voor W&T onderwijs op de pabo, uitgaande van de analyses van good practices uit een zestal verschillende pabo's en de kenmerken van effectieve opleidingspraktijken op de pabo. De kenmerken zijn: onderdompeling, evidence based, voldoende tijd, doelbewuste oefening, observeren en reflecteren, feedback, en congruentie met de praktijk. Het paper sluit af met een ontwerp- en analysemodel voor W&T-onderwijs op de pabo, dat houvast moet bieden bij zowel het ontwikkelen als toetsen van W&T-onderwijs. Het model bestaat uit drie fasen: onderdompeling, abstractie en doelbewust oefenen. *Een onderzoekende pabo streeft ernaar om het onderwijs in W&T op de lerarenopleiding (pabo) te optimaliseren, zodat de nieuwe generatie leraren bereid en in staat is hoogwaardig onderwijs in W&T te verzorgen.*

Januari 2017

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inleiding	4
• Waarom aandacht voor de onderzoekende pabo? • De start van het onderzoeksproject • Over TechYourFuture	
Deel 1: Wetenschap & Technologie in het (basis-)onderwijs	6
• W&T-onderwijs: waar gaat het over en hoe hangt het samen? • Kenmerken van hoogwaardig W&T-onderwijs op de basisschool	
Deel 2: Kerndoelen voor W&T-onderwijs op de pabo	11
• Ervaren moeilijkheden van studenten bij het verzorgen van W&T-onderwijs • Doelen voor W&T-onderwijs op de pabo	
Deel 3: Richtlijnen voor W&T-onderwijs op de pabo	15
• Effectief W&T-onderwijs bij good practices in de praktijk • Kenmerken van effectieve opleidingspraktijken voor W&T op de pabo • Ontwerprichtlijnen voor W&T-onderwijs op de pabo	
Deel 4: W&T-onderwijs ontwerpen voor de pabo	19
• Ontwerpmodel over W&T-onderwijs op de pabo • Tot slot	
Literatuur	22

Inleiding

Waarom aandacht voor de onderzoekende pabo?

In 2020 dienen alle basisscholen Wetenschap & Technologie (W&T) geïntegreerd te hebben in hun curriculum. Momenteel wordt er hard gewerkt om dit te realiseren. Steeds meer leraren kennen de principes van onderzoekend en ontwerpend leren en passen deze toe in hun lessen. Daarbij worden ook moeilijkheden ervaren: het voorbereiden en organiseren van onderzoekend en ontwerpend leren kost veel tijd, leraren vinden veelal dat ze (te) weinig kennis hebben van natuurkundige en technische fenomenen, en vinden het moeilijk om leerlingen adequaat te begeleiden van onderzoeksvraag tot conclusie. Om toekomstige leraren beter toe te rusten om hoogwaardig onderwijs in Wetenschap & Technologie te geven, zijn pabo's bezig hun curriculum anders in te richten. Maar hoe kunnen we pabo-studenten het beste voorbereiden op het ontwerpen en geven van onderwijs in Wetenschap & Technologie? Wat is belangrijk om aan te leren en hoe kunnen we dit zo doeltreffend mogelijk doen?

Een onderzoekende pabo streeft ernaar om het onderwijs in W&T op de lerarenopleiding te optimaliseren, zodat de nieuwe generatie leraren bereid en in staat is hoogwaardig onderwijs in W&T te verzorgen.

De start van het onderzoeksproject

Vanuit TechYourFuture – expertisecentrum voor techniekonderwijs – is dit onderzoeksproject gestart, waarbij zowel good practices van Wetenschap en Technologie op een zestal pabo's in beeld zijn gebracht (Saxion Enschede, Saxion Deventer, Windesheim Almere, Windesheim Zwolle, Katholieke Pabo Zwolle, Iselinge) als de resultaten van wetenschappelijk onderzoek zijn geraadpleegd.

Om antwoord te geven op de vraag hoe pabo-studenten voorbereid kunnen worden op het ontwerpen en verzorgen van effectief onderwijs in Wetenschap & Technologie, zijn de volgende drie deelvragen gesteld:

1. Wat zijn de kenmerken van effectief onderwijs in Wetenschap & Technologie in het basisonderwijs?
2. Wat zijn de moeilijkheden die pabo-studenten ervaren bij het ontwerpen en verzorgen van onderwijs in Wetenschap & Technologie?
3. Wat zijn de kenmerken van effectieve opleidingspraktijken en professionaliseringstrajecten voor aanstaande leraren basisonderwijs?

Op basis van de antwoorden op deze deelvragen wordt antwoord gegeven op de vraag: **Wat moet de inhoud van het onderwijs in Wetenschap & Technologie zijn en hoe dient dit onderwijs ingericht te worden?** Tot slot wordt de kennis geïntegreerd tot een ontwerp- en analysemodel voor onderwijs in Wetenschap en Technologie op de pabo.

Over TechYourFuture

TechYourFuture is een expertisecentrum voor onderwijs in bèta en technologie. Zij wil ervoor zorgen dat uiteindelijk 4 van de 10 jongeren bewust kiezen voor een techniekopleiding en daarna ook daadwerkelijk in de technische sector gaan werken. Ze richt zich op de totale onderwijskolom, de lerarenopleidingen én op het optimaliseren van de aansluiting met de technische arbeidsmarkt. TechYourFuture initieert betekenisvol onderzoek, ze ondersteunt en verduurzaamt bestaande effectieve onderwijspraktijken en ontwikkelt innovatieve oplossingen voor onderwijs

en ondernemingen. Ze stimuleert kenniscreatie, verbindt regionale en landelijke partijen door samen te werken en ontsluit expertise en succesvolle methoden.

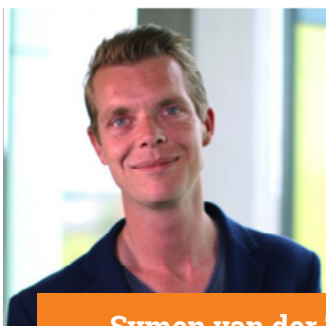
TechYourFuture is een samenwerking van Saxion, Universiteit Twente en Windesheim, mede mogelijk gemaakt door het ministerie OCW en de provincie Overijssel.

Dr. Symen van der Zee

Symen van der Zee is lector 'Wetenschap & Techniek in het onderwijs' bij Saxion Hogescholen. Het lectoraat wil de aandacht voor W&T vergroten, door:

- onderzoek te doen hoe deze geïntegreerd kunnen worden met de basisvaardigheden als taal en rekenen
- aandacht te richten op de ondersteuning van leraren hierbij,
- na te gaan op welke wijze onderzoekend en ontwerpend leren in alle vakken geïntegreerd kan worden en wat daarvan de effecten zijn.

Naast onderzoeker is Symen ook docent onderwijspsychologie bij de master Leren & Innoveren en docent voor onderwijskundige en pedagogische vakken binnen de Academische Pabo.



