

Integratie van rekenen- wiskunde en natuur en techniek





Integratie van rekenen- wiskunde en natuur en techniek

Primair onderwijs

4 februari 2008

slo

nationaal
expertisecentrum
voor leerplan-
ontwikkeling

Verantwoording

© 2008 Stichting leerplanontwikkeling (SLO), Enschede

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 toestemming van de uitgever.

Auteurs: Pierre Kemmers

Frans Moerlands

Jaap Vedder

Redactie: Kees Buys

Besteladres

SLO, Stichting Leerplanontwikkeling

Afdeling Verkoop

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 305

Internet: <http://catalogus.slo.nl>

E-mail: verkoop@slo.nl

AN: 1.4163.0034

Inhoud

Woord vooraf	5
1. Inleiding en leeswijzer	7
1.1 Het Integratieproject	7
1.2 Waarom geïntegreerd onderwijs?	8
1.3 Voornaamste bedoelingen van dit boekje	10
1.4 Leeswijzer	11
2. Het tasjesproject	13
2.1 Vooraf	13
2.2 Inleiding	14
2.3 De vier lessen	15
2.4 En hoe eventueel verder?	23
3. Natuur en techniek, een vak in ontwikkeling	25
3.1 Inleiding	25
3.2 De vakdisciplines natuurwetenschap en techniek1	25
3.3 Relatie tussen natuurwetenschap en technologie	28
3.4 Het schoolvak natuur en techniek	29
4. Rekenen-wiskunde, een vak in beweging	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Leerstofinhoudelijke veranderingen	34
4.3 Didactische veranderingen: de overgang naar realistisch reken-wiskundeonderwijs	35
4.4 Twee grondkenmerken nader uitgewerkt: contexten en modellen	38
4.5 Raakvlakken tussen rekenen-wiskunde en natuur en techniek	40
5. Aanvullende lesideeën	43
5.1 Inleiding	43
5.2 Werken met Google Earth	45
5.3 Groter en groter	48
6. Durven en doen: competenties en portfolio	53
6.1 Inleiding	53
6.2 Welke competenties zijn nodig?	54
6.3 Oproep: durven en doen	55



Woord vooraf

Het voorliggende boekje is het resultaat van een project dat zich richtte op het aanreiken van mogelijkheden voor het integreren van rekenen-wiskunde en natuur en techniek in het primair onderwijs. Dit project kwam tot stand naar aanleiding van een veldaanvraag van de NVORWO, de vakvereniging voor reken-wiskundeonderwijs. Centrale gedachte achter het project vormde het gegeven dat de beide genoemde vakgebieden in principe sterk verwant zijn, maar dat er in de praktijk van het onderwijs vaak nog niet zoveel van deze verwantschap te merken valt. Met name indien het vertrekpunt voor het onderwijs gekozen wordt in een maatschappelijk relevant en voor kinderen aansprekend thema, zo was de gedachte, zou een geïntegreerde benadering een duidelijke meerwaarde voor het onderwijs kunnen hebben.

In het project is geprobeerd om zo'n benadering voorbeeldmatig in enkele thema's uit te werken. Al werkende rees daarbij de behoefte om in enkele aparte stukken aandacht te besteden aan het eigene en vakspecifieke van de beide gebieden rekenen-wiskunde en natuur en techniek. Zo kwam een boekje tot stand waarin praktijknabije onderwijsbeschrijvingen en meer beschouwende stukken elkaar afwisselen.

Zoals in het inleidende hoofdstuk verder wordt toegelicht, heeft dit boekje op geen enkele manier de pretentie om het laatste woord te hebben over de problematiek van geïntegreerd onderwijs. Het is primair bedoeld voor pabo-studenten en leraren basisonderwijs en beoogt slechts om enkele inspirerende voorbeelden van thematisch opgezet, geïntegreerd onderwijs aan te reiken, alsmede om een eerste indicatie te geven van de competenties waarover een (aanstaande) leraar bij voorkeur dient te beschikken om dit onderwijs te kunnen voorbereiden en uitvoeren. In die zin vormt het vooral een aanvulling op andere publicaties die bij de SLO en andere instituten zijn verschenen.

Wij hopen dat de aangereikte ideeën hun weg naar de praktijk weten te vinden, en dat het boekje ook anderszins een bijdrage tot voortgaande ideeontwikkeling rond geïntegreerd onderwijs kan leveren.

Namens de auteurs,
Kees Buijs

1. Inleiding en leeswijzer

Kees Buys

1.1 Het Integratieproject

Het project 'Integratie van rekenen-wiskunde en natuur en techniek' waarvan dit boekje het resultaat vormt, is een samenwerkingsproject van SLO met de NVORWO, de nationale vakvereniging voor ontwikkeling van het reken-wiskundeonderwijs. Het project stelt zich ten doel om voorbeelden van thematisch opgezet onderwijs aan te dragen waarin de beide genoemde vakgebieden op een geïntegreerde manier aan bod komen, en om duidelijk te maken waar de meerwaarde van zulk onderwijs in gelegen is. Daarnaast wordt beoogd om te verkennen welke competenties van (aanstaande) leraren met het organiseren en uitvoeren van dat onderwijs gemoeid zijn. Een van de achterliggende gedachten bij het opzetten van het project was dat de beide genoemde vakgebieden in principe grote verwantschap met elkaar hebben, maar dat er in de praktijk, dat wil zeggen in het basisonderwijs, nog niet zoveel van deze verwantschap te merken is. Verhelderen waaruit deze verwantschap dan precies bestaat en hoe de beide vakgebieden elkaar wederzijds kunnen versterken en verrijken, is dan ook een belangrijk doel van het project.

Tijdens het project heeft het vooraf uitgestippelde ontwikkeltraject als gevolg van voortschrijdend inzicht nog enkele ingrijpende wijzigingen ondergaan. Het oorspronkelijke projectplan was er namelijk op gericht om een aantal thema's te ontwikkelen die in enkele basisscholen uitgetoetst zouden worden om nader uitsluitsel te krijgen over de vraag welke competenties voor (aanstaande) leraren nodig zijn om het beoogde onderwijs adequaat te kunnen uitvoeren. Al gauw bleek echter dat het kiezen van geschikte thema's minder eenvoudig was dan aanvankelijk werd verondersteld. Weliswaar bleek het niet moeilijk om een flink aantal thema's te inventariseren. Maar of deze thema's ook als geslaagde voorbeelden beschouwd konden worden van geïntegreerd onderwijs, bleek nog niet zo makkelijk te bepalen. Om daar nader uitsluitsel over te kunnen krijgen, ontstond er in toenemende mate behoefte om een aantal wezenlijke kenmerken van de beide vakgebieden in kaart te brengen voordat een keuze gemaakt zou worden voor bepaalde thema's. Met name voor het vakgebied natuur en techniek, een gebied dat nog sterk in ontwikkeling is, bleken er nogal uiteenlopende opvattingen en benaderingen te bestaan waarvan het waardevol was om deze op een rij te zetten. Voor het vakgebied rekenen-wiskunde gold dat in mindere mate, maar ook binnen dat gebied doen zich ontwikkelingen voor die van belang geacht werden om in kaart te brengen.

Al met al zorgden deze omstandigheden ervoor dat het project een andere invulling kreeg dan aanvankelijk de bedoeling was. Na de voorlopige inventarisatie van mogelijke thema's werd eerst het eigene van de beide betrokken vakgebieden in kaart gebracht. In samenhang daarmee werden vervolgens enkele thema's uitgewerkt waarbinnen deze vakgebieden op geïntegreerde wijze aan bod komen. Mede op basis daarvan werd geëxpliciteerd welke raakvlakken er tussen de beide vakgebieden bestaan, en op welke wijze deze gebieden elkaar in de praktijk van het onderwijs kunnen aanvullen en versterken. Tot besluit werd nagegaan welke competenties van (aanstaande) leraren met het geven van het beoogde onderwijs rond deze thema's

gemoeid zijn. In de opzet van dit boekje weerspiegelt zich deze aangepaste opeenvolging van projectactiviteiten.

1.2 Waarom geïntegreerd onderwijs?

In het onderwijs plegen vakgebieden veelal gescheiden van elkaar aan de orde te komen. Dat geldt zowel voor het voortgezet onderwijs als voor het basisonderwijs. In de reken-wiskunde lessen zijn de leerlingen met reken-wiskundige inhouden en doelen bezig, in de aardrijkskundelessen met het verwerven van aardrijkskundige kennis, in de muzieklessen met het ontwikkelen van muzikale kennis en vaardigheden, enzovoorts. Het leerplan waarvan deze lessen deel uitmaken, vormt dan ook een afspiegeling van deze indeling in vak- en vormingsgebieden. Een uitzondering vormt het onderwijs in de groepen 1 en 2 van het basisonderwijs. Daarin wordt gewoonlijk met thema's en projecten gewerkt waarbinnen op een geïntegreerde manier verschillende vakgebieden in onderlinge samenhang aan de orde komen¹.

Op zich is het begrijpelijk dat er voor de verschillende vakgebieden aparte lessen zijn waarin aparte onderwijsleertrajecten doorlopen worden. Er wordt immers van leerlingen aan het einde van de basisschool verwacht dat ze over een uitgebreide kennis van deze gebieden beschikken, en het is waarschijnlijk lastig om deze kennis te ontwikkelen indien het onderwijs grotendeels of geheel thematisch van opzet zou zijn. Maar dat er met name in de bovenbouw van de basisschool eigenlijk nauwelijks of geen sprake is van werkelijk geïntegreerd onderwijs waarbinnen uiteenlopende vakgebieden vanuit een thematische leerstofkern aan de orde komen, lijkt toch een merkwaardige zaak. In het dagelijks leven krijgen kinderen immers te maken met een veelheid aan verschijnselen, probleemgebieden en situaties waarbij vakinhoudelijke aspecten van uiteenlopende signatuur een rol spelen. Het is dan van grote waarde dat

je als kind dergelijke aspecten van elkaar kunt onderscheiden en ze allemaal in de beoordeling of analyse van het betreffende verschijnsel kunt betrekken. Neem bijvoorbeeld de problematiek van de alsmaar toenemende hoeveelheid afval die in onze samenleving geproduceerd wordt. Zoals in nevenstaande kader is aangegeven, zitten er aan deze problematiek veel verschillende aspecten vast – aspecten waarvan de verkenning ook voor leerlingen van tien tot twaalf jaar bijzonder leerzaam en nuttig kan zijn. Juist door zo'n problematiek in z'n totaliteit te benaderen en vanuit verschillende invalshoeken te belichten, kan bereikt worden dat de leerlingen er een beter begrip van krijgen en beter leren voorzien welke mogelijkheden er zijn om iets aan deze problematiek te doen.

Afval in onze samenleving

Het thema 'afval' is maatschappelijk gezien uiterst relevant terwijl er ook voor leerlingen van de basisschool veel actuele aspecten aan vastzitten. Bijvoorbeeld:

- Wat is afval? Is afval altijd afval?
- Waarom is afval een probleem in onze samenleving?
- Hoeveel afval produceren wij met z'n allen?
- Verschillende soorten afval: huishoudelijk, industrieel, zwerf-, bouw-, productieafval, ...
- Hoe werken wij ons afval weg?
- Een praktisch onderzoek: hoeveel afval produceren wij per week op school? En per jaar?
- Gescheiden inzameling, hergebruik, schaarste van grondstoffen, ...
- Afval als mondiaal probleem; verschillen in afvalproductie; streven naar duurzaamheid.
- Op wat voor manieren kunnen wij de hoeveelheden geproduceerde afval reduceren?

Daarmee wordt bevorderd dat ze leren om 'multiperspectivisch' te kijken, zoals dit wel genoemd wordt (Greven, 2000). Bovendien kan dergelijk thematisch opgezet onderwijs ertoe bijdragen dat leerlingen vakspecifieke vaardigheden en inzichten verder leren toepassen en in relevante situaties leren inzetten.

Het kan dus belangrijk zijn om in het onderwijs van tijd tot tijd een thematische benadering te hanteren waarbij niet een bepaald vakgebied voorop staat, maar een thema dat hecht verbonden is met de leefwereld of belevingswereld van de leerlingen en dat vanuit verschillende vakgebieden verkend en onderzocht wordt.



Tafereel op een gemeentelijk terrein waar particulieren hun eigen grof huisvuil heen kunnen brengen. Er zijn aparte containers voor papier, ijzer, karton, enzovoorts, waar het vuil in gedeponeerd dient te worden.

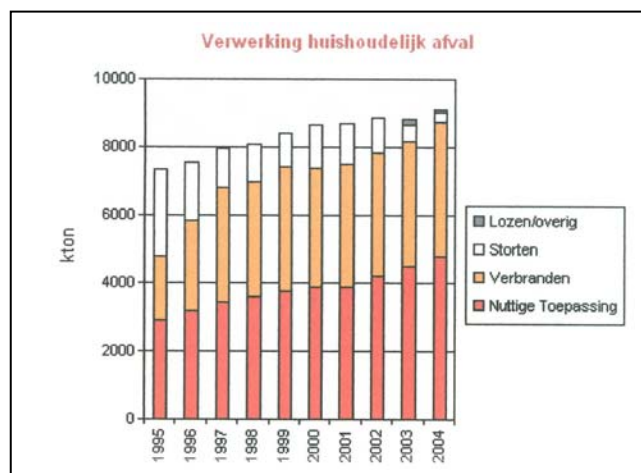
Toch gebeurt dat in de praktijk maar heel weinig. Weliswaar wordt er met een zekere regelmaat een bepaald thema aan de orde gesteld, maar de activiteiten beperken zich in zulke gevallen maar al te vaak tot het vakgebied van waaruit het thema aan de orde wordt gesteld. Van werkelijk geïntegreerd onderwijs is dan geen sprake. Daarvan kan pas gesproken worden, als verschillende vakgebieden op een natuurlijke manier binnen zo'n thema aan de orde worden gesteld, en als de activiteiten niet alleen bijdragen aan een beter begrip van dat thema als zodanig, maar ook aan de kennis en vaardigheden die binnen de verschillende vakgebieden ontwikkeld en inge oefend worden.

Kenmerkend voor onderwijs dat gericht is op een dergelijke brede benadering, is dat niet op voorhand al duidelijk is welke vragen er precies gesteld gaan worden, en wat er nodig is om zulke vragen te beantwoorden. Veelal begint het onderwijs met een inventarisatie van belangrijke aspecten die mogelijk nader onderzocht kunnen worden, van vragen die daarbij mogelijk rijzen, en van werkwijzen die bij de beantwoording van zulke vragen gevolgd kunnen worden. Zo is binnen het hierboven geschetste thema rond afval een voor de hand liggende vraag om te onderzoeken hoeveel afval er bijvoorbeeld op de eigen school wordt geproduceerd. Maar hoe onderzoek je zoiets? Kan dat eigenlijk wel, de omvang van de eigen 'afvalberg' in kaart brengen? Dat is niet op voorhand duidelijk – het kan punt van nadere overdenking zijn waarbij werkwijzen en hulpmiddelen overwogen worden die ingezet kunnen worden om tot beantwoording te komen. Het is juist dit gezamenlijk in kaart brengen van de verschillende aspecten van een thema, het zelf formuleren van onderzoeksvragen en het uitvoeren van het betreffende onderzoek, die een geweldige meerwaarde voor geïntegreerd onderwijs met zich meebrengen.

Daar komt nog bij dat de mogelijkheden van leerlingen om zelf op onderzoek uit te gaan en allerlei informatie te achterhalen, de laatste decennia enorm zijn toegenomen. Het Internet biedt daartoe tal van nieuwe en veelbelovende mogelijkheden.

Dat geldt zeker ook voor het thema afval. Zo komt men bij enig 'googelen' aan de hand van eenvoudige zoektermen zoals 'afval in Nederland' al gauw uit op de website van

Senternovem, een door de overheid ingesteld orgaan dat zich bezighoudt met programma's, subsidieregelingen en regelgeving op het gebied van afval. Na enige



doorklikken komt men bij een onderdeel waar belangrijke en interessante informatie over huishoudelijk afval wordt verschaft in de vorm van de nevenstaande grafiek. Voorts wordt reeds op de eerste pagina van deze website verwezen naar het onderdeel 'Afvalbioscoop' waarop een overzicht van 'inspirerende films over zwerfafval en afvalscheiding' te vinden is. Kortom, de mogelijkheden om een reeks thematisch opgezette activiteiten rond afval mede aan de hand van Internet gestalte te geven, liggen voor het oprapen. De thema's die in het kader van dit project uitgewerkt zouden worden, zouden juist op het vlak van het zelf op zoek gaan naar en analyseren van informatie op Internet (zo was de gedachte), een aanzet tot verrijking van het onderwijs langs nieuwe, digitale kanalen kunnen geven.

1.3 Voornaamste bedoelingen van dit boekje

Het 'product' dat het Integratieproject oplevert in de vorm van bijgaand werkboekje, hoopt vooral een bijdrage te leveren aan voortgaande ideevorming op het gebied van geïntegreerd onderwijs rond de betrokken vakgebieden rekenen-wiskunde en natuur en techniek. Voornaamste bedoeling van dit werkboekje is om een soort 'werkomgeving' te bieden waarbinnen mogelijkheden voor geïntegreerd onderwijs worden aangereikt met rekenen-wiskunde en natuur & techniek als belangrijke vakinhoudelijke componenten – een werkomgeving die de lezer in staat stelt om aspecten van geïntegreerd onderwijs nader te overdenken, om ervaring op te doen met het organiseren van onderwijsleeractiviteiten rond de gepresenteerde thema's, en om zich daarbij verder te bekwamen in de vakinhoudelijke competenties die van belang worden geacht en die in het laatste hoofdstuk worden beschreven. Daarnaast wordt beoogd om aanzetten tot theoretische verdieping op het gebied van geïntegreerd onderwijs rond de betrokken vakgebieden te geven. Met het oog daarop is gepoogd om een aantal grondkenmerken van deze beide vakgebieden in kaart te brengen, en om tot een afbakening van raakvlakken daartussen te komen. Naar aanleiding van de drie thema's die in het kader van het project zijn uitgewerkt, wordt verder geprobeerd om een indicatie te geven van waar het bij geïntegreerd onderwijs rond rekenen-wiskunde en natuur en techniek op aankomt. Het moge duidelijk zijn dat het geenszins de bedoeling is om definitieve standpunten of vastomlijnde stellingnamen te presenteren. Eerst en vooral gaat het om een verkenning van de mogelijkheden van geïntegreerd onderwijs. Hopelijk kan deze als inspiratiebron voor vele betrokkenen fungeren.

