



## **Vorbereiding op Lesgeven in Wetenschap en Techniek op de Basisschool**

Een analyse van Pabo programma's van de Pabo Almere,  
Pabo Hogeschool van Amsterdam en Ipabo

Ed van den Berg

E. van den Berg  
Expertisecentrum Wetenschap en Techniek Noord-Holland en Flevoland  
Amsterdam, november 2009

Met input van: Rene Onclin (HvA), Paul Ruis (EWT), Jenny Schrumph (Ipabo), Laura van Veen (NEMO) en Ben Willers (Pabo Almere).

*Het Expertisecentrum Wetenschap en Techniek Noord-Holland en Flevoland* is een samenwerkingsverband van Ipabo, Pabo Almere, InHolland, Hogeschool van Amsterdam, AMSTEL Instituut Universiteit van Amsterdam, NEMO, Artis en RTCA.

## Voorwoord

In het activiteitenplan van het Expertisecentrum Wetenschap en Techniek Noord-Holland en Flevoland van april 2008 staat: *De eerste inhoudelijke activiteit van de lector zal zijn om de W&T curricula van de verschillende Pabo's binnen het EWT te analyseren op de mate waarin deze aansluiten op het inhoudelijk kader van VTB Pro.* Ik heb deze opdracht ruimer geïnterpreteerd en ook vergeleken met internationale normen voor basisschool W&T curricula en voor opleiding van leerkrachten, zoals het UK National Curriculum voor leeftijden 7 en 11 en de daarvan afgeleide richtlijnen voor de Engelse Pabo's (ITTNC: Initial Training Teachers National Curriculum) en de National Science Education Standards uit de VS.

Dit verslag is bedoeld als een referentiekader voor de Pabo's aangesloten bij het EWT om de eigen W&T curricula kritisch te bekijken en te versterken. Het verslag functioneert als discussiestuk in de Pabo curriculum groep van het EWT.

Het eerste hoofdstuk geeft een visie op het vak W&T in de basisschool. Het hoofdstuk is met aanpassingen overgenomen uit het eerdere kennisbasis document. Hoofdstuk twee beschrijft welke kennis en vaardigheden nodig zijn om basisschool W&T verantwoord te geven en geeft een visie en richtlijnen voor W&T vak en vakdidactiek op de Pabo. In het derde hoofdstuk worden de Pabo curricula van de Hogeschool van Amsterdam, de Ipabo en Pabo Almere geanalyseerd en worden aanbevelingen gedaan.

O.a. als gevolg van VTB Pro en curriculum review door lector en de discussiegroep zijn de W&T curriculum onderdelen op de verschillende Pabo's in beweging. Zo zijn er minoren voor W&T in ontwikkeling en in uitvoering op de HvA, Ipabo en InHolland en worden enkele voorgestelde veranderingen uit de eerste ronde van het curriculum review inmiddels al uitgevoerd op Ipabo.

Tot dusver heeft InHolland niet deel kunnen nemen aan de EWT Pabo curriculum activiteiten. Daar is onlangs verandering in gekomen. Een review van de W&T component van de InHolland curricula zal over enkele maanden alsnog verschijnen als toevoeging bij dit verslag. Dan zullen we ook nog wat extra paragrafen toevoegen over techniek dat nu vooral in hoofdstuk 2 nog ondervertegenwoordigd is.

Dit is voorlopig een besloten verslag voor de partner instituties. Dat geldt vooral voor hoofdstuk 3. De eerste twee hoofdstukken + bibliografie mogen wat mij betreft verspreid worden.

Amsterdam, 17 november 2009

Ed van den Berg

## Inhoudsopgave

Vorbereiding op Lesgeven in Wetenschap en Techniek op de Basisschool .....	1
Inhoudsopgave.....	4
<b>Hoofdstuk 1 Doelen voor Wetenschap en Techniek Onderwijs in de Basisschool</b>	<b>5</b>
Waarom Basisschool W&T?.....	5
Inhoud van W&T op de basisschool .....	6
Onderzoekend en Ontwerpend Leren: Doel of Middel?.....	7
Attitude W&T .....	9
<b>Hoofdstuk 2 Doelen voor Wetenschap en Techniekonderwijs in     Lerarenopleiding .....</b>	<b>10</b>
Doel .....	10
Het leren van vak en vakdidactiek op de Pabo.....	11
Wat moeten Pabo studenten meer kennen en kunnen dan basisschoolleerlingen m.b.t. W&T? .....	12
I. De werkwijze en essentie van natuurwetenschap .....	12
II. Kennis .....	14
III. W&T vakdidactische kennis.....	15
IV. ICT en nieuwe media in W&T.....	15
<b>Bibliografie .....</b>	<b>17</b>
<b>Hoofdstuk 3 Analyse van drie Pabo W&amp;T programma's .....</b>	<b>21</b>
De vier Pabo's .....	21
Tijd voor W&T vak- en vakdidactiek.....	21
Stagebegeleiding in W&T .....	22
Toetsing .....	22
Toetsing door producten .....	24
Cursussen 1ste en 2de jaar .....	24
Hogeschool van Amsterdam .....	25
Ipabo.....	27
Pabo Almere .....	28
Suggesties.....	30
<b>Bijlage A. Wat weten ze, wat zijn de leerdoelen, wat leren ze? .....</b>	<b>32</b>
Inleiding.....	33
1. Plaatjes .....	33
2. Woorden en zinnen .....	33
3. Kastanjes .....	34
4. Concept cartoons .....	34
<b>Bijlage C. Observaties Minor W&amp;T Ipabo Alkmaar .....</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage D. Verslag Bezoek aan StOOM Pabo Almere .....</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage E. Checklist voor Pabo W&amp;T Curricula .....</b>	<b>40</b>

## Hoofdstuk 1 Doelen voor Wetenschap en Techniek Onderwijs in de Basisschool<sup>1</sup>

Dit hoofdstuk gaat over doelen voor W&T onderwijs op de basisschool. Op grond daarvan worden in hoofdstuk 2 richtlijnen voorgesteld voor de W&T component van Pabo programma's. In hoofdstuk 3 wordt dan gekeken in hoeverre de huidige pabo programma's daaraan tegemoet komen.

### **Waarom Basisschool W&T?**

De argumenten voor natuur en techniek onderwijs in de basisschool zijn bekend en – denken wij – onomstreden:

- De kennis van de natuur om ons heen en van door mensen ontworpen objecten en methoden (techniek) zijn belangrijke onderdelen van de wereld van volwassenen en kinderen. Wereldoriëntatie kan niet compleet zijn zonder natuurwetenschap en techniek.
- Kinderen verkennen de wereld om zich heen en het vak W&T vormt een natuurlijke match met die verkenningsdrift.
- W&T spelen een belangrijke rol in onze economie en in heel veel banen van de toekomst. Het is dus belangrijk voor zowel samenleving als kind dat kinderen kennismaken met W&T en interesse ontwikkelen.
- Burgers worden geconfronteerd met veel politieke en persoonlijke beslissingen waarin kennis van natuur en techniek een rol speelt. Voorbeelden zijn milieu problemen, voeding, gezondheid, en energie. Scientific literacy<sup>2</sup> is a must.
- W&T is zeer geschikt om logisch denken te ontwikkelen, waaronder redeneren met bewijsmateriaal (*reasoning with evidence*) en denken vanuit verschillende gezichtspunten.

Het doel van W&T onderwijs op de basisschool is dus NIET beperkt tot het bijbrengen van een positieve attitude t.o.v. W&T opdat later een groter percentage voor W&T-achtige studies en beroepen kiest. Er zijn belangrijke inhoudelijke doelen die onzichtbaar zijn in de Nederlandse kerndoelen.

Een iets andere formulering van hetzelfde is:

Een moderne industriële en democratische maatschappij heeft burgers nodig met:

- Vaardigheden die wijd toepasbaar zijn
- Geïnformeerde meningen over zaken als vervuiling, biotechnologie, behoud van soorten, etc.
- Flexibiliteit in denken en respect voor bewijsmateriaal
- De wens en het vermogen om te blijven leren.

De specifieke contributie van W&T onderwijs is:

1. Ontwikkelen en ondersteunen van nieuwsgierigheid en verwondering over de wereld
2. Bevrediging geven in antwoorden op vragen die men door eigen mentale en fysieke activiteit heeft gesteld.
3. Geven van informatie die kan leiden tot begrip dat helpt bij besluiten nemen over gezondheid, levensstijl, dieet, etc.
4. Vermogen geïnformeerd deel te nemen in discussies over belangrijke vraagstukken als milieu, energie, etc.
5. Toegang geven tot onderzoek dat is gebaseerd op bewijsmateriaal en zorgvuldig redeneren

---

<sup>1</sup> In dit hoofdstuk is veel gebruik gemaakt van hoofdstuk 3 in Harlen (2006).

<sup>2</sup> PISA definitie van scientific literacy: The capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural World and the changes made to it through human activity (OECD 2003: 133)

Net als in het Nationale Curriculum voor Engeland en Wales kunnen we deze doelen indelen in **inhoud** (kennis van feiten, begrippen, theorieën, verklaringen van verschijnselen), **methode** (kennis en vaardigheden m.b.t. het genereren en valideren van kennis en de essentie van wetenschap), en **attitude**.