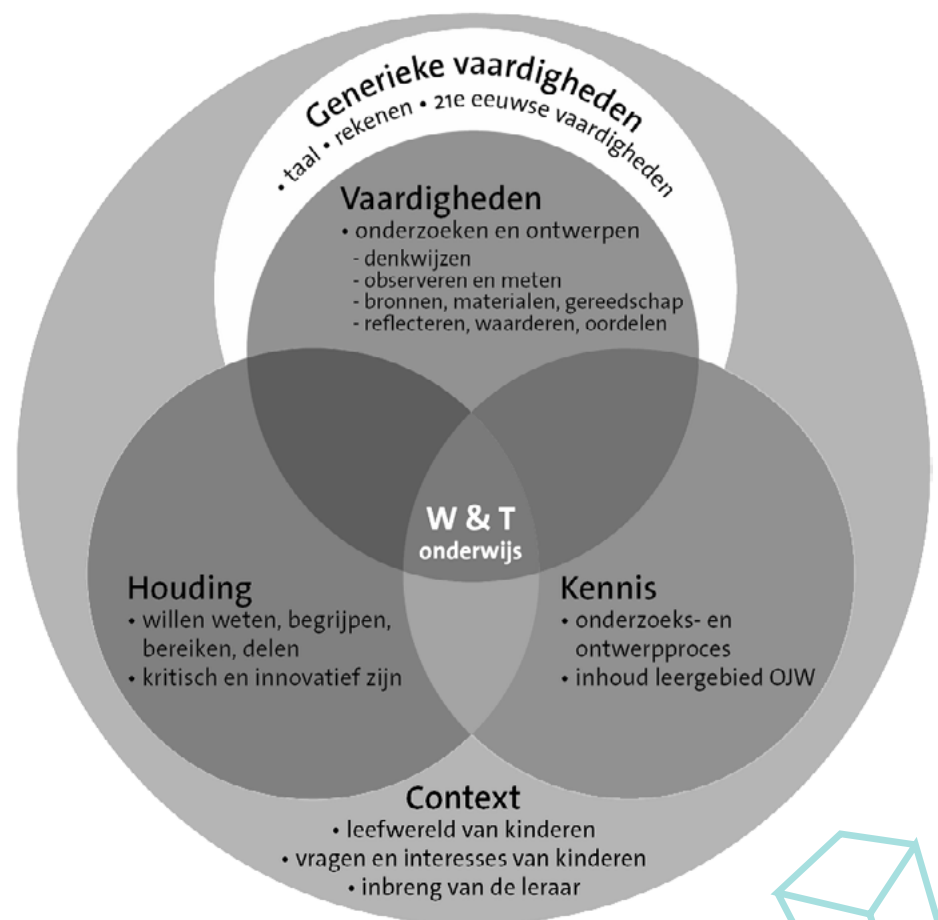
Symen van der Zee

Wetenschap & Technologie in het (basis-)onderwijs

Doel van het opleiden van pabo-studenten is hen in staat te stellen hoogwaardig W&T-onderwijs te verzorgen aan leerlingen in het basisonderwijs. Maar wat houdt hoogwaardig W&T-onderwijs precies in? Wat is kenmerkend voor de opzet, inhoud en didactiek van dit onderwijs? En wat verstaan we eigenlijk onder W&T-onderwijs? Om hier zicht op te krijgen, wordt eerst ingegaan wat we onder W&T-onderwijs verstaan. Daarna komen de kenmerken van hoogwaardig W&T-onderwijs aan bod.

W&T-onderwijs: waar gaat het over en hoe hangt het samen?

In het advies van de Verkenningscommissie Wetenschap & Technologie voor het primair onderwijs (2013) worden de drie doeldomeinen van het onderwijs geduid. Het gaat om de ontwikkeling van kennis over de wereld, de bevordering van vaardigheden en denkwijzen die nodig zouden zijn in de 21e eeuw en de stimulering van een nieuwsgierige, onderzoekende en probleemoplossende houding.



Kennis over de wereld

Wetenschap & Technologie-onderwijs heeft altijd betrekking op een fenomeen. De concepten en begrippen die centraal staan behoren tot het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld (OJW) en zijn afgeleid van de onderliggende vakken aardrijkskunde, geschiedenis en natuur en techniek. In het leerplankader van de SLO zijn de concepten en begrippen samengebracht en bij de uitwerking ervan is ervoor gekozen deze in te perken door de bepaling van één of een combinatie van de dimensies tijd en/of ruimte en/of eigenschappen en organisatieniveau (Van Graft, Klein Tank & Beker, 2016). Deze dimensies sluiten aan op de indeling van de OJW vakken. Zo is bij aardrijkskunde de dimensie ruimte bijvoorbeeld vaak leidend en bij geschiedenis is de benadering vanuit de dimensie tijd met bijvoorbeeld de tien tijdvakken leidend.

Vaardigheden en denkwijzen

Onderzoeken en ontwerpen zijn de belangrijkste vaardigheden binnen wetenschap en technologie. Drie subvaardigheden worden hierbinnen onderscheiden: 1) onderzoeks- en ontwerp materiaal en -instrumenten, gereedschap en apparatuur gebruiken, 2) modellen ontwikkelen en gebruiken, en 3) waarderen en oordelen. Naast de vaardigheden onderzoeken en ontwerpen worden denkwijzen onderscheiden. Het leerplankader van de SLO (Van Graft, Klein Tank & Beker, 2016) beschrijft de volgende denkwijzen: 1) causaal denken in oorzaak gevolg, 2) denken in continuïteit en verandering, 3) systeem denken, 4) perspectivistisch denken, 5) patronen herkennen en ordenen, 6) denken in schaalniveaus, 7) denken in kringlopen, en 8) denken in structuur-functie relaties. Deze denkwijzen krijgen in Wetenschap & Technologie onderwijs een vakspecifieke invulling. Bij de dimensie ruimte gaat het bijvoorbeeld om het beschrijven van gebieden en verschijnselen op schaalniveaus (denken in schaalniveaus) en waarnemen van verschijnselen vanuit verschillende perspectieven (perspectivistisch denken) en bij de dimensie tijd gaat het bijvoorbeeld om oorzaken en gevolgen te onderscheiden van historische gebeurtenissen, ontwikkelingen en verschijnselen (causaal denken in oorzaak-gevolg).

Naast de voorgenoemde vaardigheden en denkwijzen worden generieke vaardigheden ontwikkeld in het Wetenschap & Technologie-onderwijs. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om taalvaardigheden, zoals het gebruiken van vaktaal bij het maken van een onderzoek of ontwerp, rekenvaardigheden, zoals het verwerken van informatie en tabellen en grafieken, en vaardigheden zoals samenwerken en zelfregulatie.

Houding

Tot slot is de bestendinging en ontwikkeling van de nieuwsgierige, onderzoekende houding een doel van Wetenschap & Technologie. Van der Rijst, Van Driel, Kijne en Verloop (2007) onderscheiden de volgende houdingsaspecten: de wil om te begrijpen, de wil om te bereiken, de wil om te delen, de wil om kritisch te zijn, de wil over vernieuwend te zijn, en de wil om te weten. Bij deze aspecten horen dimensies en indicatoren. Binnen het aspect 'de wil om te weten' worden bijvoorbeeld de dimensies nieuwsgierig, enthousiast en gemotiveerd onderscheiden. Een voorbeeld van een indicator behorende bij de dimensie enthousiast is: plezier hebben in onderzoek.

Kenmerken van hoogwaardig W&T-onderwijs op de basisschool

Om antwoord te geven op de vraag **Wat zijn de kenmerken van effectief W&T onderwijs?** zijn recente reviewstudies hierover gezocht, geanalyseerd en geïntegreerd. In totaal zijn tien kenmerken geïdentificeerd, waarvan genoegzaam is aangetoond dat ze doeltreffend bijdragen aan het leren van leerlingen in het basisonderwijs.

Deze kenmerken zijn:

1. Onderzoekend en ontwerpend leren

Over de effectiviteit van onderzoekend en ontwerpend leren is in de onderwijswetenschappen de nodige discussie geweest. In verscheidene reviews is geconcludeerd dat directe instructie effectiever is. Hoewel deze conclusie correct is, geldt deze alleen voor onbegeleid onderzoekend en ontwerpend leren. Meer recente meta-analyses laten zien dat begeleid onderzoekend en ontwerpend leren juist effectiever is dan directe instructie en dus ook dan onbegeleid onderzoekend en ontwerpend leren (Alfieri, Brooks, Aldrich & Tenenbaum, 2011; Lazonder & Harmsen, 2016). Niet alleen is de aanpak van begeleid onderzoekend en ontwerpend leren effectiever voor de cognitieve leerprestaties, het heeft ook positieve effecten op de interesse, motivatie en attitude van leerlingen ten opzichte van W&T.

