

Kennisbasis Natuur en Techniek voor Leraren in het Primair Onderwijs

Brits tijdschrift publiceert studie door achtjarigen

LONDEN – *Biology Letters*, een tijdschrift van de prestigieuze Britse Royal Society, heeft een onderzoek gepubliceerd dat volledig is uitgevoerd en geschreven door kinderen van acht jaar. De basisschoolkinderen onderzochten de manier waarop hommels kleuren en patronen zien. Volgens de Royal Society waren de resultaten van het schoolproject een 'echte vooruitgang' in het onderzoek naar de manier waarop insecten zien. Wetenschappers die commentaar leverden op het stuk zeiden dat het zijn waarde heeft bewezen ten opzichte van onderzoek door geoefende specialisten.

uit:
Trouw
23-12-10

door een redactieteam bestaande uit

Ed van den Berg (e.van.den.berg@hva.nl)

Lammert Blokhuis (lj.blokhuis@avans.nl)

Edith Louman (e.louman@hs-ipabo.edu)

Jos Marell (jos.marell@han.nl)

Voorwoord

In 2010 werden landelijke teams geformeerd van Pabo opleiders om kennisbases te ontwikkelen voor de verschillende leergebieden waaronder Wetenschap en Techniek (W&T). De opdracht was de kennis en vaardigheden te specificeren die verwacht worden van een **vakbekwame** leerkracht, dus een leerkracht die al een aantal jaren les geeft en inmiddels ruime ervaring heeft in het geven van W&T lessen. Deze kennisbasis zou gebruikt worden om richting te geven aan de professionele ontwikkeling van een leerkracht in het leergebied W&T. Elke Pabo zou zelf beslissen over welk deel van de kennisbasis bekend zou worden verondersteld bij toelating, welk deel in het Pabo curriculum opgenomen wordt, en welk deel gereserveerd wordt voor verdere professionele ontwikkeling na het doorlopen van de Pabo.

Na indiening van de producten van de diverse kennisbasisteams werd besloten om toch kennisbases te ontwikkelen voor de **startbekwame** leerkracht in plaats van de **vakbekwame** leerkracht en deze dan als basis te nemen voor toetsing op de Pabo. Bovendien moest dit een kennisbasis zijn voor vakdidactiek terwijl onze expliciete opdracht juist was om alleen W&T kennis en vaardigheden op te nemen en juist niet vakdidactiek.

Inmiddels zijn er de voorstellen van de Commissie Meijerink waarmee het Pabo beleid verder gaat. Omdat we vinden dat ons product, onze kennisbasis W&T voor de vakbekwame leerkracht een nuttig product is voor allen die betrokken zijn bij W&T lerarenopleiding, nascholing, en begeleiding, vroegen en verkregen we toestemming van de HBO raad om onze kennisbasis te publiceren op ECENT.

In de opleiding van de vakbekwame W&T leerkracht zijn er drie fasen te onderscheiden: de vooropleiding voor toelating tot de Pabo, de Pabo, en professionele ontwikkeling tot vakbekwame leerkracht na de Pabo. Onze kennisbasis oogt omvangrijk, maar een fors deel van de door ons gespecificeerde kennis behoort tot de normale onderbouwstof van het voortgezet onderwijs. Veel Pabos bieden bijspijkerprogramma's aan in de vorm van zelfstudiepakketten om de voorkennis op dit onderbouwniveau te brengen.

Binnen het zeer beperkte aantal uren voor vakkennis en vakdidactiek op het gebied van Natuur en Techniek op de Pabo is het beter een kleiner deel goed te doen dan om te proberen een zo'n groot mogelijk deel van de kennisbasis aan de orde te laten komen.

De extra kennis/vaardigheden van de vakbekwame leerkracht ten opzichte van de startbekwame leerkracht zal tot stand moeten komen via professionele ontwikkeling waaronder post-HBO nascholing en ervaring met W&T in de klas.

Wat wij bedoelen met Natuur en Techniek wordt uitgelegd in hoofdstuk 1.

Augustus 2012

1 De unieke bijdrage van onderwijs in Natuur en Techniek (N&T)

Onderwijs in natuur en techniek draagt op verschillende manieren bij aan de ontwikkeling van kinderen. De belangrijkste doelen zijn:

- leren over de eigen leefwereld;
- het belang en de waarde van natuur en techniek (h)erkennen;
- een onderzoekende en probleemoplossende houding ontwikkelen;
- ontwikkelen van het logisch denken: redeneren met bewijsmateriaal en met begrippen;
- aandacht en zorg voor natuur en milieu ontwikkelen / bijdragen aan duurzame ontwikkeling;
- kennismaken met werkwijze en resultaten van natuurwetenschap en techniek;
- in toenemende mate grip krijgen op een beperkt aantal kernconcepten betreffende de natuurlijke en de door mensen gemaakte wereld.

Deze doelen kunnen worden geclassificeerd in de drie pijlers van N & T onderwijs (zie schema in figuur 1, bovenste rij):

1. *het leren over het belang en de aard van N&T*; dit betreft het belang en de waarde van natuur en de specifieke denk- en werkwijze van natuurwetenschappen en techniek
2. *het uitvoeren van N&T*; dit betreft de zorg voor natuur en milieu, het uitvoeren van onderzoek en het ontwerpen en maken van technische producten
3. *kennis over en inzicht in de natuurlijke en de gemaakte wereld*

Pijler 1: Leren over het belang en de aard van N&T

Als kinderen de waarde van natuur beleven en bewust worden en het belang doorzien van duurzame ontwikkeling voor mensen hier en elders en nu en straks, dan zal dat hun houding t.o.v. dit leergebied en hun leefomgeving positief beïnvloeden. De natuur heeft een aantoonbaar gunstige invloed op de totale ontwikkeling van kinderen, onder andere op de zintuiglijke ontwikkeling, hun motoriek, concentratie en creativiteit (Louv, 2007). Omgaan met de natuur roept allerlei gevoelens op, zeker bij jonge kinderen. Gevoelens van fascinatie, verwondering, uitdaging, zorgzaamheid, medelijden, angst of soms afschuw. Als kinderen regelmatig de natuur kunnen beleven, verhoogt het hun interesse en betrokkenheid en bouwen ze een band met de natuur op.

Kinderen leren in het dagelijks leven ook verworvenheden en mogelijkheden van techniek waarderen en benutten. Ze doorzien dat mensen met techniek de wereld naar hun hand kunnen zetten en dat dit niet altijd zonder risico's is: techniek kan ook misbruikt worden of nadelen met zich mee brengen. Daarom is het van belang dat iedereen voldoende natuurwetenschappelijke en technische geletterdheid ontwikkelt om verantwoorde persoonlijke beslissingen te kunnen nemen en maatschappelijke besluiten te kunnen beïnvloeden op het vlak van gezondheid, duurzaamheid, technologische ontwikkelingen e.d. Het gaat niet alleen om functionele geletterdheid (om mee te kunnen doen) maar ook om culturele geletterdheid, om berichten in de media te begrijpen en mee te kunnen praten (van Keulen, 2009).

Mensen vervullen uiteenlopende rollen in relatie tot natuur en techniek. Door hier kennis van te nemen, kunnen kinderen ontdekken of zij hier zelf interesse en talenten voor kunnen en willen ontwikkelen. Dit is niet alleen voor henzelf maar ook maatschappelijk van belang, omdat het hun beroeps- en studiemogelijkheden verruimt en de samenleving β -talenten hard nodig heeft.

We zien bij natuurwetenschap en techniek specifieke denk- en werkwijzen in praktijk gebracht die ook in het onderwijs tot vruchtbare resultaten leiden. Het gaat om het observeren en kunnen verklaren van verschijnselen in de leefomgeving en in het verlengde daarvan om de empirische cyclus en het technisch proces, dus om onderzoeken en uitvinden (ontwerpen/maken). Kinderen leren in hun zoeken naar de best mogelijke antwoorden steeds beter systematisch en creatief heen-en-weer denken tussen theorie/model en werkelijkheid. Ze worden zich ervan bewust dat onderzoek weliswaar feiten oplevert maar geen absolute

waarheden; de natuurwetenschappelijke denk- en werkwijze leidt 'slechts' tot objectieve, betrouwbare (controleerbaar maar ook voorlopig en vervangbaar) kennis. De kinderen realiseren zich de soms beperkte geldigheid van onderzoekresultaten en derhalve van de waarde én de beperkingen van natuurwetenschappelijke en technische kennis maar ook van bruikbare toepassingsmogelijkheden.

Bij Natuur en Techniek gaat het dus nadrukkelijk om onderwijs met hoofd, hart en handen.

Pijler 2: Leren van de aanpak / het uitvoeren van N&T

Kinderen zijn van nature nieuwsgierig, ze hebben een grote belangstelling voor de wereld om hen heen. Het lijkt erop dat die interesse vermindert bij oudere kinderen. Nieuwsgierigheid en verwondering dienen daarom voortdurend gevoed te worden. Kinderen zijn handelingsgericht, ze willen graag de werkelijkheid naar hun hand zetten. Het zelf uitvoeren van onderzoekende of uitdagende probleemoplossende activiteiten komt daaraan tegemoet. Kinderen ontwikkelen daarbij onderzoeksvaardigheden en vaardigheden om te ontwerpen en te maken. Ook worden de nieuwsgierigheid en de onderzoekende en probleemoplossende houding gestimuleerd. Het zelf doen maakt kinderen zelfbewuster, zelfstandiger en meer zelfredzaam.

Kinderen leren door doen, ze "denken met hun handen". Het aan de slag gaan met concrete materialen is vaak beginpunt van het leren, vervolgens moet er een wisselwerking zijn tussen doen en denken. Kinderen leren bij onderzoek heen-en-weer te denken tussen waarnemingen en begrippen en logisch redeneren met bewijsmateriaal. Dit geldt ook voor ontwerpen en maken: door bij het ontwerpen/maken gebruik te maken van natuurwetenschappelijke en technische begrippen, leren kinderen deze beter kennen. Bij techniek kunnen kinderen toepassen wat ze bij het onderzoeken van natuur en techniek hebben geleerd. Omgekeerd helpt technisch bezig zijn de kinderen om natuurverschijnselen beter te doorzien. Het zelf doen laat kinderen kennismaken met de denk- en werkwijze van natuurwetenschappen en technologie. Het is de aangewezen manier om zich een wetenschappelijke houding en manier van denken en handelen eigen te maken. Het helpt om te begrijpen hoe in de wetenschap kennis tot stand komt. Onderwijs in natuur en techniek op deze manier helpt kinderen om op nieuwe manieren naar de wereld te kijken en zich bezig te houden met de vraag hoe de wereld in elkaar steekt, hoe je die kunt gebruiken om in eigen behoeften te voorzien en hoe we die wereld duurzamer kunnen maken.

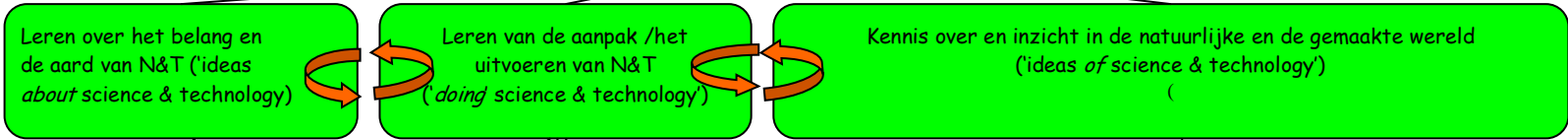
Pijler 3: Kennis over en inzicht in de natuurlijke en gemaakte wereld

Het kennisgebied van natuur en techniek is breed en veelomvattend. Allerlei onderwerpen kunnen aan bod komen: van biologische, natuurkundige, chemische en fysisch-geografische verschijnselen uit de natuurlijke wereld tot materialen, producten en processen uit de door de mens gemaakte wereld. Het gaat daarbij veelal, maar niet alleen, om onderwerpen uit voor de kinderen herkenbare contexten uit hun leefwereld. Dan krijgen leerinhouden voor hen betekenis. Bij de keuze van onderwerpen is het zinvol om een regionale inkleuring te geven (benutten van de schoolomgeving) en in te spelen op de actualiteit (bijv. proefjes met sneeuw en ijs in de winters van 2009/2011).