### Connecties met andere vakken

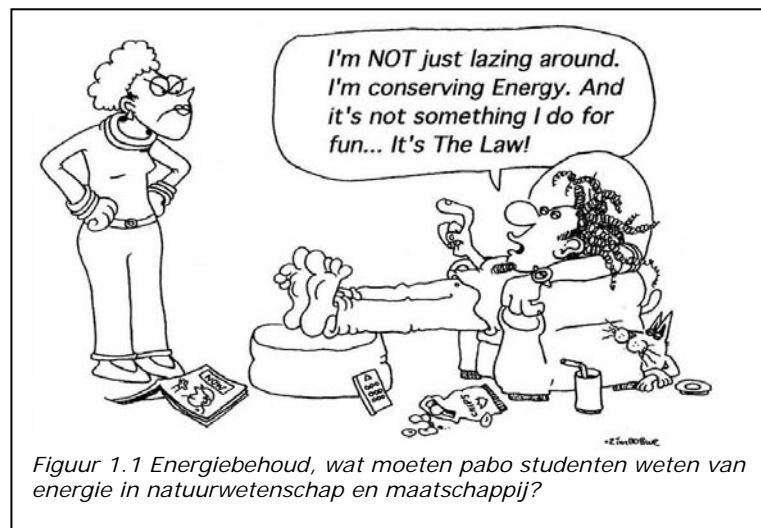
Het leren over W&T ondersteunt ook andere leerdoelen uit het curriculum.

- *Redeneren* is belangrijk voor alle aspecten/vakken van het curriculum maar natuurwetenschap is bij uitstek geschikt voor leren redeneren, vooral vanwege de mogelijkheid *bewijsmateriaal* te gebruiken in plaats van meningen en emoties.
- *Communicatie*: Natuurwetenschap is een zaakvak, in zaakvakken wordt taal gebruikt op dezelfde manier als in de volwassenenwereld op het werk. Vanwege het gebruik van concrete objecten, visualisatiemogelijkheden en redeneren is W&T geschikt als middel om NT2 kinderen te helpen in taalontwikkeling<sup>3</sup> (Beek & Verhallen, 2004; Klentschy, 2008).
- *Rekenen/wiskunde*: W&T geeft een natuurlijke context om met getallen, eenheden, en representaties/modellen te werken via meten, representeren, rekenen, schatten.
- *Andere vakken* hebben aanknopingspunten voor W&T zoals geschiedenis (scheepsbouw, navigatie, industriële revolutie, wereldbeeld), kunst (kleuren, materialen, licht, geluid), aardrijkskunde (grondstoffen, weer en klimaat), etc.
- *Kunst*: W&T hebben artistieke en esthetische kanten en die zijn gemakkelijk in het vak te integreren (Voorbeeld: Damsma & Berg, 2008).
- *Samenwerken* door samen onderzoekjes uit te voeren.
- *Sociale ontwikkeling* door kinderen te helpen in herkennen hoe meningen worden gevormd en hoe experimenteel bewijsmateriaal daarin een rol kan spelen i.p.v. vooroordeel.

N.B. Net als in elk ander vak of in elke andere vorm van onderwijs, moet W&T onderwijs expliciet doelgericht zijn om bovenstaande doelen te bereiken.

### Inhoud van W&T op de basisschool

De Nederlandse kerndoelen voor W&T geven geen leerlijn en weinig richting voor wat je in W&T zou kunnen doen op verschillende niveaus van de basisschool. Het Engelse nationale curriculum<sup>4</sup> (National Curriculum, 1999) verschaft meer duidelijkheid. Het geeft een voorbeeld van een leerlijn voor leeftijd 5 – 11 jaar en kan een goede referentie zijn om inhoud en vaardigheden te kiezen voor de Pabo W&T programma's en dan te zoeken naar bijbehorende vakdidactiek. Diverse Engelse auteurs hebben de consequenties van het National Curriculum uitgewerkt naar inhoud van Pabo vak- en vakdidactiek programma's.



Figuur 1.1 Energiebehoud, wat moeten pabo studenten weten van energie in natuurwetenschap en maatschappij?

Zie Farrow's (2006) *The Really Useful Science Book: A Framework of Knowledge for*

<sup>3</sup> Wim van Beek van InHolland doet momenteel onderzoek en produceert video materiaal voor EWT Noord-Holland.

<sup>4</sup>Klachten over het Engelse curriculum betreffen niet de inhoud, maar de toetsing en regionale en nationale publieke ranglijsten van scholen op grond van resultaten en resulterend toetsgericht lesgeven.

*Primary Teachers* voor het vak en Harlen/Qualter's (2004) *The Teaching of Science in Primary Schools* voor vakdidactiek.

Ook Schotland heeft een uitgewerkt curriculum voor de leeftijd 5 – 14 waarin begrippen handig op 6 niveaus gepresenteerd worden en aldus een leerlijn ontstaat voor verschillende leeftijden en verschillende aanleg.

VTB (Kuijpers & Walma v/d Molen, 2007) geeft door middel van definitie van 5 "kennissystemen" veel meer uitwerking dan de kerndoelen. De details zijn te vinden in figuur 2 en de inhoud komt grotendeels overeen met gangbare specificaties in buitenlandse basisschool curricula (Harlen & Qualter, 2004, p65; NSES, 1998). Sinds 2008 is er ook een aanzet tot een Nederlandse leerlijn op de SLO website: <http://tule.slo.nl/>. Deze is veel gedetailleerder dan de kerndoelen en heeft links naar W&T lesmateriaal.

Andere formuleringen van basisschool W&T inclusief leerlijnen zijn te vinden in:

- het National Curriculum for England and Wales  
<http://curriculum.qca.org.uk/key-stages-1-and-2/subjects/science/index.aspx>
- het curriculum voor Schotland  
<http://www.ltscotland.org.uk/5to14/guidelines/environmentalstudies.asp>  
waarbij de term environmental studies ongeveer gebruikt wordt als wereldoriëntatie,
- de US National Science Education Standards  
([http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4962](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962) )
- en natuurlijk ook in onze eigen Nederlandse kerndoelen met een voorlopige uitwerking naar een leerlijn op  
<http://tule.slo.nl/OrientatieOpJezelfEnWereld/F-KDOrientatieJezelfEnWereld.html>

### ***Onderzoekend en Ontwerpend Leren: Doel of Middel?***

Wereldwijd wordt al ruim 40 jaar gepleit voor *inquiry based science teaching*, meestal vertaald met onderzoekend en ontwerpend leren (OOL). Dat onderzoekend leren kan gezien worden als *middel* om wetenschappelijke inhoud te leren, maar ook als *doel*: leren onderzoeken/ontwerpen en leren redeneren met bewijsmateriaal en daarmee leren hoe de natuurwetenschap te werk gaat. Als *middel* kan OOL tot grote motivatie leiden maar ook frustratie. Het kan kinderen *eigen* kennis opleveren en nieuwe perspectieven maar stelt ook hoge eisen aan begeleiding en "scaffolding". Van Keulen (2009) schrijft daarover: *Het proces van zelf onderzoek doen is een uitermate tijdrovende en inefficiënte manier om aan kennis te komen. Maar elementen van "doing science", mits goed gekozen, helpen om feiten en resultaten in het juiste perspectief te plaatsen. Een onderzoekende en ontwerpende didactiek is in dit kader essentieel, omdat alleen zo de eigen aard van door W&T ontwikkelde kennis recht gedaan wordt.* Kortom, voor overdracht van W&T inhoud zijn veel middelen beschikbaar en OOL is er een van. De meerwaarde van OOL ligt in een beter begrip van de aard van W&T kennis en methoden. OOL moet dus niet als enig zaligmakende methode voor W&T kennisoverdracht gezien worden, maar als een van de vele methoden die slim gekozen moeten worden afhankelijk van de leerdoelen. Wel is het een unieke methode die een grote rol speelt in het leren redeneren met bewijsmateriaal en het kennismaken met de aard van natuurwetenschap en technologie. We zien het belang van OOL terug in recente beleidsdocumenten in de VS (NSES, 1998; NRC, 2007), Europa (Rocard, 2007; EU 2008), UK (Nationaal Curriculum, 1999), en in grote projecten in veel landen inclusief *science education* onderzoeksprogramma's van de EU die als hoofddoel hebben de verspreiding van *inquiry based science teaching* in W&T. Samengevat: als het om kennisoverdracht gaat, dan zijn er veel lesmethoden naast OOL en is het vooral zaak om te variëren. Maar als het gaat om kennismaking met natuurwetenschappelijke methoden om kennis te toetsen en te redeneren met bewijsmateriaal, dan is OOL een belangrijke methode en doel i.p.v. middel.

#### Natuurkundige systemen

- (a) eigenschappen en kenmerken van objecten (hetzij natuurlijke, dan wel geconstrueerde);
- (b) plaats en beweging van een object in ruimte en tijd;
- (c) kracht en beweging;
- (d) energie: het vermogen om verandering te veroorzaken;
- (e) omzetting van energie: zwaartekracht veroorzaakt bewegingsenergie, warmte beïnvloedt aggregatietoestand;
- (f) straling: licht, warmte, geluid, radiostraling, röntgenstraling;
- (g) elektriciteit en magnetisme

#### Levende systemen

- (a) cel, orgaan, organisme
- (b) mens, plant en dier;
- (c) ademhaling, bloedsomloop en spijsvertering;
- (d) levenscyclus en voortplanting;
- (e) populatie: soorten, diversiteit en uitsterven;
- (f) ecosysteem, voedselketen, landbouw;
- (g) biosfeer: duurzame ontwikkeling.

