

Wetenschap en techniek op de basisschool



Noordhoff Uitgevers

Hanno van Keulen & Ida Oosterheert

2^e druk

Wetenschap en techniek op de basisschool

Hanno van Keulen
Ida Oosterheert

Tweede druk

Noordhoff Uitgevers Groningen/Houten

Ontwerp omslag: Marjan Landman

Omslagillustratie: Istock 000019880678



0 / 16

© 2016 Noordhoff Uitgevers bv, Groningen/Houten

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische veelevoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.stichting-pro.nl).

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

ISBN (ebook) 978-90-01-86635-8

ISBN 978-90-01-84701-2

NUR 173

Woord vooraf

Wetenschap en techniek neemt een belangrijke plaats in in onze samenleving. Techniek is overal aanwezig, we gebruiken het dagelijks en veel beleidsbeslissingen worden genomen op basis van resultaten van onderzoek. We rekenen erop, we kunnen niet meer zonder. De kinderen van nu zullen deze wereld vol wetenschap en techniek straks gaan onderhouden en verder ontwikkelen. Kinderen zullen nu en ook later, als volwassene, onderzoekend in de wereld moeten staan: nieuwsgierig, kritisch, vragend, betrokken. Wetenschap en techniek is daarom een belangrijk en rijk leerdomein voor het basisonderwijs. Het laat kinderen de wereld van techniek en van onderzoek doen zelf ervaren. Kinderen ontdekken in die wereld nieuwe dingen, ze ontwerpen zelf oplossingen voor een probleem en hun belangstelling voor het domein wordt vergroot. Dit kan het beste op jonge leeftijd beginnen! Jonge kinderen zijn van nature ondernemend en nieuwsgierig naar de wereld om hen heen. Ze genieten van de verrassende verschijnselen die ze waarnemen en stellen zelf prikkelende vragen. Goed onderwijs in wetenschap en techniek kenmerkt zich door een spel van vragen en uitzoeken, door een mix van denken en doen en door een goed doordachte aansluiting bij de leefwereld, talenten en vragen van kinderen.

Wetenschap en techniek op de basisschool wil leraren en pabostudenten helpen meer oog te krijgen voor de reikwijdte van wetenschap en techniek en meer inzicht in de principes en mogelijkheden voor krachtig leren in en met dit domein. Er is vanzelfsprekend aandacht voor de didactiek van onderzoekend en ontwerpnd leren, maar ook voor interactie, voor leerlijnen en voor integratie van wetenschap en techniek met andere domeinen, zoals taal en rekenen en de 'vaardigheden van de eenentwintigste eeuw'. Ook worden er concrete handreikingen gedaan voor differentiatie: hoe kun je de mogelijkheden van wetenschap en techniek optimaal afstemmen op talenten en behoeften van alle kinderen?

In deze tweede druk is gebruikgemaakt van de vele nieuwe kennis die de afgelopen jaren ontwikkeld is: over het jonge kind, over taal en techniek, over beoordeling van de vaardigheden van de leerlingen, over leerplannen. Wij hopen dat dit boek voor alle lezers en gebruikers een steun in de rug is om de wereld van wetenschap en techniek open en nieuwsgierig tegemoet te treden en er vele prachtige en leerzame lessen over te verzorgen.

Hanno van Keulen
Ida Oosterheert
Utrecht/Nijmegen, september 2015

Inhoud

1 Een kader voor wetenschap en techniek in het basisonderwijs 9

- 1.1 Wetenschap en techniek is belangrijk 10
- 1.2 Vragen staan centraal 15
- 1.3 Een kader voor wetenschap en techniek 18

2 Inhoud van het domein wetenschap en techniek 23

- 2.1 Wetenschappelijke en technologische geletterdheid 24
- 2.2 Grote Ideeën 25
- 2.3 Wetenschap en techniek in het dagelijks leven 30
- 2.4 Rekening houden met de beleving van kinderen 33
- 2.5 Ordening in systemen en perspectieven 37

3 Onderzoekend en ontwerpend leren 47

- 3.1 Didactische benaderingen voor wetenschap en techniek 48
- 3.2 Onderzoekend leren 53
- 3.3 Ontwerpend leren 70

4 Vindplaatsen voor wetenschap en techniek 79

- 4.1 Leren in en van de praktijk 80
- 4.2 Wetenschap en techniek in huis 85
- 4.3 Wetenschap en techniek in de natuurlijke wereld 90
- 4.4 Wetenschap en techniek in de bewoonde wereld 94
- 4.5 Musea en science centra 99
- 4.6 Vindplaatsen in opleidingen en bedrijven 101

5 Leerresultaten herkennen 105

- 5.1 Vijf soorten leerresultaten 106
- 5.2 Nieuwsgierige, onderzoekende houding 106
- 5.3 Kennis en inzicht ontwikkelen 110
- 5.4 Onderzoeksvaardigheden ontwikkelen 114
- 5.5 Ontwerpvaardigheden ontwikkelen 123
- 5.6 Attitudeverandering 129

6 Onderwijs in wetenschap en techniek ontwikkelen 133

- 6.1 Kenmerken van goed onderwijs in wetenschap en techniek 134
- 6.2 Onderwijs voorbereiden aan de hand van sleutelvragen 135
- 6.3 Doelen en beginsituatie 137
- 6.4 Activiteiten ontwerpen 140
- 6.5 Leerprocessen begeleiden 145
- 6.6 Bespreken van leeropbrengsten 147
- 6.7 Voorbeeld van een les onderzoekend leren 149