Op den duur krijgen de kinderen steeds meer grip op een aantal concepten die in onderlinge samenhang kernachtig het wezen van de natuurlijke en de door mensen gemaakte wereld karakteriseren. Het schema op de volgende bladzijde brengt een en ander in kaart.

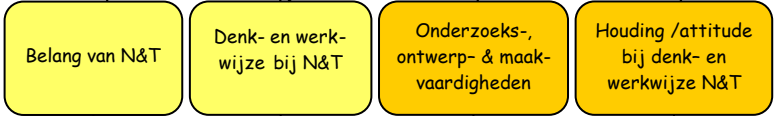
De kennisbasis specificereert de kennis en vaardigheden die verwacht worden van een vakbekwame leerkracht. Welk deel van de kennisbasis reeds beheerst moet worden door een startbekwame Pabo alumna zal door elke Pabo zelf worden beslist. Hetzelfde geldt voor het deel van de kennisbasis dat bekend wordt verondersteld voor toelating tot de Pabo. Een fors deel van de door ons gespecificeerde kennis behoort tot de normale onderbouwstof van het voortgezet onderwijs. Veel Pabo's bieden bijspijkerprogramma's aan in de vorm van zelfstudiepakketten om de voorkennis op niveau te brengen. De extra kennis/vaardigheden van de vakbekwame leerkracht ten opzichte van de startbekwame leerkracht zal tot stand moeten komen via verdere professionele ontwikkeling waaronder post-HBO nascholing.

Natuur en Techniek (N&T)



Kernconcepten:
modellen, verklaringen, bewijsmateriaal, ontwerp en product

Kernconcepten:
eenheid in verscheidenheid – systeem – duurzame ontwikkeling – materie en energie – verandering – oorzaak en gevolg – middel en doel



- o.a.
 - verkennen van de wereld
 - ontplooiën van talenten
 - W&T getuigerdheid en gecijferdheid
 - natuurbeleving
 - belang van natuur & milieu
 - duurzame ontwikkeling
- o.a.
 - als... dan... - denken (oorzaak/gevolg)
 - wat kan ik maken om... denken (middel/doel)
 - heen-en-weer denken tussen theorie/model en werkelijkheid
 - methodisch
 - kritisch werken met bewijsmateriaal
 - zorgen voor natuur en milieu
- o.a.
 - onderzoekscyclus (zie hfdst. 2)
 - ontwerp- en maakcyclus (zie hfdst. 2)
 - systeembenadering en multiperspectiviteit
 - stappenplan voor waardenontwikkeling en gedragskeuzen maken
- o.a.
 - verwondering, nieuwsgierigheid en leergierigheid
 - kritisch, objectief
 - volharding en zelfvertrouwen
 - zorgvuldig, zuinig, veilig & nauwkeurig
 - resultaten voorzichtig interpreteren
 - betrokken door beleving, gericht op duurzaamheid
 - zorgzaam, verantwoordelijk,



- o.a.
 - biodiversiteit en vorm - functie: planten en lagere levensvormen / dieren / eigen lichaam/mens
 - seizoensverschijnselen
 - levensgemeenschappen / ecosystemen, incl. duurzame ontwikkeling
 - fotosynthese - verbranding
 - erfelijkheid - evolutie
- o.a.
 - zonnestelsel/heelal
 - licht, geluid, elektriciteit, magnetisme, krachten, energie
 - materialen en hun fysische en chemische eigenschappen
 - aardwetenschappen, o.a. weer/klimaat
- o.a.
 - materiaal/ vorm - functie
 - constructies/verbindingen
 - overbrengingen
 - energietechniek
 - informatie- & communicatiesystemen
 - geautomatiseerde systemen

2 Belang, aard, denk- en werkwijze van Natuur en Techniek

In dit hoofdstuk worden pijler 1 en 2 uitgewerkt.

2.1 Ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek

Sinds de Oudheid hebben mensen werktuigen gemaakt, gebouwen ontworpen, landbouwmethoden verbeterd en nagedacht over verschijnselen in de natuur inclusief sterren en planeten. Vanaf de 17^{de} eeuw raakte de natuurwetenschap in een versnelling en werd expliciet heen-en-weer denken tussen theorie/model en waarneming/experiment (zie § 2.2) belangrijker, natuurwetenschap ontwikkelde een eigen denkwijze en methodologie en werd onafhankelijker van religie en levensbeschouwing.

In de natuurwetenschap gaat het om de verklaring van verschijnselen door middel van theorieën/modellen. In de techniek worden die modellen toegepast bij het ontwikkelen van oplossingen voor menselijke behoeften en problemen. Natuurwetenschap verklaart heden en verleden, techniek maakt de toekomst. Sinds de industriële revolutie is er een toenemende verstrengeling van natuurwetenschap en techniek en is techniek science-based terwijl omgekeerd de natuurwetenschap zelf zich snel ontwikkelt met behulp van nieuwe techniek. Maatschappelijke en culturele ontwikkelingen hebben een grote invloed op de ontwikkeling van N&T. Ook het omgekeerde is het geval, denk aan de ontwikkeling van de medische technologie die binnen een eeuw leidde tot een verdubbeling van de levensverwachting. De theorieën, modellen, en producten van N&T zijn voorlopig en worden voortdurend verbeterd onder invloed van nieuwe technische mogelijkheden, nieuw bewijsmateriaal en voortschrijdend inzicht. Er is geen vast recept voor natuurwetenschappelijk onderzoek en probleemoplossend werken bij techniek maar er zijn wel belangrijke kwaliteitseisen zoals reproduceerbaarheid van resultaten, logische consistentie van een theorie, transparantie betreffende werkwijze en resultaten zodat andere wetenschappers experimenten kunnen herhalen en resultaten en inzichten kunnen controleren en bekritisieren. Dergelijke kwaliteitseisen leiden tot de krachtige kennis waarvoor natuurwetenschap en techniek bekend staan.

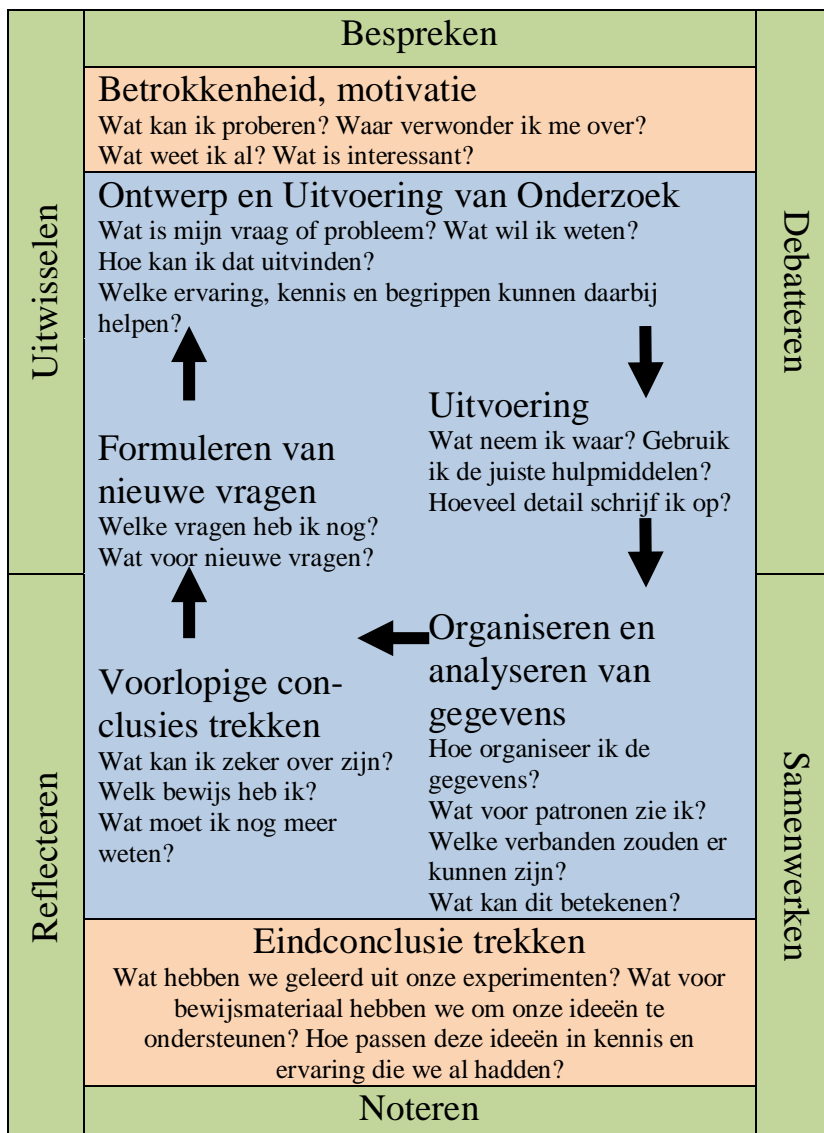
2.2 Modellen, bewijsmateriaal, verklaringen, technische oplossingen

Kennis, ook in het dagelijks leven, wordt samengevat in modellen. Een model is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid in de vorm van een tekening of diagram (constructietekening, schema van de spijsvertering), een plattegrond, een maquette of schaalmodel van een gebouw of apparaat, een wiskundige vergelijking of een theorie (deeltjesmodel van materie). Dergelijke modellen zijn producten van menselijke denkkracht, inventiviteit en logica, ze worden voortdurend verfijnd en bijgesteld op grond van nieuwe experimenten en waarnemingen (bewijsmateriaal) en daaruit voortvloeiende verbeterde inzichten. Soms zijn nieuwe inzichten zo revolutionair anders dat modellen compleet worden vervangen (voorbeeld: geocentrisch versus heliocentrisch zonnestelsel).

De essentie van natuurwetenschap en techniek is het methodisch en creatief heen-en-weer denken tussen model/theorie en werkelijkheid. Verklaringen zijn redeneringen vanuit een model waarin verschijnselen worden uitgelegd. Bewijsmateriaal wordt verzameld via een empirische cyclus. Technische oplossingen en ontwerpen worden vaak ook vanuit een model ontwikkeld en via een soortgelijke cyclus uitgetest. Onderzoeks-/ontwerpvaardigheden en bijpassende attitudes spelen bij deze benaderingen een belangrijke rol.

Diverse auteurs hebben de empirische cyclus vertaald naar een didactisch stappenmodel van onderzoekend leren en ontwerpvaardigheden (de Vaan & Marell, 2006; van Graft & Kemmers, 2007; VTBPro, 2007). De cyclus bevat altijd de volgende elementen: kennismaking of confrontatie met verschijnselen of probleem, er vragen over stellen, relevante kennis en ervaringen inventariseren, onderzoeksvragen of probleemstelling formuleren, experiment bedenken of ontwerpvoorstel maken, experiment of ontwerp uitvoeren, observeren/meten en analyseren c.q. testen en bijstellen, concluderen, en rapporteren/communiceren respectievelijk presenteren en gebruiken. Vaak volgt na de eerste analyses of testen een verbetercyclus waarin stappen uit het proces opnieuw en

aangepast worden uitgevoerd. Tenslotte komt men tot een eindconclusie of eindproduct en wordt die/dat gecommuniceerd naar andere wetenschappers, ontwerpers en opdrachtgevers (techniek) of in de didactische cyclus naar klasgenoten.



Figuur 2.1 Didactisch model van de empirische cyclus (Worth et al, 2009)

2.3 Vaardigheden en attituden

De in bijlage A opgesomde vaardigheden spelen een belangrijke rol in onderzoeken en ontwerpen/maken (QCDA, 1999; de Vaan & Marell, 2009; van Graft & Kemmers, 2007; van Keulen, 2010). We gebruiken in bijlage A de QCDA formulering omdat die het heen-en-weer-denken tussen model, concept, en experiment benadrukt. Onderzoeksvaardigheden zijn nodig om bij onderzoekend leren succesvol te kunnen zijn. Omgekeerd kan onderzoekend leren bijdragen aan de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden. Een zelfde wederkerigheid geldt voor ontwerp- en maakvaardigheden en ontwerpend leren/probleemoplossend werken bij techniek.