2. Dimensies van onderzoekend leren

Onderzoekend en ontwerpend leren wordt op verschillende manieren opgevat. In de meta-studie van Furtak, Seidel, Iverson en Briggs (2012) zijn vier dimensies onderscheiden. De eerste dimensie is de procedurele dimensie. Deze heeft betrekking op de vaardigheden die nodig zijn voor onderzoeken en ontwerpen, zoals het stellen van onderzoeksvragen en controleren van variabelen. De tweede dimensie is de conceptuele dimensie. Hierbij gaat het om het leren van de feiten en theorieën omtrent natuurwetenschappelijke en technische fenomenen. De derde dimensie is de epistemische dimensie, die betrekking heeft op het leren van de aard van wetenschap en het verwerven van inzicht in het proces van kennisconstructie. De laatste dimensie is de sociale dimensie. Het gaat hierbij onder meer om het leren participeren in discussies over onderzoeken en het met anderen werken aan een onderzoek of ontwerp. Uit de meta-analyse van Furtak en collega's blijkt dat wanneer de vier dimensies in onderlinge samenhang en gelijktijdig worden aangeboden en aangeleerd, er het meeste door de leerlingen in het basisonderwijs wordt geleerd. Onderwijs in W&T moet volgens de meta-analyse dus gericht zijn op het aanleren van ontwerp- en onderzoeksvaardigheden, op het leren doorgronden van wetenschap en technologie, op het verwerven van kerninzichten in natuurwetenschappelijke en technische fenomenen, en op de ontwikkeling van sociale kennis en vaardigheden die horen bij het doen van onderzoek.

3. Doelgericht en expliciet

Op een onderzoekende en ontwerpende manier leren vraagt van leerlingen een andere, meer actieve leerhouding. Uit verscheidene reviews blijkt dat het belangrijk is dat de leerkracht expliciet aandacht hieraan besteedt. Effectieve leerkrachten communiceren de gedragingen en houdingen die leerlingen moeten tonen en spreken verwachtingen uit ten aanzien hiervan. Concreet houdt dit onder meer in dat de leerkracht expliciet maakt aan welke (procedurele, epistemische, conceptuele en sociale) doelen er wordt gewerkt, kenbaar maakt wat de structuur van de les is, uitlegt hoe de activiteiten leiden tot het behalen van de doelen, expliciete instructie geeft over de toepassing van denkstrategieën, aangeeft hoe er samengewerkt moet worden, en duidelijk is over hoe de leerlingen te werk moeten gaan en hoe er omgegaan dient te worden met de materialen/middelen/apparaten.

4. Actief betrekken van de voorkennis

Op grond van eerdere ervaringen en lessen hebben leerlingen al ideeën en kennis over de thema's die behandeld worden in W&T-lessen. Hoewel de aanwezige concepten het leren kunnen bevorderen, kunnen ze het leren ook in de weg zitten.

Dit is het geval wanneer leerlingen onvolledige en/of onjuiste concepten hebben. Daarom is het belangrijk dat de leraar actief de voorkennis van leerlingen activeert, deze expliciet maakt en betreft in de les. Dit vereist meer dan enkel het activeren van de voorkennis aan het begin van de les. Het gaat om het continu vergelijken en verbinden van de aanwezige kennis met wat er wordt geleerd.

5. Contextualiseren van de kennis

De reviewstudies over effectief W&T-onderwijs wijzen op het belang van het contextualiseren van de aan te leren kennis en vaardigheden. Contextualiseren houdt in dat de kennis en vaardigheden in een voor de leerlingen betekenisvolle context worden aangeboden en aangeleerd. Schroeder, Scott, Tolson, Huang & Leer (2007) concluderen in hun meta-analyse dat contextualiseren een grote impact heeft op de cognitieve leerprestaties. Potvin en Hasni (2014) stellen in het verlengde hiervan, dat alle studies over contextualiseren ook positieve effecten rapporteren op de interesse, motivatie en houding van leerlingen ten aanzien van W&T.

6. Interactie en dialoog

De interactie tussen de leerkracht en zijn/haar leerlingen en tussen de leerlingen onderling is van groot belang voor de effectiviteit van onderwijs in W&T. De leerkracht kan de kwaliteit van de interactie op verschillende manieren bevorderen, bijvoorbeeld door: 1) vragen van zowel lagere als hogere cognitieve orde te stellen, 2) wachttijd in acht te nemen na het stellen van een vraag (vooral bij vragen van hogere cognitieve orde), 3) even te wachten met reageren nadat een leerling een antwoord heeft gegeven (aangezien leerlingen vaak nog belangrijke toevoegingen doen), 4) antwoorden van leerlingen op een meer begrijpelijke en/of correcte manier te herhalen, 5) te vragen aan de andere leerlingen of ze denken dat een antwoord juist is, 6) te vragen of iemand een aanvulling op een antwoord heeft, 7) vervolgvragen te stellen om het denken verder te ontwikkelen, 8) vragen eenvoudiger te formuleren wanneer een leerling onvoldoende begrip heeft van de leerstof, 9) vragen te stellen die eerder geleerde, relevante kennis activeert, zodat het beter mogelijk is voor leerlingen om een antwoord te geven, en 10) vragen te stellen die toetsen of de vereiste voorkennis aanwezig is. Wanneer leraren deze en andere interactietechnieken toepassen, vergroten ze de kans dat leerzame dialogen ontstaan.

7. Samenwerkend leren

De toepassing van samenwerkend leren in W&T-onderwijs heeft positieve effecten op de cognitieve prestaties en is tevens bevorderlijk voor de interesse, motivatie en attitude van leerlingen ten aanzien van W&T. Het samenwerkproces moet echter wel adequaat worden voorbereid en begeleid. De leerkracht moet afspraken maken over hoe er samengewerkt wordt en dient de samenwerking op een goede manier te begeleiden. Deze begeleiding moet zich vooral richten op de bevordering van constructieve interactieprocessen in de groepen, zoals het bieden van hulp aan elkaar en het voortbouwen op elkaars bijdragen.

8. Hands-on en minds-on activiteiten

Uit tal van reviewstudies blijkt dat leerlingen meer leren wanneer ze tijdens W&T-leslessen praktisch aan de slag gaan; dus daadwerkelijk onderzoek opzetten en uitvoeren of ontwerpen bedenken, testen en verbeteren. Dit praktisch bezig zijn mag zich echter niet beperken tot het uitvoeren van een proefje volgens een vastliggend stappenplan. De praktische activiteiten dienen het denken te bevorderen en bij te dragen aan de bevordering van competenties in de vier dimensies van onderzoekend en ontwerpend leren die Furtak en collega's (2012) onderscheiden: procedureel, epistemisch, conceptueel, sociaal.

9. Toetsen om te leren

In de onderwijskundige literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen 'assessment of learning' en 'assessment for learning'. De reviewstudies benadrukken het belang van 'assessment for learning' voor de effectiviteit van W&T-onderwijs. Deze vorm van toetsing is gericht op het vaststellen van wat er is geleerd, en om te kunnen besluiten over vervolgstappen in het leerproces. Het gaat om het verkrijgen van inzicht in wat leerlingen al weten en kunnen, waar ze (nog) moeite mee hebben, en op welke punten remediëring en/of extra oefening nodig is. Leraren kunnen op verschillende manieren het leren toetsen, bijvoorbeeld door het stellen van vragen, door leerlingen te observeren, door diagnostische toetsen af te nemen en door leerlingenwerk te analyseren. Belangrijk is dat leerlingen actief betrokken worden in dit proces. Leerlingen leren meer wanneer ze veelvuldig gedetailleerde feedback krijgen op hun leren en concrete aanwijzingen krijgen over hoe hun leren te verbeteren.

10. Benutten van media/ICT 10

In een aantal reviews is gekeken naar het effect van de inzet van technologie tijdens W&T-lessen. Het gaat hierbij met name om de benutting van simulaties, apps en video's. Over het algemeen wordt geconcludeerd dat de inzet van media/ICT het leren ondersteunt en ook bijdraagt aan de leerprestaties.

Kerndoelen voor W&T-onderwijs op de pabo

Nu helder is wat verstaan wordt onder hoogwaardig W&T-onderwijs in het basisonderwijs, is het belangrijk om na te gaan waar pabo-studenten moeite mee hebben met betrekking tot het ontwerpen en verzorgen van dit onderwijs. Door de kennis van beide terreinen te integreren, kunnen doelen geformuleerd worden voor het W&T-onderwijs op de pabo.