#### Aarde en ruimte systemen

- (a) de structuur van lithosfeer (gesteenten, zand en modder), hydrosfeer (water) en atmosfeer (lucht, dampkring);
- (b) gesteenten: bodem, gebergten, gelaagdheid, verandering (verwerking) en tektoniek;
- (c) water: oceaan, zee, meren, rivieren, kanalen, getijde, ijskap;
- (d) lucht: atmosfeer, stratosfeer;
- (e) klimaat en weer: ook als interactie tussen gesteenten, water en atmosfeer;
- (f) geschiedenis: fossielen;
- (g) aarde in de ruimte: structuur ruimte, met name aarde, maan, zon, sterren;
- (h) zwaartekracht.

#### Techniek systemen

- (a) de rol van techniek (ontwerpen, construeren, faciliteren van vooruitgang)
- (b) ontwerpen: criteria, beperkingen, innovatie, uitvinding, probleemoplossend;
- (c) construeren: bewerken, energieomzetting, functie, materiaal, systeem, vormgeving;
- (d) faciliteren van een "beter leven" en vooruitgang der wetenschap: informatietechnologie, mobiele telefoons, games, medische systemen, verkeersveiligheidssystemen, navigatie-instrumenten en tools, etc.

#### Mathematische systemen

- (a) hoeveelheid: numerieke verschijnselen, kwantitatieve relaties en patronen, 'number sense', en logische operaties;
- (b) vorm en ruimte: ruimtelijke oriëntatie, navigatie, representatie, vormen en figuren;
- (c) veranderingen en relaties: verbanden, grafieken, tabellen, soorten verandering (bv lineair of constant);
- (d) onzekerheid: data en kans.

Figuur 1.2 De systemen van VTB



**Wanneer leerlingen onderzoekend leren, dan zien we het volgende (Coe 2000):**

**Students Raise Questions**

1. They ask questions--verbally or through actions.
2. They use questions that lead them to investigations that generate or redefine further questions and ideas.
3. They value and enjoy asking questions as an important part of science.

**Students Use Observations**

1. They observe carefully, as opposed to just looking.
2. They see details, seek patterns, detect sequences and events; they notice changes, similarities, and differences.
3. They make connections to previously held ideas.

**Students Plan and Carry Out Investigations**

1. They design a fair test as a way to try out their ideas, not expecting to be told what to do.
2. They plan ways to verify, extend, or discard ideas.
3. They carry out investigations by handling materials with care, observing, measuring, and recording data.

**Students Propose Explanations and Solutions and Build a Store of Concepts**

1. They offer explanations both from a "store" of previous experience and from knowledge gained as a result of ongoing investigation.
2. They use investigations to satisfy their own questions.
3. They sort out information and decide what is important (what does and doesn't work).
4. They are willing to revise explanations and consider new ideas as they gain knowledge (build understanding).

**Students Critique Their Science Practices**

1. They create and use quality indicators to assess their own work.
2. They report and celebrate their strengths and identify what they'd like to improve upon.
3. They reflect with adults and their peers.

Figuur 1.3 geeft een schets van wat je kunt zien wanneer kinderen onderzoekend leren.

De schets is bedoeld voor zowel primair als voortgezet onderwijs. Voor voorbeelden van curriculumdoelen voor groep 1 – 8 verwijs ik naar de Key Stage 1 en 2 (leeftijd 4 – 11) doelen van het Engelse Nationale Curriculum en naar hoofdstuk 2 waarin een bewerking staat van de doelen voor Key Stage 3 (leeftijd 14) die zouden kunnen dienen als doelen voor W&T methoden voor de Pabo. Figuur 1.3. Wat zie je wanneer kinderen onderzoekend leren?

### **Attitude W&T**

Kinderen moeten deze vaardigheden ook *willen* gebruiken en daarvoor zijn nodig:

- Nieuwsgierigheid, leergierigheid
- Interesse in W&T
- Respect voor bewijsmateriaal ('evidence')
- Flexibiliteit in manieren van denken
- Een zekere mate van zorgvuldig en gedisciplineerd werken
- Gevoeligheid in het onderzoeken van de omgeving
- Doorzettingsvermogen

Dergelijke attitudes worden in de eerste plaats geleerd onder invloed van een inspirerende en enthousiaste leerkracht. Gebruik van de OOL methode kan mee stimuleren maar ook frustreren. Het is belangrijk OOL voldoende "scaffolding" en structuur te geven.

## Hoofdstuk 2 Doelen voor Wetenschap en Techniekonderwijs in Lerarenopleiding

### Doel

*De leerkracht heeft voldoende feitelijke kennis op het gebied van een aantal helder omschreven natuurwetenschappelijke en technologische concepten binnen de omschreven domeinen natuurkunde, levenswetenschappen, aarde en ruimte, techniek en wiskunde.*  
(Figuur 2.1, Kuijpers & Walma van der Molen, 2008, p35).

Bovengenoemde quote komt uit het VTB document Wetenschap & Techniek: een rijke leeromgeving. Daarin wordt ook genoemd dat de leerkracht voldoende kennis heeft van (zie ook figuur 2.1):

- dwarsverbanden tussen concepten,
- contexten,
- wetenschappelijke methoden,
- en pedagogisch-didactische kennis.

Welke helder omschreven concepten, welke dwarsverbanden, welke contexten, en welke methodische kennis en vaardigheden? Deze vragen zijn onlangs in een eerste aanzet beantwoord in de Pabo kennisbasis van EWT Noord-Holland en Flevoland (Berg et al, 2009). Deze kennisbasis (versie 1.0 en nog in ontwikkeling) kan gebruikt worden als referentiekader om eigen Pabo programma's te analyseren en prioriteiten te kiezen.

Het grote gevaar van leerstoflijsten, curricula en ook van de genoemde kennisbasis is dat ze prescriptief worden gebruikt en dat alles wat erin staat geleerd moet worden. Gebruik daarin de wijsheid van Nobelprijswinnaar Victor Weisskopf (figuur 3): ***It is better to uncover a little than to cover a lot*** want anders loopt men het gevaar van een *"overstuffed and undernourished"* curriculum. Een remedie daartegen is om een verplicht programma te hebben dat bijv. de helft van de curriculum tijd beslaat en de andere helft te reserveren voor keuzethema's of verdiepingsprojecten.

### Tijd

De kennisbasis maakt inzichtelijk hoe weinig verdieping mogelijk is in het Pabo curriculum. Ter illustratie een berekening: een Nederlandse pabo besteedt ongeveer 200 studie-uren van de totaal 6000 uur aan W&T (Graft 2003). Het aantal domeinen van onze kennisbasis bestaat uit 7 (biologie) + 11 (natuurkunde/scheikunde) + 9 (techniek) = 27 domeinen (zie kennisbasis document). Als een opleiding geen keuze maakt, betekent dit dat aan elk domein 7,4 studie uren besteed kan worden (in de totale opleiding), oftewel ongeveer 2,5 contactuur. Ons idee is dat de helft van de kennisbasis daarom in een curriculum NIET aan bod zou moeten komen, wil je enig niveau in begripvorming kunnen realiseren. Natuurlijk is er wel wat winst te boeken door integratie tussen domeinen en bèta/techniek vakken en door vakoverstijgende samenwerking met andere leergebieden, vooral taal.

## Het leren van vak en vakdidactiek op de Pabo

In het boek *Elementary Science Teacher Education* geven Olson en Appleton (2006, p134) vier belangrijke principes voor vak en vakdidactiek onderwijs in W&T op de Pabo:

1. Doe een zeer beperkt aantal onderwerpen in de natuurwetenschappen goed en zorg ervoor dat het een succes ervaring wordt om de typische negatieve gevoelens over natuurwetenschap van de studenten om te buigen.
2. Integreer vak en vakdidactiek, bijvoorbeeld in een les over magneten, hoe leg je een magnetisch veld uit aan kinderen, welke analogieën kun je gebruiken, wat voor scaffolding, welke activiteiten, wat is de leerlijn? Deze integratie blijkt zeer belangrijk te zijn voor de attitude.
3. Maak duidelijk aan de studenten dat hun eerdere falen in natuurwetenschap een falen van het systeem was, niet een persoonlijk falen.
4. Geef les vanuit een constructivistisch perspectief, dus met diagnose van voorkennis en begrip, met volgen van begripkennis via "embedded assessment" (Bijlage A), met gebruik van diverse begripsstrategieën.

Daar voeg ik nog aan toe:

5. Ga verder dan losse lessen en activiteiten en laat de studenten een lessenserie samenstellen en uitvoeren met een duidelijke leerlijn (voor die lessen) en "embedded assessment" om ontwikkeling van kinderideeën gedurende de lessen enigszins te volgen.