2.4 Educaties

Educaties kunnen passen binnen de pedagogische opdracht van een school. In relatie tot het leergebied 'Natuur en techniek' betreft dit met name gezondheidseducatie, natuur- en milieueducatie (NME) en leren voor duurzaamheid. In de basisschool gaat het bij de laatste twee in de eerste plaats om het ontwikkelen van betrokkenheid en zorggevoelens.

Duurzame ontwikkeling tracht de afweging tussen verschillende invalshoeken of perspectieven centraal te stellen bij het maken van keuzes. Het gaat daarbij om een afweging tussen menselijke, ecologische en economische belangen (**People, Planet & Prosperity**) waarbij altijd twee perspectieven een rol spelen: tijd (nu en later) en plaats (hier en daar). Voor vaardigheden en attituden verwijzen we naar Bijlage A.

Voor 'leren voor duurzame ontwikkeling' verwijzen we ook naar andere vakgebieden, met name pedagogie en mens- & maatschappijonderwijs (zie de generieke kennisbasis), aardrijkskunde en geschiedenis.

3 Kernconcepten

Kernconcepten (zie pijler 3) zijn concepten die in een breed gebied van de natuurwetenschappen en techniek en in verschillende contexten toepasbaar zijn en daarin betekenis geven aan begrippen en feiten én verbanden leggen... dus verklaringskracht hebben. Buitenschoolse ervaringen en zorgvuldig gekozen leerinhouden dragen ertoe bij dat deze kernconcepten geleidelijk meer betekenis krijgen, er ontstaan steeds meer genuanceerde denkbeelden over en in relatie tot deze kernconcepten. Bij de omschrijving en de verdere uitwerking ervan is het van belang de onderlinge samenhang niet uit het oog te verliezen. De keuze van kernconcepten kwam tot stand na bestudering van Nederlandse en buitenlandse curricula, de leerlijn biologie van 4 - 18 van Boersma et al (2007), de bètacanon (Dijkgraaf et al, 2007), "big ideas" als die van Atkins (2003, 2007) en van Harlen (2010), Engelse Pabo leerboeken als Cross & Bowden (2009), Gillespie & Gillespie (2007) en Peacock et al (2009), en kernconcepten als die geformuleerd voor Techniek door Katehi e.a. (2009), Hacker e.a. (2009) en voor Natuurwetenschappen door NSES (1996) en The College Board (2009).

Eenheid in Verscheidenheid

Om de werkelijkheid om ons heen te leren kennen, proberen we van jongs af aan organismen, objecten, materialen en verschijnselen te onderscheiden, te ordenen en te classificeren. Het is wonderlijk dat bij al die verscheidenheid toch zoveel eenheid en regelmaat valt waar te nemen en dat raakt nu net aan de kern van natuurwetenschap: verscheidenheid verklaren met een beperkt aantal basisprincipes.

Verschillen in kenmerken en eigenschappen zijn vaak gerelateerd aan verschillen in functie zowel in de natuur als in de techniek. Overeenkomsten en verschillen in kenmerken van organismen houden verband met levensvoorwaarden als voeding, verdediging en voortplanting: de best toegeruste wezens zullen als individu of als soort kunnen voortbestaan. Mensen ontwikkelen en gebruiken voor allerlei doeleinden een grote verscheidenheid aan technische hulpmiddelen. Deze worden door een uitgeknipte keuze van materialen en vormen steeds beter toegesneden op de functies die men ermee wil vervullen. Diversiteit en eenheid in verscheidenheid zijn ook wetenschappelijk gezien van belang omdat we daardoor steeds beter leren doorzien hoe de complexe werkelijkheid van natuur en techniek in elkaar zit. We begrijpen daardoor onder meer dat diversiteit bijdraagt aan de instandhouding van (o.a. natuurlijke) **systemen**.

Systeem

Een systeem is een samenhangend geheel van componenten die met elkaar samenwerken of zelfs van elkaar afhankelijk zijn. Daardoor kan een systeem meer complexe functies vervullen en naar behoren functioneren zolang de onderdelen goed op elkaar zijn afgestemd en het adequaat weet in te spelen op **veranderingen** in de omgeving. Het moet daardoor niet uit balans raken. Ons eigen lichaam is een fraai voorbeeld: zolang alle onderdelen zoals orgaanstelsels (kunnen) doen wat ze moeten doen (mede o.i.v. omgevingsfactoren), zijn we gezond en "kunnen we de wereld aan". Onze hersenen voeren daarbij de regie.

We onderscheiden bij systemen verschillende schaal- en organisatieniveaus, bijvoorbeeld opklimmend in de reeksen 'cel – orgaan – orgaanstelsel – organisme – ecosysteem – biosfeer', 'aarde – zonnestelsel – melkwegstelsel – heelal' of bij 'kettingwiel – derailleur – versnellingsapparaat – fiets – witte fietsenplan'.

Binnen de verschillende ecosystemen zorgt een subtiel samenspel (onder meer in de vorm van natuurlijke kringlopen en onderlinge competitie) van levende wezens en factoren van de levenloze natuur voor een duurzaam, dynamisch evenwicht. De mens kan dit evenwicht en dergelijke systemen bewust beïnvloeden. Ons zonnestelsel is een voorbeeld van een systeem binnen het heelal dat zijn invloed op aarde doet gelden, o.a. in energievoorziening, dagritme, en seizoenen.

Vele producten van techniek dienen een enkelvoudig **doel**, bijvoorbeeld een pen, een hamer. Er zijn steeds meer producten en materialen waarin functies worden gecombineerd: een koffiezetapparaat, een digitaal schoolbord, een mobieltje of tandpasta bestaan uit verschillende deelsystemen c.q. bestanddelen, elk met een eigen functie. Veel apparaten bevatten regelsystemen die dankzij sensoren en een processor automatisch op **veranderingen** reageren, denk aan de centrale verwarming of verkeerslichten. In de natuur zie je een dergelijke terugkoppeling bij zogenoemde zelfregulatie.

Verandering

Vrijwel niets blijft zoals het is. Sterke, plotselinge of grootschalige veranderingen gaan uiteraard niet onopgemerkt voorbij. Een verandering kan gelijkmatig verlopen of schoksgewijs en langzaam of snel merkbaar worden. De tijdsdimensie is kenmerkend voor uiteenlopende veranderingsprocessen als groei en ontwikkeling, evolutie van leven en evolutie van sterren, platentektoniek, weers- en seizoenverschijnselen, de beweging van hemellichamen t.o.v. elkaar (o.a. dag- en nachtritme), fysische verschijnselen en chemische reacties.

Er zijn natuurlijke veranderingen en al dan niet bewust door de mens teweeg-gebrachte veranderingen (ontginning, broeikaseffect, nieuwe natuur). Door vaak subtiele veranderingen in het erfelijk materiaal ontstaan nieuwe levensvormen en is er aanpassing mogelijk aan veranderende omstandigheden.

Veranderingen kom je zowel in de natuur als in de techniek tegen in de vorm van cyclische processen (seizoenen, recycling), als reversibele gebeurtenissen, bij dynamische evenwichten en als lineaire *omkeer*bare processen (van geboorte tot dood). Door veranderingen te onderzoeken, krijgen we beter inzicht in natuurverschijnselen en de eigenschappen van **materialen**, voorwerpen, organismen en **systemen**.

Techniek is gestuurde en/of gecontroleerde verandering. In de techniek worden doelbewust veranderings-processen in gang gezet om nieuwe producten te ontwikkelen, bestaande producten of productieprocessen te verbeteren.

Naarmate onze kennis van natuur en techniek toeneemt, veranderen de mogelijkheden om invloed uit te oefenen. Ethische kwesties zullen daarbij steeds vaker ter discussie komen: Komt de biodiversiteit niet in gevaar? Is **duurzame ontwikkeling** ermee gediend? Heiligt het **doel** alle **middelen**?

Duurzame ontwikkeling

“Er is sprake van duurzame ontwikkeling als er wordt voorzien in de behoeften van de huidige generatie, zonder het vermogen van toekomstige generaties aan te tasten om in hun eigen behoeften te voorzien” (commissie Brundtland, 1987). Dit vergt een balans tussen mensen, milieu en economie (People, Planet & Prosperity). Wij mensen zijn voor ons voortbestaan afhankelijk van de natuur, tegelijkertijd beïnvloeden we natuur en milieu. Dat schept verantwoordelijkheden. Dat wat we van de natuur gebruiken en verbruiken en de manier waarop we dat doen, mag geen onherstelbare gevolgen hebben voor het natuurlijk evenwicht en de kringlopen die daaraan een bijdrage leveren. Biodiversiteit vergroot het herstelvermogen van het milieu, er zijn daardoor meer mogelijkheden tot aanpassing aan **veranderende** omstandigheden.

Duurzame ontwikkeling betekent ook dat bij productie en consumptie sprake is van een rechtvaardige verdeling van lusten en lasten over mensen waar ook ter wereld en dat onze keuzen niet ten koste gaan van toekomstige generaties.

Materie en energie

In de kern is het heel eenvoudig: alles wat er is, bestaat uit materie en energie. Materie is opgebouwd uit atomen en moleculen. De typen atomen en hun onderlinge arrangementen bepalen de biologische, fysische en chemische eigenschappen van stoffen en materialen. Hemoglobine kan zuurstof binden, glas is breekbaar, plastic roest niet, enz. M.b.v. deeltjesmodellen kunnen die arrangementen van atomen/moleculen gemanipuleerd worden en komen nieuwe materialen en devices tot stand zoals vederlichte/supersterke

carbonvezels, medicijnen, en nanomaterialen. Deeltjes**modellen** geven ons macht over **materie** en verklaren de enorme diversiteit aan eigenschappen van miljoenen stoffen. Een simpele definitie van **energie** is "iets wat je nodig hebt om een taak te verrichten" zoals een auto in beweging brengen, voedsel verhitten, of een lamp laten schijnen. Energie komen we in verschillende vormen tegen die je in elkaar kunt omzetten; het speelt een rol bij alle (chemische, fysische, biologische, geologische) **veranderingen** en bij alle vormen van leven. Bij energietransformatie geldt energiebehoud maar doorgaans kan niet alle omgevormde energie nuttig worden aangewend: we spreken van energiedegradatie. In de praktijk kan men een deel van die degradatie voorkomen met talloze mogelijkheden voor energiebesparing.

Alle verschijnselen die we waarnemen, zijn in essentie interacties van materie en energie. Bijvoorbeeld, licht is een vorm van energie (straling) die uitgezonden wordt door materie, die zich met zeer hoge snelheid voortplant, en uiteindelijk ook weer geabsorbeerd wordt door materie, bijv. in het netvlies van onze ogen waardoor 'ons bestaan kleur krijgt'.

Oorzaak en gevolg

In de natuurwetenschappen gaan we ervan uit dat voor elke verandering een of meerdere oorzaken bestaan. Het is inderdaad vaak mogelijk bij **veranderingen** oorzaak en gevolg-relaties te ontdekken. Dat geldt zowel op microniveau als op kosmische schaal:

- Door vaak subtiele veranderingen (mutaties) in het erfelijk materiaal ontstaan er nieuwe levensvormen en is aanpassing mogelijk aan veranderende omstandigheden.
- Uitzending van licht en andere straling door sterren kan worden verklaard vanuit deeltjesgedrag.

We zien vaak eerst de effecten/resultaten en gaan vervolgens op zoek naar de oorzaken ervan. Omgekeerd is experimenteel onderzoek vaak juist gericht op het voorspellen en vaststellen van de effecten van veranderingen. Proefondervindelijk wordt bepaald wat en hoe groot het gevolg is van een verandering van een van de beïnvloedende factoren. Als we zo een (eenvoudige) relatie tussen oorzaak en gevolg scherp krijgen, kunnen we ook invloed uit (proberen te) oefenen op de **verandering** in kwestie. Als we onomkeerbare veranderingen willen tegengaan (slijtage, veroudering, erosie, afname biodiversiteit) kunnen we proberen de (invloed van de) oorzaken weg te nemen.

Middel en doel

Organismen zijn in bouw en gedrag aangepast aan uiteenlopende functies die leven, overleven en samenleven met zich meebrengen. Die levensfuncties betreffen grofweg gezegd voeding, verdediging/bescherming en voortplanting/reproductie. Bij de bouw van een organisme gaat het niet alleen om morfologie en anatomie maar ook om kenmerken op moleculair en cellulair niveau: alles staat in dienst van een optimaal functioneren van het individuele organisme en/of van het overleven van de soort.