Ervaren moeilijkheden van studenten bij het verzorgen van W&T-onderwijs

Er is veel bekend over wat W&T-onderwijs doeltreffend maakt. Veel pabo-studenten geven echter aan het lastig te vinden om onderwijs in Wetenschap & Technologie te verzorgen. Hoe komt dit eigenlijk? Tegen welke zaken lopen zij aan en wat zijn hiervan de consequenties? Ook hierover is wetenschappelijk onderzoek gezocht, geanalyseerd en geïntegreerd. De volgende acht ervaren moeilijkheden komen naar voren uit de review:

1. Weinig kennis van W&T

Pabo-studenten hebben doorgaans geen achtergrond in bèta en techniek. Een gevolg hiervan is dat de kennis die ze hebben van deze domeinen beperkt is. Onderzoek is verricht naar de kennis van pabo-studenten en leraren basisonderwijs over thema's als licht, de watercyclus, energie, de fasen van de maan, dag en nacht, en de seizoenen. De studies concluderen dat de kennis tekort schiet. Vaak blijken pabo-studenten dezelfde misconcepten te hebben als leerlingen in het basisonderwijs.

2. Onderzoeken en ontwerpen

Niet alleen de vakkennis is gering. De doorsnee pabo-student heeft ook weinig verstand van het opzetten en doen van onderzoek. Het gaat hierbij om het begrip en de toepassing van vaardigheden zoals het formuleren van onderzoeksvragen en hypothesen, het identificeren, operationaliseren en controleren van variabelen, en ook het verzamelen, analyseren en interpreteren van gegevens. Davis, Petish en Smithey (2006, p.616) concluderen op grond van het onderzoek hierover: '...many preservice teachers have unsophisticated understandings of inquiry and related skills, though of course individuals vary'.

3. Naïeve kijk op wetenschap

Er is veel onderzoek gedaan naar de overtuigingen van pabo-studenten over wetenschap. Deze overtuigingen hebben betrekking op de wijze waarop wetenschap wordt bedreven, op hoe wetenschappelijke kennis wordt geconstrueerd, en op de aard van wetenschappelijke kennis. Lederman (1992) heeft de bevindingen van de studies hierover samengenomen. De belangrijkste conclusie is dat pabo-studenten een naïeve kijk hebben op wetenschap. Ze hebben bijvoorbeeld het idee dat er één wetenschappelijke methode is, dat wetenschap waarheden produceert en leerboeken de waarheden weergeven.

4. Pedagogical-content knowledge

Een ander aspect waarnaar veel onderzoek is verricht, heeft betrekking op de kennis van pabo-studenten over specifieke W&T thema's in relatie tot de keuze voor instructiestrategieën en leeractiviteiten. Door een gebrek aan vakkennis zijn

pabo-studenten vaak niet in staat goede instructieaanpakken en activiteiten te kiezen, zo blijkt uit de studies. Veel van de besluiten over de inrichting van lessen zijn gebaseerd op 'getting children to behave'.

5. Gerichtheid op leren

Pabo-studenten vinden het belangrijk oog en aandacht te hebben voor hoe hun leerlingen W&T-leren. Toch wordt in veel studies geconcludeerd dat de aandacht die ze hiervoor hebben weinig diepgang kent en ze ook niet uitgebreid aandacht hieraan besteden. Ze staan weinig stil bij hoe leerlingen bepaalde W&T-fenomenen het beste kunnen leren en welke activiteiten en instructies doeltreffend hieraan bijdragen.

6. Low-risk activiteiten

Onderzoekend en ontwerpend leren wordt aanbevolen voor onderwijs in W&T. Dit betekent echter niet dat deze aanpakken veelvuldig toepassing vinden in de onderwijspraktijk. De inzet ervan vergt veel qua kennis, vaardigheden, organisatie en klassenmanagement van pabo-studenten. Teveel, zo blijkt uit de studies hierover. Ze volgen liever de methode en zoeken naar low-risk activiteiten; activiteiten waarvan de uitkomsten zeker zijn, die vrijwel geen voorbereidingstijd kosten en weinig organisatie en management vereisen.

7. Managen van de klas

Het managen van een klas is een opgave voor pabo-studenten. Dit is zeker het geval bij onderwijs in W&T. Ze maken zich hierover dan ook zorgen en hebben er moeite mee. Vaak weten ze niet hoe om te gaan met verstoringen tijdens hun lessen en de reacties op ordeverstoringen zijn veelal vaag en ineffectief. De zorgen hierover kunnen consequenties hebben voor de didactische keuzes die worden gemaakt. Davis, Petish en Smithey (2006, p.628) geven aan: '...we see that new teachers tend to have concerns about and struggles with management, sometimes leading them to engage in less reform-oriented teaching practices.'

8. Vertrouwen in eigen kunnen

Over het algemeen hebben pabo-studenten weinig vertrouwen in hun eigen vermogens ten aanzien van het geven van W&T-onderwijs. Vertrouwen in eigen kunnen is van belang voor het geven van hoogwaardig onderwijs in W&T. Pabo-studenten met veel vertrouwen zijn bijvoorbeeld beter in staat om leerlingen te betrekken in hun onderwijs, zijn ervan overtuigd dat leerlingen in staat zijn om te leren door samen te werken en door te experimenteren, en ze doen meer aan professionalisering op het terrein van W&T.

Doelen voor W&T-onderwijs op de pabo

Pabo's streven ernaar studenten op te leiden hoogwaardig onderwijs in W&T te verzorgen aan leerlingen in het basisonderwijs. Hoogwaardig W&T-onderwijs houdt in dat er op een onderzoekende en ontwerpende manier wordt geleerd en de competenties van leerlingen in vier dimensies worden gestimuleerd: de procedurele dimensie, de epistemische dimensie, de conceptuele dimensie, en de sociale dimensie. Maar wat moeten pabostudenten precies kunnen om dit te realiseren in hun onderwijs? Wat zijn belangrijke doelen voor het W&T-onderwijs op pabo? Op basis van de kennis over hoogwaardig W&T-onderwijs en ook de kennis over de moeilijkheden pabostudenten ervaren bij het ontwerpen en verzorgen van W&T-onderwijs, kunnen we een aantal kerndoelen formuleren voor het onderwijs op de pabo.

Doel 1: De student kan W&T-lessen ontwikkelen en geven waarin doelbewust, systematisch en gelijktijdig wordt gewerkt aan de ontwikkeling van competenties van leerlingen in de procedurele dimensie, de epistemische dimensie, de conceptuele dimensie, en de sociale dimensie.

Doel 2: De student kan W&T-lessen ontwikkelen en verzorgen volgens de uitgangspunten/stappen van het begeleid onderzoekend en ontwerpend leren.

Doel 3: De student besteedt in W&T lessen expliciet aandacht aan de leerhouding van leerlingen. Zij/hij spreekt verwachtingen uit ten aanzien van de gedragingen en houdingen die gewenst zijn, legt hiervan het belang uit en ondersteunt leerlingen in de ontwikkeling van hun leerhouding.

Doel 4: De student activeert de voorkennis van leerlingen tijdens W&T-lessen, betreft de kennis in zijn lessen en laat leerlingen tijdens de les continu de aanwezige kennis vergelijken met wat er wordt geleerd.

Doel 5: De student plaatst de aan te leren W&T-kennis en vaardigheden in voor leerlingen betekenisvolle contexten.

Doel 6: De student bevordert leerzame dialogen tijdens W&T-lessen door de inzet van verschillende interactietechnieken.

Doel 7: De student laat leerlingen samenwerken aan onderzoeksopdrachten en ontwerp opdrachten. Zij/hij maakt afspraken met leerlingen over hoe er wordt samengewerkt, bevordert constructieve interactieprocessen tijdens het samenwerken en reflecteert met leerlingen op de samenwerking.

Doel 8: De student laat leerlingen tijdens W&T-lessen praktisch bezig zijn met ontwerp opdrachten en onderzoeksopdrachten. Zij/hij zorgt ervoor dat deze activiteiten doelgericht bijdragen aan de ontwikkeling van competenties in de procedurele, epistemische, conceptuele en sociale dimensie.