7 Stimuleren tot leerzame interactie 159

- 7.1 Opdrachtvorm kiezen 160
- 7.2 Grondregels voor leerzame interactie 167

8 Omgaan met diversiteit 171

- 8.1 Onderwijs voor meisjes en jongens 172
- 8.2 Laag- en hoogpresteerders 176
- 8.3 Kinderen met leer- en gedragsmoeilijkheden 181
- 8.4 Talig-heterogene groepen 182

9 Wetenschap en techniek integreren met andere domeinen 189

- 9.1 Noodzaak om te integreren 190
- 9.2 Nadenken over integratie 191
- 9.3 Integreren met taal en rekenen 198
- 9.4 Integreren met de zaakvakken 204
- 9.5 Projectonderwijs met wetenschap en techniek 208

10 Beoordelen 215

- 10.1 Goed beoordelen is belangrijk en lastig 216
- 10.2 Standaardtoetsen 219
- 10.3 Een kader voor de beoordeling van leerprestaties 222
- 10.4 Beoordelen met behulp van een rubric 227
- 10.5 Verantwoorden van leerresultaten 228
- 10.6 Wetenschappelijke en technische geletterdheid bereiken 230

Over de auteurs 231

Literatuur 232

Illustratieverantwoording 253

Register 254



1

Een kader voor wetenschap en techniek in het basisonderwijs

In dit inleidende hoofdstuk geven we aan dat goed onderwijs in wetenschap en techniek (ook wel aangeduid met ‘wetenschap en technologie’ of met STEM, een afkorting die staat voor Science, Technology, Engineering and Mathematics) op de basisschool belangrijk is. Het is goed voor de talentontwikkeling van kinderen en het is goed voor de samenleving, die niet zonder een instroom van jongeren in bètatechnische opleidingen en beroepen kan. Met wetenschap en techniek kun je krachtige leeromgevingen creëren waar bijna alle kinderen positief op reageren. Daarin staan vragen centraal, en niet de antwoorden. Het gaat erom de nieuwsgierigheid van kinderen te prikkelen en een onderzoekende en probleemoplossende houding bij hen te ontwikkelen. Deze inleiding geeft een antwoord op de volgende vragen:

- Waarom is wetenschap en techniek belangrijk?
- Waarom zijn vragen en problemen zo belangrijk in wetenschap en techniek?
- Hoe kun je overzicht krijgen over wetenschap en techniek?

‘Mijn eigen uitgangspunt was een geïllustreerd natuurkundeboek dat ik in de vierde of vijfde klas als leerboek had. (...) Ergens voorin stond een afbeelding (...): een schematische voorstelling die het binnenste van de aarde toonde zoals het eruit zou zien als je met een groot mes in de planeet sneed en voorzichtig een moot ter grootte van een kwart van zijn omvang verwijderde. (...) Geleidelijk richtte mijn aandacht zich op het wetenschappelijk belang van de afbeelding en het besef dat de aarde uit afzonderlijke lagen bestond, die in het midden uitkwamen op een gloeiende bol die, aldus het onderschrift, zo heet was als het oppervlak van de zon. En ik herinner me dat ik me met oprechte verbazing afvroeg: hoe kunnen ze dat nu weten?’

(Bill Bryson, 2004)

1.1 Wetenschap en techniek is belangrijk

In deze paragraaf geven we aan waarom lesgeven in wetenschap en techniek belangrijk is. Ook proberen we de zorg van veel leraren weg te nemen dat ze zelf te weinig van wetenschap en techniek afweten om er goed les in te kunnen geven. We duiken even in de geschiedenis van het bèta-onderwijs. Ten slotte zien we dat het belangrijk is om de open, onderzoekende houding van kinderen te stimuleren.

1.1.1 Belang van lesgeven in wetenschap en techniek

Leraar basisonderwijs is een van de mooiste beroepen die er zijn. Het is veelzijdig: je mag in werktijd bezig zijn met muziek, sport, taal, geschiedenis, opvoeding en maatschappelijke ontwikkelingen. Je hebt behoorlijk veel vrijheid om je werk zelf in te richten. Je bent mede verantwoordelijk voor de toekomst van onze samenleving. Je werkt met levenslustige kinderen. Jij mag ze helpen om hun talenten te herkennen en te ontwikkelen. Wat de kinderen bij jou leren, daar hebben we straks allemaal plezier van. Je leest hierna hoe het staat met de interesse voor wetenschap en techniek en welke rol de leraar daarin kan spelen.

Interesse voor wetenschap en techniek

Dit boek gaat over lesgeven over en met wetenschap en techniek. Dit is een veelzijdig en belangrijk domein. Het gaat over leven, gezondheid, voedsel, transport, energie, klimaat, de sterren, gebouwen en nog veel meer. Wetenschap en techniek geeft ons mogelijkheden het leven in te richten zoals we dat zouden willen. De samenleving is vol van wetenschappelijke en technische producten en processen. Dit vraagt om verstandig gebruik, om onderhoud, om nieuwe generaties mensen die nieuwe vragen kunnen beantwoorden en problemen kunnen aanpakken. Onze toekomstige welvaart en welzijn hangen samen met het begrip en de interesse die we hebben voor wetenschap en techniek.