Als de omstandigheden blijvend veranderen dan zullen juist die organismen kunnen overleven die zich daaraan in bouw en leefwijze het best hebben weten aan te passen.

Veranderingen in bouw kunnen daarbij het **gevolg** zijn van toevallige mutaties en natuurlijke selectie.

In de techniek ontwikkelen mensen materialen en producten waarmee ze problemen op kunnen lossen of om aan (nieuwe) behoeften en uitdagingen te voldoen. Men probeert het ontwerp van producten optimaal af te stemmen op het doel / de functie die ze moeten vervullen: "form follows function". Net als in de natuur is er in de techniek dus die relatie tussen materiaal en/of vorm enerzijds en functie anderzijds. Het is vaak eenvoudig van bestaande producten de relatie tussen **doel/functie** en **middel** aan te geven. Mensen kunnen vaak kiezen uit een groot aantal oplossingen voor hun problemen. Naast technische en sociaal-maatschappelijke factoren spelen ethische overwegingen hierbij een rol. Denk bijvoorbeeld aan verbetering van productiemethoden (opwekking en verbruik van energie; gezondheidskwesties) maar ook aan het feit dat techniek weliswaar steeds meer mogelijk maakt maar niet alles wat kan ook wenselijk is, bijvoorbeeld met het oog op **duurzaamheid**.

4 Inhoudelijke uitwerking

In § 4.1 zijn afgeleide concepten opgenomen bij elk van de zeven kernconcepten uit pijler 3/ hoofdstuk 3; deze concepten zijn cursief weergegeven. De kennisbasis voor vakbekwame leerkrachten wordt in deze paragraaf nader geconcretiseerd via een opsomming van kennisaspecten/ inzichten die voor dit leergebied van belang zijn.

In § 4.2 slaan we de brug naar de uitvoeringspraktijk. Door Natuur en Techniek binnen verschillende contexten en vanuit verschillende perspectieven te laten verkennen, krijgen de concepten voor leerlingen steeds meer betekenis en gebruikswaarde.

4.1 Afgeleide concepten en inzichten op basis van de zeven kernconcepten uit pijler 3

➤ Afgeleide concepten en inzichten bij ‘Eenheid in Verscheidenheid’

Zowel de natuurlijke als de gemaakte wereld kenmerken zich door een enorme diversiteit maar ook door patronen in deze diversiteit: eenheid in verscheidenheid.

Biodiversiteit, soort, erfelijke aanleg, DNA, geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting

- Er zijn zeer veel verschillende soorten planten, dieren (flora en fauna) en lagere levensvormen. Er worden nog steeds nieuwe soorten organismen ontdekt. Elk daarvan heeft waarde in zichzelf en een rol in het grotere geheel.
- We spreken van een soort als de planten of dieren die ertoe behoren zich onderling kunnen voortplanten en vruchtbare nakomelingen krijgen.
- Binnen een soort zie je variatie door verschillen in erfelijke aanleg (het genotype dat is vastgelegd in het DNA) en o.i.v. omgevingsfactoren.
- Uitwisseling van DNA bij geslachtelijke voortplanting leidt tot een grote diversiteit. Erfelijke eigenschappen worden deels wel en deels niet op volgende generaties overgedragen. Niet aangeboren eigenschappen (fenotype) worden niet overgeërfd.
- DNA wordt in cellen voor de celdeling gekopieerd; fouten die daarbij worden gemaakt veroorzaken genetische veranderingen (mutaties); soms kunnen daardoor zelfs nieuwe soorten ontstaan.
- Ongeslachtelijke voortplanting leidt tot zeer weinig diversiteit: in principe hebben de nakomelingen dezelfde erfelijke eigenschappen als het organisme waar ze uit voortkomen.

Overeenkomsten en verschillen, patroon en variatie, vorm en functie

- Kenmerken en eigenschappen van organismen zijn op uiteenlopende manieren aangepast aan functies m.b.t. voeding, ademhaling, beweging, bescherming/verdediging en voortplanting.
- Er zijn verschillende manieren van voortplanten bij planten (geslachtelijk en/of ongeslachtelijk; sporen en zaden; variatie in bloemvormen en zaden en vruchten), en bij de verschillende diergroepen (ei, levendbarend).

Ordering en classificatie, naamgeving

- Het plantenrijk is onderverdeeld in sporenplanten en zaadplanten. De lagere levensvormen schimmels, bacteriën en virussen behoren niet tot het plantenrijk.
- Het dierenrijk is onderverdeeld in ongewervelde dieren (o.a. insecten, wormen, weekdieren) en gewervelde dieren; we rekenen de mens tot de zoogdieren.
- Er komen in de eigen schoolomgeving kenmerkende planten en dieren voor; veel voorkomende planten en dieren moet je kunnen onderscheiden en benoemen (zie soortenlijst Cito).

Karakteristieke toepassingen van materialen en vormen in producten van techniek

- Er zijn talloze natuurlijke en technische producten (o.a. voedingsmiddelen, lichaamverzorgingsproducten, constructies, transportmiddelen, informatie-/communicatiemiddelen, enz.). De kenmerken/eigenschappen ervan bepalen de gebruiksmogelijkheden. Voor technische toepassingen stemt een ontwerper het productontwerp primair af op de functie(s).
- In constructies kun je verschillende typen verbindingen tussen onderdelen onderscheiden en karakteristieke vormen voor het bevorderen van stevigheid en stabiliteit en voor het overbrengen van bewegingen.

➤ Afgeleide concepten en inzichten bij ‘**Systeem en organisatie**’

Zowel in de natuur als in de techniek komen meer en minder complexe systemen voor.

Geheel - deel, deelsysteem, interactie en gedrag, zelfregulatie

- De cellen, weefsels en organen van de mens en die van andere organismen werken samen in het uitvoeren van specifieke functies die voor hun voortbestaan van belang zijn. Denk bijvoorbeeld aan wortels, stengels, bladeren en bloemen van zaadplanten met elk hun eigen functie in het geheel; en aan zintuigen, zenuwstelsel en voortplantingsstelsel bij dieren.
- Bij een gezond organisme is sprake van zelfregulatie, onder andere via hormonen.
- De gezondheid van de mens en van andere organismen kan door uiteenlopende factoren beïnvloed worden zoals de beschikbaarheid van water, licht en voedingsstoffen, door de samenstelling van lucht en bodem, door vervuiling en infectieziekten, door soortgenoten (samen sterk en/of gelukkig) en biologische vijanden, door fysieke en mentale inspanning of ontspanning.

Ecosysteem, samenhang en relaties, dynamisch evenwicht, voedselpiramide en voedselweb, kringlopen; producent, consument en reductent

- Een ecosysteem (bos, plas e.d.) is het samenhangende geheel van abiotische en biotische factoren in een bepaald gebied. Een ecosysteem is dynamisch; biotische en abiotische factoren veranderen voortdurend; in een gezond ecosysteem is er een dynamisch evenwicht.
- Levende wezens zijn, van andere organismen afhankelijk én van abiotische factoren. Omgekeerd oefenen ze ook invloeden uit op andere levende wezens en op het abiotisch milieu. Je kunt de aarde beschouwen als een enkele biosfeer waarin alle planten, dieren en micro-organismen samenleven en direct of indirect van elkaar afhankelijk zijn. Elk heeft zijn eigen niche (plaats/functie) binnen het geheel.
- De relaties tussen levende wezens kun je op verschillende manieren beschrijven; voedingsrelaties worden bijvoorbeeld aangeduid via voedselketens (groene planten als producent, planteneters en vleeseters als consumenten), voedselwebben en voedselpiramideën. Beïnvloeding van een van de schakels in de voedselketen heeft gevolgen voor alle andere schakels.
- De meeste schimmels en bacteriën kunnen in hun voedselbehoefte voorzien door als reductent te zorgen voor de verwerking van (natuurlijk) afval. De mineralen die uiteindelijk vrijkomen, maken de voedselkringloop rond.

Heelal, hemellichamen, zonnestelsel, dag - maand - jaar

- Ons zonnestelsel is een systeem bestaande uit de zon, acht planeten en hun manen en andere hemellichamen als asteroïden, kometen en meteorieten. De kracht die het zonnestelsel bij elkaar houdt en bewegingen verklaart, is de zwaartekracht.
- Het systeem ‘zon - aarde - maan’ bepaalt ons bestaan. De rotatie van de aarde om zijn as veroorzaakt dag en nacht; de seizoenen en **verandering** van daglengte zijn een gevolg van de stand van de aardas t.o.v. de zon. De aarde beweegt in een jaar rond de zon in een baan die bijna cirkelvormig is waardoor de afstand aarde – zon relatief weinig varieert. Zons- of maansverduistering treedt op wanneer aarde, zon en maan precies op een lijn liggen.
- Kennis over het heelal komt uit straling (radiostraling, microgolven, infrarood, licht, Röntgen, en deeltjes) die we via telescopen en satellieten kunnen opvangen. Die straling is (lichtjaren) lang onderweg geweest. Daardoor kijken we in een zeer ver verleden als we het heelal bestuderen.

Invoer en uitvoer, meten en regelen, automaat

- Door geautomatiseerde systemen kunnen apparaten zonder tussenkomst van de mens taken uitvoeren. Ze bestaan altijd uit de volgende onderdelen: invoer (vaak via sensoren), verwerking (computer/chip) en uitvoer (actuators). Er zijn verschillende soorten geautomatiseerde systemen:
 - het eenvoudigste zijn de meetsystemen;
 - stuursystemen reageren op de gemeten signalen met een actie (bijv. alarm wekker)
 - bij een regelsysteem heeft de uitvoer invloed op de invoer, (centrale verwarmingsinstallatie),

➤ Afgeleide concepten en inzichten bij ‘**Duurzaamheid/duurzame ontwikkeling**’

Duurzame ontwikkeling is gericht op verbetering van de kwaliteit van leven voor allen, hier en nu, elders en in de toekomst. Dat vergt evenwichtige aandacht voor de 3 P’s van ‘People (mensen/welzijn), Planet (planeet/milieu) en Prosperity (welvaart).

Onderlinge afhankelijkheid, natuurlijk/dynamisch evenwicht, kringlopen, (wereld)burgerschap en rentmeesterschap, rechtvaardige verdeling

- Organismen zijn aangewezen op elkaar en op hun omgeving, ze wisselen stoffen (denk aan gassen en mineralen) met hun omgeving uit en zijn ook op andere wijze van invloed. Er is sprake van een dynamisch evenwicht. Natuurlijke processen van ontstaan en vergaan, zorgen ervoor dat wat zich in de natuur bevindt weliswaar steeds verandert maar niet vermindert.
- Elke ontwikkeling naar duurzaamheid moet het welzijn van zoveel mogelijk mensen ten goede komen. Daarom heeft iedereen het recht maar ook de verantwoordelijkheid mee te denken en mee te beslissen over onze toekomst en die van onze leefwereld. Omdat mensen de natuur van anderen zowel lokaal als op wereldschaal beïnvloeden, zouden ze in hun manier van leven rekening moeten houden met de rechten en behoeften van anderen, ook van hen die na ons leven: een kwestie van rechtvaardigheid en eerlijk delen.

Productie en consumptie, gebruik en verbruik, ontwikkeling en draagkracht, biodiversiteit

- Mensen doen er goed aan om de natuur zo te gebruiken dat haar mogelijkheden om zich te herstellen intact blijven en het dynamisch evenwicht niet onherstelbaar ontwricht raakt. Verstoringen van het evenwicht hebben uiteindelijk ook gevolgen voor de mens.
- Er zijn grenzen aan de groei; teveel groei leidt tot armoede en vernietiging van ons leefmilieu.
- Biodiversiteit is van belang voor het herstellervermogen van het milieu, er zijn daardoor meer mogelijkheden tot aanpassing aan veranderende omstandigheden.

Milieuproblematiek en oplossingen, duurzame energie, onzekerheid en voorzorg

- Er zijn meerdere milieuproblemen, zoals vervuiling van bodem, water en lucht en verstoring (bijv. geluidsoverlast) van de leefomgeving.
- Bij het afvalprobleem zijn afvalpreventie, recycling (lieftst cradle-to-cradle) en hergebruik belangrijk.
- Het energieprobleem (broeikaseffect door toenemend gebruik van fossiele energie; uitputting) kan aangepakt worden door energiebesparing en door de toepassing van duurzame energie.
- Te snelle **veranderingen** in de manier waarop wij (samen)leven kunnen zorgen voor onvoorziene **gevolgen**; als de mensheid leert van gemaakte fouten kunnen tijds maatregelen worden getroffen.