Doel 9: De student past de principes van 'assessment for learning' toe in het W&T-onderwijs. Zij/hij gaat op basis van observaties, gesprekken met leerlingen, leerlingenwerk en toetsen na wat leerlingen al kennen en kunnen, waar ze (nog) moeite mee hebben, op welke punten remediëring en/of extra oefening nodig is en bepaalt op basis van de inzichten in het leren van leerlingen de vervolgstappen in het leerproces. Daarbij geeft de student haar/zijn leerlingen veelvuldig, gedetailleerde feedback op het leren en biedt zij/hij ze concrete aanwijzingen om het leren te verbeteren.

Doel 10: De student zet media en ICT op een functionele wijze in tijdens W&T-lessen

Doel 11: De student heeft adequate, rijke beelden van natuurwetenschappelijke en technische fenomenen.

Doel 12: De student is in staat zelfstandig en met anderen onderzoek op te zetten en uit te voeren en technische ontwerpen te ontwikkelen, testen en verbeteren.

Doel 13: De student heeft een realistische kijk op wetenschap. Zij/hij heeft inzicht in het proces waarop wetenschappelijke kennis tot stand komt, weet dat er meerdere manieren zijn om (wetenschappelijke) kennis te vergaren, en weet dat (wetenschappelijke) kennis een voorlopig karakter heeft.

Doel 14: De student kiest, ontwerpt en verzorgt activiteiten en instructies die doeltreffend bijdragen aan de verwezenlijking van de beoogde W&T-doelstellingen.

Doel 15: De student is in staat onderzoekend en ontwerpend leren op een goede manier te organiseren en de klas te managen tijdens W&T-lessen. Zij/hij weet adequaat en effectief om te gaan met eventuele verstoringen tijdens de lessen.

Doel 16: De student heeft vertrouwen in haar/zijn eigen kunnen om W&T-lessen te verzorgen.

Richtlijnen voor W&T-onderwijs op de pabo

De kennis over effectief W&T-onderwijs en de moeilijkheden die pabo-studenten ervaren, kunnen richting bieden aan de inhoud van het pabo-curriculum. De kennis informeert over wat de moeite van het aanleren waard is. Vraag is vervolgens hoe dit zo doeltreffend mogelijk te doen. Wat is kenmerkend voor effectieve opleidingspraktijken op de pabo?

In het project Onderzoekende pabo's is op twee manieren getracht zicht te krijgen op effectieve opleidingsprincipes: 1) een analyse van good practices in W&T op lerarenopleidingen voor het basisonderwijs, en 2) een review van wetenschappelijk onderzoek over het opleiden/professionaliseren van leraren.

Effectief W&T-onderwijs bij good practices in de praktijk

De good practices ten aanzien van W&T zijn door lerarenopleiders W&T in samenspraak met hun collega's geïdentificeerd en geselecteerd. In totaal zijn tien good practices in beeld gebracht. Deze beelden zijn bestudeerd door een team van lerarenopleiders W&T en drie lectoren. Iedere good practice is door twee onafhankelijke personen geanalyseerd. In de analyse hebben ze aangegeven wat hun algemene indruk is van de good practice, hebben ze fragmenten geselecteerd die belangrijke elementen weergeven van goed onderwijs in W&T, en aangegeven op welke wijze de good practice verrijkt zou kunnen worden. Op grond hiervan hebben ze richtlijnen beschreven voor het ontwerpen en verzorgen van onderwijs in W&T op de lerarenopleiding. Tijdens een expertbijeenkomst zijn de analyses vergeleken en is gediscussieerd over de ontwerprichtlijnen. Op basis hiervan is getracht tot consensus te komen over de kenmerken van goede W&T-praktijken op de lerarenopleiding basisonderwijs. Hieronder worden twee voorbeelden van good practices weergegeven. De overige good practices en de beelden ervan zijn te vinden op www.techyourfuture.nl.

Science dag - Good practice

In de good practice van *Iselinge Hogeschool* zien we hoe de pabo-studenten zich voorbereiden op de science dag. Honderd basisschoolleerlingen zijn uitgenodigd op de pabo om verschillende proeven en experimenten te doen op het gebied van wetenschap en techniek. Doel van de science dag is pabo-studenten een opstelling van de dag te laten maken, waardoor basisschoolleerlingen betrokken raken bij een onderwerp en hierdoor meer over het onderwerp willen weten. De pabo-studenten zijn verantwoordelijk voor de inhoud en opzet van de science dag en daardoor ondergaan zij drie belangrijke fases binnen het onderzoekend leren. Allereerst is dat de stap die zorgt voor het creëren van verwondering en het stellen van vragen over een bepaald fenomeen. De tweede stap is het doen van een onderzoek: doordenken, uitproberen en dan een conclusie trekken. De derde stap is het presenteren van conclusies en het verdiepen in het fenomeen.



Veldwerk Orvelte - Good practice

Studenten die twee dagen veldonderzoek verrichten. Dat is de kern van de good practice van Saxion Deventer. We zien hoe studenten zich in een thema verdiepen, hoe zij onderzoeksvragen genereren, vervolgens in het veld antwoorden proberen te vinden op hun vragen, en deze antwoorden uiteindelijk aan elkaar presenteren. De studenten ervaren in de twee dagen zelf wat veldwerk inhoudt door voortdurend geconfronteerd te worden met fenomenen. Ze leren de mogelijkheden zien van veldwerk voor de eigen onderwijspraktijk, leren zelfstandig onderzoek doen, en ontwikkelen door het doen van onderzoek hun vakinhoudelijke kennis. Een ander belangrijk doel van de tweedaagse is het verkrijgen van inzichten in de mogelijkheden van vakkenintegratie. Er wordt met name gefocust op de integratie van taal en rekenen met de zaakvakken, omdat in het basisonderwijs veel tijd aan deze vakken wordt besteed. De studenten worden uitgedaagd de kansen die er zijn om vakken te integreren te benutten in de basisschool.



Kenmerken van effectieve opleidingspraktijken voor W&T op de pabo

Op basis van de analyse van de wetenschappelijke literatuur en de analyse van de good practices, zijn kenmerken van effectieve opleidingspraktijken met W&T geïdentificeerd. De zeven kenmerken zijn:

1. Onderdompeling

Uit de analyses van de good practices W&T op de lerarenopleiding blijkt dat pabo-studenten veel ondergedompeld worden in W&T. Ze worden geconfronteerd met W&T-fenomenen en doen onderzoek en/of maken en toetsen een ontwerp. Het zelf ervaren van W&T-onderwijs heeft tot doel de kennis en vaardigheden van studenten te ontwikkelen en ze rijke beelden te geven van hoogwaardig onderwijs in W&T. Lerarenopleiders hebben een voorbeeldfunctie tijdens de onderdompeling in W&T. Ze modelleren de kennis en vaardigheden die pabo-studenten moeten ontwikkelen.

2. Evidence based

Het uiteindelijke doel van het opleiden van pabo-studenten is dat leerlingen doeltreffend leren. Er is veel bekend over wat wel en niet werkt voor leerlingen in het basisonderwijs op het gebied van onderwijs in W&T. Het is belangrijk om pabo-studenten pedagogische en didactische kennis en kunde aan te leren, waarvan is aangetoond dat ze doeltreffend bijdragen aan het leren van leerlingen in het basisonderwijs.

3. Voldoende tijd

De reviewstudies omtrent het effectief opleiden van pabo-studenten benadrukken het belang van tijd. Pabo-studenten moeten voldoende tijd krijgen om nieuwe vaardigheden en kennis te leren en deze toe te leren passen in hun lessen. Hoewel dit een open deur lijkt te zijn, krijgen studenten op de pabo niet altijd de tijd om met de leerstof te oefenen in de basisschoolpraktijk, zo blijkt uit de analyses van de good practices. Vaak blijft het bij een enkele oefening.

4. Doelbewuste oefening

Voldoende tijd krijgen om te oefenen met onderwijsprincipes en werkwijzen is van belang voor het eigen maken ervan. De reviewstudies benadrukken in het verlengde hiervan dat het oefenen doelbewust moet zijn en pabo-studenten ook (enige)

inspraak moeten hebben in waarin zij zich verder willen bekwamen. In verschillende good practices zien we dat pabo-studenten specifieke vaardigheden ontwikkelen en doelgericht hiermee oefenen, bijvoorbeeld het observeren van onderzoekend leren, taal integreren in W&T-lessen, en de nabespreking in W&T-lessen. Belangrijk is dat pabo-studenten in verschillende omstandigheden, dus bij verschillende groepen en in verschillende contexten, oefenen met de aan te leren W&T-onderwijsprincipes en werkwijzen.