1.4 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt eerst een voorbeeld van thematisch opgezet en in de praktijk beproefd onderwijs geschetst: het 'tasjesproject'. In dat project onderzoeken de leerlingen vanuit een vraagstelling omtrent nut en noodzaak van plastic draagtasjes zoals die in veel supermarkten en bouwmarkten verkrijgbaar zijn, allerlei eigenschappen van zulke tasjes. Het onderzoek geeft aanleiding tot een veelheid aan meetactiviteiten en activiteiten op het gebied van dataverwerking, waarbij dat laatste uitmondt in het opstellen van een 'spreadsheet' op basis waarvan de oorspronkelijke onderzoeksvragen beantwoord kunnen worden.



In hoofdstuk 3 wordt vervolgens een schets gegeven van de wijze waarop het vakgebied natuur en techniek in de afgelopen vijftienvintig jaar als schoolvak tot ontwikkeling is gekomen. Naar voren zal onder meer komen dat er een veelheid aan ontwikkelingen heeft plaatsgehad onder invloed waarvan nogal uiteenlopende uitwerkingen van dit vakgebied tot stand zijn gekomen. De trend daarbij is dat er een geleidelijke verbreding heeft plaatsgevonden waarbij niet alleen aspecten van 'natuur' (biologie) en van 'techniek' (knutseldozen) maar ook van 'wetenschap' (op kleine schaal ervaring opdoen met het hanteren van een 'wetenschappelijke' benadering) aan bod komen. Het is juist deze verbreding die veel aanknopingspunten voor geïntegreerd onderwijs lijkt op te leveren. In hoofdstuk 4 wordt daarna het vakgebied rekenen-wiskunde onder de loep genomen. Hier zal onder meer besproken worden dat dit vakgebied zich anders dan natuur & techniek al geruime tijd een vaste plaats in het leerplan van de basisschool heeft verworven, en dat de leerstofinhoud van dit vakgebied recentelijk geen ingrijpende wijzigingen heeft ondergaan. Didactisch is er echter wel een ingrijpend veranderingsproces gaande, en daarom wordt hier wat uitgebreider bij stilgestaan. Een en ander leidt tot de vaststelling dat er in de wijze waarop leerlingen binnen de beide vakgebieden bezig zijn, belangrijke overeenkomsten zijn doordat bijvoorbeeld het gebruik van contexten en de vorming van modellen in beide gevallen een belangrijke rol spelen. Anderzijds zijn er ook duidelijke verschillen die binnen geïntegreerd onderwijs voor wederzijdse aanvulling en verrijking kunnen zorgen. In het afsluitende hoofdstuk 6 wordt daarna stilgestaan bij de vraag wat er aan vakinhoudelijke en algemeen-onderwijskundige competenties bij het beoogde onderwijs komt kijken. Geïntegreerd onderwijs vraagt een andere onderwijsbenadering waarbij van tevoren minder vaststaat en het onderwijs minder volgens gebaande paden verloopt dan in de gangbare lessen aan de hand van de reken-wiskunde- of de natuur en techniekmethode veelal het geval is. In bepaalde opzichten maakt dit het lastiger om zulk onderwijs op te zetten. Aan de andere kant kan dit onderwijs, zoals uit de voorbeelden in dit werkboekje hopelijk naar voren komt, in tal van opzichten als een geweldige uitdaging ervaren worden – een uitdaging die tot verrassende en inspirerende activiteiten in de klas kan leiden.

Noten

¹ Zie voor een nadere beschrijving van inhoud en doelen van het onderwijs in groep 1/2 de TULE-website van SLO. Per vakgebied wordt daarin een uitwerking van de kerndoelen beschreven voor de verschillende leerjaren van het basisonderwijs.

Literatuur

Greven, J. (2000). *Meester worden van de wereld. Wegwijzer naar een vakcurriculum aardrijkskunde op de Pabo*. Enschede: SLO.

2. Het tasjesproject

Frans Moerlands

2.1 Vooraf

In dit hoofdstuk wordt een thema onder de loep genomen dat aanleiding kan geven tot een veelheid aan geïntegreerde activiteiten: het thema 'plastic draagtasjes'. Draagtasjes vormen een typerend verschijnsel in onze hedendaagse samenleving. Enerzijds zijn ze alom verkrijgbaar en handig in gebruik doordat ze weinig kosten, betrekkelijk sterk zijn en nauwelijks ruimte innemen. Anderzijds dragen ze in niet geringe mate bij tot de afvalberg in ons land en kunnen ze veelvuldig als zwerfafval in het milieu worden aangetroffen.

Verder is het een verschijnsel waar ook kinderen regelmatig mee te maken kunnen hebben en dat zich goed leent voor een brede verkenning waarbij uiteenlopende aspecten aan bod kunnen komen. De uitwerking die op de volgende pagina's van dit thema wordt gegeven, stelt enkele van zulke aspecten centraal zoals dat in een VSO-school in Tilburg plaatsvond. Andere aspecten blijven enigszins op de achtergrond of worden niet besproken. Dit betreft bijvoorbeeld zaken als:

- Het vervuilende karakter van sommige soorten
- draagtasjes;
- Het al dan niet afbreekbaar zijn;
- Mogelijkheden tot hergebruik en recycling;
- Mogelijke vervangers zoals papieren tasjes of de aloude stoffen boodschappentas.

Dat dit thema niet alleen voor de Nederlandse situatie actueel is, maar ook voor de situatie in veel andere landen, blijkt wel uit onderstaande krantenbericht over een besluit dat onlangs in China genomen werd om het gebruik van plastic draagtasjes geheel en al te verbieden. Ook in landen als China is men kennelijk volop met deze problematiek bezig!

*Berichtje over het
verbieden van plastic tasjes
in China (Noord-Hollands
Dagblad van 10-01-08)*



China verbiedt gratis plastic tas

SHANGHAI - China neemt drastische maatregelen om een einde te maken aan de gratis plastic tas. Vanaf 1 juni mogen winkels hun klanten geen plastic tas meer meegeven zonder die daarvoor te laten betalen.

Chinezen verbruiken dagelijks maar liefst drie miljard stuks. „De tassen mogen misschien handig zijn, ze leiden ook tot ernstige vervuiling en verspilling van energie en grondstoffen”, aldus de centrale regering. „We moeten mensen aanmoedigen weer linnen tassen te gebruiken of manden.”

2.2 Inleiding

Een wereld vol tasjes

Boodschappentasjes, je komt ze tegen in soorten en maten. Groot, klein; wel of niet bedrukt met wervende teksten. Je krijgt ze mee bij je aankopen, of je koopt ze voor een paar centen bij de kassa in de supermarkt.

De kwaliteit van de tasjes varieert behoorlijk. De tasjes waarin je op de markt je fruit meekrijgt kunnen soms maar net hun inhoud dragen. Andere tassen zijn zo sterk, dat je er een halve bouwmarkt in mee kunt nemen. Het heeft allemaal te maken met zaken als productiekosten, grondstoffengebruik, recyclebaarheid, en dergelijke. Er zit een hele wereld achter die tasjes.



De prikkelende vraag; de school

Je zou denken dat de prijs van de tasjes iets met de kwaliteit te maken heeft. Is een duurder tasje automatisch ook een beter tasje? Is het sterker? Groter? Interessante onderzoeksvragen.

We hebben er een project van gemaakt op VSO De Bodde in Tilburg¹, een school voor zeer moeilijk lerenden. Johan Derksen is daar groepsleerkracht en techniekdocent. Frans Moerlands is didactisch medewerker van de Stichting Speciaal Onderwijs Tilburg, het bestuur waaronder deze school ressorteert. In de groep van Johan, treffen we een achttal leerlingen, in leeftijd variërend van 14-18 jaar. In de periode oktober-november 2006 is in deze groep aan het tasjesproject een serie van vier lessen gewijd.

Waarom een project rond boodschappentasjes?

Daar zijn meerdere redenen voor:

- De maatschappelijke relevantie. De tasjes zijn uit onze wereld bijna niet meer weg te denken. We gebruiken er miljoenen van. Aan het gebruik ervan kleven voor- en nadelen. In het licht van het grondstoffen- en milieuvraagstuk is het zinvol om kritisch naar het gebruik ervan te kijken. Bewustwording kan leiden tot ander consumentengedrag.
- Een van de doelen van het moderne onderwijs is om leerlingen op te voeden tot kritisch consumenten. Met dit onderzoek komen zowel technische als ook maatschappelijke kwesties aan de orde die kritisch bekeken kunnen worden.

¹ Meer informatie over het tasjesproject is te vinden op de PARWO website:

<http://www.ssot.eu/rw/025-048-tasjesproject>

- Booschappentasjes kunnen op veel criteria onderzocht worden; er valt veel aan te meten.
- De veelheid aan data die dit onderzoek oplevert vraagt om effectief databeheer. Dat is leerstof die meer aandacht verdient dan thans veelal het geval is. Zo is het werken met dataverwerkingsprogramma's zoals Excel veelal nog te weinig in onderwijsprogramma's opgenomen; via dit soort speelse onderzoeken kan daar een toepasselijke start mee worden gemaakt.
- De tasjes zijn voor weinig geld beschikbaar en vormen dus zeer betaalbaar lesmateriaal.
- De onderzoeken aan de tasjes zijn met simpele middelen zoals eenvoudige weeginstrumenten uit te voeren.
- De pilot die op De Bodde heeft plaatsgevonden, is een voorbeeld van vakkenintegratie, met name wat betreft integratie van natuur & techniek en rekenen-wiskunde. Er worden meet- en onderzoekstechnieken toegepast die veel rekenwerk en wiskundig redeneren met zich meebrengen. De vakgebieden ondersteunen en bevruchten elkaar.

Drie unsters als voorbeeld van een meetinstrument dat in het project veel werd gebruikt.



Waarom een pilot op een school voor ZML?

- Formeel reken-wiskundeonderwijs is in het speciaal onderwijs weinig effectief. Het zegt de leerlingen niet veel en het gaat ze snel boven de pet. Meer nog dan in het regulier onderwijs moet het onderwijs in het SO zich afspelen in betekenisvolle contexten en moet het onderwijs gericht zijn op wereldverkenning en ontwikkeling van redzaamheid.
- Ontwikkelwerk en onderzoek in het speciaal onderwijs legt als het ware een vergrootglas op het onderwijs. Het vergroot zowel de perspectieven als de problemen. De inzichten die daarbij ontwikkeld worden zijn breed inzetbaar: in SO, maar ook in PO en VMBO.

2.3 De vier lessen

Les 1

De voorbereiding

Een lesproject zoals dit vraagt natuurlijk enige voorbereiding. Hoe de lessen precies gaan verlopen weet je niet. Je moet de mogelijkheden wel goed doordacht hebben.

Wat valt er te onderzoeken? En hoe doe je dat dan? Hoe krijg je de activiteiten georganiseerd en wat heb je daar zoal bij nodig? Het kan helpen hier een overzicht ('mindmap') van te maken die als leidraad voor het onderwijs kan fungeren.



Wij hadden ter voorbereiding wat spullen verzameld:

- Naast de tasjes vooral veel meetgereedschap. Echt meetgereedschap, maar ook informeel materiaal in de vorm van lege melkpakken, drankblikjes en dergelijke.

De meeste materialen zijn eenvoudig te verkrijgen, zoals de papieren meetlinten van de Gamma. De leerlingen kunnen ook helpen met verzamelen (lege pakken).

- Daarnaast zijn er spullen die in elke school aanwezig zouden moeten zijn: personenweegschaal; keukenweegschaal (analoog en digitaal); diverse unsters; gewichten; maatbekers. We hebben ze gevonden of aangeschaft.
- Om de breeksterkte te kunnen bepalen heeft Johan samen met de leerlingen een handige stellage gebouwd. Een fraaie oplossing, maar een haak aan de kapstok kan het ook.



Introductie

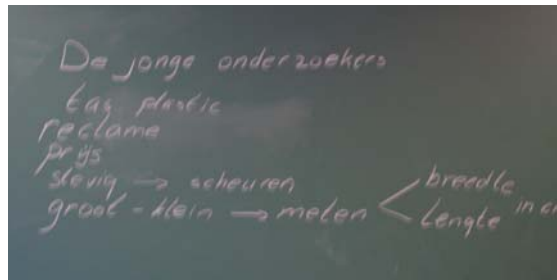
De interesse van de leerlingen is direct gewekt.

De klassentafel ligt vol met allerlei materialen: een flinke verzameling tasjes, maar ook unsters, weegschalen, lege pakken, meetlinten en blikjes fris. De leerlingen hebben lege literpakken verzameld en de vraag is natuurlijk waar we die voor gaan gebruiken. Andere leerlingen hebben bij de techniekles een stellage gebouwd. Waar zou die voor dienen?

In een inleidend praatje wordt het onderwerp verkend en wekt Johan verwondering over de grote verschillen tussen de tasjes, en stelt enkele vragen: 'Wat is er anders aan de tasjes en waarom zouden ze zo verschillend zijn?' En: 'Waarom moet je voor sommige tasjes betalen en voor andere niet?' Er komen uiteenlopende reacties: 'Als je iets duurs koopt, krijg je het tasje wel voor niets'; 'Op de tasjes staat ook reclame, dus als je er een meeneemt maak je reclame voor de winkel'; 'Sterke of grote tassen

kosten meer plastic, dus die moet je betalen'; enzovoort. Veel klinkt logisch, maar er is ook twijfel of de redeneringen wel altijd opgaan.

Al snel wordt besloten om een en ander nader te gaan onderzoeken.



De leerlingen worden door Johan tot 'jonge onderzoekers' gebombardeed. In het klassengesprek wordt samen bepaald wat er onderzocht gaat worden. In hun eigen taal geven de leerlingen aan wat van belang is. Ook over die begrippen wordt al druk gediscussieerd. Johan: 'We moeten natuurlijk wel begrijpen wat je ermee bedoelt!' De waardes die onderzocht zullen worden, komen op het bord te staan: de prijs van het tasje, de opdruk (van welke firma is het tasje), de hoogte, de breedte, de inhoud, het gewicht, en – wat natuurlijk het meest prikkelt – hoe stevig het tasje is.

Vervolgens wordt bekeken hoe deze waardes bepaald kunnen worden. Er worden materialen van de tafel gepakt en uitgeprobeerd. Die vreemde unster wordt bekeken. Er blijkt een stalen veer in te zitten. Een leerling laat zien hoe sterk hij is door een unster uit te trekken.

Een andere leerling pakt een tasje en vertelt dat een tasje niets weegt. Johan geeft de leerling in iedere hand een tasje en laat hem vergelijken. Hij geeft feilloos aan welk tasje het zwaarst is. Het weegt blijkbaar toch iets? Ter controle mag de leerling de tasjes wegen op de digitale keukenweegschaal. Tja, er staat inderdaad een getal. Vraag is wel wat dat getal betekent? Kilo's, grammen? Johan vraagt de leerlingen om iets te noemen dat ongeveer 1 kilo weegt. Daarop doorredenerend wordt duidelijk dat het hier geen kilo's kunnen zijn. Vastgesteld wordt dat het om grammen gaat.



Vervolgens gaat de aandacht naar de inhoud van de tasjes. Hoe bepalen we dat? 'Hoeveel erin kan', daar blijkt het om te gaan. Maar 'hoeveel' van wat dan: zand, water, ...?? Al pratend wordt bedacht dat de literpakken hier handig zijn. De 'liter', zo wordt door Johan bevestigd, is een veelgebruikte maat voor inhoud. De grootte? Daarvoor gaan we de papieren meetlinten gebruiken. We meten de lengte en de breedte.

De maat daarbij is de 'centimeter'. Het gewicht van de tasjes wordt met de digitale keukenweegschaal gemeten, in grammen.

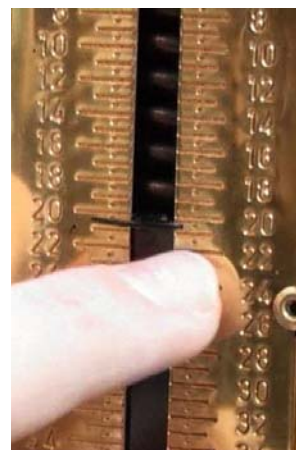
Om uit te zoeken hoe sterk het tasje is, gebruiken we een unster. Dan gaat het om kilo's. We hangen de unster met het tasje op aan de stelling en vullen het tasje met gewichten. Omdat we onvoldoende officiële gewichten hebben, wordt bedacht dat we ook drankblikjes als gewicht kunnen gebruiken. De drankautomaat in de aula wordt leeggeplunderd. Een krat vol blikjes staat klaar voor het onderzoek.

De leerlingen worden nu verdeeld in groepjes en gaan aan het werk. Ze krijgen de opdracht om de onderzoeksresultaten op papier te schrijven. Hoe ze dat doen mogen ze deze les zelf weten. Het motto is: zorg dat je het straks kunt vertellen wat je hebt gemeten.



Natuurlijk is het bepalen van de breeksterkte van het tasje het meest spannende onderdeel. De stelling staat op de gang en het is er regelmatig een drukte van belang. Iedereen die langskomt wil weten wat er gebeurt.

Een voor een worden de blikjes in de tas gestopt. En steeds wordt de unster afgelezen. Dat moet ook wel, want als het tasje breekt ben je te laat! Bij het aflezen van de schaal is zo nu en dan wel wat hulp nodig. Er staan nogal veel streepjes en getallen op de schaal. Er gaan heel wat blikjes in voordat de hengsels het begeven en het tasje met een plof op de grond valt. De leerlingen – maar ook wij - zijn verrast over de sterkte van de tasjes. Er is zelfs een tasje dat zo ver uitrekt dat het de grond raakt en simpelweg niet breekt. Bij het meten van de lengte (hoogte?) ontstaat ook regelmatig discussie: Sommige tasjes hebben 'n geseald hengsel. Meet je dat nu wel of niet mee? Het zijn zaken waar je afspraken over moet maken. Ook het meetlint zelf roept vragen op. Het begin van het lint is namelijk niet de 0 van de meetlijn. En zo gaat het een tijdje door. Ruim een uur lang zijn de leerlingen met de tasjes in de weer. Het onderzoek is dan nog niet afgerond. Er moet dus een vervolg op komen!



Reflectieve opmerkingen:

- In de gesprekken met de leerlingen wordt het woord zoveel mogelijk aan de leerlingen gelaten. Als leerkracht waak je vooral over de uitwisseling en houd je het gesprek 'to the point'. Natuurlijk worden zo nu en dan ook sturende vragen gesteld.
- Het blikje als hulpmateriaal blijkt een uitkomst. Een blikje heeft een behoorlijk gewicht en het volume is niet al te groot. Hoewel we het gewicht van een blikje wel

kunnen bepalen is dat hier niet zo belangrijk. Het gewicht wordt immers op de unster afgelezen.