Tabel 2.1 VTB Pro doelen

De programmaraad adviseert dat (aspirant) leerkrachten aan het einde van het professionaliseringstraject wetenschap en techniek de volgende leerdoelen hebben behaald:

1. Ten aanzien van de eerste component, **kennis en vaardigheden**:
  - De leerkracht<sup>4</sup> heeft voldoende feitelijke kennis op het gebied van een aantal helder omschreven natuurwetenschappelijke en technologische concepten binnen de omschreven domeinen natuurkunde, levenswetenschappen, aarde en ruimte, techniek en wiskunde.
  - De leerkracht kan dwarsverbanden onderscheiden tussen verschillende concepten.
  - De leerkracht kan concepten binnen verschillende contexten beschouwen en kan daarmee vakoverschrijdende kennis tonen.
  - De leerkracht heeft voldoende kennis van en vaardigheid in de wetenschappelijke en technologische methoden, tot uitdrukking komend in kennis van en vaardigheid in de empirische cyclus (van observatie via hypothesevorming tot concluderen en communiceren) en kennis van en vaardigheid in doel-middel en structuur-functie redeneringen.
2. Ten aanzien van de tweede component, **attitude ten opzichte van wetenschap en techniek**:
  - De leerkracht is zich bewust van diens eigen opvattingen over de invulling van het domein wetenschap en techniek, van de eigen bekwaamheid en inschatting van de moeilijkheidsgraad van het domein en heeft inzicht in het maatschappelijke en historische belang van natuurwetenschap en techniek, in gender verschillen en stereotype opvattingen op dit gebied. De leerkracht laat groei zien op dit aspect van attitude.
  - De leerkracht heeft een groeiende interesse voor natuurwetenschap en techniek. Zij of hij beleeft er plezier aan en straalt enthousiasme en zelfvertrouwen uit.
  - De leerkracht laat een doorlopende lijn zien in haar/zijn voornemens om zich verder te ontwikkelen op het gebied van natuurwetenschap en techniek, dit toe te passen binnen de eigen lessituatie en uit te dragen aan collega's.
3. Ten aanzien van de derde component, **pedagogisch-didactische kwaliteit** op het gebied van onderzoekend en ontwerpend leren:
  - De leerkracht heeft een wetenschappelijke, onderzoekende houding, tot uitdrukking komend in: samenwerking, volharding, originaliteit, nieuwsgierigheid, verantwoordelijkheidsgevoel, (zelf)kritiek, onafhankelijk denken, ruimdenkendheid.
  - De leerkracht is in staat om de pedagogisch-didactische principes van onderzoekend en ontwerpend leren toe te passen in haar/zijn lessituatie door: leerlingen te prikkelen, uit te dagen om vragen te stellen en aan te sturen in hun proces van observatie, vraagstelling, hypothesevorming, generalisering, empirische toetsing, deductie en conclusie en in hun systematisch nadenken over het modelleren van de omgeving.
  - De leerkracht is in staat om in brede zin te reflecteren op zichzelf, de opgedane (onderzoekende) leerervaringen en de manier van leren en op haar/zijn beroepspraktijk.

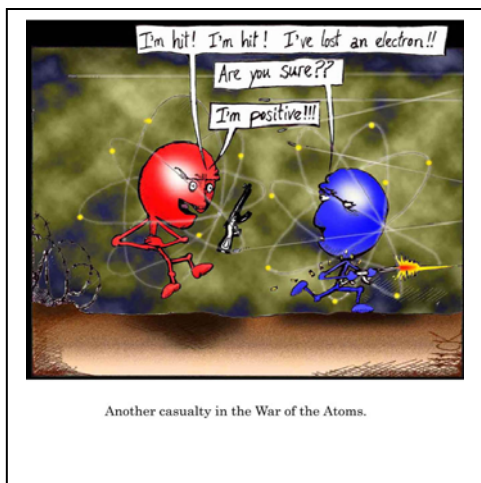
<sup>4</sup> Overal waar leerkracht genoemd staat wordt ook aspirant leerkracht bedoeld

## ***Wat moeten Pabo studenten meer kennen en kunnen dan basisschoolleerlingen m.b.t. W&T?***

**W&T kennis:** Naast de kennis gespecificeerd in een basisschool W&T curriculum wordt van een leerkracht extra en verdiepende kennis verwacht m.b.t. leidende conceptuele kaders voor W&T zoals atomen en moleculen, de moleculaire grondslag van biologie (DNA), evolutie, kringlopen, platentektoniek, en nanotechnologie. Daarbij zou men nog enkele andere onderwerpen uit de bèta canon kunnen kiezen *met voorkeur voor onderwerpen die een breed toepasbaar conceptueel kader mee leveren.*

In een recent literatuuroverzicht van Van Veen, Meirink & Zwart (2009) naar effectieve vormen van docentprofessionalisering blijkt dat de inhoud van professionaliseringsactiviteiten zoveel mogelijk gericht moet zijn op het uitbreiden of verdiepen van de **vak**kennis van docenten en de bijbehorende **vak**didactiek in plaats van algemene pedagogische kennis en vaardigheden.

**Vakdidactische begripkennis:** Vakspecifieke begrippen worden door kinderen/leerlingen/studenten vaak inhoudelijk anders ingevuld dan door de specialist. De kennisbasis wil daarom ook dienen als instrument voor de opleiding om gericht met deze discrepantie om te gaan. Dit komt in de kennisbasis (Berg et al, 2009) tot uiting in de kolom vakdidactische kennis met verwijzingen naar praktische literatuur over "alternatieve" interpretaties van begrippen (misconcepties, Tabellen 1 en 2; Duit, 2009).



Figuur 2.2 Moeten Pabo studenten dit wel of niet begrijpen?

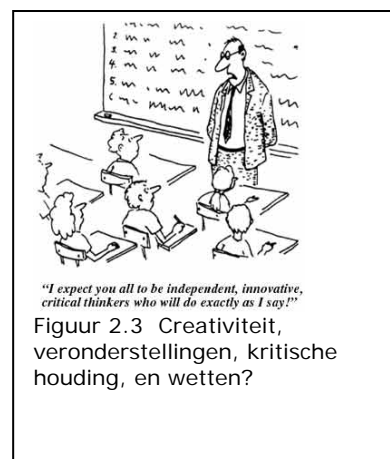
### **I. De werkwijze en essentie van natuurwetenschap**

*Wat is natuurwetenschap en hoe gaat ze te werk?* Dit is de kennis *over* W&T, de kennis *van* W&T wordt onder categorie II beschreven. In de onderstaande beschrijving komen zowel de vraag wat zijn wetenschap en onderzoek, en de zogenaamde procesvaardigheden aan bod. Het Engelse National Curriculum (1999) heeft hiervoor uitgekende leerdoelen opgesteld die hier integraal zijn overgenomen en vertaald met een paar kleine aanpassingen. We vinden dat Nederlandse Pabo studenten wat onderzoekend leren betreft de Key Stage 3 (leeftijd 14) eindtermen van het Engelse curriculum moeten beheersen, maar deze zijn wel ambitieus.

### **INDELING**

We delen de Pabo W&T basiskennis in als volgt:

- I. Kennis over de werkwijze en essentie van natuurwetenschap, d.w.z. hoe W&T kennis ontstaat en gevalideerd wordt, in het Engels aangeduid met *Nature of Science – NOS*
- II. W&T kennis (Biologie, Natuur- en Scheikunde, Techniek), de details zijn te vinden in de Tabellen 1 t/m 3.
- III. W&T vakdidactische kennis
- IV. ICT en lesgeven in W&T



Engelse programma's voor opleiding van basisschool leerkrachten vereisen net een graadje hoger, een C voor science op het GCSE (General Certificate of Secondary Education) programma en dat is Key Stage 4 op leeftijd 16.

### *1. Ideeën en bewijsmateriaal in natuurwetenschap*

*Studenten kunnen*

- a. Voorbeelden geven van het samenspel van empirische vragen, bewijsmateriaal en wetenschappelijke verklaringen (bv. Lavoisier's werk over verbranding, global warming).
- b. Uitleggen dat het belangrijk is wetenschappelijke verklaringen te toetsen door er voorspellingen uit af te leiden en na te gaan of bewijsmateriaal klopt of niet klopt met voorspellingen.
- c. Voorbeelden geven van hoe wetenschappers werken, nu en vroeger, inclusief de rol van experimenten, bewijsmateriaal, en creatief denken in de ontwikkeling van wetenschappelijke ideeën.

*Een implicatie voor het Pabo W&T programma is dat het minstens één uitgebreid voorbeeld moet bevatten van de geschiedenis van een wetenschappelijk idee of uitvinding. Mogelijke bronnen voor Pabo lesmateriaal hierover zijn korte case studies in Renner & Stafford (1979), Wiser en Carey (1985), Rutherford et al (1972), en Dekkers (2006).*

### *2. Onderzoeksvaardigheden<sup>5</sup>*

*Planning*

- a. Gebruik maken van kennis en begrip om ideeën in een vorm te gieten die onderzocht kan worden en beslissen over een geschikte aanpak.
- b. Beslissen om zelf te experimenteren of bronnen te raadplegen.
- c. Exploratie plegen en voorspellingen doen waar dat past.
- d. Rekening houden met belangrijke variabelen bij het verzamelen van bewijsmateriaal en besluiten hoe bewijsmateriaal verzameld kan worden in contexten waarin variabelen niet direct gemanipuleerd kunnen worden (veldwerk).
- e. Beslissen over hoeveel en wat voor gegevens verzameld moeten worden en kiezen van technieken, apparatuur, en materialen.