➤ Afgeleide concepten en inzichten bij '**Materie en energie**'

Alles om ons heen bestaat uit materie en energie.

Atomen en moleculen, elementen en verbindingen, massa, materiaaleigenschappen, natuurlijke materialen en kunststoffen

- Alle materialen zijn opgebouwd uit atomen met een positief geladen kern en negatief geladen elektronen. Daarvan komen ruim 90 verschillende typen (elementen) in de natuur voor die in allerlei combinaties aan elkaar tot moleculen gekoppeld kunnen zijn en stoffen vormen.
- Het periodiek systeem geeft een overzicht van deze elementen, gerangschikt naar atoomgetal (aantal protonen in de kern) en op basis van overeenkomstige eigenschappen onderverdeeld in groepen (edelgassen, edelmetalen). De enorme diversiteit van miljoenen stoffen en eigenschappen komt van dit kleine aantal elementen en kan begrepen worden met deeltjes**modellen** die ook gebruikt worden om nieuwe materialen zoals kunststoffen met gewenste eigenschappen te ontwerpen.
- Een stof heeft eigenschappen zoals dichtheid, kookpunt, oplossend vermogen, kleur, een goede of slechte geleiding van warmte of elektriciteit, etc. die alle onafhankelijk zijn van de hoeveelheid. De eigenschappen kunnen verklaard worden met deeltjes**modellen**.

Energieomzetting, energiebehoud, energiedegradatie, fossiele en duurzame energie, energiebesparing, isolatie, warmtetransport

- Energie heeft veel verschijningsvormen en wordt getransformeerd van de ene naar de andere vorm. Bij alle fysische, chemische, biologische en geologische **veranderingen** vinden energieomzettingen plaats.
- Bij elke omzetting van energie geldt energiebehoud maar een groter of kleiner deel verspreidt zich daarbij in de omgeving en kan niet meer nuttig worden aangewend (energiedegradatie).
- Bij kernreacties (kernsplitsing, kernfusie, radioactiviteit) wordt massa (materie) omgezet in (zeer veel) energie zonder productie van CO₂.

- Momenteel wordt voornamelijk fossiele energie gebruikt maar de voorraad fossiele energie is eindig. Bovendien komen bij het gebruik van fossiele energie schadelijke stoffen vrij waaronder koolzuurgas (CO₂) dat bijdraagt aan het broeikaseffect.
- Toepassing van zonne-energie, wind- en waterkracht is **duurzaam** (schoon en oneindig). Er kan veel energie worden bespaard door verlies van warmte tegen te gaan en door energie efficiënter te benutten (LED lampen, HR ketels, huisisolatie).
- Warmte verplaatst zich van plaatsen met een hogere naar plaatsen met een lagere temperatuur. Dit kan via straling, stroming of geleiding. Een slechte warmtegeleider is een goede isolator.

Chemische energie, fotosynthese en verbranding; andere energievormen: licht, warmte, elektrische energie, magnetisme, bewegingsenergie en geluid

- Voedselpiramide geven weer hoe de bij de fotosynthese vastgelegde energie deels wordt doorgegeven en deels wordt verbruikt (ademhaling/verbranding).
- Licht is een vorm van energie die zich vanuit een lichtbron rechtlijnig voortplant. De richting en intensiteit kunnen door interactie met materie veranderd worden via transmissie (inclusief breking), absorptie, verstrooiing en weerkaatsing (inclusief spiegeling).
- We kunnen zien doordat licht rechtstreeks van een lichtbron of via een voorwerp op ons netvlies valt; onze hersenen kunnen de beelden (lichteffecten op het netvlies) interpreteren.
- Lenzen en spiegels worden gebruikt om lichtbeelden te bewerken in camera's, brillen, en andere optische apparaten.
- Elektrische schakelingen transporteren elektrische energie van een spanningsbron naar apparaten waarin deze kan worden omgezet in andere vormen van energie (motor: beweging; wasmachine: beweging en warmte; lamp: licht en warmte; TV: licht en geluid).
- Elektrische schakelingen worden ook gebruikt om informatie te bewerken (computer) en te transporteren (telefoon).
- Vermogen (in Watt) is een maat voor de snelheid waarmee energie wordt omgezet.
- Magneten hebben polen; gelijke polen stoten elkaar af; ongelijke polen trekken elkaar aan. Dankzij magnetisme (kompas) konden de ontdekkingsreizigers van weleer hun route bepalen.
- Tegenwoordig kunnen we elektromagneten van elke gewenste sterkte maken en aan en uitzetten in speelgoed, microfoons en luidsprekers, elektromotoren, windturbines, etc. Elektromotoren kunnen elektrische energie in bewegingsenergie omzetten. Turbines en dynamo's kunnen bewegingsenergie in elektrische energie omzetten en dus elektrische stroom opwekken.
- Een belangrijk deel van de communicatie in de natuur en in onze maatschappij verloopt via geluid. Geluid plant zich voort door middel van trillingen (**veranderingen!**) in materialen (lucht, vloeistoffen, vaste stoffen). Wat trilt zijn deeltjes (atomen), geluid kan zich dus niet voortplanten in vacuüm.
- De toonhoogte is afhankelijk van de frequentie van de trilling (Hertz), de geluidssterkte is afhankelijk van de amplitudo van de trilling. Te harde geluiden (>100dB) kunnen het gehoor beschadigen.
- Met een microfoon kun je geluiden omzetten in elektrische signalen (van geluidsenergie naar elektrische energie), in een luidspreker gebeurt het omgekeerde.

➤ Afgeleide concepten en inzichten bij 'Verandering'

Verandering geeft aan dat er iets gebeurt. Je zou er niet aan moeten denken dat er geen veranderingen zouden plaatsvinden: dodelijk saai zou het leven zijn als er niets gebeurt. In de gebeurtenissen is vaak een zekere volgorde en regelmaat aan te wijzen. In dat geval zijn veranderingen meer of minder voorspelbaar.

Groei en ontwikkeling, leven en dood, natuurlijke selectie en evolutie

- Onder meer door celdeling en celdifferentiatie kunnen organismen groeien en zich ontwikkelen. Organismen hebben niet het eeuwige leven. Op den duur gaan ze dood door voedseltekort, doordat ze opgegeten worden, door slijtage/ouderdom of door ziekte of beschadiging / ongelukken. Doordat organismen zich kunnen voortplanten, sterven soorten niet uit en wordt leven in stand gehouden.
- Evolutie vindt plaats door natuurlijke selectie van organismen die, dankzij genetische veranderingen, het best zijn toegerust om te kunnen overleven bij veranderingen in hun leefmilieu.

De natuur reageert met veranderingen: adaptatie, successie, diergedrag

- Op den duur blijken soorten zich aan te passen aan hun leefomgeving en levensgemeenschappen te veranderen. Bij geleidelijke veranderingen van een ecosysteem (bijv. verlanding van een heideven) spreken we van successie.

- Diergedrag vertoont vaak vaste patronen, kenmerkend voor de soort (bijv. baltsgedrag vogels), mensen hebben (door te leren) meer mogelijkheden om te reageren, om dingen te doen of bewust na te laten, hun gedrag te veranderen.

Cyclische processen: kringloop, ontwikkelingscyclus, seizoensverschijnselen

- Natuurlijke materialen als water en koolstof doorlopen kringlopen die van essentieel belang zijn voor het leven op aarde; de voedselkringloop waarborgt de verwerking van natuurlijk afval en zorgt voor voldoende aanbod van mineralen.
- Insecten en amfibieën hebben een interessante levenscyclus met een gedeeltelijke (o.a. sprinkhanen en libellen) of volkomen gedaanteverwisseling (o.a. vlinders, kevers en kikkers).
- Bij verschillende organismen zie je bij wisseling van de seizoenen aanpassingen in bouw (uitbotten knoppen, bladval loofbomen, rui, aanleg vetlaag) of activiteit (zaden en vlinderpoppen als ruststadium, balts en bronst, aanleg wintervoorraad, winterslaap, enz.), anderen migreren (vogeltrek met zomer- en wintergasten) op zoek naar voedsel of om voor nageslacht te zorgen.
- Elk seizoen wordt gekarakteriseerd door kenmerkende natuurverschijnselen zoals voorjaarsbloei en herfstbladeren, paringsrituelen en bij sommige soorten enorme (tijdelijke) uitbreiding van de populatie.

Veranderingen op wereldschaal: atmosfeer, weer en klimaat; geosfeer, aardbevingen en vulkanisme, erosie, grondsoorten en sedimentatie, aardlagen en fossielen

- Het **systeem** aarde bestaat uit atmosfeer, hydrosfeer, en geosfeer.
- Weer en klimaat kunnen beschreven worden met variabelen zoals temperatuur, neerslag, windrichting en -snelheid en luchtvochtigheid. De aardkorst is de buitenste schil van de aarde; deze is opgebouwd uit een aantal platen, die volgens de platentektoniek enkele centimeters per jaar t.o.v. elkaar kunnen bewegen op een plastische mantel daaronder. Nabij de grensvlakken tussen deze platen komen nieuwe gesteenten naar buiten (vulkanisme) en/of gaan stukken aardkorst langzaam naar binnen. Bij de grensvlakken komen aardbevingen en vulkanisme voor en worden gebergten gevormd.
- Aardlagen ontstaan door sedimentatie of vulkanisme en laten de gesteentecyclus zien waarbij vrijgekomen vulkanisch gesteente erodeert, getransporteerd wordt en sedimenteert en diep in de aardkorst vervormt (metamorfose).
- In het verleden waren flora en fauna heel verschillend van nu. We vinden fossielen terug in aardlagen waarvan we de leeftijd goed kunnen bepalen (dinosaurussen e.a.).
- Grond/aarde is een continu veranderend mengsel van mineralen, organisch materiaal en levende componenten.

➤ Afgeleide concepten en inzichten bij ‘Oorzaak en gevolg’

Veel veranderingen worden veroorzaakt, mogelijk gemaakt of bevorderd door toevoer van energie in de een of andere vorm.

Kracht en beweging (richting en snelheid), drijven en zinken (opwaartse kracht en zwaartekracht), kracht en vormverandering

- Krachten zijn veroorzakers van verandering, bijvoorbeeld verandering van beweging (versnelling, vertraging, richting) of verandering van vorm.
- Wanneer krachten op een voorwerp in evenwicht zijn, dan is dat voorwerp in rust (zoals bij drijven of zweven) of beweegt het met een constante snelheid.

De zon als motor voor het weer, weersverschijnselen, broeikas effect

- De overdracht van zonne-**energie** in de atmosfeer veroorzaakt temperatuur- en luchtdrukverschillen, luchtstromingen (wind, mede veroorzaakt door rotatie van de aarde) en oceaanstromingen, en verdamping en condensatie/neerslag en dus het weer.
- Broeikasgassen als koolzuurgas (CO₂) en methaan (CH₄) zorgen voor een leefbare temperatuur op aarde. Verhoging van de concentratie aan broeikasgassen in de atmosfeer kan opwarming veroorzaken en daarmee zorgen voor ingrijpende veranderingen in klimaat en zeespiegel.

➤ Afgeleide concepten en inzichten bij ‘Middel en doel’

Veel van wat we in de levende natuur tegenkomen blijkt bijzonder goed te zijn afgestemd op de functies die eraan gekoppeld zijn. Bij techniek zien we dat de mens doelgericht allerlei dingen maakt om het leven gemakkelijker of aangenaamer te maken.