En toch heeft een groot deel van de Nederlandse bevolking weinig natuurwetenschappelijke en technologische kennis en trekken de bètatechnische profielen en -studierichtingen al jaren te weinig studenten. De feiten spreken voor zich. In Nederland studeert ongeveer 16% van de studenten af aan een bèta-opleiding; in Europa is dat gemiddeld 26%. Belangrijke oorzaak is het negatieve imago dat aan bètatechniek kleeft. Het zou moeilijk zijn, zwaar, slecht betaald. Maar er speelt meer. Bijvoorbeeld de genderproblematiek. Het ontbreekt Nederlandse meisjes aan zelfvertrouwen op het gebied van de bètavakken. Van alle afgestudeerde bèta-studenten is nog geen 20% vrouw. De gevolgen zijn groot. Technische bedrijven kampen met grote personeelstekorten op alle niveaus. Internationale bedrijven verplaatsen hun onderzoekscentra naar andere landen. Ook de gewone burgers hebben er last van. Als iets het niet meer doet, gooi je het weg en koop je het nieuw, in plaats van eens te kijken wat er aan mankeert. En als je niet begrijpt hoe wetenschap en techniek werkt, dan weet je ook niet goed of het wel klopt wat er op de verpakking staat.

Rol van de leraar

De basisschool staat aan het begin van deze keten. Leraren kunnen kinderen enthousiast maken voor wetenschap en techniek, ze laten zien hoe leuk, afwisselend en uitdagend dit domein is. Ze kunnen leerlingen zelfvertrouwen geven en hen stimuleren hun talenten te ontdekken. Daarmee zet het basisonderwijs de deur naar wetenschap en techniek voor kinderen open. Maar leraren kunnen ook uitstralen dat wetenschap en techniek moeilijk is, of vies, of saai, of gevaarlijk, of niets voor meisjes.



Veel Nederlandse leraren hebben, toen ze zelf nog op school zaten, te weinig plezier beleefd aan de bètavakken. Ze vonden het moeilijk of abstract, haalden er niet de hoogste cijfers voor, en zagen er het nut niet zo goed van in. Met als gevolg dat ze nu weinig vertrouwen hebben in hun kennis en mogelijkheden zelf goed onderwijs te geven in wetenschap en techniek. In 2013 is daarom het Techniekpact gesloten, een overeenkomst

tussen de overheid, het bedrijfsleven en het onderwijs. Daarin is afgesproken dat het basisonderwijs uiterlijk in 2020 'goed techniekonderwijs' geeft. Wat 'goed techniekonderwijs geven' is, proberen we in dit boek duidelijk te maken!

1.1.2 Geschiedenis van het bèta-onderwijs

De geschiedenis van het bèta-onderwijs in Nederland begon met de oprichting van de Hogere Burger School (HBS) aan het eind van de negentiende eeuw. Nederland was toen overwegend een agrarisch land, met daarnaast een sterke handel. De industrie kwam op, het natuurwetenschappelijk en technisch onderzoek werd belangrijker, en daarmee groeide (eigenlijk net zoals nu) de behoefte aan meer bètatechnisch geschoolde mensen. De HBS moest daarin voorzien. De kloof tussen middelbaar onderwijs en wetenschappelijk onderzoek was toen nog klein. Zo was Jacobus Henricus van 't Hoff, Nobelprijswinnaar in de Scheikunde in 1901, ook leraar aan de HBS. Het is daarom goed te begrijpen dat de schoolvakken natuurkunde, scheikunde en biologie opgezet werden als het begin van een universitaire studie. De leerlingen kregen de wetenschappelijke concepten te leren die nodig waren voor het doen van onderzoek. Die concepten werden geregeld geactualiseerd maar het karakter van het onderwijs bleef hetzelfde. Ook de latere programma's van vwo, havo en mavo/vmbo-tl zijn allemaal afgeleid van de basiskennis die handig is voor wie wetenschappelijk onderzoeker wil worden.

Honderd jaar geleden werkte dit model goed, tegenwoordig niet meer. Slechts een beperkt aantal middelbare scholieren gaat een exacte studie doen. Voor de overige leerlingen is het leggen van een basis voor wetenschappelijk onderzoek als het bouwen aan een toren van Babel die nooit af zal komen. Onderzoek doen werd bovendien steeds ingewikkelder en duurder. Middelbare scholen konden zich dat al snel niet meer veroorloven en maakten steeds meer gebruik van boeken en uitleg in plaats van demonstraties van onderzoek. Docenten waren zelf geen wetenschappers meer. De zoektocht naar het onbekende werd vervangen door uitleggen, oefenen en overhoren van het bekende. Ondertussen schoof de grens van het onderzoek steeds verder op. Er moest eigenlijk steeds meer basiskennis aangebracht worden in een steeds hoger tempo. Abstracte modellen waarmee je veel kan verklaren namen de plaats in van het opdoen van (tijdrovende) ervaringen met de echte werkelijkheid. De bewegingswetten van Newton en het Periodiek Systeem der Elementen van Mendelejev zijn hoogtepunten van onderzoek, maar wat heb je eraan wanneer je geen idee meer hebt welke verschijnselen in de natuur je ermee kunt verklaren? Wat weet je precies als je weet dat water H_2O is, of dat het uitvoeren van een constante kracht leidt tot een eenparige versnelling volgens Newton's wet $F = m \cdot a$? Veel leerlingen zuchtten en steunden, maar in de tijd van de HBS waren alle vakken nog verplicht. Toen kwam eind jaren zestig van de vorige eeuw de Mamoetwet. Voor het eerst konden leerlingen zelf een vakkenpakket kiezen.