- Werken in tweetallen is bij dit soort onderzoeken buitengewoon vruchtbaar. Het dwingt tot samenwerken en overleg.
- Het aflezen van de unsters is lastig. Niet bij elk streepje staat immers een meetgetal. Daar komt nog bij dat er op de verschillende unsters ook verschillende schalen worden gebruikt. Het levert overigens mooie lesstof op voor de rekenles: onderzoek van maatlijnen.
- Tijdens het onderzoek moet je als leerkracht goed kijken en luisteren. Soms zijn kritische vragen nodig om foute metingen te ontmaskeren. Bovendien is veel van wat je observeert weer bruikbare gespreksstof voor later.
- Het klinkt wellicht vreemd, maar het is niet verstandig de boel dicht te timmeren met ideale aanpakken. Van fouten leer je meer dan van de volmaakte aanpak die anderen bedacht hebben.
- Tussentijds worden de blaadjes met de onderzoeksresultaten bestudeerd. Deze zijn niet bij iedereen even duidelijk uitgewerkt. We zijn het erover eens dat dit wel wat netter en overzichtelijker kan. Ook hier geldt dat juist deze onvolmaaktheid een belangrijke leerpunt oplevert: wat je opschrijft moet door anderen goed te lezen en te begrijpen zijn.

h.l. cana
56 breed zwart
LEDERWARREN wit
49 lang ravenhorst
58 breed
45 lang interloys
44 breed geel
50 lang jumbo geel
43 breed wit zwart
45 lang wit rbert
40 breed blauw hln
12 kilo

nicolle
41 breed
45 lang 17 kilo
Blijvend
SCHERPE
PRIJZEN
gamma geel
43 lang wit
33 breed
De kwast
47 lang blauw
41 breed
gamma
47 lang HDPE
29 breed wit

49 lang wien blauw
43 breed PHILIPS
51 lang wien
56 breed zwart
LEDERWARREN
49 lang wien blauw
58 breed
RAVENS HORST
54 lang geel met
44 breed rood
interloys
wien geel 50 lang
en zwart 43 breed jumbo
45 lang wit en
48 breed blauw
ALBERE HEIJN

Les 2

In les 2 introduceren we een tabel. De tasjes en de onderzoeksitems staan in de tabel keurig op een rijtje (een leerpunt dat is opgedaan in de eerste les). De leerlingen gaan verder met hun onderzoek en noteren de resultaten in de tabel. Dat ziet er direct een stuk beter uit.

Het enthousiasme is in de tweede les niet minder dan tijdens de eerste les. Wel is merkbaar dat de leerlingen al ervaring hebben opgedaan. Er is een zekere onderzoeksroutine ontstaan. In de periode na de eerste les is er regelmatig nagebabbel

winkel	prijs	gewicht	hoogte	breedte	inhoud	inhoud
Plus	€ 0,15	26	49	43	13	20
AH	€ 0,20	112	45	47	14	
Intertoys	€ 0,00	19	53	44	13	
Jumbo	€ 0,10	35	51	45	14	
Hema	€ 0,00	6	57	27	7	
Aldi	€ 0,09	34	53	46	15	
Office C.	€ 0,00	24	51	46	10	
Action	€ 0,00					
Xenos	€ 0,00					
Gamma 1	€ 0,00		47	41	9	
Gamma 2	€ 0,00					
K2	€ 0,00					

over het onderzoek, zo meldt Johan. Toch ontstaan ook in de tweede onderzoeksles weer nieuwe leermomenten Zo is er weer een tasje te zijn dat niet breken wil onder de last van de blikjes. De leerlingen bedenken een nieuwe aanpak. Ze willen de jerrycan vullen met water en in het tasje stoppen. De discussie vooraf leidt weer tot zinvolle leervragen:

- hoeveel liter water zit er in de jerrycan?
- hoe zwaar is de jerrycan dan?
- wat weegt 1 liter water?

Een en ander wordt met de verschillende weegschalen onderzocht. De keukenweegschaal loopt vast en dreigt te bezwijken onder het gewicht van de jerrycan. De personenweegschaal wordt erbij gehaald; die lijkt beter geschikt voor dat soort gewichten. Op de keukenweegschaal wordt nog wel het gewicht van de liter onderzocht. Hoe het afgelopen is met het tasje weten we eerlijk gezegd niet!

Reflectieve opmerkingen:

- *De oriëntatie op de tabel vraagt aandacht, vooral als deze wat verder is ingevuld. Het 'doortrekken' van de rijen en kolommen blijkt soms lastig. Er komen wel eens gegevens in de verkeerde cel terecht. Dit is iets om tijdens het werken zeker in de gaten te houden (zorg dus dat je voor dit soort zaken je handen vrij houdt!).*
- *Periodes tussen de lessen zijn geschikt om op bepaalde aspecten nog eens terug te komen.*
 - *In de rekenles kan het bijvoorbeeld gaan over het aflezen van getallenlijnen, refererend aan de problematiek rond het aflezen van de unsters.*
 - *Maten kunnen verder verkend worden. Wat meten we in grammen, wat in kilo's? Kunnen we iets vinden dat 1 gram weegt?...?*
 - *Er kan een gericht weegpracticum worden opgezet waarbij de leerlingen gewichten van alledaagse voorwerpen inschatten en wegen op de digitale weegschaal. Het verschil tussen schatting en meetresultaat levert dan weer aardig rekenwerk op!*

Les 3

Het eerste deel van het onderzoek is nu afgerond. Dat wil zeggen: van nagenoeg elk tasje zijn gegevens bekend; niet alle leerlingen hebben alle tasjes onderzocht! De gegevens zijn in de tabellen verwerkt. Eerst worden nu enkele datalijsten vergeleken. Groepen hebben bij dezelfde tasjes soms verschillende meetgegevens gevonden. Er worden verklaringen voor gezocht: hengsels wel of niet mee gemeten, foutjes bij het noteren in de tabel,

enzovoorts. Kleine verschillen worden gerelativeerd als onnauwkeurigheid bij het meten of als afwijkingen in het materiaal.

Vervolgens deelt Johan een overzichtstabel uit. Hij heeft die gemaakt op basis van de meetresultaten van de leerlingen. Bij tasjes waarvan meerdere onderzoeksgegevens bekend waren heeft hij een 'redelijk gemiddelde' bepaald.

Winkel	Prijs in €	Gewicht in gr	Langte in cm	Breedte in cm	Inhoud in L	Starkte in kg
Plus	0.15	27	51	44	13	20
AH	0.20	39	46	49	14	18
Intertoys	0.00	19	54	45	13	36
Hema	0.00	6	44	26	7	13
Xenos	0.00	6	35	28	6	16
Gamma blauw	0.00	22	48	42	9	13
Gamma geel	0.00	21	46	42	9	17
De Kwast	0.01	16	44	35	9	10
Lady Sting	0.00	25	44	39	10	10
White Hope	0.00	8	41	31	11	16

De tabel is geprint op voorgeperforeerd karton. We gaan deze leerlingen niet plagen met lastige knipopdrachten. Het zou de gegevens in de tabel behoorlijk kunnen verminken.

De leerlingen trekken de datastroken simpelweg los. De groepjes krijgen de opdracht om de stroken te gaan ordenen: op prijs, gewicht, op lengte, ... Er wordt driftig geschoven met de stroken, net zolang tot de partners het eens zijn.



Als ze klaar zijn worden de oplossingen vergeleken met de voorbeelden die Johan heeft uitgeprint. Waar de gegevens binnen een kolom hetzelfde zijn, betrekken de leerlingen er haast vanzelf een tweede kolom bij. Bij voorkeur een aanpalende. Interessant, maar niet altijd eenvoudig. De combinatie inhoud en sterkte (c.q. voorlaatste en laatste kolom) geeft bijvoorbeeld veel discussie. Op de foto legt een leerling met behulp van zijn stroken uit waarom je in ieder geval niet op twee kolommen tegelijk kunt ordenen. Dit soort redeneringen zijn in deze groep overigens alleen weggelegd voor de 'hoog niveau' leerlingen.

De leerlingen als kritisch consument

Dan wordt gefocust op een van de startvragen: is het duurste tasje nu ook het sterkste tasje?

Er wordt druk overlegd. De leerlingen hanteren verschillende strategieën. De ene groep ordent op prijs en kijkt dan of de sterkte daarmee rijmt. De andere groep werkt andersom, ordent op sterkte en kijkt dan of ook de prijzen op volgorde staan. Hoe dan ook, al snel wordt duidelijk dat de prijs lang niet alles zegt over de sterkte.

Johan prikkelt de leerlingen om conclusies te trekken: 'wat durf jij over de tasjes te beweren?' Het levert reacties op van uiteenlopende aard en niveau:

- Het sterkste tasje is dat van Intertoys;
- Het duurste tasje (AH) is niet het sterkste tasje;
- Van de tasjes die niets kosten, is die van Intertoys de sterkste; dat is dus het beste tasje!
- De tasjes van Xenos en White Hope zijn even sterk, maar het tasje van White Hope is groter: 11 liter tegenover 6 liter

Steeds wordt daarbij gevraagd naar 'bewijs'. De strookjes worden als bewijsmateriaal opgevoerd, maar ze zijn moeilijk te laten zien. Dat probleem is een mooie opmaat voor de vierde en laatste les: 'we gaan iets zoeken waarmee de tabel goed zichtbaar wordt'.

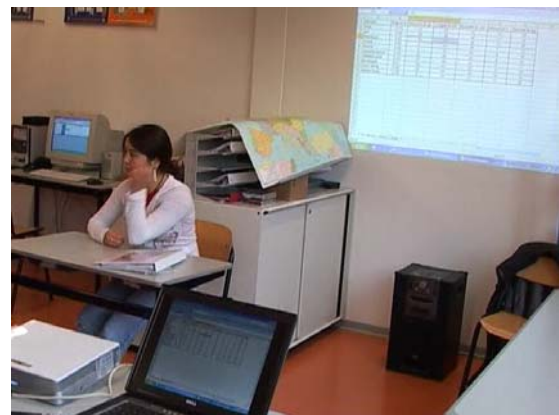
Reflectieve opmerkingen:

- *De discussie rond de verschillen in meetresultaten kan uiteraard veel verder worden uitgediept. Daarbij kan het gaan over de meettechnieken, de mate van nauwkeurigheid, de materiaaleigenschappen, enzovoorts.*
- *Johan heeft voor deze les zelf de 'redelijke gemiddelden' bepaald. In andere groepen kunnen leerlingen dat ook zelf doen.*

- *Voor de rekenles zijn de tabellen geweldige input. De meetgegevens zijn immers in getallen uitgedrukt. Daar valt het nodige aan te rekenen: op volgorde plaatsen, verschillen berekenen, enzovoort.*
- *Het voorgeperforeerd tabelpapier² werkt hier perfect. Er gaat geen knutseltijd aan verloren en de stroken zijn eenvoudig te verplaatsen. Dynamiek op het gewenste niveau. Soms hangt het succes van een activiteit af van dit soort praktische zaken.*
We ervaren dat in het SO aan den lijve, maar het geldt misschien wel voor het hele onderwijs.
- *Het opstellen van een 'onderzoeksrapport', inclusief onderbouwde conclusies kan een leerzaam onderdeel zijn van het project. Voor deze leerlingen is dat wat te hoog gegrepen.*

Les 4

De les start met een terugblik op de vorige les. Johan legt uit dat we het ordenen van de gegevens ook door de computer kunnen laten doen. Om te zorgen dat alles goed te zien is hebben we de computer op een beamer aangesloten. De tasjestabel wordt geopend in het spreadsheetprogramma Excel. Johan demonstreert hoe de techniek van het sorteren werkt. Samen met de leerlingen werkt hij een paar voorbeelden uit. Het blijkt allemaal niet zo heel ingewikkeld. De computer doet eigenlijk niets anders dan heel snel de strookjes op volgorde leggen!



De leerlingen gaan hierna in tweetallen zelf met de computer aan de slag. Ze herhalen een paar opgaven, maar sorteren daarna ook op eigen criteria. Met wat hulp van elkaar en van Johan lukt dat wonderwel. Al snel rollen de gesorteerde tabellen uit de printer!

De uitdraaien gaan mee naar thuis om te laten zien waar ze mee bezig zijn geweest. Later worden ze opgenomen in het portfolio van de leerlingen. Als tastbare herinnering aan een boeiend project...



² *Voor deze pilot hebben we gebruik gemaakt van proefmateriaal van PerfoDidac; product is in ontwikkeling.*

Reflectieve opmerkingen:

- *Het werken met Excel leverde veel minder problemen op dan we hadden verwacht. Natuurlijk worden de conventies van het programma vooral op geheugen of aan de hand van een beknopte handleiding uitgevoerd. Bij frequenter gebruik zullen de leerlingen dit ongetwijfeld ook zelfstandig leren doen.*
- *Dit soort activiteiten stellen eisen aan de taal- en leesvaardigheid van de leerlingen. In deze groep is dat voor een aantal leerlingen een barrière. Johan loste dit op door leerlingen in gemengde koppels te laten samenwerken.*
- *Werken met Excel vraagt vertrouwdheid met de computer. Dat zat bij deze leerlingen wel snor!*
- *Het opnemen van de onderzoeksresultaten in het portfolio zorgt dat er nog regelmatig naar het onderwerp kan worden teruggegrepen.*



2.4 En hoe eventueel verder?

Er zijn diverse redenen te bedenken om zo'n lessenserie een vervolg te geven. Vanuit milieuoverwegingen is het bijvoorbeeld de moeite om duurzame tasjes te onderzoeken. Kunnen ze een alternatief zijn voor de wegwerptasjes?

Onderzoeken van supersterke tassen zal zeker ook tot de verbeelding spreken. Denk aan de zakken waar je bij Ikea mee rondloopt, of – heel extreem – de zakken waar men tegenwoordig bouwmaterialen mee aflevert. Of je de sterkte van deze tassen met eigen middelen kunt onderzoeken is natuurlijk de vraag. Een speurtocht op internet kan echter ook leerzaam zijn.

We hebben dit project uitgevoerd met zeer moeilijk lerenden (ZML), juist om aan te tonen dat je dit soort rijke verkenningen op nagenoeg alle niveaus kunt uitvoeren. Qua leerstof zouden de activiteiten in het regulier onderwijs wellicht in de midden- of bovenbouw geplaatst moeten worden. Maar dat is betrekkelijk. Onderdelen kunnen ook met kleuters gedaan worden. Onderzoek de sterkte van de tasjes bijvoorbeeld met grote bouwblokken. Laat de kinderen de blokken tellen bij het in de tas stoppen. Of laat ze na het breken van het tasje de blokken opstapelen en zo een 'blokkengrafiek' opbouwen. Rijke geïntegreerde projecten hebben een breed spectrum en een groot potentieel. De kunst is om dat potentieel 'gepast' vorm te geven!

Op de PARWO website gaan we scholen en leerlingen uitnodigen om aan ons onderzoek mee te werken. Iedereen die wil kan eraan bijdragen. De onderzoeksdata nemen we op in een spreadsheet, die we via Google op internet publiceren. Zo kan dit

project verder uitgroeien en een bron worden voor leerzaam onderzoek en rekenwerk.
Meer info hierover zie voetnoot 1.



3. Natuur en techniek, een vak in ontwikkeling

Pierre Kemmers

3.1 Inleiding

Om raakvlakken te vinden van het schoolvak natuur en techniek met het schoolvak rekenen-wiskunde, is het belangrijk om helder te krijgen waar het schoolvak natuur en techniek uit *bestaat*. Dat is nog niet zo simpel: elke methode, elk project en elke school lijkt z'n eigen invulling qua inhoud en vorm aan het vak te geven. Daarbij komt dat dit schoolvak zich door een brede maatschappelijke aandacht de laatste tien jaar steeds verder ontwikkelt en blijft ontwikkelen. Welke van al die invullingen is nu de juiste? Het antwoord hierop luidt dat geen enkele invulling de juiste is. Echter, de invullingen zijn ook niet onjuist. Het zijn namelijk allemaal vertalingen van de verschillende facetten van de maatschappelijke fenomenen *natuurwetenschap* en *technologie*. En de ontwikkeling van het schoolvak natuur en techniek is een gevolg van veranderende maatschappelijke behoeftes en belangen die verbonden zijn met deze fenomenen. In dit hoofdstuk wordt geprobeerd om met behulp van een filosofisch referentiekader de verschillende facetten van natuurwetenschap en technologie in beeld te brengen. Vervolgens wordt de ontwikkeling van het schoolvak beschreven, alsmede de maatschappelijke invloeden die daaraan hebben bijgedragen. Met het brede beeld van het schoolvak natuur en techniek dat zo ontstaat, kan het zoeken naar integratiemogelijkheden met rekenen en wiskunde een stuk duidelijker en eenvoudiger worden.

In dit hoofdstuk zal consequent gesproken worden van het schoolvak *natuur en techniek*, en van de maatschappelijke fenomenen *natuurwetenschap* en *technologie*. Velen kennen natuurwetenschap en (in mindere mate) technologie voornamelijk als disciplines op de universiteit. Beide gebieden hebben echter een veel breder verspreidingsgebied. Zo komen natuurwetenschappelijke en technologische kennis en vaardigheden ook terug in beroepen en hobby's (denk aan de gezondheidszorg, maar ook aan hobbyisten zoals vogelaars). Vandaar dat we er hier voor kiezen om het over de maatschappelijke fenomenen te hebben, en niet alleen over de universitaire disciplines. De benaming van het schoolvak volgt de terminologie die in de wettelijk vastgestelde kerndoelen voor het basisonderwijs wordt gehanteerd. Zoals in de uitwerking van deze kerndoelen wordt beschreven³, omvat het schoolvak natuur en techniek elementen van de vakgebieden biologie, scheikunde, natuurkunde, sterrenkunde, fysische geografie, en techniek.

3.2 De vakdisciplines natuurwetenschap en techniek1

Het referentiekader waarover hierboven wordt gesproken, is gebaseerd op het boekje 'Teaching about technology' van universitair docent techniekfilosofie Marc de Vries aan de Technische Universiteit Eindhoven (De Vries, 2005). Hierin geeft hij een filosofisch

³ Zie de Tule-website van SLO: <http://tule.slo.nl>.

model om naar de vakdiscipline technologie te kunnen kijken: wat is technologie eigenlijk? Aan de hand van een antwoord op die vraag, geeft hij vervolgens aan hoe dat zijn plek zou moeten krijgen in het techniekonderwijs.