Vorm - functie en materiaal - functie bij planten in relatie tot voeding, bescherming/verdediging en voortplanting/reproductie

- Bij groene planten zie je de volgende levensprocessen: voedselproductie (ze zijn autotroof), gevoeligheid (waarnemen van en reageren op omgevingsfactoren), (beperkte) beweging, ademhaling, uitscheiding, groei en reproductie. Weefsels en organen vervullen daarbij specifieke functies: bloemplanten hebben goed ontwikkelde wortels (verankering in en opname uit de bodem), stengels (transport), bladeren (fotosynthese) en bloemen (geslachtelijke voortplanting). De bloem bestaat tenminste uit bloembladeren, meeldraden (♂) en/of stampet (♀). Specifieke kenmerken kunnen de kansen op vrot en uitdroging (bescherming/verdediging) verminderen.
- De meeste organismen zijn opgebouwd uit meerdere cellen en celtypen; bijna al deze cellen hebben een kern die hun activiteiten aanstuurt. Plantencellen zijn anders van opbouw dan cellen van dieren en mensen, ze kunnen daardoor ook andere functies (zoals fotosynthese in cellen met bladgroen) vervullen.

Vorm - functie, materiaal - functie en gedrag - functie bij dieren in relatie tot voeding, bescherming/verdediging en voortplanting/reproductie

- Bij dieren (inclusief de mens) zie je de volgende basale levensprocessen: voeding, ademhaling, uitscheiding, groei, gevoeligheid (waarnemen van en reageren op omgevingsfactoren), voortbeweging en voortplanting/reproductie. Lichaamskenmerken van dieren zijn aangepast aan de functies m.b.t. voeding, bescherming/verdediging en voortplanting. Diergedrag is hier ook gericht op afgestemd, denk bijvoorbeeld aan de balts en aan territoriumgedrag (aanval/verdediging; angst/agressie).
- De cellen, weefsels en organen van de mens en die van andere dieren werken samen in het uitvoeren van specifieke functies die voor hun voortbestaan van belang zijn; belangrijke organen/ orgaan**systemen** bij de mens zijn de zintuigen, spierstelsel en het zenuwstelsel (gedrag / communicatie), het skelet (stevigheid, beweging, bescherming), ademhalingsstelsel, bloedsomloop (transport), spijsverteringstelsel (van mond met speekselklieren en gebit tot endeldarm), hormoonstelsel (regulatie), uitscheidingsstelsel en voortplantingsstelsel.

Vorm - functie en materiaal - functie, halffabricaten; recycling, cradle-to-cradle, hergebruik

- De landbouw levert de mens de mogelijkheid op een vaste plaats en op een beperkte oppervlakte efficiënt veel voedsel te produceren. De bio-industrie en de voedselverwerkende bedrijven bieden ons voor weinig geld de mogelijkheid in de basisbehoefte voedsel te voorzien.
- Ook de vorm van voorwerpen waaruit andere kunnen worden samengesteld bepaalt hun geschiktheid / toepassingsmogelijkheden; halffabricaten zijn wat dat betreft vaak opvallend veelzijdig (bijv. onderdelen constructiespeelgoed).
- Bij recycling worden grondstoffen teruggewonnen om er opnieuw materialen mee te kunnen produceren. Bij cradle-to-cradle gaat men nog verder: bij de eerste productie van apparaten, waarin diverse materialen zijn toegepast, wordt al rekening gehouden met het later terugwinnen van de basisstoffen. Hergebruik betreft het opnieuw gebruiken van producten voor hetzelfde doel/ dezelfde functie (tweedehands kleding, statiegeldflessen).

Constructies, verbindingen, stevigheid en stabiliteit, bewegings- en overbrengingsprincipes

- In constructies worden onderdelen op verschillende manieren met elkaar verbonden al naar gelang de functie ervan.
- 'Form follows function' is een oud adagium in de techniek. Een ontwerper stemt het ontwerp van een constructie primair af op de functie(s).
- Constructies worden steviger met driehoeken (vormvast), bogen, profielen (materiaalbesparend) of door in verband te bouwen.
- Door een goede gewichtsverdeling en door tuidraden of steunberen kun je de stabiliteit van een constructie verbeteren.
- Er zijn eenvoudige, van oudsher bekende hulpmiddelen om handig / met minder kracht bepaalde bewegingen / verplaatsingen te kunnen uitvoeren zoals hellend vlak, hefboom, wiel en as, katrol.
- Hefbomen, wielen, snaarwielen/katrollen, tandwielen en cilinders met perslucht (pneumatiek) of vloeistof (hydrauliek) zorgen voor de overbrenging van een beweging of een kracht I. Een en ander wordt toegepast om
 - onderdelen te laten bewegen (bijv. tandwieloverbrenging) of bewegingen mogelijk te maken (scharnier);
 - een beweging in een ander type beweging te laten overgaan (krukas);
 - de bewegingskracht (hefboomwerking) of de bewegingsnelheid (verandering toerental door ongelijk formaat tandwielen) te vergroten of verminderen;
 - de bewegingsrichting (hefboom, takel) of de bewegingshoek (kroontandwiel) aan te passen.

4.2 Toepassingsgebieden

Het is belangrijk om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de belevingsmogelijkheden en ervaringen van kinderen. Contexten spreken kinderen aan en helpen hen tot leren te komen. Binnen contexten krijgen begrippen betekenis. Kinderen kunnen een concept onder de knie krijgen door het in meerdere contexten te herkennen en betekenis te kunnen geven. Een aanvulling hierop is een benadering vanuit verschillende perspectieven en activiteiten. Vanuit een bepaald perspectief verwerven kinderen kennis, die daarna vanuit andere perspectieven voor de kinderen steeds meer betekenis en gebruikswaarde krijgt.

Benadering vanuit contexten

Het leergebied Natuur en Techniek is zo breed en veelzijdig dat het niet wenselijk is om een limitatieve lijst met contexten vast te leggen. Wel willen we benadrukken dat het belangrijk is dat een leerkracht gebruikmaakt van een zodanige variatie aan contexten dat de kinderen in aanraking komen met de volle breedte van het leergebied.

Er zijn verschillende publicaties waarin keuzes zijn gemaakt voor contexten. In de SLO-publicatie *Zo doe je techniek in de basisschool* (1997) worden contexten voor techniek genoemd als 'transport' en 'communicatie'. In de *Leerlijn Biologie van 4 tot 18 jaar* (Boersma et al., 2007; verdere uitwerking voor het primair onderwijs Van Graft et al., 2009) staan tien leefwereldcontexten voor de basisschool nl. gezin, school, winkel, verkeer en vervoer, gezondheid, sport, uitstapjes (excursie/ vakantie), uitgaansleven, natuuronderzoek en modelbouw.

In de domeinbeschrijving *Wetenschap en techniek* presenteert van Keulen (2010) 18 themagebieden (zie het overzicht hieronder) die de basis kunnen vormen van bruikbare contexten en een brede dekking geven voor het leergebied. Het is goed mogelijk dat leerkrachten (scholen) deze aanpassen of nog andere themagebieden toevoegen.

Themagebieden wetenschap en techniek (van Keulen 2010)	
Wonen	Muziek, kunst en cultuur
Tuin, park en natuur	Sport, spel en beweging
Lichaam, ziekte en gezondheid	Ontspanning en uitgaan
Veiligheid	Kleding
Voeding en landbouw	Schoonmaken
Energiegebruik	Water en watermanagement
Mobiliteit en transport	Grond, stenen, bodem en aarde
Gebouwen en constructies	Weer, klimaat, lucht en heelal
Communicatie en virtuele werelden	Hergebruik, duurzaamheid en kringlopen

Benadering vanuit perspectieven

Kinderen kunnen binnen een bepaalde context vanuit verschillende perspectieven of rollen met een onderwerp bezig zijn.

In *Natuur is overal* laten Zwijs et al. (2005) zien hoe leerlingen vanuit verschillende perspectieven tot andere sleutelactiviteiten (o.a. onderzoeken, verzorgen en gebruiken) komen en daarbij specifieke kennis verwerven. In *De concept-contextbenadering in het primair onderwijs* (van Graft, 2009) worden de volgende activiteiten genoemd: onderzoeken; ontwerpen, produceren, construeren en repareren; verzorgen, beheren en behandelen; gebruiken, consumeren, kopen en bereiden.

In de volgende voorbeelden staan sleutelvragen die vanuit verschillende perspectieven zijn gesteld:

Voorbeeld: Kleding

Wat vind je leuk?; Waar let je op bij het kopen van kleding? (smaak, mode, functie, prijs, fair trade); Waar hebben mensen überhaupt kleding voor nodig? (gezondheid); Waar is kleding van gemaakt? (natuurlijke stoffen, kunststoffen); Hoe worden deze stoffen geproduceerd?;

Hoe zit de kleding in elkaar? welke specifieke onderdelen hebben een speciale functie? Heb je speciale kleding nodig voor bepaalde sporten, beroepen? Hoe wordt kleding gemaakt?

Voorbeeld: Tuin, park en natuur → schooltuin

Welke plantensoorten komen er voor? Hoe ontwikkelen zaden zich? Hoe groeien kleine plantjes?; Hoe moeten we de schooltuin beheren en verzorgen?; Welke dieren komen er voor?; Welk tuingereedschap gebruik je en waarvoor is dat handig?; Hoe kunnen we (bijv. een vogelhuisje, een vogelverschrikker, een insectenmuur) ontwerpen en maken?

Van Graft (2009) werkt een voorbeeld uit van het thema 'Planten om mij heen'. Het is een lessenreeks van 8 lessen vanuit verschillende leefwereldcontexten en met uiteenlopende activiteiten. Aanvullend op bovenstaande zijn dat onder meer kamerplanten onderzoeken en verzorgen, groenten kopen, bereiden en consumeren in de context gezin, en tijdens een excursie onderzoeken en een bijdrage verlenen aan het beheer van een ecosysteem.

5 Ontwikkelingsfasen van kinderen

5.1 Ontwikkelingslijnen

Voor Natuur en Techniek is het noodzakelijk om rekening te houden met de cognitieve, fijnmotorische en morele ontwikkeling van kinderen. De cognitieve ontwikkeling is relevant voor het kunnen inschatten van voorkennis en denk- en redeneervaardigheden en voor het vaststellen van realistische leerdoelen. Een belangrijk aandachtspunt is het omgaan met preconcepten van leerlingen. De fijnmotorische ontwikkeling is van belang voor het uitvoeren van bepaalde handelingen, zoals het hanteren van onderzoeksmateriaal en meetinstrumenten of het goed bevestigen van bepaalde onderdelen bij constructiemateriaal. Dit is zo praktisch van aard dat het niet verder beschreven wordt. Bij de educaties zijn de cognitieve en morele ontwikkeling van belang (zie generieke kennisbasis).

5.2 Ontwikkeling van het logisch denken en redeneren

Piaget beschrijft de cognitieve ontwikkeling van kinderen vooral in termen van mentale operaties en structuren. Op de peuter- en kleuterleeftijd is het denken nog erg op het zelf gericht en intuïtief. In de concrete operationele fase (basisschoolleeftijd) denkt het kind steeds minder egocentrisch en ontwikkelen zich de concrete operaties zoals vergelijken en classificeren, ruimtelijk denken en behoud (conservation) van fysische variabelen als lengte, massa en volume. Kinderen kunnen zich een voorstelling maken van de veranderingen die plaatsvinden als je iets doet met een concreet voorwerp. De formele operaties ontwikkelen zich in de puberteit en stellen kinderen in staat om hypothetisch te denken, combinaties van factoren te overzien inclusief het controleren van variabelen in experimenten. Veel volwassenen ervaren nog steeds moeilijkheden met de toepassing van formele operaties. Hoewel Piaget leeftijdscategorieën aangeeft, blijkt de ontwikkeling sterk te variëren. Een leerkracht zal dus in elke groep kinderen uit verschillende ontwikkelingsfasen aantreffen. Daarnaast is bekend dat kinderen ten aanzien van specifieke onderwerpen vaak eerder dan verondersteld al veel in huis hebben. In het kader van het programma 'TalentenKracht' wordt onderzoek gedaan naar het leerproces van kinderen op het gebied van wetenschap en techniek (Meindertsma & van der Steen, 2010). Dit onderzoek zal te zijner tijd resulteren in de zogenaamde *TalentenKaart* (de Lange, 2010).