*Een implicatie van doelen a t/m p voor het Pabo W&T programma is dat studenten minstens twee keer een onderzoek moeten doen dat zich over meerdere lessen (en thuiswerk) uitstrekt en waarin ze een onderzoeksvraag formuleren, experimenten bedenken, uitvoeren, en verslag doen en dus de gehele cyclus a t/m p doorlopen.*

*Verkrijgen en gebruiken van bewijsmateriaal*

- f. Diverse apparaten en materialen gebruiken op een correcte en veilige manier.
- g. Accuraat observeren en meten inclusief gebruik van ICT in data-logging.
- h. Voldoende waarnemingen en metingen doen om variatie te beperken en betrouwbare gegevens te krijgen.
- i. Gebruik maken van een scala van methoden om kwalitatieve en kwantitatieve gegevens te representeren en communiceren: tabellen, grafieken, kaarten, diagrammen, ICT.

*Bewijsmateriaal beschouwen*

- j. Gebruik maken van diagrammen, tabellen, kaarten, en grafieken, inclusief best passende lijnen om patronen en relaties te identificeren en beschrijven in de gegevens.

---

<sup>5</sup> Onderzoeksvaardigheden of process skills worden vaak als onafhankelijk van inhoud gezien, maar daar is hevige discussie over waarbij altijd verwezen wordt naar Millar and Driver (1987)

- k. Gebruik maken van observaties, metingen, en andere gegevens om conclusies te trekken
- l. Beslissen in hoeverre deze conclusies een voorspelling steunen of verdere voorspellingen mogelijk maken.
- m. Gebruik maken van wetenschappelijke kennis en begrip om observaties, metingen en andere gegevens en conclusies te verklaren.

#### *Evalueren*

- n. Beschouwen van anomalieën in observaties of metingen en proberen die te verklaren.
- o. Bezien of bewijsmateriaal voldoende is om conclusies en interpretaties te ondersteunen.
- p. Suggesteren van verbeteringen in de gebruikte methoden, indien gepast.

## **II. Kennis**

VTB categoriseert natuurwetenschappelijke kennis in 5 kennissystemen (Kuijpers & Walma van der Molen, 2007). De details zijn te vinden in figuur 1.2. De inhoud komt grotendeels overeen met gangbare specificaties in buitenlandse basisschool curricula (Harlen & Qualter, 2004, p65; NSES, 1998).

In versie 1.0 van onze kennisbasis (Berg et al, 2009) hebben we deze inhoud uitgewerkt in tabellen, zie daarvoor het boekje of download een pdf.

In de uiteindelijke tabellen staan ongeveer 2 a 3x zoveel W&T begrippen als realistisch geleerd kunnen worden in de huidige Pabo W&T programma's van slechts 200 – 250 studie-uren (contacturen + zelfstudie + vakstage opdrachten). Er zullen dus keuzes gemaakt moeten worden. Het is te hopen dat dit toch wel zeer minimale uren aantal in de toekomst kan toenemen.

Uit de tabellen van de kennisbasis kunnen concrete eindtermen worden afgeleid voor Pabo studenten. **Voorbeelden** van leerdoelen zijn:

#### *Studenten kunnen:*

1. Dag en nacht, maanbeweging, en jaarbeweging van maan en aarde t.o.v. de zon laten zien met ballen of ballonnen of rollenspel en kunnen daarmee dag/nacht, fasen van de maan, en seizoenen verklaren.
2. Voorbeelden geven van typische misconcepties van kinderen m.b.t. aarde, maan, en relatieve beweging t.o.v. de zon (Chinn & Brewer, 1991; Nussbaum, 1985).
3. Bewegingen van Venus en Mars laten zien met ballen of rollenspel en daarmee aantonen dat Venus alleen vlak voor zonsopgang of vlak na zonsondergang te zien is terwijl Mars, Jupiter, en Saturnus soms ook middernacht te zien zijn, afhankelijk van waar ze in hun baan zijn.
4. Variabelen aangeven waarmee weer wordt beschreven, verschillen uitleggen tussen weer en klimaat, proefjes/demonstraties laten zien over lucht en eigenschappen, verdamping, condensatie, en watercyclus ([www.proefjes.nl](http://www.proefjes.nl))
5. Met platentektoniek<sup>6</sup> uitleggen hoe gebergten, en oceanen gevormd worden en hoe vulkanen en (de meeste) aardbevingen verklaard worden.
6. Een gesloten schakeling onderscheiden van een open schakeling en het verschil maken tussen transport van energie en transport van lading in een stroomkring.
7. Lampje laten branden gegeven een batterij, een lampje, en draden.
8. Enkele veel voorkomende misconcepties beschrijven (één draad model, *clashing currents*, stroomconsumptie).
9. Het verschil uitleggen tussen diffuse en speculaire (spiegel) reflectie en beschrijven met voorbeelden.
10. Concrete voorbeelden geven van additieve en subtractieve kleurmenging beperkt tot de kleuren rood, groen, blauw, cyaan, geel, en magenta.

---

<sup>6</sup> Dit is voor de algemene ontwikkeling van Pabo studenten, niet om te onderwijzen op de basisschool.

### III. W&T vakdidactische kennis

In de vakdidactiek voor W&T gaat het om interesse en verwondering kweken, een oriëntatie op leerdoelen in W&T, de didactiek van W&T begripsontwikkeling, en de didactiek van het leren redeneren met "evidence". Deze kan aangeleerd worden door onderzoekend en ontwerpnd leren, maar ook via andere activiteiten en werkvormen. Voor zowel *inquiry learning* als voor *inquiry teaching* zijn er stappenmodellen zoals de Vaan/Marell's (2006) 5-stappen (*learning*), het internationaal bekende 5E *inquiry teaching* model van Bybee (1997), en het LOOL (*learning*) model in 7 stappen van Kemmers & Graft (2007). Gelukkig zijn er uitstekende leerboeken voor W&T vakdidactiek zoals de Vaan & Marell (2006) en Harlen & Qualters (2004). Hieronder geven we leerdoelen voor vakdidactiek.

*Studenten kunnen:*

1. Van enkele sleutelbegrippen aangeven wat bekende kinderinterpretaties zijn (zie tabellen 1 en 2 kolom 4 van de kennisbasis).
2. Naar kinderen luisteren en kinderwerk observeren (*assessment*), productief op kinderideeën en preconcepties reageren (*begrip bouwen op voorkennis*) en van daaruit reflecteren op de eigen lessen en bijsturen.
3. Een spectrum van didactische methoden gebruiken rondom redeneren met bewijsmateriaal. Het spectrum varieert van laagdrempelige methoden als cartoon en puppets discussies (Simon et al, 1998; Keogh & Naylor, 2003) en "eggdrop" tot begeleiden van onderzoeks-/ontwerp projecten.
4. Leerlijnen vergelijken, bijv. het Schotse curriculum, het Engelse National Curriculum, TULE van SLO.
5. Lessenseries samenstellen uit bekende activiteiten en die eventueel in een thema integreren.
6. Manieren vinden om W&T activiteiten te koppelen aan taal en rekenen en andere aspecten van Wereldoriëntatie (voor taal zie Klentschy, 2008).
7. Snel geschikte bronnen vinden in bestaande methoden (Leefwereld, Natuurlijk, NatuNiek, websites, etc.).
8. Een omgeving creëren waarin kinderen kunnen onderzoeken en samenwerken.
9. W&T activiteiten van kinderen beheersbaar maken, o.a. door coöperatief leren, logboekjes, etc. (Primary Connections, 2006).

Op de meeste Pabo's vindt men vormen van geïntegreerde vak en vakdidactieklessen. Ook internationaal heeft men veel geëxperimenteerd. Voorbeelden van recente projecten op dat gebied kan men vinden in Heywood en Parker (2009). Zij hebben uitgebreid leereffecten bij Pabo studenten onderzocht en gepubliceerd. Hun aanpak heeft drie stappen:

- 1) Pabo studenten beginnen een onderwerp met een exploratie van de belangrijkste begrippen en moeilijkheden in het onderwerp (bijv. krachten) en hun eigen misconcepties op dat gebied.
- 2) Studenten individueel analyseren nationale curriculum documenten (UK curriculum) en kijken o.a. naar de sleutelbegrippen, welke begrippen moeilijk zijn of tegenintuïtief en of er taalproblemen kunnen zijn.
- 3) Studenten ontwikkelen in groepjes van 3 of 4 twee lessenseries, een voor het jongere kind en een voor het oudere kind en voeren deze uit in een van hun stages. Daarbij kunnen ze gebruik maken van Engels curriculum materiaal van bijvoorbeeld <http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/science/>, een site die helpt bij de vertaling van curriculum doelen naar concrete lesactiviteiten. Nadruk bij deze benadering is op het interpreteren en analyseren van het curriculum en dat vereist een intellectueel engagement met de natuurwetenschappelijke inhoud.

### IV. ICT en nieuwe media in W&T

Figuur 2.4 geeft een aantal functies van ICT en de rol van de leerling. De figuur is een aangepaste versie van Harlen & Qualter (2004, p220) en komt overeen met suggesties van Murphy (2003) en Mitchell (2006).