Nu, tientallen jaren later, kunnen we vaststellen dat veel leerlingen die graag met mensen willen werken en die voor een verzorgend, onderwijzend of sociaal beroep kiezen, de bètavakken zo snel mogelijk hebben laten vallen. We kunnen constateren dat er de afgelopen jaren ook een tendens is ontstaan om de bètavakken op de middelbare school te moderniseren en

aantrekkelijker te maken voor iedereen. Denk aan het vak techniek in de onderbouw, aan de concept-contextbenadering (zie subparagraaf 2.4.1) of aan Natuur, Leven, Technologie (NLT) in de bovenbouw van het vwo en aan de opkomst van de Technasia. Daarin is weer meer ruimte voor zelf onderzoek doen en voor het begin daarvan: de verwondering, het niet kunnen verklaren en het stellen van vragen.

1.1.3 Stimuleren van de open, onderzoekende houding van kinderen

Wij willen met dit boek bijdragen aan een positiever imago van wetenschap en techniek in het onderwijs. Onderwijs in wetenschap en techniek hoeft niet een abstracte voorbereiding op wetenschappelijk onderzoek te zijn, zeker niet op de basisschool. Ervaringen van de laatste jaren met scholing en nascholing laten zien dat leraren basisonderwijs wel degelijk meer zelfvertrouwen en een positievere attitude ten opzichte van wetenschap en techniek kunnen ontwikkelen, dat zij hun lespraktijk kunnen veranderen en dat ze hun kinderen wel het plezier kunnen laten beleven dat zichzelf gemist hebben. Zoals een derdejaars pabostudente het onder woorden bracht: 'Ik kom erachter dat het inderdaad niet mijn interesse had. Ik wil geprikkeld worden door de bètavakken en er les in krijgen, zodat ik er enthousiast over word en het kan overbrengen op de kinderen.' Dat is precies wat wij met dit boek beogen. Neuropsychologisch onderzoek laat zien dat nieuwsgierigheid geen aangeboren eigenschap is die sommige kinderen hebben en anderen niet, maar dat het een toestand is: je kunt kinderen nieuwsgierig maken. Dat is goed nieuws voor het onderwijs!



Daarbij is het fijn te weten dat kinderen doorgaans open staan voor wetenschap en techniek. Dat komt doordat kinderen sterk gericht zijn op hun leefwereld en de materiële en natuurlijke verschijnselen. Ze willen weten hoe hun wereld in elkaar steekt want daar hangt hun overleven van af. Waarom is het 's zomers langer licht? Waarom heb jij een bril? Waarom moet ik mijn handen wassen voor het eten? Jonge kinderen stellen vragen, proberen dingen uit en bedenken verklaringen voor wat ze zien en beleven. Ze zitten overal met hun handen aan. Het zijn onderzoekers en creatieve probleemoplossers in de dop. Hun enthousiasme werkt aanstekelijk en desnoods nemen ze de meester of juf op sleeptouw. Natuurlijk is het prettig wanneer je het een en ander weet van wetenschap en techniek, maar waar het werkelijk om gaat is de onderzoekende en ontwerpde houding en de sprankeling bij de kinderen aan te moedigen, te behouden en richting te geven. Een open houding tegenover het onbekende en gewoon met de kinderen op pad gaan, is het begin van dat avontuur. Je leest hierna hoe je dit kunt inpassen in het onderwijs en het wordt duidelijk wat wij zien als uitdaging in dit boek.

Onderwijs in wetenschap en techniek

Misschien lijkt onderwijs geven in wetenschap en techniek moeilijk, maar het is verrassend eenvoudig om krachtige leeromgevingen te creëren. Goed onderwijs begint met een vraag of een probleem en leidt tot een zoektocht naar een antwoord of een oplossing. Als je kinderen de ruimte geeft, zul je verbaasd zijn over de resultaten. De natuurlijke combinatie van doen en denken (hands-on en minds-on) spreekt bijna alle leerlingen aan. Het zorgt voor afwisseling en het stelt je in staat kinderen met heel verschillende aanleg en interesses aan te spreken. Je hebt hierin veel vrijheid, en dit boek wil je helpen je eigen weg te vinden.

De kerndoelen van het onderwijs zijn geordend in zeven domeinen. Wetenschap en techniek tref je aan in het domein Oriëntatie op jezelf en de wereld. De kerndoelen spreken over 'natuur en techniek'. Wij kiezen voor het ruimere 'wetenschap en techniek' omdat vragen stellen, nieuwsgierigheid, willen weten, onderzoeken, kortom: 'weten-schap' belangrijk is. Het voornaamste is niet de kennis van de natuur, maar nieuwsgierig zijn in de natuur in de meest ruime betekenis. Het belangrijkste is niet dat je zelf veel weet, maar dat je de onderzoekende houding bij je kinderen weet te stimuleren.

Uitdaging in dit boek

Oriëntatie op jezelf en de wereld is kinderen laten zien hoe mooi, ingewikkeld en uitdagend de wereld is. Het is ook kinderen helpen hun talenten in de context (samenhang) van wetenschap en techniek te herkennen en te ontwikkelen, zodat zij hun plek in deze mooie en ingewikkelde wereld kunnen innemen.