5. Observeren en reflecteren

Beelden en voorbeelden zijn krachtige middelen om pabo-studenten nieuwe kennis en vaardigheden eigen te laten maken. Het zien van experts kan inzichten bieden in de te ontwikkelen kennis en vaardigheden en het belang ervan. Tegelijkertijd vergemakkelijkt het zien van de kennis en vaardigheden in 'actie' de toepassing ervan in de onderwijspraktijk. Ook het gericht observeren van jezelf tijdens W&T-lessen is van belang voor de ontwikkeling van pabo-studenten. Het is belangrijk dat ze regelmatig W&T-lessen filmen, deze opnames terugkijken en hierop reflecteren.

6. Feedback

Feedback heeft een krachtig effect op de leerprestaties van leerlingen. Wat geldt voor leerlingen in het basisonderwijs, geldt ook voor pabo-studenten. Feedback op het leren is belangrijk voor de professionele ontwikkeling. Deze feedback komt van experts (bijv. lerarenopleiders), stagebegeleiders, en medestudenten, en kan betrekking hebben op de kennisontwikkeling, zowel vakinhoudelijk als vakdidactisch, en op de toepassing van didactische principes en werkwijzen tijdens W&T-lessen.

7. Congruentie met de praktijk

Om nieuwe kennis en vaardigheden te laten beklijven en permanente oefening ervan te waarborgen, is het belangrijk dat de opleiding en de onderwijspraktijk met elkaar samenwerken. Optimaal is dat pabo-studenten ervaren dat hetgeen op de opleiding wordt aangeleerd, in de praktijk wordt gepraktiseerd en gewaardeerd. Dit is niet zonder meer het geval. Soms wordt een kloof ervaren tussen wat op de opleiding wordt geleerd en wat in de basisschoolpraktijk gangbaar is.

Ontwerprichtlijnen voor W&T-onderwijs op de pabo

De kennis over de effectieve kenmerken kan benut worden bij het ontwerpen en verbeteren van het W&T-onderwijs op de pabo. Hieronder presenteren we op basis van de kenmerken zeven richtlijnen voor het ontwerpen en verbeteren van leereenheden W&T op de pabo.

Richtlijn 1: In leereenheden W&T worden pabo-studenten geconfronteerd met concrete natuurwetenschappelijke en technische fenomenen, die aanzetten tot het gezamenlijk doen van onderzoek of het maken en toetsen van een ontwerp. Om zo de eigen vaardigheden en kennis ten aanzien van W&T te ontwikkelen en rijke beelden te krijgen van W&T-onderwijs.

Richtlijn 2: De (didactische) kennis en vaardigheden die studenten in leereenheden W&T krijgen aangeleerd, zijn wetenschappelijk onderbouwd. Er is empirische evidentie dat het geleerde doeltreffend bijdraagt aan het leren van leerlingen.

Richtlijn 3: Studenten krijgen in leereenheden W&T voldoende tijd om de kennis en vaardigheden te leren en te leren toepassen in de onderwijspraktijk. Dit betekent dat er veelvuldig wordt geoefend met de nieuwe kennis en vaardigheden in de onderwijspraktijk.

Richtlijn 4: Binnen leereenheden W&T worden studenten uitgedaagd om doelbewust te oefenen met bepaalde kennis en vaardigheden. Studenten oefenen in verschillende omstandigheden de kennis en de vaardigheden toepassen.

Richtlijn 5: Studenten krijgen in leereenheden W&T beelden van experts te zien die de te ontwikkelen kennis en vaardigheden toepassen in de praktijk. Verder worden studenten uitgedaagd hun eigen lessen te filmen, deze terug te kijken en hierop te reflecteren. Het vermogen tot reflectie wordt gevoed door de bestudering van wetenschappelijke theorievorming en uitkomsten van onderzoek aangaande W&T onderwijs.

Richtlijn 6: Studenten krijgen in leereenheden W&T feedback van experts (bijv. lerarenopleiders) en medestudenten op de uitvoering van lessen en de toepassing van didactische vaardigheden.

Richtlijn 7: Het onderwijswerkveld is op de hoogte van de inhoud van leereenheden W&T op de lerarenopleiding, onderstrepen het belang ervan en dragen bij aan de verwezenlijking van de opleidingsdoelen op het gebied van W&T.

W&T-onderwijs ontwerpen voor de pabo

Op basis van de kennis over wat effectief W&T-onderwijs is, de kennis over de ervaren moeilijkheden van pabo-studenten bij het ontwerpen en verzorgen van W&T-onderwijs, en de kennis over kenmerken van effectieve opleidingspraktijken, is een model ontwikkeld voor onderwijs in W&T op de pabo. Dit model is bedoeld als houvast bij het ontwikkelen en toetsen van W&T-onderwijs.

Ontwerpmodel over W&T-onderwijs op de pabo

Het model biedt houvast voor het ontwikkelen en toetsen van het W&T onderwijs. Het model kent drie fasen, te weten: onderdompeling, abstractie, en doelbewust oefenen. De gedachte achter dit model is dat leraaropleiders leersituaties creëren vanuit de 'teach as you preach' gedachte.

Fase 1: Onderdompeling	Fase 2: Abstractie	Fase 3: Doelbewuste oefening
• concrete fenomenen • nieuwsgierigheid/verwondering • onderzoeken én ontwerpen • pressure-cooking situaties	• reflectie op proces • theoretiseren: vakinhouden, didactische modellen, vakkenintegratie, etc.	• oefenen van kennis en vaardigheden W&T in de praktijk met leerlingen • filmen van de oefening en reflecteren

Fase 1: Onderdompeling

Dompel studenten onder in Wetenschap & Technologie. Prikkel hun nieuwsgierigheid door ze concrete fenomenen zoals bijvoorbeeld luchtdruk, statische elektriciteit en drijven en zinken te laten ervaren. Creëer situaties die verwondering over de fenomenen ontlokken en die aanzetten tot het doen van onderzoek of het maken en toetsen van een ontwerp. Zorg ervoor dat de onderzoeks- en ontwerpactiviteiten die de studenten uitvoeren de vier dimensies van W&T bevatten en stimuleren: procedurele dimensie, epistemische dimensie, conceptuele dimensie, sociale dimensie. Wees als lerarenopleider een voorbeeld voor de studenten en modelleer de effectieve onderwijsprincipes op het terrein van W&T: besteed expliciet aandacht aan de leerhouding, activeer en betrek de voorkennis van studenten, bevorder leerzame dialogen met behulp van interactietechnieken, laat de studenten samenwerken en begeleid de samenwerking, plaats de te leren kennis en vaardigheden in een betekenisvolle context, zet media en ICT op een functionele wijze in, geef studenten rijke, gedetailleerde feedback, en pas de principes van 'assessment for learning' toe.

Het onderzoeken en ontwerpen in de fase onderdompeling heeft tot doel de eigen vaardigheden, kennis en houding van studenten te ontwikkelen in de vier dimensies, de studenten te laten nadenken over hoe onderwijs in Wetenschap & Technologie te verzorgen aan leerlingen in het basisonderwijs en ze rijke beelden te bieden over hoogwaardig onderwijs in W&T. Om de (cognitieve) betrokkenheid, activiteit, interesse en motivatie van de studenten te verhogen, is er sprake van pressure-cooking. Dat wat de studenten ervaren en leren, moeten ze op korte termijn toepassen in de onderwijspraktijk. Dit bevordert de wil om te weten, om te begrijpen, om te delen, om te bereiken en om kritisch te zijn.