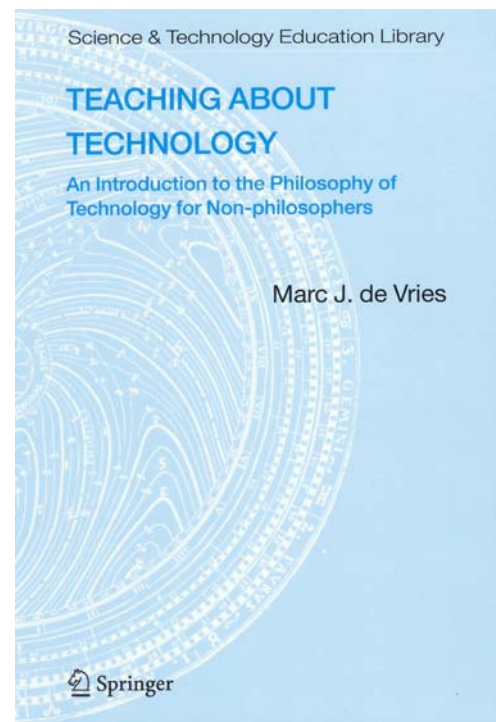
In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de verschillende facetten die De Vries herkent in technologie. Hiermee wordt een referentiekader zichtbaar waarmee vervolgens ook de verschillende facetten van natuurwetenschap kunnen worden beschreven.

De Vries hanteert vijf verschillende filosofische 'brillen' om het begrip technologie te bekijken. Het gaat hier om de brillen van de:

1. Ontologie of zijnsleer. Dit filosofische vakgebied probeert de 'wat is ...?'-vraag te beantwoorden aan de hand van entiteiten: waar het uit bestaat. Uit wat voor dingen bestaat eigenlijk?
2. Epistemologie of kennisleer. Dit vakgebied probeert de kennis te omschrijven van het object dat zij bestudeert.
3. Methodologie. Dit vakgebied bestudeert de manieren waarop dingen gedaan worden.
4. Metafysica. Dit vakgebied stelt stelselmatig de vraag aan de orde wat er na (meta) de ervaring komt.
5. Ethiek en esthetiek. Deze vakgebieden proberen antwoord te geven op de vraag wat goed en fout is, en wat mooi is.

Aan de hand van deze brillen komt De Vries tot een veelzijdig beeld van technologie. Allereerst (1) bestaat technologie uit technische artefacten. Dat kan van heel 'hi-tech' (zoals de nieuwste computersnuffjes) tot 'lo-tech' (zoals de uitvinding van het wiel) gaan. Technische producten kunnen alledaags zijn, zoals paperclips, wasknijpers, fietsen (die uit een heleboel verschillende technische artefacten bestaan), of mes, vork en lepel voor aan de eettafel. Techniek kan ook minder alledaags zijn, en juist ver van je afstaan; satellieten bijvoorbeeld. Het zijn allemaal oplossingen voor menselijke behoeftes: ze zijn van bepaalde materialen gemaakt, en hebben een beoogde functie. Dat geldt natuurlijk ook voor de plastic tasje uit het vorige hoofdstuk.

De kennisleer (2) zegt dat technische kennis tweeledig is: het gaat om weten hoe iets moet (know-how) en weten dat iets zo is (know-that). En dat ook nog op twee niveaus, want enerzijds zijn er mensen die de producten maken, en anderzijds mensen die de producten gebruiken. Als maker heb je een bijzonder veelzijdige kennis nodig: van de gebruiker; van natuurwetenschappelijke ideeën, van economie, enzovoort. De soms gehuldigde opvatting dat technologie niet veel meer is dan toegepaste natuurwetenschap, is hiermee dan ook afdoende weerlegd. Daarnaast bestaat er voor een maker een groot pakket aan know-how oftewel technische vaardigheden. Die kun



je alleen leren, door het te doen. Gebruikers kunnen ook een flinke dosis technische kennis bezitten. Ze zijn bijvoorbeeld heel erg handig in het gebruik van een bepaald apparaat. En als gebruiker van plastic tasjes is het handig om te weten dat de gratis tasjes bij de supermarkt al bezwijken onder de last van een paar pakken melk terwijl er soms voor maar 25 cent een veel degelijkere tas beschikbaar is!

Methodologisch (3) gezien bestaat technologie uit een aantal uiteenlopende processen. Technologen ontwerpen een oplossing voor een behoefte of wens. De producten worden door technisch personeel op kleine schaal gemaakt, of geproduceerd op grotere schaal. De artefacten worden vervolgens gebruikt, bijvoorbeeld door de doelgroep, maar misschien zijn er ook wel gebruikers die hele andere functies van een apparaat uitvinden dan waar het voor bedoeld was. Denk maar aan alle plastic tasjes die forensen over hun fietszadel doen. Als ze 's avonds op het station terugkomen, is het plastic tasje misschien nat geregend, maar het zadel daaronder is lekker droog! Bijzonder functioneel, maar of de fabrikant dat voor ogen had?

De metafysica (4) van de technologie gaat over de vraag waarom mensen technologische wezens zijn. Wat is de achterliggende reden van ons geavanceerd technologisch bestaan? Heeft de maatschappij invloed op de 'state-of-the-art' van technologie, of beïnvloedt technologie juist óns leven? Dit thema komt mooi terug in het science fiction-genre.

Tenslotte worden de waarden (5) bestudeerd die een rol spelen in onze perceptie van technologie. Het gaat hierbij zowel om morele waarden (is menselijk klonen ethisch verantwoord?), als om esthetische waarden (hoe weet een ontwerper of de consument zijn product mooi gaat vinden?).

Na deze samenvatting van het boekje van De Vries, is de tijd rijp om met hetzelfde filosofische referentiekader de aard van natuurwetenschap in beeld te brengen. Het meest tastbare waar natuurwetenschap uit bestaat (1) is *kennis*. De entiteiten van natuurwetenschappen zijn theorieën, concepten, feiten, modellen, en natuurwetten.

- Denk bijvoorbeeld aan Einstein's relativiteitstheorie, of Darwin's evolutietheorie.
- Onderdeel van de relativiteitstheorie, is het concept *zwaartekracht*. En natuurlijke selectie is een belangrijk concept in de evolutietheorie.
- Op 'Discovery channel' en 'Animal planet' kan de tv-kijker terecht voor stortladingen aan feiten over de natuur en exotische levensvormen (wist u bijvoorbeeld dat stokstaartjes leven in groepen van maximaal 40 individuen, voornamelijk in de Kalahariwoestijn?).
- Het atoommodel van Bohr beschrijft atomen als een kern met daaromheen cirkelende elektronen.
- Tot besluit van deze rij voorbeelden, is er nog de derde wet van Newton die zegt dat elke kracht een even grote tegengestelde reactiekracht oproept (actie = - reactie).

De precieze aard van al deze kennis (2) is al millennia lang het onderwerp van felle discussies. De Griekse wijsgeer Plato verwoordde het als volgt: kennis is elk 'waarachtig gegrond inzicht' (justified true belief). Ondanks dat veel filosofen hier nog flink wat op aan te merken hadden, ontbreekt een betere definitie tot op de dag van vandaag. De stelling geeft aan dat degene met kennis iets vindt, een mening of inzicht heeft. Dat inzicht is gerelateerd aan 'de waarheid', en er is een reden om het te vinden; het is *gegrond*.

De drie onderdelen van deze definitie van kennis (waarachtig, gegrond, inzicht) passen perfect bij de overige drie filosofische brillen (de methodologie, de metafysica en de ethiek/esthetiek). De methodologie (3) probeert iets zinnigs te zeggen over de manier

waarop het inzicht gegrond is. Dit is de discussie van de wetenschappelijke methode. Bestaat er zoiets als één wetenschappelijke methode, die door hem braaf te volgen, automatisch tot sluitend bewijs voert? Hier geloven weinigen in, filosofen noch wetenschappers zelf. Tegelijkertijd is het wél een idee dat hoog wordt gehouden in opleidingen. Wat die wetenschappelijke methode precies is, valt dus moeilijk (of niet) uit te leggen. Andere processen maken er weer onderdeel van uit, zoals experimenteren, onderzoeken, hypothetiseren. Of lastigere begrippen, zoals inductie, deductie, falsificatie, sociale constructie en 'peer-review'. Voor de buitenwereld lijkt het bedrijven van wetenschap een feilloos proces, dat bovendien ontzettend moeilijk is. Dit wordt door veel critici betwijfeld, maar toch wordt dit beeld grotendeels in stand gehouden.

De metafysica (4) probeert in te gaan op het 'waarachtige' van de inzichten. Is er een waarheid 'out there', die wij mensen stukje bij beetje ontsluiten? Ontdekken we door slim observeren en de goede vragen te stellen hoe het universum in elkaar steekt, of zit dat universum zo gigantisch complex in elkaar dat we niet meer dan een paar goed werkende modellen in handen hebben? Bestaan fotonen echt, of zijn ze slechts een hulpmiddel om te verklaren wat wij waarnemen met onze zintuigen? Hoe arrogant is het eigenlijk om ervan uit te gaan dat wat wij waarnemen de volledige werkelijkheid zou zijn?

De esthetiek (5) ten slotte is nauw verweven met het 'inzicht' zelf. Wetenschap is doorspekt met aannames die passen bij wat wij mensen mooi vinden. Zo is 'Ockhams scheermes' een aanname dat, wanneer er meerdere aan elkaar gewaagde verklaringen voor een verschijnsel zijn, de meest eenvoudige (complete) verklaring de voorkeur heeft; met het scheermes verwijder je om zo te zeggen dus alle poespas.

3.3 Relatie tussen natuurwetenschap en technologie

Zoals uit bovenstaande beschrijving blijkt, hebben natuurwetenschap en technologie flink wat gemeen. De opvatting dat technologie (slechts) het toepassen van natuurwetenschappelijke kennis is, is echter te simplistisch. Maar wat is dan wel de relatie tussen de twee, zoals die bijvoorbeeld blijkt uit de clustering van beide vakken in het onderwijs, en uit het bestaan van 'research and development'-afdelingen binnen veel bedrijven?

Natuurwetenschappelijke kennis is wel degelijk een kennisbasis in bepaalde technologieën, maar lang niet in alle technologie, en lang niet de enige kennisbasis. Zo was de uitvinding van de stoommachine juist een aanleiding voor het ontstaan van de warmteleer, en niet andersom. Dit neemt niet weg dat er een groot raakvlak bestaat waar natuurwetenschappelijke kennis zijn toepassing vindt in technologie. Denk hierbij bijvoorbeeld aan nanotechnologie of biotechnologie. Dit raakvlak wordt vaak de 'bètatechniek' genoemd.

Een ander raakvlak is dat in het technologische ontwerpproces vaak ook onderzoek wordt gedaan, al is dat onderzoek erg oplossingsgericht (terwijl onderzoek in de natuurwetenschappen juist theoriegericht en kennisgericht is). Andersom is veel natuurwetenschappelijk onderzoek compleet afhankelijk van technologie, en moeten veel experimenten technologisch 'ontworpen' worden. De computer is niet weg te denken uit veel onderzoek, en vakgebieden zoals sterrenkunde en hoge energie-fysica kunnen zich alleen verder ontwikkelen aan de hand van ingewikkelde telescopen en deeltjesversnellers.

3.4 Het schoolvak natuur en techniek

Zoals De Vries aangeeft voor technologie, dient het funderend onderwijs (het geheel van basisonderwijs en voorgezet onderwijs) in dit vak een evenwichtig beeld van de verschillende facetten van technologie aan te leren. Techniekonderwijs moet niet alleen bestaan uit dingen 'maken', maar ook uit bijvoorbeeld het aanleren van technische know-how en het voeren van discussies over morele waarden in de technologie. Deze argumentatie wordt hier overgenomen voor natuurwetenschap. Zo zou moeten gelden dat het bètaonderwijs (zoals het onderwijs in de natuurwetenschappen in het voortgezet onderwijs wordt aangeduid) niet alleen feiten aanleert of scholieren laat onderzoeken, maar ook bijvoorbeeld stilstaat bij metafysische vraagstukken.

Het techniekonderwijs en het bètaonderwijs worden in het primair onderwijs doorgaans gecombineerd aangeboden, en aangeduid als het schoolvak natuur en techniek. Zoals in het begin van dit hoofdstuk al is aangegeven, is dit schoolvak sterk in ontwikkeling en aan verandering onderhevig. Die veranderingen zijn gebaseerd op maatschappelijke behoeftes of belangen, en laten zich verklaren met het referentiekader zoals dat in de voorgaande secties is gegeven.

In de ambachteneconomie van eind negentiende eeuw en de eerste helft van de twintigste eeuw, bestond er onder meer een sterke behoefte aan technisch ambachtelijk geschoolde jongeren (timmerlieden, schilders, smeden). De oude ambachtschool kan in die zin dan ook als het beginstadium van ons techniekonderwijs beschouwd worden. Maar ook de oude huishoudschool, waar meisjes technieken zoals koken en naaien leerden, was in feite een vorm van techniekonderwijs. In dezelfde tijd ontstond op de lagere school het zaakvak 'kennis der natuur', vooral bedoeld om in het stedelijk gebied kinderen in aanraking te laten komen met de natuur⁴.

De eerstvolgende grote herontwikkeling van het natuuronderwijs uit de jaren tachtig en begin jaren negentig, namelijk in het project 'Natuuronderwijs op de Basisschool' (NOB van de SLO), beoogde voornamelijk om kinderen een actievere, vraaggerichte en onderzoekende houding bij te brengen (Kamer-Peeters, 1991). De centrale doelstelling werd daarbij als volgt geformuleerd:

'Natuuronderwijs is erop gericht kinderen zicht te geven op samenhangen in de materiële werkelijkheid waarmee het leven van mensen onlosmakelijk verbonden is. Ontdekkende en onderzoekende activiteiten zijn daarbij onmisbaar als basis voor kennis, verwondering, een onderzoekende houding en een besef van zorg en verantwoordelijkheid voor zichzelf, de medemens en de omgeving.'

In dezelfde periode kampte het techniekonderwijs in Nederland met een imago-probleem. Landelijke campagnes als 'Kies exact' (1987-1989) en 'Een slimme meid is op haar toekomst voorbereid' (1990-1993), moesten jongeren, en vooral meisjes, het technisch onderwijs in trekken. Kennelijk heeft dat niet mogen baten, want eind jaren negentig is er een maatschappelijke roep om meer 'bèta-technici' te horen, afkomstig uit het onderwijs, overheid en bedrijfsleven. Als antwoord hierop richtten de ministeries van OCW en Economische Zaken in 1998 Stichting Axis⁵ op. Axis richtte

⁴ Zie de website http://www.deschoolanno.nl/Artikelen/artjrg11_15/art110302.htm voor een voortreffelijk overzicht van de ontwikkeling van het vak kennis der natuur.

⁵ <http://www.platform-axis.nl/>

zich op het vernieuwen van het bèta-technisch onderwijs en de attitude ten aanzien van het vak.

Ondanks de nadrukkelijke vermelding van techniek én bèta, is er weinig bèta terug te vinden in de projecten voor het basisonderwijs. Door Axis werd namelijk in 2001 het startsein gegeven voor het programma VTB 1 (Verbreiding Techniek Basisonderwijs), waarin men 'streeft naar onderwijs, waarin techniek een vanzelfsprekende plaats inneemt binnen het curriculum en waarin kinderen enthousiast zijn en gestimuleerd worden'. Het programma blijkt voornamelijk te voorzien in het oprichten van regionale steunpunten en het opzetten van een platform om technisch lesmateriaal uit te wisselen. Techniek wordt veelal aangegrepen als middel in het omgaan met verschillen, zodat 'leerlingen die beter zijn met hun handen dan met hun hoofd ook eens kunnen uitblinken'. Dit getuigt wellicht van een wat eenzijdige blik op het vak techniek, die zich vooral richt op het maken en gebruiken van technische artefacten. Anderzijds wordt techniek gebruikt om juist slimme kinderen aan het werk te zetten, die als ze klaar zijn met hun gewone taken aan de slag kunnen met een 'ontdekdoos'. Inmiddels werd het tekort aan 'kenniswerkers' tegen het einde van de jaren '90 ook op Europees niveau gevoeld, en dan met name als het om de concurrentiepositie gaat ten opzichte van andere kennisintensieve economieën. De Europese regeringsleiders stellen er in 2000 de inmiddels beroemde Lissabonstrategie voor op, waarin afgesproken wordt dat de EU in 2010 de meest competitieve en dynamische kenniseconomie van de wereld moet zijn, en dat elk EU-land 3 procent van het BBP aan R&D zou moeten besteden. Wat die term van 'kenniswerkers' precies inhoudt, wordt eigenlijk niet helemaal duidelijk. Maar hiermee lijkt voornamelijk het eerder beschreven raakvlak van natuurwetenschap en technologie 'bèta-techniek' bedoeld te worden, slechts één van de facetten van natuur- en techniekonderwijs.

In het coalitieakkoord van het tweede kabinet Balkenende wordt in 2003 gehoor gegeven aan de in EU-verband geformuleerde opdracht. Onder leiding van de premier wordt het Innovatieplatform opgericht dat o.a. het Nationale actieplan bèta-techniek publiceert, beter bekend als het Deltaplan bèta-techniek. De uitwerking van dit Deltaplan wordt in handen gelegd van het nieuw op te richten platform bèta-techniek (oftewel het deltapunt⁶), dat daarmee in 2004 het bestaan van de stichting Axis overbodig maakt. Het deltapunt heeft als één van zijn vier speerpunten het aantrekkelijk maken van onderwijs in natuur en techniek, en laat VTB 1 in 2004 dan ook doorstarten in VTB II.

Inmiddels heeft de academische wereld (de Koninklijke Nederlandse Academie voor Wetenschappen KNAW) echter ook door dat het de overheid menens is om iets te doen aan het tekort aan bèta-technici. Al vele jaren proberen diverse partijen de belangstelling voor wetenschap in het basisonderwijs te vergroten, en die partijen zien nu kans om binnen het deltaplan mee te doen. Op verzoek van het deltapunt wordt de 'Expertgroep Wetenschap en Techniek Basisonderwijs' in het leven geroepen. De expertgroep weet wetenschap in het beleid van het VTB-programma te krijgen, maar de grote meerderheid van VTB-scholen heeft inmiddels al zo'n technische impuls gekregen, dat tot op de dag van vandaag die verbreding naar wetenschap voornamelijk in de bestuurlijke kringen van het VTB bekend lijkt te zijn en maar mondjesmaat bij deelnemende scholen en steunpunten. De expertgroep werd voorgezeten door de toenmalige president van de KNAW, de linguïst Pim Levelt. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er van 'wetenschap en techniek' wordt gesproken, en niet van 'natuurwetenschap en techniek', hoewel het overheidsgeld in principe voor dat

⁶ <http://www.platformbetatechniek.nl/>

laatste was bedoeld. In het visiedocument van de expertgroep⁷ blijkt wat voor opvatting de groep heeft over natuur- en techniekonderwijs:

‘Het doel van wetenschap- en techniekonderwijs dient te zijn de leerling vertrouwd te maken met een rationele benadering van de werkelijkheid, de natuurlijke werkelijkheid en de werkelijkheid van artefacten. Hoofdcomponenten van die rationele benadering zijn objectieve, door anderen controleerbare waarnemingen van die werkelijkheid, de formulering van toetsbare hypothesen over die waarnemingen, het verifiëren van hypothesen door vormen van systematische gegevensverzameling of door constructie, het logisch, respectievelijk mathematisch redeneren over waarnemingen in hun verband met hypothesen en theorieën en over de functionaliteit van techniek. Deze globale doelstelling kan ook als richtpunt of ‘poolster’ fungeren in het basisonderwijs, zij regardeert namelijk alle inhoudelijk domeinen in dat onderwijs. Er kunnen daar natuurlijk slechts eerste stappen worden gezet in de richting van dit doel. Het gaat om een geesteshouding die zich, over de jaren heen, kan ontwikkelen aan de hand van goedgekozen en diverse ‘cases’, die het kind aanspreken en het uitdagen tot het stellen van vragen, het verzamelen van relevante informatie en het oplossen van problemen. Het gaat om de stimulering van denkvaardigheid, niet om het aanbrengen van encyclopedische kennis.’