Het is jammer dat je die wereld niet gewoon op kunt pakken en in je klas kunt laten zien. Je zult het vaak moeten doen met kleine stukjes. Misschien kom je ooit eens in Barcelona. Ga dan naar het science museum in deze stad: het Museu de la Ciència CosmoCaixa. Dit museum leidt je door vier stadia in de ontwikkeling van onze wereld: van de levenloze materie, via de levende en de intelligente materie, naar de beschaafde materie. Stenen horen bij de levenloze materie en gehoorzamen alleen aan de wetten van de natuurkunde. Sommige gesteenten echter, zoals de beroemde krijtrotsen

in Engeland, zijn ontstaan uit de omhulsels van ontelbare kleine schelpdierpjes die miljoenen jaren geleden geleefd hebben. De vuurstenen bijl is een product van intelligent leven. Stenen stapelen tot een huis, een hunebed, een stad is een vrucht van beschaving. Maar de stenen blijven als steen onderworpen aan de natuurwetten. Ze kunnen eroderen door weer en wind maar ze zullen niet als ijs smelten of als hout verbranden. Deze samenhangen beter leren herkennen, begrijpen en er plezier aan beleven is de uitdaging die we in dit boek aangaan.

1.2 Vragen staan centraal

In deze paragraaf wijzen we op het belangrijkste kenmerk van goed onderwijs in wetenschap en techniek: de vraag. We zien bij welk leergebied (domein) die vragen horen en op welke manier je op zoek kunt gaan naar de antwoorden.

1.2.1 Oriëntatie op de wereld en jezelf

Onderwijs in wetenschap en techniek gaat over vragen stellen en ruimte nemen om antwoorden te zoeken. Leren je eigen vragen te ontdekken, te stellen en te onderzoeken is belangrijk, belangrijker dan het kennen van antwoorden waar niemand naar gevraagd heeft. Door te starten vanuit een betekenisvolle vraag stimuleer je een onderzoekende houding waar de kinderen levenslang plezier van kunnen hebben.

De vragen die bij wetenschap en techniek gesteld en onderzocht worden, horen wat de inhoud betreft bij het domein Oriëntatie op Jezelf en de Wereld, ook wel afgekort tot OJW. Het document met de Kerndoelen voor het basisonderwijs van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen introduceert dit als volgt:

'In dit leergebied oriënteren leerlingen zich op zichzelf, op hoe mensen met elkaar omgaan, hoe ze problemen oplossen en hoe ze zin en betekenis geven aan hun bestaan. Leerlingen oriënteren zich op de natuurlijke omgeving en op verschijnselen die zich daarin voordoen. Leerlingen oriënteren zich ook op de wereld, dichtbij, veraf, toen en nu en maken daarbij gebruik van cultureel erfgoed.'

Die oriëntatie moet ertoe leiden dat kinderen na groep acht klaar zijn om verder de wereld in te trekken, omdat ze die wereld verkend hebben en daarbij ook zichzelf en hun talenten beter hebben leren kennen. Het gaat dus om de vraag hoe, met welk onderwijs in wetenschap en techniek, je kinderen zo goed mogelijk voorbereidt op hun toekomst. Je ziet dit accent op oriëntatie ook terugkomen in de kerndoelen zelf:

Natuur en techniek

- 40 De leerlingen leren in de eigen omgeving veelvoorkomende planten en dieren onderscheiden en benoemen en leren hoe ze functioneren in hun leefomgeving.
- 41 De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.
- 42 De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.

- 43 De leerlingen leren hoe je weer en klimaat kunt beschrijven met behulp van temperatuur, neerslag en wind.
- 44 De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik.
- 45 De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren.
- 46 De leerlingen leren dat de positie van de aarde ten opzichte van de zon leidt tot natuurverschijnselen, zoals seizoenen en dag-/nachtritme.'

Kinderen leren over de bouw van planten; ze leren onderzoek doen aan verschijnselen; ze leren oplossingen voor problemen te ontwerpen. Er staat niet dat kinderen alles moeten weten van de natuur, van techniek, van het klimaat, van elektriciteit. Dat is ook niet mogelijk. Want er is zoveel kennis dat niemand dit allemaal kan weten. Dat geldt voor kinderen, voor leraren en ook voor wetenschappers. Er staat ook niet dat kinderen bepaalde specifieke technische problemen moeten leren oplossen. Het gaat veel meer om een algemene vaardigheid en houding: 'Ik ben niet bang voor technische problemen; als ze zich voordoen analyseer ik het probleem en probeer het op te lossen.' Kinderen met een dergelijke houding en met basisvaardigheden voor onderzoeken en ontwerpen kunnen we met een gerust hart na groep 8 uitzwaaien.

1.2.2 Op zoek gaan naar antwoorden

Nadruk op een onderzoekende en probleemoplossende houding betekent dat er geen weetjes centraal moeten staan en uit het hoofd geleerd moeten worden. De oriëntatie die ons voor ogen staat is niet van het soort waarin kinderen gedachteloos achter de gids aan sjokken, die hen door een onbekend en misschien wel gevaarlijk gebied loodst. Het zijn de kinderen zelf die zich oriënteren, die hun eigen vragen stellen en die op zoek gaan naar de antwoorden. De gids loopt mee en wijst de kinderen en passant op de mooie plekjes. Natuurlijk waarschuwt de gids ook wel voor doodlopende wegen. Maar niet te snel: kinderen leren het beste en zijn het meest gemotiveerd wanneer ze eerst zelf hun eigen vragen proberen te beantwoorden, als ze hierover voldoende controle en autonomie hebben en als ze er op kunnen vertrouwen dat er iemand in de buurt is om ze te helpen wanneer ze door de bomen het bos niet meer zien.

Je leest hierna welk vragen centraal staan en hoe je met de vragen omgaat.

Welke vragen staan centraal?