Fase 2: Abstractie

Zorg na de onderdompeling voor reflectie. De focus van de reflectie is afhankelijk van het doel van het leerproces en kan zich daarom op verschillende zaken richten, zoals: vakinhoud ('Wat heb je ontdekt over statistische elektriciteit?'), vaardigheden ('Op welke wijze hebben jullie het onderzoek/ontwerp ingericht?'), ervaringen ('Hoe vond je deze manier van werken?'), attitude ('Hoe sta je ten opzichte van dit type onderwijs?'), (vak-)didactiek ('Wat is je rol als leerkracht bij dit soort onderwijs?') en zelfvertrouwen ('Zou jij dit soort lessen kunnen/durven geven in je stage?'). Tijdens en/of na de reflectie geef je ruimte om te theoretiseren. Benut hierbij de mogelijkheden van beelden en voorbeelden. Ook voor het theoretiseren geldt dat de focus afhankelijk is van de doelen die voor het leerproces zijn gesteld. Het theoretiseren dient vooral gericht te zijn op de doelen voor hoogwaardig W&T-onderwijs:

- a. de verschillende dimensies van W&T-onderwijs;
- b. de modellen van onderzoekend en ontwerpend leren;
- c. de leerhouding van leerlingen en hoe deze te stimuleren;
- d. de verschillende manieren om de kennis en vaardigheden te contextualiseren;
- e. het organiseren en begeleiden van samenwerkend leren;
- f. het activeren en betrekken van de concepten van leerlingen in de les;
- g. de inzet van media en ICT tijdens W&T-lessen;
- h. het geven van feedback op het leren van leerlingen;
- i. het toetsen ter bevordering van het leren;
- j. de bevordering van leerzame dialogen door de inzet van verschillende interactietechnieken;
- k. de vakinhouden;
- l. de wijze waarop wetenschap functioneert en de aard van wetenschappelijke kennis;
- m. het organiseren van onderzoekend en ontwerpend leren en klassenmanagement.

Doel van de reflectie en het theoretiseren is het verdiepen, verbreden en verrijken van de (vak-)kennis, de (didactische) vaardigheden en houdingen van de studenten ten aanzien van Wetenschap e& Technologie. Omdat de doelen breed zijn en meerdere gebieden beslaan, valt aan te raden meerdere lerarenopleiders te betrekken bij het onderwijs in W&T op de lerarenopleiding. Lerarenopleiders taal kunnen studenten bijvoorbeeld helpen hun dialogen te verbeteren door de inzet van interactietechnieken, lerarenopleiders onderwijskunde kunnen studenten bijvoorbeeld leren de principes van 'assessment for learning' toe te passen, en pabo-docenten onderzoek kunnen studenten inzicht bieden in de aard van wetenschap (de epistemische dimensie).

Fase 3: Doelbewust oefenen

Abstractie biedt pabo-studenten een verdiepend inzicht in onderwijs in Wetenschap & Technologie, maar leidt niet zonder meer tot de benutting van deze inzichten in de onderwijspraktijk. Zorg daarom na de onderdompeling en abstractie voor een fase waarin pabo-studenten doelbewust oefenen met het ontwerpen en verzorgen van onderwijs in Wetenschap & Technologie. Dit proces van oefenen vloeit logisch voort uit de onderdompeling (fase 1) en de reflectie op het proces en het theoretiseren (fase 2). Het doel van het leerproces van de pabo-studenten bepaalt dus waarmee ze in de onderwijspraktijk oefenen. Om het leerrendement van de doelbewuste oefening te verhogen wordt het onderwijs dat de student geeft gefilmd. Op basis van de beelden kan de student reflecteren en leerpunten formuleren voor een volgende oefening in de praktijk. De beelden worden daarnaast benut om feedback te krijgen op

het eigen handelen van anderen: medestudenten, begeleiders in de praktijk en experts (lerarenopleiders). Tevens kunnen pabo-studenten en pabo-docenten de beelden benutten om verder te theoretiseren. De doelbewuste oefening kan door het filmen en reflecteren en theoretiseren dus weer leiden tot abstractie (fase 2). Het onderwijs dat de pabo-studenten ontwerpen en verzorgen spiegelt het onderwijs zoals zij dat hebben ervaren tijdens de onderdompeling (fase 1), zodat er sprake is van 'teach as you preach'. En daarmee is de cirkel rond.

Tot slot...

Het procesmodel is bedoeld als houvast om het onderwijs in Wetenschap & Technologie op de pabo onder de loep te nemen en waar mogelijk te verbeteren. Daarbij kan het model richting geven aan de ontwikkeling van nieuwe leereenheden Wetenschap & Technologie. Het gepresenteerde model is echter een begin. Doorontwikkeling en verdere doordinking is nodig. De komende tijd gaan we hiermee aan de slag. We zullen onderzoek verrichten en op basis hiervan het model herontwerpen. Voortdurend zoeken naar verbetering is wellicht dan ook de essentie van een onderzoekende pabo. Een onderzoekende pabo blijft streven naar de optimalisering van het onderwijs in W&T op de lerarenopleiding, zodat de nieuwe generatie leraren bereid en in staat is hoogwaardig onderwijs in W&T te verzorgen.

Literatuur

Kernpublicaties

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18.

Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D.C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86, 681-718.

Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 1-45.

Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T., & Lee, Y. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 1436-1460.

Overige referenties

Abell, S. K., Bryan, L. A., & Anderson, M. A. (1998). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4). 491-509.

Adams, P. E., & Krockover, G. H. (1997). Beginning science teaching in elementary school: the socialization of a science enthusiast student teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 633-653.

Anderson, R. D., & Mitchener, C. P. (1994). Research on science teacher training. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan.

Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 43-61.

Atwood, R. K., & Atwood, V. A. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of the seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 553-563.

Atwood, R. K., & Atwood, V. A. (1997). Effects of instruction on preservice elementary teachers' conceptions of the causes of night and day and the seasons. *Journal of Science Teacher Education*, 8(1), 1-13.

Bendall, S., Goldberg, F., & Galili, I. (1993). Prospective elementary teachers' prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1169-1187.

Blank, R. K., & de las Alas, N. (2009). *Meta-analysis study of the effects of teacher professional development with a math or science content focus on improving teaching and learning*. Council of National State Officers: Washington D.C.

Boone, W. J., & Gabel, D. L. (1998). Effectiveness of a model teacher preparation program for the elementary level. *Journal of Science Teacher Education*, 9(1), 63-84.

Bradford, C., & Dana, T. (1996). Exploring science teacher metaphorical thinking: a case study of a high school science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 121-139.

Caena, F. (2011). *Literature review Quality in Teachers' continuing professional development*. European Commission, Directorate-General for Education and Culture.

Clift, R., & Brady, P. (2005). Research on methods courses and field experiences. In M. Cochran-Smith & K. Zeichner (Eds.), *Studying teacher education: the report of the AERA panel on research and teacher education* (pp. 309-424). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Cochran, K., & Jones, L. (1998). The subject matter knowledge of preservice science teachers. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 707-718). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Cordingley P., Bell, M., Thomason, S., & Firth, A. (2005). The impact of collaborative continuing professional development (CPD) on classroom teaching and learning. Review: How do collaborative and sustained CPD and sustained but not collaborative CPD affect teaching and learning? In: *Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London.

Czerniak, C. M., & Shriver, M. L. (1994). An examination of preservice science teachers: seeing what matters. *Teaching and Teacher Education*, 22(3), 281-301.

Davis, E. A., Petish, D. & Smithey, J. (2006). Challenges new science teachers face. *Review of Educational Research*, 76(4), 607-651.

Desimone, L. M. (2009). Measures improving impact studies of teachers' professional development: toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38, 181-199.

Dillon, J. (2008). *A review of the research on practical work in school science*. http://www.score-education.org/media/3671/review_of_research.pdf.

Edwards, A., & Ogden, L. (1998). Constructing curriculum subject matter knowledge in primary school teacher training. *Teaching and Teacher Education*, 14(7), 735-747.

Ellis, J. D. (2001). A dilemma in reforming science teacher education: responding to students' concerns or striving for high standards. *Journal of Science Teacher Education*, 12(4), 295-310.

Enochs, L. G., Scharman, L. C., & Riggs, I. M. (1995). The relationship of pupil control to preservice elementary science teacher self-efficacy and outcome expectancy. *Science Education*, 79(1), 63-75.

Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B., & Yoon, K. W. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945.

Geddis, A. N., & Roberts, D. A. (1998). As science students become science teachers: a perspective on learning orientation. *Journal of Science Teacher Education*, 9(4), 271-292.