Het beeld van een feilloze wetenschap, die met het verstand werkt en zich niet laat leiden door emoties, lijkt hiermee nog eens extra benadrukt te worden. Dit is dan het document op basis waarvan de behoefte ontstond om de ‘wetenschappelijke houding’ van kinderen te stimuleren, en van waaruit het project ‘Onderzoekend en Ontwerpend Leren’ werd ontwikkeld. Dit project werd in 2005 gestart door het Amstel Instituut (het instituut voor bèta-didactiek van de UvA) en science-centrum NEMO, en uitgevoerd door medewerkers van de SLO.

Tenslotte zijn er nog enkele andere recente ontwikkelingen binnen VTB waarbij men de aandacht richt op het professionaliseren van leraren met betrekking tot het geven van natuur en techniekonderwijs⁸, en het zoeken naar integratiemogelijkheden van natuur en techniek met taal- en rekenonderwijs. Het project waarvan dit werkboekje het resultaat is, sluit aan bij die ontwikkeling.

De ontwikkelingen binnen het vak natuur en techniek volgen elkaar snel op, zoals hopelijk duidelijk is geworden uit het voorgaande. De aandacht binnen dat onderwijs schiet als gevolg van al deze ontwikkelingen dan ook heen en weer tussen de verschillende facetten van natuurwetenschap en technologie, zoals die in het voorgaande beschreven zijn. Het is dan ook niet verwonderlijk dat lesmateriaal voor het vak natuur en techniek zeer divers van aard is. De onduidelijkheid voor leraren die daarmee gepaard gaat, lijkt niet erg wenselijk.

Er bestaan enkele veelgebruikte methodes van educatieve uitgeverijen, die in hun laatste versies ook techniek hebben opgenomen. Maar vooral voor techniek is er een wildgroei aan lesideeën waarvan de oorsprong soms maar moeilijk te achterhalen is. De website van VTB heeft een tijd gefungeerd als verzamelplaats voor ingestuurde lessen van leraren, pabo-studenten, en overige organisaties, maar is daar inmiddels mee opgehouden. Omdat voor natuur en technieklessen vaak concreet materiaal nodig is, vormen de lesdozen of ‘ontdekdozen’ ook een groot deel van het lesmateriaal. Vaak

⁷ Te vinden op www.knaw.nl/nieuws/pers_pdf/visie_wetenschap_basisonderwijs.pdf

⁸ www.vtbpro.nl

zijn die dozen voorzien van een leskaart, waarop de leerling instructies krijgt wat de bedoeling is. Alle onderwijs in natuur en techniek is een goed begin, en daarom zijn alle hierboven beschreven lesmaterialen belangrijk. Maar zoals ze bij het voedingscentrum al langer weten, is afwisseling binnen de schijf van vijf nóg belangrijker voor een goede gezondheid. Analoog hieraan is het dus belangrijk om alle facetten van natuurwetenschap en technologie geregeld langs te laten komen in het onderwijs, én waar mogelijk combinaties te zoeken met taal- en rekenonderwijs.

Literatuur

Kamer – Peeters, T. (1991). Natuuronderwijs in grote lijnen. Enschede: SLO

Vries, M. J. de (2005). Teaching about technology: an introduction to the philosophy of technology for non-philosophers. Dordrecht: Springer.

4. Rekenen-wiskunde, een vak in beweging

Pierre Kemmers

4.1 Inleiding

In principe is het natuurlijk mogelijk om het in het voorgaande hoofdstuk geschetste referentiekader van waaruit het schoolvak natuur en techniek is beschreven, ook op rekenen-wiskunde toe te passen. Dit zou zeker een interessante analyse kunnen opleveren. Echter, als vakgebied heeft rekenen-wiskunde in het basisonderwijs een veel verder uitgekristalliseerde vorm. Het is immers een gebied dat al zeer lang in het leerplan van de basisschool is opgenomen, en dat al sinds tientallen jaren gedurende ongeveer 1 uur per dag in alle leerjaren vanaf groep 3 op het lesrooster staat. Ook de leerstofinhoud is de afgelopen vijftig jaar niet aan ingrijpende wijzigingen onderhevig geweest, al zijn er, zoals verderop besproken zal worden, wel degelijk veranderingen opgetreden. Om die reden is er dan ook minder aanleiding om dit vakgebied op een soortgelijke manier aan een analyse te onderwerpen als hierboven voor natuur en techniek is gebeurd.

Er hebben zich overigens de afgelopen dertig jaar wel degelijk ingrijpende veranderingen voorgedaan. Maar dat zijn veranderingen die betrekking hebben op de wijze waarop de leerstof in het onderwijs wordt overgedragen, oftewel de didactiek. Een van de grondkenmerken van deze nieuwe didactiek, die veelal wordt aangeduid met de term 'realistische onderwijsbenadering', wordt gevormd door het gebruik van herkenbare, alledaagse situaties en gebeurtenissen (veelal aangeduid als '*contexten*') als vertrekpunt voor reken-wiskundige activiteiten. Een ander grondkenmerk wordt gevormd door het gebruik van *modellen* als schematische, structuurmatige voorstelling van de genoemde situaties (zoals het rekenrek, het honderdkralensnoer en de lege getallenlijn) om leerlingen houvast te bieden bij het op een meer abstract niveau leren uitrekenen van allerlei opgaven. Het is juist in dergelijke grondkenmerken dat een belangrijk aangrijpingspunt voor integratie van rekenen-wiskunde met natuur en techniek gevonden kan worden omdat zulke kenmerken in geïntegreerd onderwijs eveneens een rol van betekenis kunnen spelen. Waarbij wel de kanttekening geplaatst dient te worden, dat de wijze waarop dergelijke kenmerken in het beoogde geïntegreerde onderwijs kunnen worden gebruikt, wezenlijk anders lijkt te zijn dan binnen het reken-wiskundeonderwijs als zodanig.


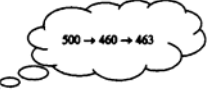
Om hier meer duidelijkheid over te krijgen, wordt hieronder bij het belichten van wezenlijke kenmerken van het vakgebied rekenen-wiskunde een andere invalshoek dan in hoofdstuk 3 gehanteerd. Eerst wordt kort stilgestaan bij enkele leerstofinhoudelijke veranderingen die zich de laatste twintig jaar binnen het gebied hebben voorgedaan. Vervolgens wordt een schets gegeven van de belangrijkste didactische veranderingen die zich in het huidige reken-wiskundeonderwijs aan het voltrekken zijn. En op basis daarvan wordt ingegaan op de vraag welke raakvlakken er met natuur en techniek zijn aan te wijzen.

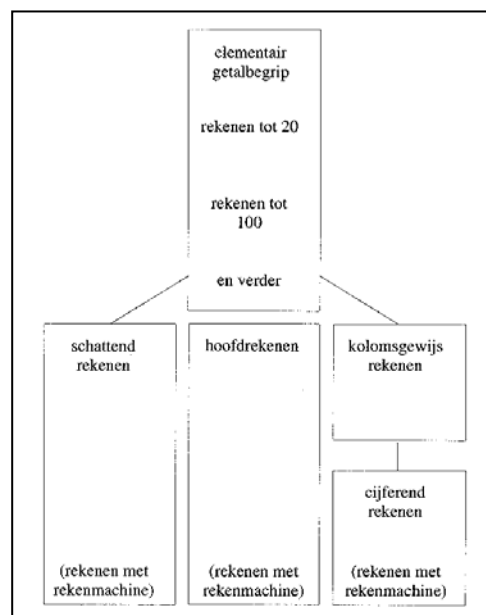
4.2 Leerstofinhoudelijke veranderingen

Zeker in de lagere leerjaren (groep 3 t/m 5) is er leerstofinhoudelijk bij rekenen-wiskunde de laatste twintig jaar niet zo gek veel veranderd. In groep 3, 4 en 5 wordt nog altijd veel aandacht besteed aan onderwerpen als het rekenen tot 10 en tot 20, alsmede aan het rekenen tot 100, de tafels van vermenigvuldiging en het rekenen tot 1000. Wel is er in zoverre sprake van een accentverschuiving, dat er momenteel veel meer aandacht wordt besteed aan een goed begrip van de getallen als zodanig (verschillende betekenissen van getallen onderscheiden, handig tellen van hoeveelheden, getallen op de getallenlijn plaatsen, tellen met sprongen). Pas als de kinderen zich iets kunnen voorstellen bij deze getallen en allerlei relaties ertussen beter gaan onderscheiden, wordt het leren rekenen ermee verkend en ingeoefend. Daarnaast is er tegenwoordig meer aandacht voor het gebied van het meten, zoals bij het meten met een liniaal en andere meetinstrumenten.

Een tweede belangrijke verandering is gelegen in het feit dat hoofdrekenen en schattend rekenen een centralere plaats in het leerplan innemen. Was het voorheen zo dat met de introductie van het cijferen (veelal vanaf begin groep 5) het hoofdrekenen sterk op de achtergrond raakte, tegenwoordig blijft hoofdrekenen tot in de hoogste leerjaren een belangrijk domein. Met daarnaast het schattend rekenen en het kolomsgewijs rekenen en cijferen als andere twee 'vertakkingen' van de leerstof. In een schematisch overzicht wordt dit wel weergegeven zoals in schema rechtsonder, afkomstig uit de TAL-brochure *Kinderen leren rekenen* (Van den Heuvel-Panhuizen e.a. (red.), 2001).

In samenhang met deze verandering wordt een meer gestileerde, volgens vaste stappen verlopende vorm van hoofdrekenen, namelijk het kolomsgewijs rekenen, veelal als een belangrijke tussenvorm tussen het eigenlijke hoofdrekenen en het cijferend rekenen behandeld. Dat betekent ook dat de introductie van deze laatste rekenvorm veelal wordt uitgesteld tot eind groep 5, begin groep 6.

	Kolomsgewijs rekenen	Cijferen
+	$\begin{array}{r} 463 \\ 382+ \\ 700 \\ 140 \\ \underline{\quad 5} \\ 845 \end{array}$ 	$\begin{array}{r} 463 \\ 382+ \\ 5 \\ 140 \\ 700 \\ 845 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 1 \\ 463 \\ 382+ \\ 845 \end{array}$
-	$\begin{array}{r} 845 \\ 382- \\ 500 \\ - 40 \\ \underline{\quad 3} \\ 463 \end{array}$ 	$\begin{array}{r} 714 \\ 845 \\ 382- \\ 463 \end{array}$



Links een schema uit *Kinderen leren rekenen* waarin wordt weergegeven hoe het kolomsgewijs rekenen en cijferen uitgevoerd worden. Rechts het overzicht waarin wordt beschreven hoe het elementaire rekenen tot 20 en tot 100 zich later 'vertakt' tot de drie hoofdvormen van schattend rekenen, hoofdrekenen en kolomsgewijs

In de hogere leerjaren van de basisschool hebben zich in zoverre veranderingen voorgedaan dat het cijfermatige rekenen met grote hele getallen (694x758, 9342:67), kommagetallen en procenten flink is teruggedrongen. Werd er bijvoorbeeld tot twintig jaar geleden nog uitvoerig aandacht besteed aan het cijferen met kommagetallen

(komma's onder elkaar bij optellen en aftrekken, aantal plaatsen achter de komma bij elkaar optellen bij vermenigvuldigen), tegenwoordig wordt ervan uitgegaan dat dit zeker in complexere gevallen op de rekenmachine gebeurt.

Meer in het algemeen speelt de rekenmachine in het onderwijs op de basisschool overigens zeker geen dominante rol. Er wordt vanuit gegaan dat de leerlingen eerst zelf goed dienen te leren rekenen en dat ze daarnaast verstandig met de rekenmachine moeten leren omgaan. Om dat laatste te bevorderen, worden soms ook wel oefeningen gedaan zoals

-----Reken(machine)dictee-----

1. $1200 : 6 =$
2. $6 \times 249 =$
3. $250 \times 40 =$
4. $1495 : 5 =$
5. 120 kauwgomballen in zakjes van 5. Hoeveel zakjes?
6. $5 \times 257 =$
7. $1201 - 1197 =$
8. $1275 + 1275 + 1275 + 1275 =$
9. $499 + 499 =$
10. De rekenles begint om 8.45 uur.
De les duurt 55 minuten. Hoe laat is de les afgelopen?

hiernaast staat afgebeeld. De leerlingen krijgen daarbij bijvoorbeeld tien opgaven voorgelegd (mondeling of schriftelijk) waarbij ze steeds zelf mogen bedenken of ze een opgave zelf uitrekenen, dan wel dat ze dit met de rekenmachine doen. Bedoeling van zulke oefeningen (die veelal worden aangeduid als 'reken(machine)dictee') is de leerlingen alert te maken op het verschil tussen rekenopgaven die heel eenvoudig uit het hoofd zijn uit te rekenen (zoals $1200:6$ en $1201-1197$ in het voorbeeld hiernaast), en opgaven waarbij dat veel minder het geval is. De kunst is dan om zoveel mogelijk opgaven uit het hoofd te berekenen. Verder is het goed dat leerlingen zich bewust worden dat bepaalde typen opgaven (zoals de opgave rond digitale tijd) zich helemaal niet voor de machine lenen. Een andere belangrijke verandering heeft te maken met de verbreding van de leerstof. Behalve de typische rekenonderwerpen waarvan er hierboven enkele genoemd zijn, worden veelal ook niet-rekenkundige onderwerpen aan de orde gesteld. Dit betreft behalve het meten bijvoorbeeld ook meetkunde waarbij het gaat om zaken als ruimtelijke oriëntatie, plattegronden maken, routes uitstippelen, werken met symmetrie, en zo meer. Ook in de Cito-eindtoets zijn dergelijke onderwerpen terug te vinden, al is het wat dat betreft nogal behelpen omdat meten en meetkunde zich niet erg lenen voor 'papieren' toetsen zoals het Cito die gebruikt.

*Voorbeeld van een reken(machine)dictee,
afkomstig uit **Kinderen leren rekenen**.*

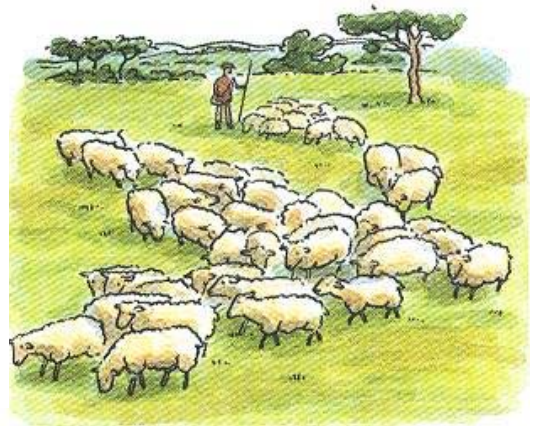
4.3 Didactische veranderingen: de overgang naar realistisch reken-wiskundeonderwijs

In de afgelopen vijftientig jaar heeft de realistische onderwijsbenadering van rekenen-wiskunde in het Nederlandse basisonderwijs steeds vastere grond onder de voeten gekregen. Alle huidige reken-wiskundemethoden zijn op realistische leest geschoeid. Hetzelfde geldt voor remediërende programma's, toetsen, sommige diagnostische instrumenten, software, enzovoorts. Ook in de uitwerking van de kerndoelen (zie <http://tule.slo.nl>) alsmede in andere belangrijke leerplandocumenten zoals de TAL-brochures, is deze realistische benadering terug te vinden. In nogal wat andere landen (zoals Engeland, Duitsland, Verenigde Staten) worden geleidelijk aan ook steeds meer elementen van deze benadering, die voor een groot deel in Nederland tot ontwikkeling is gekomen, geïntroduceerd.

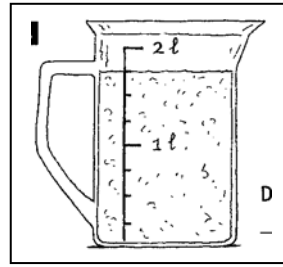
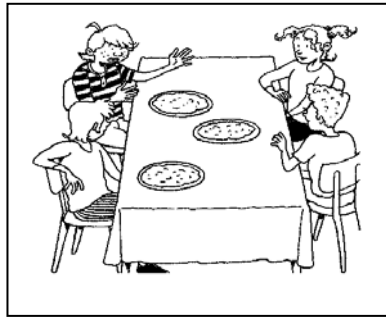
Vertrekpunt voor deze ontwikkeling vormde het door H. Freudenthal in de jaren '70 van de vorige eeuw gelanceerde idee van 'wiskunde als menselijke activiteit' (Freudenthal,

1973; 1978). Rekenen-wiskunde wordt in deze opvatting primair opgevat als een algemeen-menselijke activiteit die van alle tijden is en die erop gericht is het eigen leven en de omstandigheden waaronder zich dat voltrekt, beter te organiseren. Wiskundige activiteiten komen dan ook voort, aldus Freudenthal, uit alledaagse situaties, verschijnselen en gebeurtenissen en uit de behoefte om zulke situaties beter beheersbaar te maken. Het eigen gezonde verstand vormt de voornaamste bron waaruit door mensen in de loop van de geschiedenis is geput om tot allerlei vormen van tellen te komen, tot het creëren van allerlei vormen van getsymbolen waarmee hoeveelheden en maten aangeduid worden, en tot het bedenken van manieren om met deze getallen te kunnen rekenen. De kennis die zich aldus ontwikkelde, is in de loop der tijden onder invloed van uiteenlopende culturen (zoals de Babylonische, de Chinese, de Indiase, de Arabische en de West-Europese cultuur) steeds verder geëvolueerd.