Leerkracht gebruik van ICT	Rol van leerling
<b>1. Kennis opzoeken</b> Door internet browser, CD ROM, met visuele ondersteuning zoals beamers en elektronische schoolborden	<b>Ontvanger</b> niet noodzakelijkerwijs passief want software kan interactief zijn
<b>2. Experimenteren</b> Onderzoek bijv. met sensoren, data-logging, digitale microscoop	<b>Onderzoeker</b> Leerling kan zelf sensoren, grafieken, en microscoop als werktuig gebruiken in onderzoekjes
<b>3. Sturen, ontwerpen</b> Sturen/programmeren van apparaten	<b>Ontwerper/programmeur</b> De leerling ontwerpt en stuurt apparaatjes zoals stoplichten en speelgoed
<b>4. Grote schaal data collectie</b> Bijvoorbeeld bijdragen aan voorjaarsobservaties op nationale of zelfs internationale schaal (green wave in Ierland, milieu, andere projecten)	<b>Observatie, meting, trend volgen</b> Leerlingen observeren lokaal, geven data aan data base, volgen dan een proces op nationale of internationale schaal.
<b>5. Verkennen van ideeën</b> Met simulatie en modelleer software, applets, virtual reality. Voorbeelden: kogelbaan bij verschillende hoeken van een kanon, testen van effect van aantallen en visvangst op vispopulatie (Freudenthal simulaties)	<b>Verkenner</b> Leerling verkent en test ideeën, kan ook in groepjes
<b>6. Gaming</b> Dit is als 5 maar dan met gebruik van spel software	<b>Verkenner</b> Spelend in een virtuele wereld doen kinderen kennis op
<b>7. Presenteren, rapporteren</b> Word, PowerPoint en andere software	<b>Schepper</b> Leerlingen structureren de informatie en vinden creatieve manieren tot presentatie
<b>8. Communiceren</b> E-mail communicatie met wetenschappers, leerkracht, en andere kinderen, eventueel van andere scholen	<b>Communicator</b> Actief vragen stellen, communiceren
<b>8. Oefenen met kennis</b> CD-ROM, web	<b>Ontvanger</b> Leerling kan actief zijn in uitproberen van puzzels, tests, en games om hun kennis te oefenen

Figuur 2.4 Functies van ICT in primair W&T onderwijs

De nummers 1 en 6 – 9 kunnen bij alle vakken voorkomen. Nummers 2 en 3 (experimenteren en sturen) zijn bij uitstek W&T activiteiten. De nummers 4 – 6 zijn ook zeer geschikt voor W&T. In W&T worden instrumenten gebruikt om het bereik van de zintuigen te vergroten en te kwantificeren (telescoop en microscoop, thermometer, balans). Het Coach platform en de €Sense set waarmee in het EWT/VTB Pro professionaliseringstraject wordt gewerkt, vervullen die functie. Het zijn *tools* voor meten, analyse, en representatie van metingen en verbanden. Met behulp van ICT gaan metingen veel sneller en zijn grafieken direct beschikbaar. Kinderen kunnen er goed mee overweg en leren de betekenis van lijngrafieken spelenderwijs (Berg & Schweickert, 2008; Berg et al, 2009). Voor leerkrachten is de (psychologische) drempel van deze technologie hoger dan voor kinderen. Voor kinderen is er geen drempel.

ICT heeft nog veel andere mogelijkheden voor ondersteuning van W&T onderwijs zoals gebruik van allerlei kennisbronnen via internet, gebruik van applets en film om begrippen te visualiseren, gebruik van games om met verbanden te spelen:

<http://www.fi.uu.nl/rekenweb/>

Digitale borden zijn in opmars en daarmee kan ICT steeds meer geïntegreerd worden in de dagelijkse lessen. Daar moet zinnige W&T "content" voor komen.

ICT speelt uiteraard een rol in alle vakken van de basisschool. Specifiek voor W&T zijn de volgende leerdoelen:



*Studenten kunnen:*

1. W&T kennis en activiteiten vinden via internet en kritisch omgaan met de resultaten.
2. eenvoudige data logging en data analyse en data representatie activiteiten uitvoeren met een sensoren set en bijbehorende software.
3. inzien hoe data logging productief gebruikt kan worden in W&T leerlingactiviteiten.
4. een digitale microscoop gebruiken.
5. relevante applets vinden en gebruiken om W&T kennis te visualiseren.
6. smart boards gebruiken in W&T context.

## **Bibliografie**

### **Curricula, leerlijnen**

Het National Curriculum for England and Wales <http://curriculum.qca.org.uk/key-stages-1-and-2/subjects/science/index.aspx>

Gedetailleerde uitwerkingen voor lesgeven met het UK curriculum:  
<http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/science/>

Het curriculum voor Schotland

<http://www.ltscotland.org.uk/5to14/guidelines/environmentalstudies.asp> waarbij de term environmental studies ongeveer gebruikt wordt als wereldoriëntatie,

De USA National Science Education Standards

[http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4962](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962)

Science curriculum voor State of Victoria (Australia, de volgende pagina geeft de leerlijn, andere pagina's bevatten allerlei specificaties inclusief contrast tussen kinderideeën en wetenschappelijke ideeën, en activiteiten.

<http://vels.vcaa.vic.edu.au/assessment/ppoint/science/index.html>

De Nederlandse kerndoelen met een voorlopige uitwerking naar een leerlijn op

<http://tule.slo.nl/OrientatieOpJezelfEnWereld/F-KDOrientatieJezelfEnWereld.html>

Overzicht over de belangrijkste kinderideeën/misconcepten m.b.t. natuurwetenschap:

[http://www.nuffieldcurriculumcentre.org/go/minisite/PrimaryScience/Page\\_243.html](http://www.nuffieldcurriculumcentre.org/go/minisite/PrimaryScience/Page_243.html)

### **W&T Didactiek voor Primair Onderwijs**

Farrow, S. (2006). The Really Useful Science Book: A Framework of Knowledge for Primary Teachers (3rd edition). Routledge ISBN: 978-0-415-38593-0.

Harlen, W. (2006). Teaching, Learning & Assessing Science 5 – 12 (4th edition). London: SAGE Publications Ltd. ISBN 1-4129-0872-8.

Harlen, W., Qualter, A. (2004). The teaching of science in primary schools. David Fulton Publishers.

Kersbergen, C., Haarhuis, A. (2006). Natuuronderwijs Inzichtelijk (2de herziene druk). Bussum: Coutinho.

Renner, J.W., Stafford, D.G. (1979). Teaching science in the elementary school (3rd edition). New York: Harper & Row.

Vaan, E. de, Marell, J. (2003). Praktische Didactiek voor Natuuronderwijs (5de herziene druk). Bussum: Coutinho.

## Overige literatuur

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Adey, P. (2008). *Let's think handbook: A guide to cognitive acceleration in the primary school*. London: GL Assessment.
- Andersson, B., C. Karrqvist (1982). *Light and Its Properties*. EKNA Project, University of Gothenburg, Box 1010, S-431 26 Molndal, Sweden.
- Andersson, B.C., C. Karrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.
- Appleton, K. (2006). *Elementary Science Teacher Education: International Perspectives on Contemporary Issues and Practice*. Mahwah (NJ) Lawrence Erlbaum Associates.
- Beek, W. van, Verhallen, M. (2004). *Taal een zaak van alle vakken*. Bussum: Coutinho.
- Berg, E. van den (2000). Role-playing in Astronomy. *School Science Review*, 81(296), 125-129.
- Berg, E. van den, Schweickert, F. (2008). Kinderen, sensoren, computers en grafieken. *Computers op School*, 26(3), november 2008, p7-9.
- Berg, E. van den, Schweickert, F., Manneveld, G. (2009). Learning Graphs and Learning Science with Sensors in Learning Corners in Grades 5 and 6. Paper presented at the ESERA Conference, Istanbul, September 1-5, 2009.
- Berg, E. van den, Sundaru (1990). Student ideas on the velocity of light. *The Australian Science Teachers Journal*, 36(2), 72-75, (May 1990).
- Boersma, K.T., van Graft, M., Knippels, M.C., 2003. *Natuuronderwijs: curricula en concepten van kinderen*. Enschede: SLO.
- Bouwmeester, T. e.a. (2006). *Maken en Onderzoeken (2de druk)*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Bouwmeester, T. (2003). *Maak 't maar*. Bronnenboek Techniek voor de hele lagere school. Uitgeverij de Boeck (Belgie).
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49
- Coates, D. Vause, J., Jarvis, T., McKeon, F. (2001). *Mentoring in Primary Science: A resource for higher education tutors, teacher mentors, students and newly qualified teachers*. Leicester: SCICentre.
- Coe, M.A. (2000). The 5<sup>E</sup> Learning Cycle Model. <http://faculty.mwsu.edu/west/maryann.coe/coe/inquire/inquire.htm> (last accessed 8 December 2009).
- Damsma, W., Berg, E. van den, Manneveld, G. (2008). Spiegels, een lessenserie voor de eerste vier jaar van de basisschool. *NVOX*, 33(6), 242-244.
- Dekkers, P. (2005). *Teaching Teachers NOS7 – Practical Examples and Classroom Experiences*, ICASE Science Education International, 2
- Driver, R. (1985). Beyond appearances. In: Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in Science*. Milton Keynes (UK): Open University Press.
- Duit, R. (1984) Learning the energy concept in school – empirical results from The Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19, 59-66.
- Duit, R. (2009). *Bibliography – STCSE : Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Versie 23 maart 2009. Kiel: Leibniz Institute for Science Education. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- Ernst, A. van (2009). *Koop een auto op de sloop*. APS.
- Feher, E., Rice Meyer, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
- Graft, M. van (2003). *Utrecht: Freudenthal Instituut voor Natuurwetenschappen: Verslag Woudschoten Conferentie 2003*.
- Harlen, W. (2006). *Teaching, Learning & Assessing Science 5 – 12 (4th edition)*. London: SAGE Publications Ltd. ISBN 1-4129-0872-8.