Ginns, I. S., & Watters, J. J. (1995). An analysis of scientific understanding of preservice elementary teacher education students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 205-222.

Ginns, I. S., & Watters, J. J. (1999). Beginning elementary school teachers and the effective teaching of science. *Journal of Science Teacher Education*, 10(4), 287-313.

Graft, M., van, Klein Tank, M., & Beker, T. (2016). *Wetenschap en Technologie in het basis- en speciaal onderwijs*. Enschede: SLO. Harlen, W. (1999). *Effective Teaching of Science*. Edinburgh, Scotland: Scottish Council for Research in Education.

Harmsen, R., & Lazonder, A. (2014). *Supporting Inquiry Learning: A Meta-Analysis*. Paper presented at EARLI SIG, Malmo, Sweden.

Hipkins, R., Bolstad, R., Jones, A., Barker, M., Bell, B., Coll, R., Cooper, B., Forret, M., Harlow, A., Taylor, I., France, B., & Haigh (2002). *Curriculum, learning and effective pedagogy: A literature review in science education*. Wellington: Ministry of Education.

Howes, E. (2000). Learning to teach science for all in the elementary grades: what do preservice teachers bring? *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 845-869.

INTASC, Interstate New Teacher Assessment and Support Consortium (2002). *Model standards for beginning teacher licensing and development: a resource for state dialogue*. Washington, DC: Council of Chief State School Officers.

Kagan, D. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129-169.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.

Knapp, M. S. (2003). Professional development as a policy pathway. *Review of research in education*, 27, 109-156.

Lawrenz, F., & Gray, B. (1995). Investigation of worldview theory in a South African context. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(6), 555-568.

Lawson, A. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving observable entities. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 237-252.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Lee, T. (1993). Comparisons of cognitive development, science process skills, and attitude towards science among Republic of China preservice teachers with different science backgrounds. *Science Education*, 77(6), 625-636.

Loughran, J. (1994). Bridging the gap: an analysis of the needs of second-year science teachers. *Science Education*, 78(4), 365-386.

Marx, R., Freeman, J., Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (1998). Professional development of science teachers. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 667-680). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Mayer, R. (2004) Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14-19.

McDevitt, T. M., Troyer, R., Ambrosio, A. L., Heikkinen, H. W., & Warren, E. (1995). Evaluating prospective elementary teachers' understanding of science and mathematics in a model preservice program. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), 749-775.

Motivaction & YoungWorks (2007). *Bèta Mentality – Jongeren boeien voor bèta en techniek*. Den Haag: Platform Bèta Techniek.

Mulholland, J., & Wallace, J. (2001). Teacher induction and elementary science teaching: enhancing self-efficacy. *Teaching and Teacher Education*, 17(2), 243-261.

Munby, H., & Russell, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 643-665). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Northfield, J. (1998). Teacher educators and the practice of science teacher education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 695-706). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Osborne, J., & Hennessy, S. (2003). *Literature review in science education and the role of ICT: promise, problems and future directions*. NESTA Futurelab Research report – report 6.

Peterson, R. F., & Treagust, D. F. (1998). Learning to teach primary science through problem-based learning. *Science Education*, 82(2), 215-237.

Rezba, R. J., Sprague, C. R., McDonnough, J. T., & Matkins, J. J. (2007). *Learning and assessing science process skills*. San Fransico: Kendall Hunt Publishing & Co.

Rice, D. C., & Roychoudhury, A. (2003). Preparing more confident preservice elementary science teachers: one elementary science methods teacher's self-study. *Journal of Science Teacher Education*, 14(2), 97-126.

Rijst, R.M. van der, Driel, J.H. van, Kijne, J.W., & Verloop, N. (2007). Scientific research dispositions in research, teaching and learning. In J.H. van Driel (chair), *University teachers' conceptions of relations between teaching and disciplinary research*. Symposium conducted at the biennial meeting of the European Association of Research in Learning and Instruction, Budapest, Hungary.

Roth, W. M., McGinn, M. K., & Bowen, G. M. (1998). How prepared are preservice teachers to teach scientific inquiry? Levels of performance in scientific representation practices. *Journal of Science Teacher Education*, 9(1), 25-48.

Schoon, K. J., & Boone, W. J. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82(5), 553-568.

Staver, J. R. (2007). *Teaching Science*. Geneva, Switzerland: Unesco, International Bureau of Education.

Stoddart, T., Connell, M., Stofflett, R., & Peck, D. (1993). Reconstructing elementary teacher candidates' understanding of mathematics and science content. *Teaching and Teacher Education*, 9(3), 229-241.

Stofflett, R. T., & Stoddart, T. (1994). The ability to understand and use conceptual change pedagogy as a function of prior content learning experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 31-51.

Sweeney, A. E. (2001) Incorporating multicultural and science-technology-society issues into science teacher education courses: successes, challenges and possibilities. *Journal of Science Teacher Education*, 12(1), 1-28.

Sweeney, A. E., Bula, O., & Cornett, J. (2001). The role of personal theories in the professional development of a beginning high school chemistry teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 408-441.

Tanis, M., Dobber, M., Zwart, R., & van Oers, B. (2014). *Beter leren door onderzoek. Hoe begeleid je onderzoekend leren van leerlingen*. NRO-review studie. Amsterdam: VU.

Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). *Teacher professional learning and development: best evidence synthesis*. Ministry of Education: New Zealand.

Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training: a cross-college age study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts. *Teaching and Teacher Education*, 19(3), 309-323.

Trumper, R., Raviolo, A., & Shnersch, A. (2002). A cross-cultural survey of conceptions of energy among elementary school teachers in training: empirical results from Israel and Argentina. *Teaching and Teacher Education*, 16(7), 697-714.

Trundle, K., Atwood, R., & Christopher, J. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(7), 791-809.

Veen, K. van, Zwart, R., Meirink, J., & Verloop, N. (2010). *Professionele ontwikkeling van leraren: een reviewstudie naar effectieve kenmerken van professionaliseringsinterventies van leraren*. ICLON: Leiden.

Tweed, A. (2009). *Designing effective science instruction: what works in science classrooms*. Arlington, Virginia: NSTA-press.

Vaessen, B., Prins, G., Savelsbergh, E., Rietbergen, C., Fechner, S., Draijer, J., & Bakker, A. (2015). *Effecten van vernieuwende onderwijsaanpakken op attitudes en leerprestaties in de bètavakken*. NRO-review studie. Utrecht: Universiteit Utrecht.

Verkenningcommissie wetenschap en technologie primair onderwijs (2013). *Advies Verkenningcommissie wetenschap en technologie primair onderwijs*. Den Haag: Platform Bèta Techniek.

Wideen, M., Mayer-Smith, J., & Moon, B. (1998). A critical analysis of the research on learning to teach: making the case for an ecological perspective on inquiry. *Review of Educational Research*, 68(2), 130-178.

Wilson, S. M., & Berne, J. (1999). Teacher learning and the acquisition of professional knowledge: an examination of research on contemporary professional development. *Review of Research in Education*, 24, 173-209.

Wise, K. C. (1998). Strategies for Teaching Science. *The Clearing House*, 69(6), 337-338.

Yerrick, R., Doster, E., Nugent, J., Parke, H., & Crawley, F. (2003). Social interaction and the use of analogy: an analysis of preservice teachers' talk during physics inquiry lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 443-463.

Yoon, K. S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B., & Shapley, K. (2007). *Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement* (Issues & Answers Report, REL 2007–No. 033). Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Regional Educational Laboratory Southwest. Retrieved from <http://ies.ed.gov/ncee/edlabs>.

Zee, S. van der, (2015). *De effectiviteit van daltononderwijs*. Deventer: Saxion Dalton University Press.

Zemba-Saul, C., Blumenfeld, P., & Krajcik, J. (2000). Influence of guided cycles of planning, teaching, and reflection on prospective elementary teachers' science content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 443-463.

TechYourFuture

info@techyourfuture.nl

www.techyourfuture.nl

Social media

 [/techyourfuture](#)
 [/techyourfuture_](#)
 [/techyourfuture](#)

TECH
YOUR
FUTURE

Centre of Expertise TechniekOnderwijs