We stellen in dit boek de vragen centraal die aanleiding geven tot betekenisvolle oriëntatie op de wereld. Vragen die kinderen kunnen stellen, vragen die je aan kinderen kunt stellen, vragen die uitnodigen tot nadenken, tot exploreren, tot leren. In wetenschap en techniek krijg je antwoorden en verwerf je kennis als beloning wanneer je serieus ingaat op een vraag of een probleem. Dat geldt voor kinderen net zo goed als voor technici, wetenschappelijk onderzoekers en alle mensen die in het dagelijks leven wetenschap en techniek gebruiken. Elke reis begint met de eerste stap. De eerste vragen van kinderen en de antwoorden die daar uit voortvloeien verdienen net zoveel respect als de verfijnde onderzoeksprogramma's van ervaren onderzoekers die al op heel veel vragen een antwoord kennen.

Hoe ga je met de vragen om?

Je kunt niet op elke vraag ingaan. Een eerste belangrijke afweging is daarom wat je doet wanneer zich een vraag voordoet. Soms is het niet het

goede moment en stel je het liever uit. Ook kunnen er goede redenen zijn om de vraag helemaal niet te beantwoorden.

Dit boek gaat over situaties waarin je wel besluit op de vraag in te gaan. Wij gaan ervan uit dat je, normaal gesproken, de nieuwsgierigheid van kinderen wilt belonen en wilt aanmoedigen, en dat je een vraag ziet als een kans om een leerproces te beginnen. Nieuwsgierigheid en de wil om praktische problemen op te lossen, zijn de drijvende krachten achter wetenschap en techniek, en kinderen zijn daar al helemaal klaar voor.

Kinderen, vooral jonge kinderen, zijn goed in vragen stellen. Ze willen weten, ze hebben een soms onverzadigbare honger naar kennis. Ze worden nog niet gehinderd door de gedachte dat ze geen talent hebben. En ze trekken zich nog niets aan van de mogelijkheid dat de zoektocht naar het antwoord wel eens lang en lastig kan zijn. Kinderen vragen bijvoorbeeld:

- Wat zijn aardbevingen?
- Is kooldioxide slecht?
- Kun je naar Mars?
- Wat zit er in de sloot?
- Waarom worden bladeren rood in de herfst?
- Hoe bak ik een glutenvrije cake?
- Waarom blijft een boot van ijzer drijven? IJzer is toch zwaar?
- Hoe werkt GPS?
- Hoe maak je een suikerspin?

Er is niemand, geen enkele wetenschapper of Nobelprijswinnaar, die op iedere vraag van een kind het antwoord kan geven. Laat je niet ontmoedigen omdat je het antwoord niet weet. Heel vaak is het een voordeel om het antwoord niet meteen te kunnen geven. Antwoorden hebben namelijk twee nadelen: ze maken het proces van uitzoeken en onderzoeken (schijnbaar) overbodig, terwijl dit nu juist de essentie is van onderwijs in wetenschap en techniek, en ze maken dat elk ander antwoord automatisch 'fout' lijkt te zijn, hoe ingenieus en creatief het ook mag zijn.



Er zijn ook vragen die veel kinderen niet uit zichzelf zullen stellen, maar die wel een rol spelen in hedendaagse wetenschap en techniek. Bijvoorbeeld:

- Hoeveel elektronen heeft een atoom ijzer?
- Uit welke klassen bestaat de familie van de geleedpotigen?
- Hoe werkt een cyclotron?
- Waarom duurt het hoog in de bergen langer voordat aardappels gaar zijn als je ze kookt?
- Waarom wordt het kouder op aarde als er een vulkaan uitbarst?
- Waarom zijn sommige sterren rood- of geelachtig?

Als je kinderen serieus wilt voorbereiden op de wereld en hun mogelijke rol daarin, dan is het goed hun aandacht ook te richten op verschijnselen die ze in hun leefwereld nog niet tegen zijn gekomen, maar die wel veel invloed hebben op ons dagelijks leven. Als leraar kun je daar vragen over stellen. Het is wel nodig dat deze zaken intrigerend en toegankelijk genoeg zijn om vragen bij kinderen op te roepen. Welke vragen 'werken', en waarom? Welke vragen zijn belangrijk genoeg om lestijd voor te reserveren? Hoe maak je er niet alleen een leuk, maar ook een leerzaam avontuur van, zonder zelf het spoor bijster te raken? Hoe krijg je systeem, of een rode draad, in je onderwijs en in het leren van de kinderen? Hoe voorkom je dat je verdwaalt in het enorme aanbod aan leuke proefjes, opdrachten, lesbrieven en websites? Waar gaat het echt om?

De vraag naar het aantal elektronen in ijzer herinner je je misschien nog van de middelbare school. Het is een voorbeeld van een vraag die bij de meeste kinderen niet zomaar interesse opwekt. In de volgende paragraaf ontwikkelen we daarom een kader om vragen van kinderen te beoordelen op hun geschiktheid voor een leerproces en om je te helpen een strategie te ontwikkelen om kinderen te oriënteren op zichzelf en de wereld.

1.3 Een kader voor wetenschap en techniek

In deze paragraaf schetsen we een kader voor onderwijs in wetenschap en techniek dat je helpt om van een vraag tot een goed onderwijsleerproces te komen. Waarop moet je kinderen oriënteren? Wat zijn de werkwijzen en leerdoelen?

We sluiten dit inleidende hoofdstuk af met een overzicht van de inhoud van dit boek.