*Voorbeeld van een historische situatie die veel wordt benut om de oorsprong van het tellen van hoeveelheden te duiden: een schaapherder heeft een tamelijk grote kudde schapen en wil graag bijhouden hoeveel schapen er precies in de kudde aanwezig zijn. (Afbeelding afkomstig uit de methode **Wis en Reken**)*



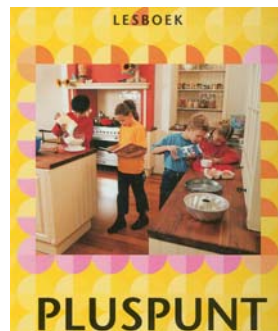
Het onderwijs zou er, aldus Freudenthal, op gericht moeten zijn de leerlingen dit historische ontwikkelingsproces in een notendop opnieuw te laten doormaken, maar dan uiteraard zonder alle omwegen en dwaalwegen die zich in de loop van de historie hebben voorgedaan. In die zin moet het onderwijs zich in de eerste plaats ten doel stellen om de bij elke leerling aanwezige bron van het gezonde verstand aan te spreken, en om deze bron in een proces van 'geleid heruitvinden' (guided reinvention; zie ook Freudenthal, 1991) te doen uitgroeien tot 'steeds gezonder wiskunde-verstand'. Kern van de wiskundige activiteit is dan het mathematiseren, dat wil zeggen het steeds verder 'verwiskundigen' van verschijnselen, situaties en handelingen uit de eigen realiteit van kinderen. Wiskundige kennis die op deze wijze tot stand komt is het resultaat van een steeds verder gaand proces van mathematiseren waarbij begrip van getallen, inzicht in bewerkingen, en vaardigheid in het uitvoeren daarvan als de uiteindelijke uitkomsten van het onderwijsleerproces naar voren komen. Kenmerkend voor dit leerproces is verder dat het een niveaucharakter heeft. Dat wil zeggen dat het vertrekpunt gelegen is in eenvoudige, inleefbare situaties die verbonden zijn met de eigen belevingswereld van kinderen, en dat de kennis die daarbinnen tot ontwikkeling komt, geleidelijk aan steeds losser van deze belevingswereld komt te staan en tot een steeds abstractere, op zichzelf staande wereld uitgroeit van wiskundige relaties, eigenschappen, procedures, enzovoorts. Het begrip realiteit moet in deze opvatting breed worden opgevat. Getallen en andere wiskundige objecten maken in onze samenleving allang deel uit van deze realiteit voordat kinderen er op school mee worden geconfronteerd (zie de drie voorbeelden hieronder, afkomstig uit de SLO-publicatie *De Breukenbode*; Buys (red.), 1996).



Drie voorbeelden van situaties waarbinnen breuken zich voor jonge kinderen kunnen manifesteren: een verdeelsituatie (3 pannenkoeken verdelen met z'n vieren), een meetsituatie (hoeveel water zit er in de maatbeker?) en een situatie waarin breuken reeds aanwezig zijn in de vorm van een recept.

Op basis van deze onderwijsfilosofie heeft zich in Nederland in de loop van de jaren '70, '80 en '90 de realistische onderwijsbenadering ontwikkeld. Er werden voorbeeldleergangen ontworpen (bijvoorbeeld rond het cijferen, het rekenen tot 20, breuken en oppervlakte) waarmee praktijkervaring werd opgedaan die weer leidde tot verbeteringen en aanpassingen. Via reflectie op al deze ontwikkelervaringen kwam uiteindelijk de theorie van het realistisch reken-wiskundeonderwijs tot stand die door Treffers (1987) werd vastgelegd in *Three dimensions*. Deze theorie (en verdere uitwerkingen daarvan in voorbeeldleergangen die door het Freudenthal Instituut en de SLO werden ontwikkeld) vormden weer de basis vormde voor een aantal nieuwe reken-wiskundemethoden. De tweede en derde generatie van deze methoden is thans op heel veel scholen in gebruik.

Twee voorbeelden van recente realistische reken-wiskundemethoden: **Pluspunt** en **Wis en Reken**.



De afgelopen tien jaar hebben zich nog weer verdere didactische ontwikkelingen voorgedaan. Zo werden binnen het TAL-project beschrijvingen met bijbehorende video-voorbeelden gemaakt van belangrijke leerlijnen en tussendoelen (Zie bijvoorbeeld Treffers e.a. (red.), 1999; Van den Heuvel-Panhuizen e.a. (red.), 2001 en 2004). Deze zijn bedoeld om leraren meer overzicht te bieden over de te doorlopen leerstof, en meer houvast te bieden bij het uitvoeren van het onderwijs. Speciale aandacht in deze beschrijvingen gaat uit naar het niveaukarakter van het beoogde leerproces. Juist als je als leraar beter op de hoogte bent van deze niveaus, wordt het eenvoudiger om in te schatten hoe ver leerlingen in hun ontwikkeling zijn, en wat voor activiteiten zinvol zijn om deze ontwikkeling verder te stimuleren. Daarnaast doet zich de invloed gelden van een belangrijke onderwijsstroming die uit de Verenigde Staten afkomstig is en die in veel landen navolging heeft gevonden: die van het sociaal-constructivisme. Binnen deze stroming wordt benadrukt dat de reken-wiskundige kennis die de leerlingen zich eigen maken, grotendeels door henzelf geconstrueerd dient te worden. Belangrijk daarbij is dat ze steeds meer inzicht krijgen in wat wel

'wiskundige kernideeën' worden genoemd. Enkele voorbeelden van zulke kernideeën zijn: de verwisselbaarheid (commutativiteit; $2+7$ is evenveel als $7+2$; 8×4 is evenveel als 4×8), de nulregel (10×125 is '125 met een nul erachter', dus 1250) en de verdeelbaarheid (distributiviteit; 12×48 is evenveel als 10×48 plus 2×48). Zie voor een nadere uiteenzetting van het sociaal-constructivisme bijvoorbeeld Gravemeijer, 1992 en 1995.

4.4 Twee grondkenmerken nader uitgewerkt: contexten en modellen

Twee van de grondkenmerken van de realistische onderwijsbenadering die in het kader van het onderzoek naar mogelijkheden voor geïntegreerd onderwijs speciaal van betekenis zijn, worden gevormd door het gebruik van contexten en het gebruik van modellen. Over het eerst genoemde punt is al het nodige gezegd. Een bekend voorbeeld van een context die bij de verkenning van het optellen en aftrekken in groep 3 wordt gebruikt, is die van de autobus met in- en uitstappende passagiers. Door dit na te spelen in de klas kunnen de kinderen op een heel concreet niveau de begrippen 'erbij' (instappen) en 'eraf' (uitstappen) ervaren. En naar aanleiding van een gezamenlijke bespreking van deze ervaringen kunnen de bewerkingssymbolen $+$ (erbij) en $-$ (eraf) een eerste betekenis voor ze krijgen. Naderhand vindt een uitbreiding plaats naar andere contexten (vogels die in en uit een vogelhuisje vliegen, dropjes die in en uit een trommel gedaan worden, ...) waardoor deze symbolen een steeds bredere betekenis krijgen.

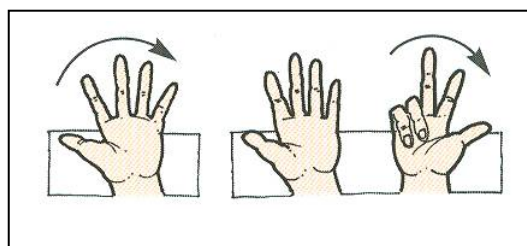
Voorbeeld van een contextsituatie: het in de klas naspelen van de autobus met in- en uitstappende passagiers.



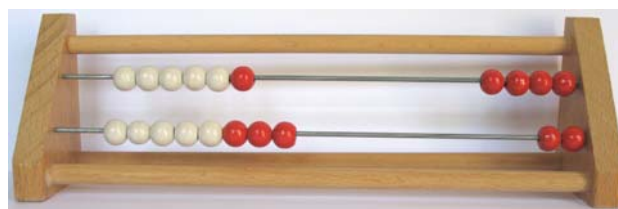
Binnen de realistische onderwijsbenadering wordt het belangrijk gevonden dat de kinderen zoveel mogelijk in de gelegenheid gesteld worden om zelf tot een oplossing voor allerlei opgaven te komen, en dat zulke eigen oplossingen mede het vertrekpunt voor instructiemomenten vormen. Een bekend voorbeeld van zo'n eigen oplossingsstrategie in de autobussituatie is tellen. Bijvoorbeeld, in het geval van de opgave '5 passagiers in de bus, er stappen er nog 3 in': ...6 (1 erbij), 7 (2 erbij), 8 (3 erbij); dus antwoord 8. Nu zijn zulke strategieën aanvankelijk soms nogal omslachtig of foutgevoelig, en daarom worden in het onderwijs veelal modellen geïntroduceerd om het proces van steeds efficiënter oplossen te ondersteunen. Het meest voor de hand liggende model in bovenstaande situatie is dat van de vingers en het gebruik van vingerbeelden. Van nature gebruiken veel kinderen deze vingers zelf al om hoeveelheden aan te duiden ('ik ben vijf jaar oud') en om bij eenvoudige rekenopgaven tot een oplossing te komen. Door ze ervan bewust te maken dat dit op een structuurmatige manier kan, gebruik makend van de vijfstructuur van de volle hand, ontstaat de mogelijkheid om het oplossingsproces efficiënter te maken, en om een

overgang naar een meer mentaal niveau van 'denken-en-handelen' tot stand te brengen.

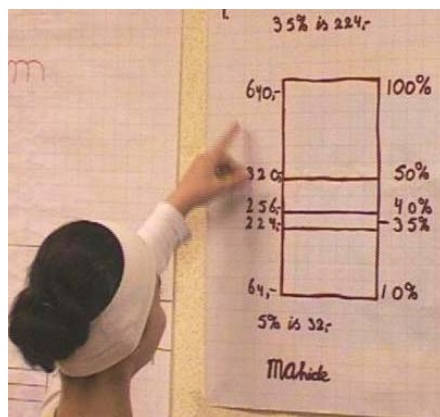
Gebruik van vingerbeelden om een opgave (5+3) op basis van de vijfstructuur van de volle hand op te lossen: 5 op de ene hand opzetten, 3 op de andere hand toevoegen, resultaat aflezen: 2 minder dan twee volle handen, dus 8.



Bij veel onderwerpen spelen dergelijke modellen in het reken-wiskundeonderwijs een cruciale rol om tot niveauverhoging en automatisering van rekenhandelingen te komen. Bijvoorbeeld: het rekenrek (bij het rekenen tot 20), het honderd kralensnoer en de lege getallenlijn (rekenen tot 100) en de rechthoek (bij het vermenigvuldigen).



Nog een voorbeeld van een veel gebruikt model: het rekenrek, dat veelal bij het rekenen tot 20 wordt gebruikt om opgaven als 6+8 of 15-9 steeds efficiënter uit te rekenen.



Hoewel iets minder gangbaar, worden modellen ook in de hogere leerjaren regelmatig gebruikt. Dit betreft bijvoorbeeld de strook die heel goed als ondersteuning van het denken en handelen van de leerlingen kan fungeren bij breuken- en procentenopgaven. Bijvoorbeeld: hoeveel is 35% van 640 euro? Het model is in al zulke situaties uiteraard niet een doel op zichzelf, maar een hulpmiddel om de leerlingen gelegenheid te geven om de

rekenhandelingen op een steeds hoger, getalsmatig niveau uit te voeren. In het geval van de genoemde procentenopgave kan dit ertoe leiden dat ze vanaf een zeker moment uit het hoofd redeneren: 10% van 640 is 64 euro; dan is 3x64 euro 180+12 dus 192 euro; en dan nog de helft van 64 is 32 euro erbij, dus in totaal 192+32 is 224 euro.

4.5 Raakvlakken tussen rekenen-wiskunde en natuur en techniek

Nu spelen de beide genoemde grondkenmerken van contextgebruik en modelgebruik binnen het vakgebied natuur en techniek eveneens een belangrijke rol. Ook daar vormen contexten veelal het vertrekpunt voor de activiteiten in de klas. En ook daar wordt gewerkt aan modelvorming, zij het op een iets andere manier. Het model is daar niet zozeer een hulpmiddel om tot een hoger niveau van oplossen bij allerlei opgaven te komen, maar meer een middel om greep op de structuur van een bepaald natuurkundig, biologisch of technologisch verschijnsel te krijgen. Waarbij overigens net zo goed sprake is van een vorm van abstrahering.

In principe ligt in het gebruik van contexten en modellen dus een duidelijk raakvlak tussen rekenen-wiskunde en natuur en techniek. Hierbij moet echter wel bedacht worden dat er verschillen zijn tussen de manier waarop in geïntegreerd onderwijs met deze grondkenmerken wordt omgegaan, en de manier waarop dat binnen rekenen-wiskunde gebeurt. Om hier iets naders over te kunnen zeggen, gaan we nog even terug naar de twee 'geïntegreerde' thema's die tot nu toe aan de orde zijn gekomen: afval en draagtasjes. Waarom kunnen deze thema's als geslaagde voorbeelden van geïntegreerd onderwijs beschouwd worden? Welnu, het gaat in beide gevallen om maatschappelijk relevante verschijnselen waar ook kinderen mee te maken hebben. Bovendien kunnen deze verschijnselen aanleiding geven tot een veelheid aan onderzoekende en ontdekkende activiteiten, zoals:

- het zelf formuleren van onderzoeksvragen en vragen met betrekking tot te achterhalen informatie;
- het opsporen van informatie over afvalgebruik in Nederland (internet);
- het bedenken van een manier om binnen de eigen school te achterhalen hoeveel afval er per week of per jaar wordt geproduceerd;
- het wegen van vuilniszakken met afval, het schatten van hoeveelheden afval, het extrapoleren van gemaakte schattingen;
- het bedenken van mogelijkheden om de op school of thuis geproduceerde hoeveelheden afval te reduceren;
- het verrichten van allerlei metingen bij diverse soorten draagtasjes aan de hand van meetinstrumenten zoals unster, duimstok, personenweegschaal;
- het bedenken van een manier om de 'breeksterkte' van draagtasjes te onderzoeken;
- het in een tabel weergeven van de aldus verzamelde gegevens, en het analyseren van deze tabel;
- het in een databestand (Excel) verwerken van alle gegevens;
- het formuleren van een aantal slotconclusies met betrekking tot de onderzochte onderzoeksvragen;
- enzovoort.



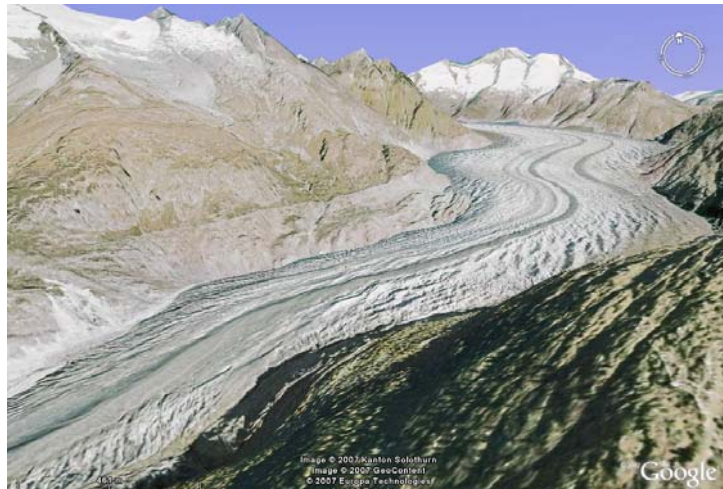
winkel	prijs	gewicht	hoogte	breedte	inhoud	inhoud
Plus	€ 0,15	26	49	43	13	20
AH	€ 0,20	112	45	47	14	
Intertoys	€ 0,00	19	53	44	13	
Jumbo	€ 0,10	35	51	45	14	
Hema	€ 0,00	6	57	27	7	
Aldi	€ 0,09	34	53	46	15	
Office C.	€ 0,00	24	51	46	10	
Action	€ 0,00					
Xenos	€ 0,00					
Gamma 1	€ 0,00		47	41	9	
Gamma 2	€ 0,00					
K2	€ 0,00					

Al zulke activiteiten dragen ertoe bij dat leerlingen beter zicht krijgen op het betreffende verschijnsel, dat ze zich bewust worden van de problemen die daarbij spelen en dat ze op het spoor komen van mogelijke oplossingen. Dit kan ertoe bijdragen dat ze, zoals Greven (2000) dat verwoordt, vanuit een multiperspectivische houding naar zulke verschijnselen leren kijken, en dat ze zich in hun maatschappelijk functioneren gesteund voelen op momenten dat het betreffende verschijnsel op enigerlei wijze een rol speelt.

Daarbij moet wel bedacht worden dat een dergelijke insteek bij het gebruik van contexten wezenlijk anders is dan binnen de afzonderlijke vakgebieden. Bij geïntegreerd, thematisch opgezet onderwijs wordt een verschijnsel immers van zoveel mogelijk verschillende kanten bekeken teneinde alle mogelijke facetten ervan in de analyse van problemen en in het opstellen en uitvoeren van onderzoeksvragen 'mee te nemen'. Binnen rekenen-wiskunde is daarvan echter geen sprake. In het geval van de autobuscontext zoals die veelal in groep 3 wordt verkend, is er immers geen sprake van dat dit 'verschijnsel' zo breed mogelijk wordt verkend. Het gaat eerst en vooral om het instappen en uitstappen van passagiers, om het 'erbij- en erafeffect' dat dit teweeg brengt, om het symboliseren van deze gebeurtenissen met de bekende plus- en mintekens, en om het handig leren bepalen van het aantal nieuwe passagiers. Evenzo gaat het in de situatie dat leerlingen (veelal in groep 6) via de verkenning van een verdeelsituatie zoals rond het verdelen van drie pannenkoeken met z'n vieren kennismaken met breuken, bepaald niet om het verschijnsel pannenkoek als zodanig – het gaat primair om de handelingen waarmee breuken ontstaan en om het leren benoemen van de objecten die het resultaat daarvan zijn.