5.3 Inzichten per bouw

De Vaan en Marell (2006) onderscheiden voor elke bouw een hoofdaccent:

Groep 1-2	<i>Onderscheid en verandering:</i> In de natuur kennen we levende organismen, dingen en verschijnselen ieder met eigen eigenschappen. Levende organismen groeien en hebben voedsel nodig. Verschijnselen en objecten kunnen veranderen.
Groep 3-4	<i>Orde en volgorde:</i> In de verscheidenheid aan levende organismen, voorwerpen en gebeurtenissen in de natuur zit een zekere orde op basis van specifieke kenmerken en oorzaak - gevolgrelaties.
Groep 5-6	<i>Regelmaat en patroon:</i> Er is eenheid in verscheidenheid. In natuurverschijnselen zijn structuren, regels en patronen aan te wijzen.
Groep 7-8	<i>Samenhang en systeem:</i> In de natuur is sprake van een samenspel van elkaar onderling beïnvloedende factoren en systemen. Hiervoor gelden bepaalde wetmatigheden en principes die veelal kwantificeerbaar zijn.

In de uitwerking van tussendoelen en leerlijnen voor het Nederlandse basisonderwijs (<http://tule.slo.nl/OrientatieOpJezelfEnWereld/F-KDOrientatieJezelfEnWereld.html>) zien we een en ander geconcretiseerd (kerndoelen 34, 35, 39, 40 – 46).

5.4 Preconcepten

Ook de jongste kinderen hebben al tal van ervaringen opgedaan: ze kennen natuur en techniek van vallen en opstaan, zien en horen, dag en nacht, lente en herfst. De ervaringen

leiden tot de vorming van concepten en modellen over hoe de wereld in elkaar zit. Deze preconcepten kunnen op essentiële punten afwijken van wetenschappelijke concepten. Veel kinderen classificeren alleen 4-potige zoogdieren als “dier” en rekenen insecten, wormen en walvissen niet tot de “dieren” (Allen, 2010). Doordat nieuwe informatie wordt geïnterpreteerd met behulp van reeds aanwezige preconcepten kan dat leiden tot serieuze misinterpretatie. Een leerkracht moet kennis hebben van veel voorkomende preconcepten van kinderen en van praktische manieren om de begripsvorming van kinderen in de klas enigszins te kunnen volgen. Preconcepten van basisschoolkinderen zijn goed gedocumenteerd (Allen, 2010).

5.5 Denk- en redeneervaardigheden per bouw

Van Graft en Kemmers (2007) onderscheiden onderstaande denk/redeneervaardigheden:

Kinderen van groep 1-2	<ul style="list-style-type: none"> – <i>redeneren antropomorf</i> – <i>beperken hun waarnemingen tot direct waarneembare fenomenen</i> – <i>fantaseren over de werkelijkheid, ze zijn nog niet geneigd om objectief te zijn</i>
Kinderen van groep 3-4	<ul style="list-style-type: none"> – <i>denken in orde en volgorde en in oorzaak - gevolgrelaties</i> – <i>formuleren eigen (soms onjuiste) verklaringen</i> – <i>nemen details en ook het niet direct waarneembare waar</i>
Kinderen van groep 5-6	<ul style="list-style-type: none"> – <i>herkennen eenheid in verscheidenheid, structuren, regelmaat, patroon en regels en leggen geordende verzamelingen aan</i> – <i>maken generalisaties</i> – <i>hanteren abstracte begrippen gerelateerd aan patroon en regelmaat</i> – <i>denken in vorm - functierelaties</i> – <i>herkennen diverse verschijningsvormen van hetzelfde materiaal</i> – <i>vergelijken objectief en letten op relevante kenmerken</i> – <i>geven ‘als..., dan...- redeneringen’ en draaien redeneringen om (verwisselen oorzaak en gevolg)</i> – <i>denken vooruit en voorspellen</i>
Kinderen van groep 7-8	<ul style="list-style-type: none"> – <i>vinden abstracte begrippen te moeilijk</i> – <i>onderkennen een hiërarchie in eigenschappen</i> – <i>meten eerlijk door het ijken van hun meetinstrument en het herhalen/middelen van metingen</i> – <i>denken modelmatig</i> – <i>erkennen dat geen, tegengestelde of onverwachte resultaten ook resultaten zijn</i> – <i>geven verklaringen en doen voorspellingen</i>

5.5 Onderzoeks- en ontwerpvaardigheden en attitudes per bouw

Zie de uitwerking in het *LOOL-project* (van Graft & Kemmers, 2007).

5.6 Toetsing van ontwikkeling

In Engeland volgt men de ontwikkeling van leerlingen op vijf dimensies van onderzoekend leren d.m.v. “continuous assessment” die is ingebed in de dagelijkse lesactiviteiten (Ardron & Monahan, 2010). Resultaten helpen leerkrachten in begeleiding van kinderen en planning van lessen. Een uitwerking op 8 niveaus voor elk van de 5 dimensies is te vinden op:

<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110809091832/http://teachingandlearningresources.org.uk/primary/science>.

5.7 Leerlijn educaties

In *Anders doen; Leren over duurzame ontwikkeling in het primair onderwijs* wordt gesproken over vier leerniveaus: patroongericht leren, toepassingsgericht leren, situatiegericht leren en horizonsgericht leren (Hovinga, 2007, in: van Graft & Greven). Deze niveaus laten een verandering zien in het vermogen van kinderen vanuit een ander perspectief te kijken naar een gegeven situatie. Er is een toenemend besef dat het eigen handelen aangepast kan worden naar eigen inzicht en dat er ook andere situaties zijn, elders en in de toekomst, die tot andere handelingskeuzen kunnen leiden. Er zit een verschuiving in van de eigen bekende

situatie (het hier en nu) naar een veranderende of onbekende situatie qua doel, tijd en plaats. Hiervoor wordt een beknopte leerlijn gepresenteerd.

6 Representaties

In dit hoofdstuk geven we in twee voorbeelden een idee hoe onderwijs in Natuur en Techniek er in de basisschoolpraktijk uit kan zien.

6.1 In de onderzoekende klas

In de onderzoekende klas zijn kinderen, van elke leeftijd, aan het leren met concreet materiaal. Het materiaal is prikkelend, uitdagend en veelzijdig. Ze raken betrokken, worden nieuwsgierig, gaan onderzoeken, bedenken oplossingen, ontwerpen en maken. Er wordt gepraat over resultaten en mogelijke verklaringen, er worden voorspellingen gedaan en geverifieerd. Er wordt besproken of ontwerpen voldoen aan voorafgestelde eisen. Kinderen reageren op elkaar en vullen elkaars redeneringen aan. Er ontstaan nieuwe onderzoeksvragen en de kinderen bedenken hoe deze onderzocht kunnen worden. Dit gebeurt met meer of minder begeleiding van de leerkracht afhankelijk van leeftijd en ervaring. De kinderen leggen stappen in het onderzoeks- of ontwerp-/maak proces vast bijvoorbeeld in hun portfolio; afhankelijk van hun leeftijd doen ze dit met tekeningen, foto's of filmbeelden, vertellend of zelf schrijvend.

Er zijn verschillende typen materialen aanwezig in de klas en rond de school. De leerkracht gebruikt het schoolgebouw, het schoolplein en de schoolomgeving. Gedurende hun schoolloopbaan brengen de leerlingen enkele bezoeken aan bedrijven waar zichtbaar gebruik wordt gemaakt van natuurwetenschappelijke en technische kennis (bijvoorbeeld laboratorium, zuivelfabriek, waterzuivering).

In de wisselwerking tussen kind, materiaal en leerkracht is de begeleiding van de leerkracht essentieel. De leerkracht toont ook zelf een nieuwsgierige en onderzoekende houding. Hij bevordert dat kinderen zich verwonderen, meer willen weten, verder denken en redeneren. Hij verbindt beleven, doen en denken met elkaar, het concrete handelen met abstract denken en redeneren. De leerkracht zorgt voor uitdagende activiteiten. Hij onderkent de exploratiebehoefte van de kinderen en kan daar op inspelen. Hij kent de mogelijkheden van het materiaal en de bijbehorende inzichten en stimuleert het concrete handelen van de kinderen. De leerkracht is erop gericht om het denken en redeneren van de kinderen te ontlocken en te stimuleren. Hij volgt kinderen in hun denken en redeneren. Hij bevordert dat kinderen gebruikmaken van ervaringsgegevens bij hun handelen en redeneren en niet zomaar wat doen of zeggen.

De leerkracht stelt verschillende typen vragen en hij gaat daarbij uitnodigend te werk. Hij gebruikt lesmodellen, waarin ruimte is voor een goede wisselwerking tussen handelen en denken. De leerkracht laat de kinderen op elkaar reageren, zodat er samen wordt nagedacht en kinderen van elkaar leren.

6.2 In de zorgzame klas

In de zorgzame klas zijn jonge en oudere betrokken kinderen bezig met het verzorgen van planten en dieren (schooltuin/schoolboerderij) of met de zorg voor het milieu in en rond de school. De kinderen komen geregeld in aanraking met levende natuur en maken gedurende hun schooltijd enkele excursies naar een natuurgebied.

Op andere momenten gaat het meer om bewuste gedragskeuzen: kinderen denken na over conflicterende belangen en de consequenties van hun handelen voor zichzelf, voor anderen en voor hun omgeving. De kinderen worden zich bewuster van hun eigen waarden en die van anderen en van de redenen waarom ze bepaalde afwegingen maken; ze delen die met elkaar. Oudere kinderen denken vanuit verschillende perspectieven.

De leerkracht bevordert dat kinderen betrokken raken. Hij verbindt beleven, doen en denken nadrukkelijk met elkaar.

6.3 Uitwerking

Het SLO (<http://tule.slo.nl>) heeft aan een en ander een goede uitwerking gegeven via de uitwerking van de kerndoelen in tussendoelen met concrete lesvoorbeelden in doorkijkjes, die je kunt zien als richtingwijzers.

Bibliografie

Basisdocumenten

- Boeijen, G., Kneepkens, B., Thijssen, J. (2010) *Natuurkunde en techniek voor de basisschool*; een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie. Arnhem: Cito
- Graft, M. en Kemmers, P. (2007) *Onderzoekend & ontwerpend leren bij natuur & techniek* (LOOL). Den Haag, Programma VTB zie: www.slo.nl/primair/leergebieden/wereldoriëntatie/natuur/vtb/
- Graft, M. van e.a. (2009) *De concept-contextbenadering in het primair onderwijs*; deel I Een conceptueel kader voor natuur en techniek. Enschede: SLO
- Graft, M. van (2009) *De concept-contextbenadering in het primair onderwijs*; deel II Voorbeeldlesmateriaal voor natuur en techniek. Enschede: SLO
- Thijssen, J. (red.) (2002) *Natuuronderwijs voor de basisschool*; een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie. Arnhem: Cito
- Wagenaar, H. (red.) (2007) *Duurzame ontwikkeling voor de basisschool*; domeinbeschrijving en voorbeeldlessen. Arnhem: Cito

Curricula, leerlijnen

- De Nederlandse kerndoelen met een voorlopige uitwerking naar een leerlijn op <http://tule.slo.nl/OrientatieOpJezelfEnWereld/F-KDOrientatieJezelfEnWereld.html>
- Boersma, K. Th. e.a. (1997) *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar*; uitwerking van de concept-contextbenadering tot doelstellingen voor het biologieonderwijs. Utrecht: CVBO zie: <http://nibi.nl/nibidvd/CVBO-teksten/CVBO%20Biologie%20leerlijn%204-18.pdf>
- Het Vlaamse leerplan gewoon kleuter- en lager onderwijs, leergebied Wereldoriëntatie, leerplannummer 2010/3 zie: www.g-o.be/sites/portaal_nieuw/Basisonderwijs/Leerplannen/Leerplannen%2020102011/Wereldori%C3%ABntatie.pdf
- Het Nationale Curriculum van Engeland en Wales, zie: <http://curriculum.qcda.gov.uk/> en voor de Assessing Pupils' Progress (2009), zie <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110809091832/http://teachingandlearningresources.org.uk/primary/science> Het curriculum voor Schotland www.ltscotland.org.uk/5to14/guidelines/environmentalstudies.asp waarbij de term 'environmental studies' min of meer staat voor wereldoriëntatie
- De USA National Science Education Standards (NSES, 1996) zie: www.nap.edu/catalog/4962.html
- Het Science curriculum voor de State of Victoria (Australia); de volgende pagina geeft de leerlijn, andere pagina's bevatten allerlei specificaties zoals verschillen tussen kinderideeën en wetenschappelijke ideeën, en activiteiten <http://vels.vcaa.vic.edu.au/assessment/ppoint/science/index.html>

Kennis over en inzicht in Natuur en Techniek ('Ideas of Science & Technology')

- Allen, M. (2010) *Misconceptions in Primary Science*. Maidenhead: Open University Press & McGraw-Hill
- Cross, A., Bowden, A. (2009) *Essential Primary Science*. Maidenhead: Open University Press & McGraw-Hill
- Farrow, S. (2006) *The Really Useful Science Book; A Framework of Knowledge for Primary Teachers*. London: RoutledgeFalmer
- Hope, G. (2006) *Teaching Design and Technology at Key Stages 1 and 2*, hfdst. 7. Exeter: Learning Matters Ltd.
- Kersbergen, C., Haarhuis, A. (2010) *NatuurOnderwijs Inzichtelijk*. Bussum: Coutinho
- Nuffield Foundation (z.j.) *Primary Science and SPACE* (overzicht van de belangrijkste kinderideeën/misconcepten m.b.t. natuurwetenschap), zie: http://www.nuffieldcurriculumcentre.org/go/minisite/PrimaryScience/Page_243.html
- Peacock, G. et al. (2009). *Primary Science; Knowledge and Understanding*. Exeter: Learning Matters Ltd.
- Wenham, M., Ovens, P. (2010) *Understanding Primary Science*. London: SAGE Publications Ltd.