---

<sup>7</sup> NOS: Nature of Science

- Harlen, W., Qualter, A. (2004). The teaching of science in primary schools. David Fulton Publishers.
- Hein, G.E., Price, S. (1994). Active assessment for active science; A guide for elementary school teachers. Portsmouth (NH): Heinemann. ISBN 0-435-08361-9
- Kemmers, P., van Graft, M. (2007). Onderzoekend en Ontwerpend Leren bij Natuur en Techniek: Basisdocument over de didactiek voor onderzoekend en ontwerpend leren in het primair onderwijs.
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446.
- Keogh, B., & Naylor, S. (2003).
- Kerr, K, Beggs, J, Murphy, C (2006) 'Comparing children's and student teachers' ideas about science concepts', *Irish Educational Studies*, 25(3) pp 289-302.
- Keulen, H. van (2009). Drijven en zinken: Wetenschap en techniek in het primair onderwijs. Oratie 26 juni 2009. Fontys Hogescholen.
- Klentschy
- Kuijpers, J., Walma van der Molen, W. (2007). Wetenschap & Techniek: Een rijke leeromgeving. Den Haag: Programma VTB & VTB-Pro.
- McFarlane, A.E., Friedler, Y., Warwick, P., Chaplain, R. (1995). Developing an understanding of the meaning of line graphs in primary science investigations using portable computers and data logging software. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 1995, 14(4), 461-480.
- Millar, R., Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*. 14, (1987) 33-62.
- Mitchell, R. (2006). Using ICT in teaching and learning science. In: W. Harlen (editor) ASE Guide to Primary Science Education. Collega Lane, Hatfield: ASE ISBN 978 0 86357 405 4
- Murphy, C. (2003). Literature review in primary science and ICT. Future lab series #5. <http://www.futurelab.org.uk/resources/publications-reports-articles/literature-reviews/Literature-Review381>
- Nicolaou, C.T., Nicolaidou, I.A., Zacharia, Z.C., Constantinou, C.P. (2007). Enhancing fourth graders' ability to interpret graphical representations through the use of microcomputer-based labs implemented within an inquiry-based activity sequence. *Journal of computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(1), 75-99.
- National Research Council (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. R.A. Duschl, H.A. Schweingruber, A.W. Shouse (editors). Washington: National Research Council.
- Nussbaum, J. (1985). The earth as a cosmic body. In R. Driver et al (Eds): Children's ideas in Science. Milton Keynes (UK): Open University Press.
- OECD (2003). The PISA 2003 Assessment Framework. Paris: OECD.
- Olson, J.K., Appleton, K. (2006). Considering curriculum for elementary methods courses. In: Appleton (editor) Elementary Science Teacher Education: International Perspectives on Contemporary Issues and Practice. Mahwah (NJ) Lawrence Erlbaum Associates.
- Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Science & Technology Education*, 1(1), 73-82.
- Osborne, R. & P. Freyberg (1985). Children Science. Heinemann
- Pabo Hogeschool van Amsterdam: Zelfevaluatierapport Opleiding tot leraar basisonderwijs Pabo EHvA, December 2007.
- Pabo Almere: Zelfevaluatierapport Opleiding tot leraar basisonderwijs. December 2007.
- Primary Connections (2006). Australian Academy of Science.
- Rocard, M. et al (2007). Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Brussels: European Commission Directorate-General for Research, ISBN – 978-92-79-05659-8.
- Ross, K., Law, E. (2003). Children's naïve ideas about melting and freezing. *School Science Review*, 85(311), 99-102.
- Simon, S., Naylor, S.t, Keogh, B., Maloney, J. and Downing, B. (2008). Puppets Promoting Engagement and Talk in Science. *International Journal of Science Education*, 30(9), 1229-1248.

- Skamp, K (Ed) (2004) *Teaching Primary Science Constructively* Southbank, Victoria: Thomson Learning Australia
- SPACE Reports about children conceptions of Liverpool University Press downloadable van:  
[http://www.nuffieldcurriculumcentre.org/go/minisite/PrimaryScience/Page\\_243.html](http://www.nuffieldcurriculumcentre.org/go/minisite/PrimaryScience/Page_243.html)
- Osborne, J., Wadsworth, P., Black, P. (1992). *Processes of Life*
- Osborne, J., Black, P., Smith, M. Meadows J.(1991). *Electricity*.
- Osborne, J., Black, P., Smith, M. Meadows J.(1991). *Light*.
- Russell, T., Longden, K. McGuigan, L. (1990). *Materials*.
- Russel, T., Watt, D. (1990). *Growth*.
- Van Veen, K., Meirink, J., & Zwart, R. (2009). Het leren van docenten in het kader van herregistratie: Een review over effecten van professionalisering en over herregistratiesystemen. Expertisecentrum Leren van Docenten in opdracht van Stichting Beroepskwaliteit Leraren.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183
- Wiser, M. Carey, S. (1985). When heat and temperature were one. In: Gentner & Gentner (editors): *Mental Models*. Erlbaum Publishers.
- Wynn L.L., Foster A. M., Trussell, J. (2009). Can I get pregnant from oral sex? Sexual health misconceptions in e-mails to a reproductive health website. *Contraception*, 79, 91-97.

## Bijlage A. Wat weten ze, wat zijn de leerdoelen, wat leren ze?

In het onderwijs gaat het erom de ideeën wereld van kinderen uit te breiden en te verdiepen. Maar vaak is onderwijs alleen maar aanbod gericht met de aanname dat kinderen dan ook wel geleerd zullen hebben. Maar wat komt er van onze leerdoelen terecht?

Er zijn allerlei nieuwe en oude technieken om het leren van kinderen te volgen gewoon als onderdeel van leertaken ("embedded assessment"). Deze appendix geeft een aantal voorbeelden en verwijst naar literatuur die in omloop is.

- Kringgesprek: welbekend, een ideale manier om voorkennis van kinderen zichtbaar te maken bij de start van een nieuw onderwerp.
- In je schrift antwoorden op enkele vragen opschrijven en daar vervolgens over praten met buurman of buurvrouw terwijl de leerkracht rondgaat om te zien waar kinderen zoal mee komen (bijv. wat hebben zaden nodig om te ontkiemen en een plant te maken?).
- Puppets: De leerkracht voert een kringgesprek met behulp van poppen die je alles kunt laten zeggen, inclusief misconcepties en daar kun je dan discussie over uitlokken. (Keogh & Naylor, 2003).
- Tekenen: Laat kinderen bijv. tekenen waar de organen zitten in het lichaam, of hoe het kuiken in een ei eruit ziet, of hoe het voedsel van mond tot kont door het lichaam gaat. De tekeningen zullen veel "alternatieve" ideeën bevatten en de leerkracht kan daarmee de les goed afstemmen op de ideeën van de kinderen.
- Logboek: Kinderen houden een logboek bij van "claims" en "evidence": Wat denk ik en welk bewijsmateriaal ondersteunt (of is strijdig met) mijn idee. Zie Klentschy (2008) voor talloze voorbeelden van groep 1 – 8.
- Een meerkeuze vraag of concept cartoon op bord. Kies je antwoord maar nog niets zeggen. Ogen dicht. Wie kiest A? Wie kiest B, etc. Op die manier heb je snel een overzicht van de meningen van de kinderen.

Activiteiten als op de volgende pagina.



## **Bijlage B. Praten en Denken in de Klas**

Stuart Naylor, Brenda Keogh:

Verslag van een sessie tijdens de 2009 ASE conferentie Talking Science, Thinking Science door Stuart Naylor en Brenda Keogh

Verslaggever: Ed van den Berg

### ***Inleiding***

In het onderwijs in de natuurwetenschappen gaat het om begripsvorming van leerlingen in de klas. Nieuwe begrippen en betekenissen groeien op reeds aanwezige begrippen. Nieuwe kennis wordt geïnterpreteerd met behulp van reeds aanwezige kennis. De reeds aanwezige kennis heeft dus een enorme invloed op nieuwe kennis/begripsformatie. Ausubel zei het al: *ascertain what the student already knows and teach him accordingly*. Stel vast wat de leerling al weet, en baseer daar je les op. Een tweede belangrijke factor bij het aanbrengen van nieuwe kennis is sociale interactie. Pratend met elkaar wordt er aan begrippen geschaafd....sociaal constructivisme. Hetzelfde gebeurt overigens bij de constructie van kennis in de wetenschap. In onderzoeksgroepen, op conferenties, en via e-mail wordt voortdurend gediscussieerd op zoek naar betekenis van theorieën en experimentele resultaten.