Het zou iets anders zijn als dit verschijnsel pannenkoek in geïntegreerd onderwijs zo breed mogelijk onder de loep wordt genomen. Dan kan aan de orde komen hoe mensen ooit op het idee zijn gekomen om op deze wijze voedsel te bereiden, en kan besproken worden wat voor soorten ingrediënten je nodig hebt, waar je die haalt en waar die vandaan komen. Vervolgens kan bijvoorbeeld aan de hand van een receptenboek achterhaald worden hoeveel van deze ingrediënten er nodig zijn om een flink aantal pannenkoeken te bakken, en hoe je het beslag maakt. Het maken en het opeten van de pannenkoeken zou dan wellicht het hoogtepunt van de activiteiten kunnen zijn. Het is duidelijk dat wiskundige en 'natuurwetenschappelijke' activiteiten binnen zulk onderwijs een rol kunnen spelen (denk aan het achterhalen van hoeveelheden meel, water, suiker, zout en eieren; en aan het afpassen daarvan). Maar als het gaat om begripsvorming van breuken (en dus om wiskundige activiteiten binnen het vakgebied rekenen-wiskunde), dan zouden al dergelijke activiteiten hun doel voorbij schieten – geen leraar die het in haar hoofd zal halen om daadwerkelijk pannenkoeken te gaan bakken als het gaat om begripsvorming van breuken.

Het mooie van geïntegreerd, thematisch opgezet onderwijs is dan dat het betreffende verschijnsel juist wel vanuit zeer uiteenlopende invalshoeken benaderd wordt en dat verschillende vakgebieden zoals rekenen-wiskunde en natuur en techniek elkaar in hoge mate kunnen aanvullen en versterken. In de beschrijving van het tasjesproject is dat duidelijk terug te zien. Aan de ene kant wordt dit verschijnsel vanuit natuurkundige invalshoek benaderd, maar aan de andere kant zijn daarbij al heel snel getallen, metingen en tabellen nodig om verder te komen. Juist door de combinatie van beide invalshoeken wordt het mogelijk om de onderzoeksvragen steeds verder aan te pakken en uiteindelijk tot een aantal bevindingen te komen. Iets soortgelijks geldt voor een serie activiteiten aan de hand van een thema als afval (hoofdstuk 1), of een thema zoals dat in het volgende hoofdstuk wordt besproken rond Google Earth.



Afbeelding van de beroemde Aletsch-gletscher in Zwitserland; afbeelding afkomstig uit Google Earth (zie hoofdstuk 5).

Literatuur

- Buyts, K. (red.), J. Bokhove, R. Keijzer, A. Lek, A. Noteboom & A. Treffers (1996). *De Breukenbode. Een leergang voor de basisschool*. Enschede: SLO.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht: Reidel.
- Freudenthal, H. (1978). *Weeding and Sowing. Preface to a Science of Mathematical Education*. Dordrecht: Reidel.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting Mathematics Education. China Lectures*. Dordrecht: Kluwer.
- Gravemeijer, K. (1992). Socio-constructivisme en realistisch reken-wiskundeonderwijs. In: *Panama Cursusboek 10*, 50-59.
- Gravemeijer, K. (1995). Het belang van social norms en socio-math norms voor realistisch reken-wiskundeonderwijs. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 14, 2, p.17-23.
- Greven, J. (2000). Meester worden van de wereld. Wegwijzer naar een vakcurriculum aardrijkskunde op de Pabo. *Enschede: SLO*.
- Heuvel-Panhuizen, M. van den, Buys K. & Treffers A. (red.) (2001). *Kinderen leren rekenen. Hele Getallen Bovenbouw Basisschool*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Heuvel-Panhuizen, M. van den, & K. Buys (eds.) (2004). *Jonge kinderen leren meten en meetkunde*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Treffers, A. (1987). *Three dimensions: a Model of Goal and Theory Description in Mathematics Instruction. The Wiskobas Project*. Dordrecht: Kluwer.
- Treffers, A., Heuvel-Panhuizen, M. van den & Buys, K. (Red.) (1999). *Jonge kinderen leren rekenen. Hele Getallen Onderbouw Basisschool*. Groningen: Wolters-Noordhoff.

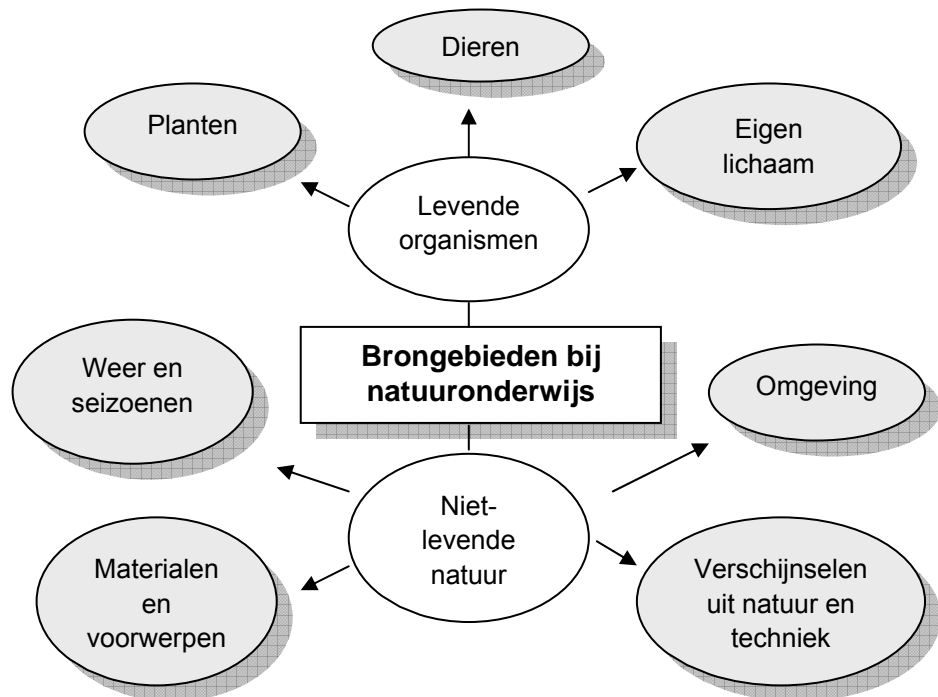
5. Aanvullende lesideeën

5.1 Inleiding

Nadat in het voorgaande in hoofdstuk 1 onder meer een impressie is gegeven van activiteiten rond het thema 'afval', volgde in hoofdstuk 2 een gedetailleerde beschrijving van het thema 'draagtasjes'. Daarbij bleek dat plastic draagtasjes een maatschappelijk verschijnsel zijn dat op een natuurlijke manier aanleiding kan geven tot een aantal vragen die in thematisch opgezet onderwijs onderzocht en beantwoord kunnen worden. In het kader van het thema vond onder meer een veelheid aan meetactiviteiten plaats met betrekking tot de grootheden lengte, inhoud en gewicht. De aldus verzamelde gegevens werden vervolgens in tabellen en spreadsheets weergegeven. Op basis van dit alles werden uiteindelijk enkele uitspraken gedaan over de sterkte van draagtasjes in verhouding tot de eventuele aanschafprijs.

In hoofdstuk 3 werd vervolgens een beeld geschetst van het eigene van het vakgebied natuur en techniek, waarna in hoofdstuk 4 een soortgelijke beschrijving volgde voor het vakgebied rekenen-wiskunde. Voor wat betreft natuur en techniek werd daarbij onder meer aan de orde gesteld hoe dit vakgebied als schoolvak tot stand is gekomen, en hoe het zich verhoudt tot de wetenschappelijke disciplines waaruit het deels is voortgekomen. Ook werd de verbondenheid met maatschappelijke omstandigheden en behoeftes verduidelijkt. De inhoud van de beide vakgebieden wordt immers voor een groot deel mede bepaald door de vraag wat in maatschappelijk opzicht als relevante inhouden en doelen beschouwd worden. Het ligt voor de hand dat deze maatschappelijke behoeften zich zullen wijzigen naarmate de samenleving zich verder ontwikkelt, en dat de inhouden en doelen van de genoemde vakgebieden in het kielzog van deze maatschappelijke veranderingen een vergelijkbaar veranderingsproces zullen doormaken. Voor wat betreft het vakgebied rekenen-wiskunde werd een andere invalshoek gekozen. De nadruk lag hier op de ingrijpende didactische veranderingen die zich binnen dit gebied aan het voltrekken zijn. Tevens werd vastgesteld dat het gebruik van contexten binnen het reken-wiskundeonderwijs anders en beperkter is dan binnen geïntegreerd thematisch opgezet onderwijs.

Nu is het thema 'draagtasjes' een thema waarbij vanuit een specifiek brongebied onderwijs wordt gecreëerd. Voor zover het om het vakgebied natuur en techniek gaat, zijn natuurlijk ook heel andere brongebieden mogelijk. Een geschikt overzicht van dergelijke brongebieden wordt gevormd door het hieronder weergegeven schema dat een variant is op het schema met 'aandachtsgebieden voor natuuronderwijs' dat in Van den Akker, 1988 wordt beschreven.



Binnen dit overzicht past het thema draagtasjes met name bij het brongebied 'materialen en voorwerpen'. Evenzo past het thema 'afval' dat in het inleidende hoofdstuk werd aangeduid, vooral bij het brongebied 'omgeving', hoewel er ook een duidelijke relatie is met het eerstgenoemde gebied. Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, kan natuur en techniek niet alleen betrekking hebben op maatschappelijke of natuurlijke verschijnselen², maar ook op natuurwetenschappelijke en technologische verschijnselen. Dat wil zeggen, op verschijnselen waarmee kinderen in hun eigen leefwereld op enigerlei wijze te maken kunnen krijgen. In het overzicht van de vorige pagina belanden we dan in het brongebied 'verschijnselen uit natuur en techniek'.

In dit hoofdstuk wordt een aantal lesideeën aangedragen waarbij het laatstgenoemde brongebied een centrale invalshoek vormt. Dat betreft in de eerste plaats een verschijnsel van technologische aard: Google Earth, het computerprogramma waarmee allerlei geografische aspecten van de ons omringende wereld op een sprekende manier de huiskamer en het klaslokaal kunnen worden ingebracht. En het betreft in de tweede plaats een verschijnsel van natuurwetenschappelijke aard dat betrekking heeft op het effect van vergroten op het gewicht en de inhoud van allerlei (levende en niet-levende) objecten.

Werken met Google Earth

Dit computerprogramma, dat eenvoudig is te downloaden via Internet, omvat wat je zou kunnen noemen een 'levende wereldkaart' waarmee willekeurig welke plek op aarde tot op een tamelijk gedetailleerd niveau in beeld gebracht kan worden.

Het openingsbeeld van Google Earth: een aardbol waarop een aantal landen in vier continenten zichtbaar is. Rechtsboven is het icoon zichtbaar waarmee deze aardbol op allerlei manieren kan worden gemanipuleerd.



Vanuit het openingsbeeld (zie hierboven) kan met behulp van Google Earth (GE) op verschillende manieren een bepaalde plek, een land of een werelddeel via 'scrollen' en 'inzoomen' in beeld gebracht worden. Daarbij wordt een topografisch kader (landsgrenzen, steden, spoorlijnen, ...) of een geofysisch kader (begroeiing, gebergtes, woestijnen, bebouwing, ...) aangegeven (allebei is ook mogelijk). Zie het voorbeeld hieronder waarbij is ingezoomd op West-Europa.

Beeld van West-Europa met een deel van Engeland, Frankrijk, Duitsland en de kleinere West-Europese landen. Duidelijk zijn de landsgrenzen tussen de verschillende landen te zien alsmede de voornaamste steden.



Door steeds verder in te zoomen, kan bijvoorbeeld nader onderzocht worden hoe een bepaalde landstreek eruit ziet qua bebouwing (steden, infrastructuur, industrie) of qua landschap (rivieren, bergen, bossen, enzovoorts). Zie het voorbeeld hieronder waarbij het zuidelijk deel van het IJsselmeer en Flevoland te zien zijn. Duidelijk is bijvoorbeeld het typerende rechthoekige patroon van akkerbouw en weilanden in de Flevopolder alsmede het veel diffusere patroon van bossen en velden op de Veluwe te zien.

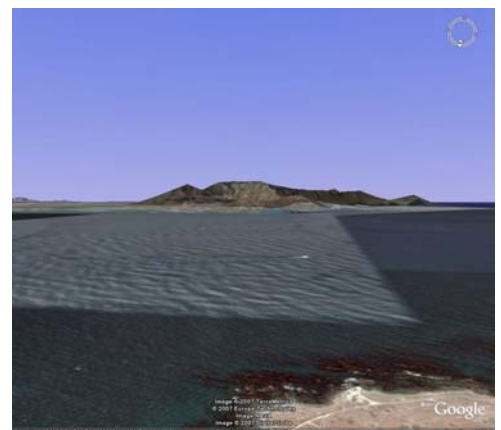
Beeld van het zuidelijk deel van het IJsselmeer met het IJmeer en de Flevopolder. Op de afbeelding is zowel het geografisch als het geofysische kader aangegeven.



Verkenningen

Een vraag die wellicht in eerste instantie bij de leerlingen bovenkomt als ze kennismaken met GE, is de vraag hoe men aan al deze informatie is gekomen. Een bespreking van deze vraag kan tot de vaststelling leiden dat men van het hele aardoppervlak gedetailleerde en scherpe satellietfoto's heeft gemaakt, en dat deze, aangevuld met luchtfoto's, als het ware aan elkaar zijn geplakt tot een wereldkaart waarbij je allerlei objecten van steeds dichterbij onder de loep kunt nemen. Wordt een land of een werelddeel van 'heel veraf' bekeken, dan lijkt het beeld nog het meest op een landkaart zoals je die in de atlas vindt; of op een wegenkaart zoals je die in de auto of op vakantie gebruikt. Naarmate je een gebied echter van steeds dichterbij in ogenschouw neemt, wordt het landschap steeds gedetailleerder en krijgt het beeld steeds meer het karakter van een vogelvluchtplaat waarbij je de indruk hebt dat je van bovenaf naar bijvoorbeeld de bebouwing van een stad kijkt, de manier waarop de Afsluitdijk tussen Waddenzee en IJsselmeer loopt, enzovoorts. Via een speciale knop kan dit beeld nog weer gekanteld worden waardoor je allerlei objecten als het ware van opzij kunt bekijken. Zie het voorbeeld hieronder waarbij(in de buurt van Kaap de Goede Hoop) de Tafelberg zichtbaar is vanaf Robbeneiland.

Beeld van het zuidpunt van Zuid-Afrika met op de achtergrond de Tafelberg en vlak daarvoor Kaapstad. Op de voorgrond is een stukje strand van Robbeneiland zichtbaar.



Twee wiskundig-geografische aspecten spelen bij al dergelijke verkenningen een centrale rol, te weten windrichtingen en schaalbegrip. In principe werkt GE met een kaartbeeld waarbij het noorden zoals gebruikelijk boven zit, maar dit kan gedraaid worden zodat het noorden ineens links of schuin onder komt te zitten. Een en ander kan voor de leerlingen de noodzaak expliciet maken om afspraken te maken over de vaste windrichting die als 'bovenkant' in het kaartbeeld gebruikt wordt. Bovendien kan besproken worden hoe dat verder eigenlijk met windrichtingen zit: waar is het noorden in de eigen omgeving van de school? Hoe kun je dat achterhalen? In welke richting is een bekend geografisch object zoals een hoge flat, een kantoorgebouw of een stadion vanuit de school gezien? En welke kant op is de zee? Kan dit gecontroleerd worden met GE?

Het tweede aspect wordt gevormd door het schaalbegrip, voor veel leerlingen een verre van eenvoudig begrip. In het kaartbeeld staat een schaallijn aangegeven die aangeeft op welke schaal het betreffende land of gebied gezien wordt. Aan de hand van deze schaal kan de ware grootte van allerlei objecten onderzocht worden. Bovendien kan de schaal steeds verder verkleind worden waarbij het object in kwestie steeds groter zichtbaar wordt. Schattenderwijs kunnen aldus ook allerlei afstanden en afmetingen achterhaald worden. Hoe lang is bijvoorbeeld de Afsluitdijk ongeveer? En hoe lang en hoe breed is het eiland Texel ongeveer? Hoeveel kilometer zou het lopen zijn als je het hele eiland in de rondte loopt?

Organisatie van het onderwijs

Het zal duidelijk zijn dat de hierboven uitgevoerde verkenningen in principe door leerlingen zelf gedaan kunnen worden met behulp van de computer, bij voorkeur in tweetallen werkend. De mogelijkheden van GE komen echter pas werkelijk tot hun recht als er in de klas een laptop en beamer aanwezig zijn waarmee het beeld op een scherm of wand geprojecteerd kan worden. Op deze wijze kunnen allerlei verkenningen ook met de hele klas gezamenlijk plaatsvinden, waarbij de leerlingen veel van elkaar kunnen leren, en bepaalde problemen gezamenlijk onder de loep genomen kunnen worden. Dit kan uiteraard afgewisseld worden met activiteiten in kleine groepjes. Verder is het interessant om een bepaald kaartbeeld uit te printen en door de leerlingen als verwerking te laten inkleuren en van namen te laten voorzien. Dit kan betrekking hebben op de eigen stad of eigen provincie, maar ook de eigen wijk of het eigen dorp lenen zich hier prima voor.

Actuele gebeurtenissen

Bijzonder interessant kan het zijn om GE te gebruiken om actuele of historische gebeurtenissen in hun geografische context te plaatsen. Hiervoor zijn tal van mogelijkheden:

- een aantal leerlingen gaat op vakantie naar het buitenland. Waar gaan ze precies naar toe? Om dit te achterhalen, kan het adres op GE ingetypt worden waarna het beeld razendsnel inzoomt vanuit het totale wereldbeeld naar het betreffende gebied. Vaak zijn er van zo'n gebied ook een aantal omgevingsfoto's in GE opgenomen, en deze kunnen via dubbelklikken opgeroepen worden.

*Beeld van
berghellingen in
Oostenrijk met op
de achtergrond
besneeuwde
bergen en in het
dal in de diepte
een stadje.*



- Er heeft zich een ernstige overstroming voorgedaan in (bijvoorbeeld) Bangladesh. Waar ligt dat land ook weer? Waar moeten we dat zoeken? (Azië, ten oosten van India, langs de Indische oceaan) En hoe zou het komen dat daar zo vaak overstromingen zijn? (een enorm groot deltagebied, ongeveer zoals ons eigen deltagebied maar dan zonder dijken erom heen; krachtige orkanen die in een vloedgolf enorm veel water landinwaarts kunnen stuwen) En waarom leggen ze daar dan geen dijken aan zoals wij in Nederland toch ook gedaan hebben? (overstromingen hebben ook bepaalde gunstige effecten door achterlaten van een sliblaag)
- Er wordt een nieuwe ringweg om de eigen stad aangelegd. Hoe gaat die precies lopen? Kan het traject van deze ringweg met GE in beeld gebracht worden? (Wel globaal, maar niet precies. De foto's van GE zijn in principe enkele jaren oud, en geven dus geen actueel beeld van de stand van zaken in een stad. Overigens is aan deze beelden veelal ook af te lezen tijdens welk seizoen de betreffende foto's zijn genomen, en op welk tijdstip van de dag) Wat verandert er als gevolg van de aanleg van de ringweg aan het landschap? (een bos gekapt, een weiland verdwenen, enkele boerderijen afgebroken, ...)