1.3.1 Van een vraag tot een goed onderwijsleerproces

Het kader dat we gebruiken om te komen tot goed onderwijs in wetenschap en techniek kent vier gezichtspunten:

- 1 Je wilt kinderen oriënteren op de kerndoelen en de belangrijkste inhoudsgebieden van wetenschap en techniek.
- 2 Het is belangrijk dat je dit doet op een manier die zo veel mogelijk recht doet aan het onderzoek- en ontwerpproces dat wetenschap en techniek in wezen is.
- 3 Je wilt dat kinderen belangrijke algemene en vakoverstijgende denk- en doevaarigheden kunnen ontwikkelen waar ze de rest van hun leven plezier aan beleven.
- 4 Je wilt dat kinderen hun eigen talenten in relatie tot (bèta)technische en andere opleidingen en beroepen kunnen beoordelen en een goede keuze voor hun toekomst kunnen maken.

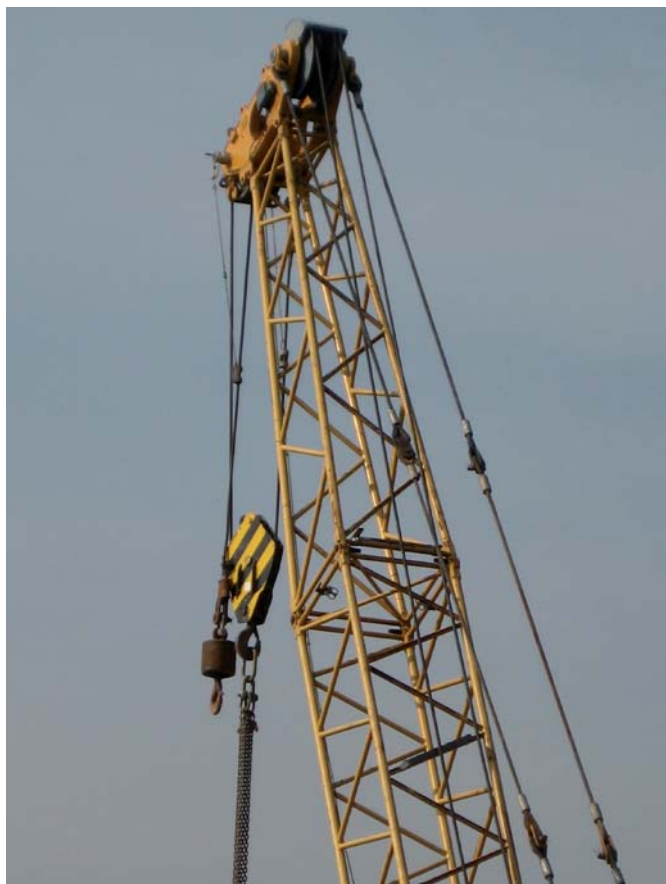
De manier waarop je die doelen kunt bereiken wordt ingeleid via de volgende vragen:

- 1 Wat moeten kinderen weten van wetenschap en techniek?
- 2 Welke werkwijzen passen bij onderwijs in wetenschap en techniek?
- 3 Hoe kun je belangrijke denk- en doevaardigheden ontwikkelen?
- 4 Wat draagt bij aan een goede oriëntatie op de wereld buiten en na de school?

Ad 1 Wat moeten kinderen weten van wetenschap en techniek?

Omdat je niet alles kunt weten en al helemaal niet kunt behandelen, is het belangrijk inhoudelijk goede keuzes te maken. Sommige vragen leiden tot kennis waar je veel aan hebt, en het is zaak om vooral op deze vragen in te gaan.

Wat goed is voor kinderen om te weten in het domein van wetenschap en techniek wordt bepaald langs twee dimensies. Enerzijds is dat de leefwereld van het kind zelf. Welke wetenschap en techniek kom je tegen in huis, op school, onderweg, in het park, op vakantie? En hoe ga je daarmee om? Klassieke voorbeelden zoals de batterij en de stroomkring vallen hieronder, maar ook oog krijgen voor de vakwerkconstructie waaraan de hijskraan zijn stevigheid ontleent, of het verschil weten tussen planeten en sterren.



De andere dimensie wordt gevormd door de wetenschap en techniek die voor de samenleving belangrijk is. Kinderen lezen, zien en horen daar soms wat over via krant en televisie, maar veel van wat belangrijk is onttrekt zich nog aan de ogen van het kind. Belangrijk voor kinderen in dit verband zijn de Grote Ideeën: de ontdekkingen, theorieën, verschijnselen of ontwikkelingen die ons leven fundamenteel bepalen, ingrijpend beïnvloeden of diepgaand verklaren, en die iedereen daarom zou moeten kennen. Denk aan erfelijkheid, aan het klimaat en aan nanotechnologie.

Goed inhoudelijk onderwijs geven betekent verder dat je de verschillende inhoudsgebieden regelmatig 'bezoekt' en het overzicht bewaart. In de natuur vind je andere wetenschap en techniek dan in de bebouwde omgeving of aan de hemel. Hoeveel je ook kunt leren van bezoekjes aan de kinderboerderij, toch niet hoe GPS werkt of een robot. In internationaal vergelijkend onderzoek naar de leerprestaties van kinderen, zoals dat van PISA (zie paragraaf 2.1), wordt voor de ordening van de inhoud gebruikgemaakt van vijf 'systemen': het natuurkundige systeem, het aarde-ruimte-systeem, het mathematische systeem, het technische systeem en het levende systeem. Wij gebruiken dat in ons boek ook en werken het verder uit in het volgende hoofdstuk.

Ad 2 Welke werkwijzen passen bij onderwijs in wetenschap en techniek?