Leren over de aard en de aanpak van Natuur en Techniek in het primair onderwijs ('Ideas about Science & Technology / Doing Science & Technology')

- Bouwmeester, T. e.a. (2006) *Maken en Onderzoeken*. Groningen: Wolters-Noordhoff
- Copic, J. (2008) *Techniek in de basisschool: gewoon doen!* Apeldoorn: Garant
- Harlen, W., Qualter, A. (2009) *The Teaching of Science in Primary Schools*. Abingdon: Routledge
- Hope, G. (2006). *Teaching Design and Technology at key stage 1 and 2*. Exeter: Learning Matters Ltd.
- Gillespie, H. and R. (2007) *Science for Primary School Teachers*. Maidenhead: Open University Press & McGraw-Hill
- Jansen, P. e.a. (2008) *Duurzame ontwikkeling op de basisschool*; praktische en didactische handreikingen. Apeldoorn: Duurzame PABO/Veldwerk Nederland
- Keulen, H. van (2010) *Wetenschap en techniek*; ijkpunten voor een domein in ontwikkeling. Den Haag: Platform Bèta Techniek

- Sharp, J. et al. (2009) *Primary Science; Teaching Theory and Practice*. Exeter: Learning Matters Ltd.
- Slangen, L. (2009) *Techniek: Leren door doen*. Baarn: HBUitgevers
- Vaan, E. de, Marell, J. (2009) *Praktische Didactiek voor Natuuronderwijs*. Bussum: Coutinho
- Zwiers, J. (red.) (2005) *Natuur is overal*. Heeswijk-Dinther: Esstede

Overige literatuur

- Adey, P. (ed.) (2008) *Let's Think handbook; A Guide to Cognitive Acceleration in the Primary School*. London: GL Assessment
- Ardron, K., Monahan, S. (2010). Assessing pupils' progress keeping it real in the primary classroom. *Primary Science*, Nov/Dec 2010, 9-13.
- Appleton, K. (2006) *Elementary Science Teacher Education; International Perspectives on Contemporary Issues and Practice*. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.
- Boersma, K. e.a. (2003) *Natuuronderwijs: curricula en concepten van kinderen*. Enschede: SLO
- Broers, H. (2003) *Dokter Koff: Kunstenaar in hart en nieren*. Amsterdam: Met & Schilt
- Bron, J. e.a. (2009) *Leren voor duurzame ontwikkeling; een praktische leidraad*. Enschede: SLO
- Brundtland, G.H. et al (1987) *Our Common Future*. Oxford: University Press
- Bryson, B. (2006) Een kleine geschiedenis van bijna alles. Amsterdam: Atlas
- Bryson, B. (2008) Een heel kleine geschiedenis van bijna alles. Amsterdam: Atlas
- Duit, R. (2009) Bibliography – STCSE: *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*; versie 23 maart 2009. Kiel: Leibniz Institute for Science Education zie: www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html
- Duschl, R.A. et al. (ed.) (2007) *Taking Science to School*; Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington: National Research Council
- Dijkgraaf, R. e.a. (2009) *De bètacanon*. Amsterdam: J.M.Meulenhoff
- Graft, M. van, Greven, J. (conceptversie) *Anders doen; Leren over duurzame ontwikkeling in het primair onderwijs*; basisdocument voor onderwijsontwikkelaars. Enschede: SLO
- Greven, J. e.a. (2004) *Proeve van vakspecifieke competenties voor studenten aan de lerarenopleiding primair onderwijs*. Enschede: SLO
- Hacker, M. et al. (2009) *Concepts and contexts in engineering and technology education*; Report of a NSF funded project of Delft University and Hofstra University New York
- Harlen, W. et al (2010) *Principles and big ideas of science education*. Hatfield: ASE
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999) Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. In: *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446
- Keulen, H. van (2009) *Drijven en zinken: Wetenschap en techniek in het primair onderwijs*. Oratie 26 juni 2009. Sittard: Fontys Hogescholen
- Klentschy, M.P. (2008) *Using Science notebooks in Elementary Classrooms*. Washington: NSTA Press
- Kuijpers, J., Walma van der Molen, W. (2007) *Wetenschap & Techniek: een rijke leeromgeving*. Den Haag: Programma VTB & VTB-Pro
- Lange, J. de (2010) *TalentenKracht TalentenKaart Op zoek naar de talentenkaart*. Den Haag: TalentenKracht / Platform Bèta Techniek
- Louv, R. (2007) *Het laatste kind in het bos*. Utrecht: Jan van Arkel
- Meindersma, H., van der Steen, S. (2010) We willen niets missen. In: *TalentenKracht Magazine*. p 28-34. Den Haag: TalentenKracht / Platform Bèta Techniek
- Millar, R., Driver, R. (1987) Beyond processes. In: *Studies in Science Education*. 14, (1987) 33-62
- Mitchell, R. (2006) Using ICT in Teaching and Learning Science. In: W. Harlen (ed.) *ASE Guide to Primary Science Education*. Hatfield: ASE
- 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>
- OECD (2003) *The PISA 2003 Assessment Framework*. Paris: OECD
- Olson, J.K., Appleton, K. (2006) Considering curriculum for elementary methods courses. In: Appleton (ed.) *Elementary Science Teacher Education; International Perspectives on Contemporary Issues and Practice*. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates
- Osborne, J. et al. (2003) What "Ideas-about-Science" should be taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (7), 692–720. London: Wiley
- Rocard, M. et al. (2007) *Science Education NOW; A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission Directorate-General for Research
- Worth, K. et al. (2009) *Designing and implementing inquiry-based science units for primary education*. Paris: La Main a la Pate/POLLEN project zie: www.pollen-europa.net

Bijlage A: Vaardigheden en attitudes

Onderzoeksvaardigheden (VTBPro, 2007; QCDA, 1999)

We onderscheiden achtereenvolgens

Onderzoek opzetten

- onderzoeksvraag formuleren;
- hypothese formuleren;
- bedenken hoe de vraag het beste onderzocht kan worden (heen-en-weer denken tussen voorkennis, begrip en verwachtingen, dus voorspellen) en beslissen over een geschikte aanpak, inclusief de variabelen die meegenomen moeten worden;
- beslissen om zelf te experimenteren of bronnen te raadplegen;
- beslissen over welke en hoeveel gegevens verzameld moeten worden;
- rekening houden met belangrijke randvoorwaarden bij het verzamelen van gegevens;
- kiezen van technieken, materialen, meetinstrumenten en andere apparatuur;

Verkrijgen en weergeven van gegevens, experimenteren, manipuleren en controleren

- correct en veilig gebruiken van materialen, meetinstrumenten en apparaten;
- zorgvuldig observeren en meten, inclusief gebruik van sensoren en ICT;
- voldoende waarnemingen en metingen doen om variatie te beperken en betrouwbare gegevens te krijgen;
- determineren en classificeren;
- verzamelde gegevens op meerdere manieren weergeven zoals via tekeningen, kaarten, tabellen, grafieken;

Bewijsmateriaal beschouwen, interpreteren, analyseren en concluderen

- identificeren en beschrijven van patronen en relaties in de verzamelde gegevens;
- gebruikmaken van gegevens en theorie om conclusies te trekken (heen-en-weer denken tussen waarnemingen en begrippen);

Evalueren

- bezien of er voldoende gegevens zijn om interpretaties en conclusies te ondersteunen en eventuele afwijkingen in de onderzoeksgegevens op te merken en te verklaren;
- suggesties doen voor verbeteringen in de gebruikte methode;

Communiceren

- gebruikmaken van meerdere mogelijkheden om mondeling of schriftelijk te rapporteren, zowel over het onderzoeksproces als over de resultaten en conclusies.

Ontwerp- en maakvaardigheden en oplossende houding (CITO, 2010, VTBPro, 2007)

Bij ontwerpen en maken wordt een soortgelijke empirische cyclus doorlopen alleen nu gestuurd door een probleem dat men wil oplossen i.p.v. een kennisvraag en door middel – doel denken (hfdst. 3).

Praktisch redeneren

- doel – middel relaties beredeneren (Waar dient het voor? Wat moet het kunnen / doen?) en relaties leggen tussen materiaal/vorm en functie van een technisch product;

Ontwerpen, visualiseren en modelleren van de werkelijkheid

- bedenken en uitwerken van een oplossing voor een praktische behoefte / concreet probleem aan de hand van een plan van eisen, en daarbij gebruikmaken van relevante kennis en ervaring (heen-en-weer denken tussen modeloplossing en praktijk);
- een ontwerp laten zien in de vorm van schetsen of verschillende soorten technische tekeningen (als middel om over het ontwerp van gedachten te kunnen wisselen);
- een ontwerp representeren in een vereenvoudigde vorm, zodat het manipuleerbaar wordt of er gemakkelijker berekeningen aan uitgevoerd kunnen worden;

Maken

- een product/prototype maken met behulp van de juiste materialen, het juiste gereedschap, constructies en overbrengingen en informatie- en communicatiesystemen;
- correct en veilig gebruiken van gereedschappen en meetinstrumenten;

Testen

- een product/prototype testen en indien nodig suggesties doen voor het bijstellen van het ontwerp, en daarbij gebruik maken van relevante kennis en ervaring (heen-en-weer denken tussen begrippen, model en praktijk). Het product gebruiken als het voldoet;

Communiceren

- gebruikmaken van meerdere opties om mondeling of schriftelijk te rapporteren over het ontwerp- en maakproces en/of over het ontwerp / het product zelf en over de verbeteringsmogelijkheden.

Houding/ attituden

Bij onderzoeken en ontwerpen spelen niet precies dezelfde drijfveren een rol. Verwondering, nieuwsgierigheid, verwarring en leergierigheid vormen een sterke motivatie om tot onderzoek te komen; bij ontwerpen gaat het eerder om het bevredigen van een persoonlijke behoefte, om hulpvaardigheid, om willen winnen (ontwerpwedstrijd) e.d. Tijdens het onderzoeken en ontwerpen/maken zelf spelen meer overeenkomstige houdingsaspecten een rol zoals nauwkeurigheid, samenwerkingsbereidheid en doorzettingsvermogen. En na afloop van het experiment/voltooiing van het product ook kritische zin en bereidheid de resultaten ter discussie te stellen (de Vaan & Marell, 2009 p243).

Educaties: Vaardigheden en attituden

In *Leren voor duurzame ontwikkeling* (Bron e.a. 2009) zijn daarvoor vaardigheden en attituden opgenomen als:

- verschillende perspectieven innemen en tegen elkaar afwegen;
- verschillende alternatieven bedenken en tegen elkaar afwegen;
- rekening houden met de gevolgen van zijn/haar gedrag voor mens en aarde, in de toekomst en elders;
- dilemma's herkennen en oplossingen voor problemen bedenken;
- actief luisteren, samenwerken en deelnemen aan besluitvormingsprocessen in diverse groepen;
- meningen en ideeën naar voren brengen en onderbouwen.