In de praktijk is lesgeven vaak erg directief/instructief, doe dit, doe dat. Een fors deel van de communicatie in de klas gaat over instructies en procedures en niet over begrippen/inhoud. Nuttige inhoudelijke communicatie krijg je door kinderen een vraag of een probleem voor te leggen.

Tijdens een workshop op de conferentie van de Association for Science Education in UK gaf Stuart Naylor een aantal simpele en zeer uitvoerbare voorbeelden van dergelijk *probleemstellend* leren en zinvolle discussie door leerlingen.

### ***1. Plaatjes***

We vormden groepjes van 2 of 3 en kregen plaatjes van allerlei habitats (park, speelplaats, huis, woestijn, etc.). In welke zou je kikkers tegen kunnen komen? Zo'n opdracht daar kunnen leerlingen wat mee. Direct actieve discussie. Je kunt kinderen vragen de plaatjes te verdelen in drie stapels: 1) waar kikkers zeker kunnen voorkomen, 2) plaatjes waar je niet zeker van bent, 3) plaatjes waar kikkers zeker niet zullen voorkomen. Na de groepsactiviteit plenair antwoorden verzamelen met de vraag *waarom* kikkers wel of niet in een bepaalde omgeving en "what is the evidence?".

### ***2. Woorden en zinnen***

De groepjes krijgen woorden waarmee ze zinnen kunnen maken, een centraal woord is "zaden". Andere woorden zijn "groeien", "grond", "vochtig", etc. Kinderen maken zinnen. Ze mogen de gegeven woorden aanvullen met gewone woorden om goede zinnen te krijgen. Er komen allerlei zinnen, stellingen eigenlijk. "Zaden die te diep onder de grond zitten, groeien niet." En dan komt de vraag "Is dat zo? Wat is het bewijs?" Eventueel: "hoe kunnen we uitvinden of de zin waar is?", wat zou je daar voor moeten doen?" En dan gaat het dus verder over validiteit en *evidence*.



### 3. Kastanjes

De leerkracht laat een mooie foto zien van kastanjes zowel in als uit de dop. Ze worden gevonden door buitenaardse bezoekers. De een zegt dat die bruine dingen dode dieren zijn, en het groene er omheen net zoiets is als een schelp. Dus zeg maar analogie van een schelpdier met schelp. De ander denkt dat die dode dieren uit de boom gevallen zijn. En zo wordt er nog wat door gefantaseerd. Maar nu aan kinderen de taak na te denken over bewijs voor en tegen de diverse uitspraken. Een beetje raar model, maar indien overtuigend gebracht, gaan kinderen aan de gang en kraken de hersens.

### 4. Concept cartoons

Stuart liet de volgende concept cartoon zien (figuur 1).

Is het mogelijk dat *alle* uitspraken juist zijn? Voor elke uitspraak...onder welke omstandigheden is die juist? Heb je een ervaring die erbij past?

En zo kunnen kinderen komen met het zien van een witte kat als er nog een beetje licht is, of de weerkaatsing uit de ogen van de kat in autolichten, of het helemaal niets zien in het pikgedonker in het bos bij bewolkte lucht 's nachts.

Natuurwetenschappelijke achtergrond: We "zien" een voorwerp wanneer het licht uit de omgeving (van zon, van een lamp, verstrooid licht van andere voorwerpen) door het voorwerp weerkaatst wordt in de richting van de ogen. Als er helemaal geen licht is, dan zien we niets, ook de witte kat niet. Als er een beetje licht is, dan zien we alleen de ogen. Kattenogen zijn heel gevoelig omdat er achter de retina een spiegelende laag is. Bij nog wat meer licht, wordt er licht weerkaatst door de witte vacht en zien we de kat.

Vaak voorkomende misconcepties bij kinderen en volwassenen en de Griekse wetenschappers van 2000 jaar geleden: zij zien de ogen als een soort radar die de omgeving aftast waardoor je ook in het donker zou kunnen zien.



## Bijlage E. Checklist voor Pabo W&T Curricula

Dit is een eerste aanzet voor een beknopt lijstje om snel na te gaan of het eigen Pabo curriculum aan enkele cruciale elementaire eisen voldoet. De checklist zal zich de komende tijd nog ontwikkelen als we inderdaad betrokken zullen worden bij het maken van een landelijk curriculum.

Hoofdstuk 2 gaf de volgende categorieën van kennis/kunde:

- I. Kennis over de werkwijze en essentie van natuurwetenschap, d.w.z. hoe W&T kennis ontstaat en gevalideerd wordt, in het Engels aangeduid met *Nature of Science* – NOS
- II. W&T kennis (Biologie, Natuur- en Scheikunde, Aardwetenschappen, Techniek).
- III. W&T vakdidactische kennis
- IV. ICT en lesgeven in W&T

**Tijd:** Ik vind 300 à 400 uur studentenwerk voor W&T een minimum, dat is 1,5 a 2x wat momenteel gebruikelijk is op Nederlandse Pabo's.

- I. Kennis over de werkwijze en essentie van natuurwetenschap, d.w.z. hoe W&T kennis ontstaat en gevalideerd wordt, in het Engels aangeduid met *Nature of Science* – NOS
  - a. Wordt van de studenten een W onderzoekje of T ontwerp vereist dat zich minstens over 2 of 3 sessies uitstrekt (met huiswerk) en waarin de fasen van ontdekkend of ontwerpnd leren en een aantal onderzoeksvaardigheden duidelijk naar voren komen? Hoe is de kwaliteitscontrole hierop? Zie als checklist hiervoor bijvoorbeeld de punten a t/m p van pagina 12-14 van dit verslag. Wat vormgeving en uitvoering betreft, zijn er allerlei mogelijkheden.
  - b. Is er in het curriculum minstens één niet-stereotiep historisch voorbeeld van hoe een wetenschappelijke ontdekking in het echt verloopt? Een voorbeeld is bijvoorbeeld mijn verhaal over platentektoniek. Een ander voorbeeld is de overgang van geocentrisch naar heliocentrisch wereldbeeld en daar is veel lesmateriaal over bij het havo/vwo vak ANW.
- II. W&T kennis (Biologie, Natuur- en Scheikunde, Aardwetenschappen, Techniek)
  - a. Zie kennisbasis, die zal nog verder worden beperkt. Liever enkele onderwerpen goed doen met enige diepte dan veel onderwerpen oppervlakkig.
  - b. Komen enkele (2 of 3) moderne onderwerpen (zie bèta canon) ter sprake waardoor de studenten toch ooit in aanraking gekomen met onderwerpen als evolutie, moleculaire grondslag van biologie en gezondheidswetenschappen, atomen/moleculen, platentektoniek? Kies bij voorkeur onderwerpen met een breed toepasbaar begrippenkader.
  - c. Studenten kunnen enkele basismetingen verrichten en instrumenten gebruiken zoals meten van lengte, oppervlak, volume, temperatuur, massa, en gebruik van microscoop?
- III. W&T vakdidactische kennis (lijst van pagina 15 van dit verslag). De vaardigheden kunnen geoefend en gedemonstreerd worden in een opdracht om een lessenserie samen te stellen (mag uit bestaand materiaal), uit te voeren en resultaten te evalueren. De hamvraag is dan of er zo'n opdracht is in het curriculum en of onderstaande elementen daarin voorkomen en of er voldoende kwaliteitscontrole en feedback is van opleiders naar de betreffende Pabo studenten.
  - a. Van enkele sleutelbegrippen aangeven wat bekende kinderinterpretaties zijn (zie tabellen 1 en 2 kolom 4 van de kennisbasis).



- b. Naar kinderen luisteren en kinderwerk observeren (assessment), productief op kinderideeën en preconcepties reageren (begrip bouwen op voorkennis) en van daaruit reflecteren op de eigen lessen en bijsturen.
- c. Een spectrum van didactische methoden gebruiken rondom redeneren met bewijsmateriaal. Het spectrum varieert van laagdrempelige methoden als cartoon en puppets discussies (Simon et al, 1998; Keogh & Naylor, 2003) en "eggdrop" tot begeleiden van onderzoeks-/ontwerp projecten van kinderen.
- d. Leerlijnen vergelijken, bijv. het Schotse curriculum, het Engelse National Curriculum, TULE van SLO.
- e. Lessenseries samenstellen uit bekende activiteiten en die eventueel in een thema integreren.
- f. Manieren vinden om W&T activiteiten te koppelen aan taal en rekenen en andere aspecten van Wereldoriëntatie (voor taal zie Klentschy, 2008).
- g. Snel geschikte bronnen vinden in bestaande methoden (Leefwereld, Natuurlijk, NatuNiek, websites, etc.).
- h. Een omgeving creëren waarin kinderen kunnen onderzoeken en samenwerken.
- i. W&T activiteiten van kinderen beheersbaar maken, o.a. door coöperatief leren, logboekjes, etc. (Primary Connections, 2006).

#### IV. ICT en lesgeven in W&T

De student kan:

- a. Een interactief bord gebruiken in W&T lessen
- b. Sensoren als EuroSense en bijbehorende software gebruiken
- c. Digitale microscoop gebruiken