In dit boek houden we regelmatig een pleidooi voor een onderzoekende en ontwerpende didactiek. We gaan hier uitgebreid op in in hoofdstuk 3. In een onderzoekende en ontwerpende didactiek reageer je op een vraag of een probleem, door met de kinderen onderzoek te gaan doen dat de vraag beantwoordt, of door een ontwerp te maken dat het probleem oplost. Maar dit kan niet altijd. Er zijn praktische grenzen aan onderzoekende en ontwerpende activiteiten. We gaan daarom ook in op andere manieren om tot antwoorden en inzicht te komen, zoals opzoeken.

Ad 3 Hoe kun je belangrijke denk- en doevaardigheden ontwikkelen?

Als je een vraag stelt, wil je natuurlijk een antwoord. Maar in wetenschap en techniek is het proces om tot een antwoord te komen ook erg de moeite waard. In onderwijs in wetenschap en techniek is het zelfs het belangrijkste doel. Kinderen kunnen vanuit een vraag binnen het domein van wetenschap en techniek vele denk- en werkvaardigheden ontwikkelen die zij nodig hebben om verder te komen, zich in het dagelijkse leven staande te houden en zich thuis te voelen in een wereld vol van wetenschap en techniek. Het gaat hier niet in de eerste plaats om handigheid met materialen en gereedschappen of om het vermogen ingewikkelde formules op te lossen. Het gaat niet om 'technisch' zijn of een wiskunde-knobbel hebben. Binnen onderwijs in wetenschap en techniek kunnen kinderen zich juist breed ontwikkelen. Denk aan de ontwikkeling van creativiteit, redeneervaardigheden, denken in termen van oorzaak en gevolg, een kritische omgang met informatie, zorgvuldigheid, woordenschat, communiceren van ideeën en resultaten, combineren van uitproberen en nadenken en aan alle vaardigheden die in de psychologie 'executieve functies' of 'zelfsturing' worden genoemd: zelfsturing, planning, je aandacht vasthouden, weten waar je mee bezig bent, jezelf blijven motiveren. Om kinderen op een ongeunstelde manier uit te dagen deze vaardigheden te ontwikkelen, heb je betekenisvolle en rijke contexten nodig. Sommige manieren waarop wetenschap en techniek zich voordoet zijn hiervoor geschikter dan andere, omdat ze als vanzelf de aandacht trekken, nieuwsgierig maken en een rijk leerproces

kunnen ontlocken. Belangrijk hier is dat wetenschap en techniek ook een middel is om veel andere (kern)doelen te bereiken, en niet alleen een doel in zichzelf. Het gaat erom de mogelijkheden van wetenschap en techniek te benutten door te integreren met de andere vakken en activiteiten.

Ad 4 Wat draagt bij aan een goede oriëntatie op de wereld buiten en na de school?

De wereld van wetenschap en techniek is groter dan de leefwereld van kinderen. Oriëntatie op jezelf en de wereld betekent de deuren en ramen van de school openzetten om die wereld te verkennen. Het gaat om de natuur, de cultuur, de aarde en de ruimte, maar ook om bedrijven, beroepen en opleidingen. Wanneer kinderen zicht hebben op hun eigen talenten in relatie tot die wereld en alles wat daarin is aan wetenschap en techniek, een eigen identiteit ontwikkelen en een eerlijk en completer beeld hebben, kunnen ze later een gemotiveerde keuze maken voor een opleiding en een beroep, zonder al te veel last te hebben van vooroordelen, misvattingen of pure onbekendheid. Dit betekent ook dat er recht gedaan moet worden aan verschillen. Elk kind heeft zijn of haar eigen mogelijkheden en talenten.

Bij elk onderwerp dat zich aandient, bijvoorbeeld omdat kinderen er een vraag over stellen of omdat het in de actualiteit is, kun je jezelf voorgaande vragen stellen. Bij welk inhoudsgebied hoort de vraag? Is het onderwerp belangrijk vanuit dit perspectief? Hoe pak ik het didactisch aan? Hoe kan ik de vraag zodanig inbedden of verbinden met andere doelen dat kinderen belangrijke denk- en doevaardigheden ontwikkelen? Hoe kan ik kinderen laten ervaren wat hun eigen mogelijkheden zijn?

1.3.2 Inhoudsoverzicht

In de volgende hoofdstukken gaan we dit allemaal nader uitwerken. In hoofdstuk 2 staat de inhoud van wetenschap en techniek centraal. In hoofdstuk 3 gaat het om de didactiek, met name om onderzoekend en ontwerpend leren. In hoofdstuk 4 gaan we op zoek naar de beste plekken om wetenschap en techniek tegen te komen. In hoofdstuk 5 richten we onze aandacht op hoe kinderen leren en hoe je leerresultaten herkent. Hoofdstuk 6 biedt hulp bij het ontwerpen van onderwijs. Hoofdstuk 7 gaat in op een belangrijk onderdeel van onderwijs geven: de interactie. Hoofdstuk 8 vraagt aandacht voor diversiteit en de vele verschillen tussen leerlingen. Hoofdstuk 9 helpt je om meer tijd te vinden voor onderwijs in wetenschap en techniek, door te integreren. Hoofdstuk 10 ten slotte gaat kort in op feedback geven en beoordelen van leerprestaties in wetenschap en techniek. We sluiten het boek af met een uitgebreide literatuurlijst. Deze lijst laat enerzijds zien door welke bronnen wij ons hebben laten inspireren en waarop we bepaalde uitspraken baseren. Anderzijds kunnen de genoemde bronnen dienen als inspiratiebron voor je verdere ontwikkeling als leraar binnen het domein wetenschap en techniek.