5.2 Groter en groter

Het brongebied 'verschijnselen uit natuur en techniek' leent zich ook goed voor de verkenning van een verschijnsel dat voor de ontwikkeling van de wetenschap van groot belang is geweest en dat omschreven kan worden als het effect dat het groter worden (groeien of vergroten) heeft op het gewicht of de inhoud van objecten. De aanleiding kan gevormd worden door een bezinning op het groeien van het eigen lichaam, het steeds langer en zwaarder worden. Daarbij kan de vraag gelanceerd worden: als een kind 2 keer zo groot is geworden, is het dan ook 2 keer zo zwaar geworden? Deze vraag kan het vertrekpunt vormen voor een reeks activiteiten waarbij steeds verder onderzocht wordt hoe de relatie tussen groeiende lengte (grootte) en groeiend gewicht bij levende en niet-levende objecten is. Het doel is een bewustwording van het feit dat er bij het beantwoorden van dergelijke vragen rekening gehouden moet worden met het gegeven dat groei of vergroting in wezen in drie richtingen of, nauwkeuriger gezegd, dimensies plaatsvindt. De uiteindelijke conclusie daarbij kan zijn dat als een object twee keer zo groot is geworden, het gewicht in principe 'twee keer twee keer twee' zo groot is geworden, dus 8 keer zo groot.

Verkenningen

Er vindt een inleidend gesprek met de hele groep plaats over groter worden. De kinderen worden daar van tijd tot tijd mee geconfronteerd doordat schoenen niet meer passen, een jurk te krap is, de fiets waarop ze rijden te klein wordt, enzovoorts. Vervolgens wordt besproken of de leerlingen een idee hebben hoeveel centimeter ze het afgelopen jaar ongeveer gegroeid zijn. Zou dat minder dan 1 cm zijn, een centimeter of drie, vier; of misschien wel 10 centimeter? Hoe hard groeien kinderen eigenlijk als ze 11 of 12 jaar oud zijn? Om hier iets meer over aan de weet te komen, wordt een tabel bekeken met gegevens over gemiddelde lengte van kinderen van (bijvoorbeeld) 0 tot 20 jaar (zie volgende pagina).

Eerst wordt natuurlijk proefondervindelijk nagegaan of deze gegevens kloppen. Van een aantal (of alle) leerlingen in de klas worden lengte en gewicht gemeten, en wordt een gemiddelde bepaald. Dit wordt vergeleken met de gemiddeldes uit de tabel. Ook wordt nagegaan hoeveel cm kinderen over het algemeen per jaar groeien. Hier kan naar voren komen dat dit vooral in het eerste levensjaar eigenlijk uitzonderlijk veel is: ongeveer 25 cm bij een gemiddeld lengte bij de geboorte van 51 cm. Dat is dus een relatieve toename van 50%! In het tweede en derde levensjaar is deze groei afgenomen tot 11 cm, en daarna vlakt zij steeds verder af tot 5 à 6 cm per jaar. Door de bank genomen zijn de leerlingen in de klas het afgelopen jaar dus ruim 5 cm gegroeid!

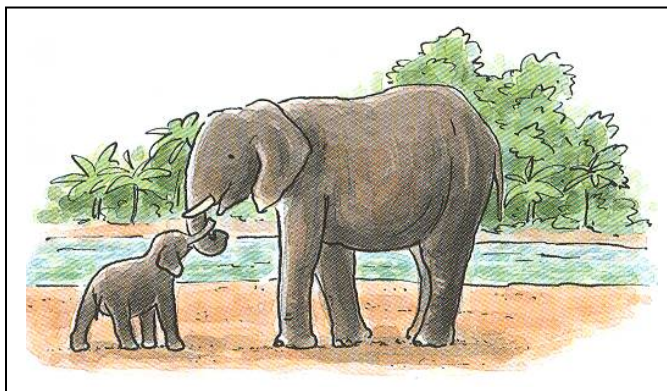
Vervolgens worden enkele makkelijk vergelijkbare gegevens uit de tabel nader onder de loep genomen. Bijvoorbeeld: een kind van 4 jaar is ongeveer 2 keer zo lang als een kind bij de geboorte. Hoe zit dat met het gewicht? (5 keer zo groot!). En: een baby van 3 maanden heeft z'n lengte ongeveer verdubbeld als hij 6 jaar is. Hoe zit dat met het gewicht? (van 6 kg naar 22,5 kg, bijna 4 keer zo groot) Geconstateerd wordt dat kinderen qua gewicht dus veel sterker groeien dan qua lengte. Tot besluit wordt overwogen hoe dit verschijnsel mogelijk verklaard kan worden.

Leeftijd	Lengte	Gewicht
0	51 cm	3,5 kg
3 mnd	60 cm	6 kg
6 mnd	67 cm	7,5 kg
12 mnd (1 jr)	76 cm	10 kg
1 ½ jr	84 cm	11,5 kg
2 jr	87 cm	14 kg
3 jr	98 cm	15 kg
4 jr	105 cm	17,5 kg
5 jr	113 cm	20 kg
6 jr	121 cm	22,5 kg
7 jr	127 cm	25 kg
8 jr	133 cm	28 kg
9 jr	138 cm	31 kg
10 jr	143 cm	34 kg
11 jr	149 cm	37 kg
12 jr	155 cm	41,5 kg

(Gegevens afkomstig uit 'De Nederlandse groetstudie van 1997')

Om hier meer zicht op te krijgen, wordt vervolgens een uitstapje naar het dierenrijk gemaakt. Er wordt bijvoorbeeld een plaatje van twee olifanten bekeken: een jong olifantje met z'n moeder³.

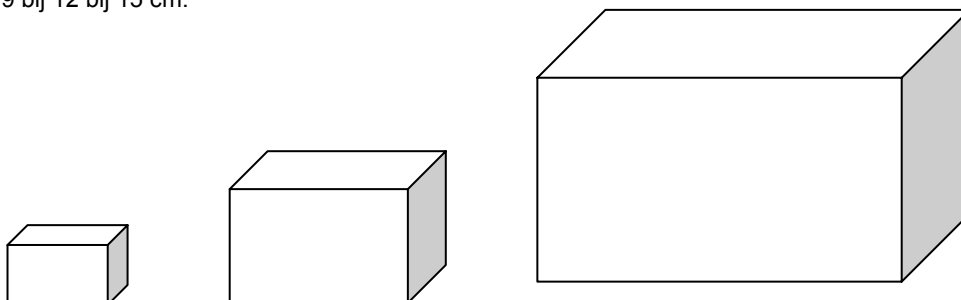
Gegeven is dat het jonge olifantje, 3 maanden oud, ongeveer 150 kg weegt. Van de moeder is het gewicht niet bekend, maar wel dat ze ongeveer 3 keer zo groot is als het baby-olifantje. Vraag: hoe zwaar zou die moeder ongeveer zijn?



Het is natuurlijk moeilijk om daar zo maar uitspraken over te doen. Maar het vermoeden zal inmiddels rijzen dat dit waarschijnlijk geen 3×150 kg is 450 kg zal zijn, maar veel meer. De leerlingen kunnen nu beredeneerde schattingen maken, eventueel onder gebruikmaking van de rekenmachine. Wellicht zijn er leerlingen die al een idee hebben dat de moeder-olifant zowel in de hoogte, breedte als dikte fors gegroeid is, en dat het gewicht geschat zou kunnen worden door $3 \times 3 \times 3 \times 150 = 27 \times 150 = 4050$ kg te nemen. Na enig googelen (www.natuurinformatie.nl) kan achterhaald worden dat een gemiddelde volwassen Afrikaanse moeder-olifant ongeveer 4500 kg weegt. Dat is dus maar liefst 30 keer zo zwaar als de baby-olifant...

Experimenten

Naar aanleiding van het voorgaande kan vervolgens het idee gelanceerd worden dat je, om nader te kunnen onderzoeken hoe dit nu precies zit, eigenlijk de beschikking moet hebben over modellen van olifantjes. Stel je maakt van klei een baby-olifantje van 10 cm hoog, een adolescente olifant van 20 cm hoog en een volwassen olifant van 30 cm hoog. Door de gewichten te vergelijken, zou je kunnen achterhalen hoeveel keer zo groot dit in werkelijkheid wordt. Nu is het natuurlijk een heel gedoe om zulke olifanten voor dit experiment te fabriceren. Je zou misschien ook iets anders, iets van een veel eenvoudiger vorm kunnen nemen om dit experiment te doen. Bijvoorbeeld: een blokje hout of een stuk steen met de vorm van een baksteen, of een blokvormig stuk klei (het moet wel materiaal met het nodige gewicht zijn, anders zijn de verschillen te klein). Aansluitend wordt een echt experiment voorbereid. De leerlingen werken hierbij in groepjes van drie leerlingen. Deze krijgen de beschikking over een flink blok klei (of ander 'gewichtig' materiaal). De eerste opdracht is om uit dit materiaal drie rechthoekige blokjes samen te stellen die steeds twee keer zo groot zijn. Bijvoorbeeld: het kleinste blokje is 3 bij 4 bij 5 cm, het middelste blokje 6 bij 8 bij 10 cm, het grootste 9 bij 12 bij 15 cm.



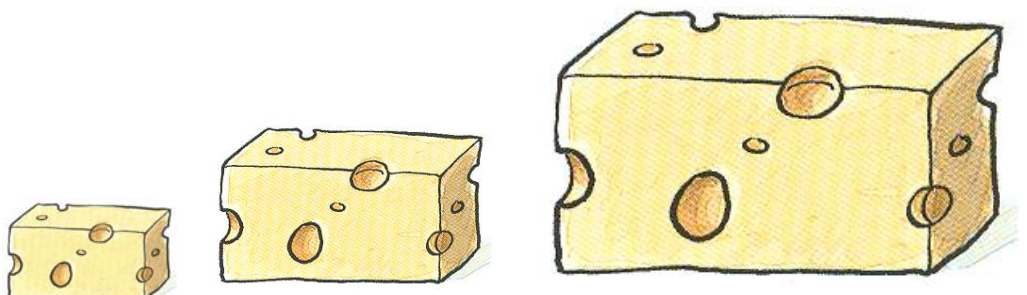
Met enige fantasie kan zo'n blokje als een samengedrukte olifant van klei worden opgevat. Vervolgens worden de groepjes uitgenodigd een 'beredeneerde voorspelling' te doen: hoeveel keer zo zwaar zou de middelste 'olifant' zijn als de kleinste olifant? En hoeveel keer zo zwaar zou de grootste olifant zijn als de kleinste olifant? Elk groepje noteert z'n voorspelling op een vel papier, met daarbij de argumenten (voor zover die er zijn) waarom men voor deze voorspelling heeft gekozen.

De volgende stap is de daadwerkelijke meting van de drie blokjes. Hiervoor is uiteraard een huishoudweegschaal, brievenweger of unster nodig. De meting wordt zo nauwkeurig mogelijk uitgevoerd, en de resultaten worden in een tabel weergegeven. Tevens wordt berekend hoeveel keer zo zwaar de twee grotere blokjes ongeveer zijn als het kleinste blokje. Bijvoorbeeld:

	<i>blokje A</i>	<i>blokje B</i>	<i>blokje C</i>
afmetingen	3 x 4 x 5 cm	6 x 8 x 10 cm	9 x 12 x 15 cm
gewicht	20 g	145 g	518 g
... keer zo zwaar als blokje A		≈ 7 keer	≈ 26 keer

Zoals bij wetenschappelijke experimenten wel meer het geval is, leiden dergelijke meetresultaten waarschijnlijk niet direct tot conclusies die een zeer duidelijke bevestiging van vooraf gedane voorspellingen zijn. Bovendien blijken er verschillen tussen de afzonderlijke experimenten te zijn. Daarom wordt er een spreadsheet samengesteld waarin alle gegevens uit de verschillende groepjes opgenomen worden. Aan de hand daarvan wordt het gemiddelde gewicht van de blokjes B en C bepaald, alsmede de gemiddelde gewichtstoename.

Tot slot vindt een reflectieve, klassikale activiteit plaats. Het hele proces wordt nog eens onder de loep genomen. Daarbij passeren onder meer de revue: de oorspronkelijke vraagstelling, de opzet van het experiment om tot beantwoording daarvan te komen, de voorspellingen die binnen de verschillende groepjes zijn gedaan, het maken van de blokjes en het uitvoeren van de metingen, en het op een rij zetten van de concrete resultaten daarvan. Nu wordt de redenering die sommige groepjes al eerder naar voren hebben gebracht, nader onder de loep genomen: als je iets 2 keer zo groot maakt, dan betekent dat eigenlijk dat het 2 keer zo lang, 2 keer zo breed en 2 keer zo hoog wordt. Er is sprake van toename in drie richtingen of dimensies. Het gewicht wordt dan '2 keer 2 keer 2' zo groot, dus 8 keer zo groot. Evenzo wordt het gewicht van een object dat 3 keer zo groot is, maar liefst $3 \times 3 \times 3 = 27$ keer zo groot. Om deze redenering nader te onderbouwen, wordt nu nog een klassikaal experiment aan de hand van bijvoorbeeld blokjes kaas. Op nauwkeurige wijze worden eerst drie blokjes kaas afgesneden waarvan de afmetingen bijvoorbeeld precies resp. $2 \times 2 \times 5$ cm en $4 \times 4 \times 10$ cm en $8 \times 8 \times 20$ cm bedragen.



Van het kleinste blokje wordt nu eerst het gewicht bepaald. Dit is bijvoorbeeld 20 g. Vervolgens wordt voorspeld hoe zwaar de beide andere blokjes zijn. Beargumenteerd wordt dat het middelste blokje, conform de eerdere redenering, '2x2x2 keer zo zwaar', dus 8x20 is 160 g moet zijn. Evenzo wordt beredeneerd dat het derde blokje '3x3x3 zo zwaar', dus 27 keer zo zwaar moet zijn: $27 \times 20 \text{ g} = 540 \text{ g}$, oftewel ruim 1 pond. Uiteraard wordt aansluitend de proef op de som genomen door de beide overige blokjes kaas te wegen. Dit geeft, tot op zekere hoogte, de bevestiging van de gemaakte voorspellingen.

Tot besluit kan besproken worden hoeveel kleine blokjes er uit het middelste en uit het grootste blok gehaald kunnen worden. Via denkbeeldig of daadwerkelijk snijden kan de juistheid van de naar voren gebrachte meningen gecontroleerd worden. Zo kan achterhaald worden dat er uit het middelste blok 8 kleine blokjes gehaald kunnen worden, en uit het grootste blok maar liefst 27 kleine blokjes. Ter afronding kunnen de blokjes uitgedeeld en opgegeten worden.

Reflectie

Ter afsluiting van de activiteiten vindt een terugkoppeling plaats naar de oorspronkelijke vraag omtrent de toename van het eigen gewicht in relatie tot de toename van de lengte. De vraag wordt besproken wat we nu precies aan de weet zijn gekomen. Naar voren kan komen dat het in principe zo zou moeten zijn dat als de lengte van een kind 2 keer zo groot wordt, het gewicht 2 keer 2 keer 2 dus 8 keer zo groot wordt. Zoals aan de hand van de tabel met lichaamslengten al is vastgesteld, is dit in de praktijk echter niet het geval. Daar was naar voren gekomen dat het gewicht naar verhouding weliswaar sterk toeneemt, maar veelal niet meer dan met een factor 4 tot 5. Besproken wordt hoe dit te verklaren is: in de breedte en in de 'dikte' groeit een mens over het algemeen veel minder dan in de lengte. Maar zou dit wel het geval zijn, en zou een baby dus zowel in de lengte, de breedte als de 'dikte' evenveel groeien, dan zou het gewicht werkelijk met een factor 8 toenemen...

Literatuur

Akker, J.J.H. van den (1988). *Ontwerp en implementatie van natuuronderwijs*. (diss.) Amsterdam/Lisse: Swets & Zeitlinger b.v.
Graft, M. van (2004). *Leskist verandering*. Enschede: SLO.

² Een groot aantal waardevolle en uitdagende suggesties voor activiteiten op het gebied van natuur en techniek voor zover deze in verband staan met diverse andere brongebieden zoals planten, dieren en weer en seizoenen zijn te vinden in de *Leskist Verandering* (Van Graft, 2004).

³ De afbeelding van de twee olifanten is afkomstig uit de reken-wiskundemethode Wis en Reken. In deze methode zijn enkele activiteiten rond het effect van vergroten en groter worden in het materiaal van groep 8 opgenomen.

6. Durven en doen: competenties en portfolio

Jaap Vedder

6.1 Inleiding

Op dit moment (in de eerste maanden van 2008) is er veel aandacht voor de doorgaande leerlijnen taal en rekenen van basisschool tot hoger onderwijs. Hoewel het niveau van rekenen-wiskunde op orde leek en nog lijkt, zijn er wel wat scheurtjes in onze toppositie in vergelijkende internationale onderzoeken naar rekenprestaties aan het ontstaan. De overheid heeft een commissie doorgaande leerlijnen taal en rekenen ingesteld. In januari 2008 verschenen drie eindrapporten: een algemeen deel en twee delen voor taal en rekenen.

Twee doelen voor de toekomst uit het rapport over rekenen zijn in de context van dit hoofdstuk van belang: meer leerlingen moeten op de basisschool eindigen op een hoger niveau in rekenen-wiskunde en aanstaande pabo-studenten moeten hun reken-wiskundige vaardigheden beter onderhouden en zo mogelijk uitbreiden tussen basisschool en begin van de pabo.

De ontwerpers (auteurs) van deze publicatie vinden het een gouden kans om vakken als science en techniek (S/T) te gebruiken om praktijksituaties te identificeren waaraan rekenen/wiskunde (R/W) gekoppeld kan worden, waarbij de praktijksituatie kan dienen als instaprobleem of als toepassing. Kortom: integratie van vakken.

Rekenen/wiskunde is een vakgebied met veel integratiemogelijkheden. Dat komt door de verbinding van de werkelijkheid van alledag met het wiskundig denken. Gezien ervaringen zijn we ervan overtuigd dat het werken vanuit reële situaties de motivatie van leerlingen en studenten sterk kan bevorderen.

Eenzijds wordt met deze andere didactische aanpak beoogd dat leerlingen en studenten tot betere rekenprestaties komen, anderzijds sluit deze aanpak aan bij de problematiek van overladenheid van programma's binnen basisonderwijs en binnen de pabo. Veel basisscholen en lerarenopleidingen hebben last van overladenheid terwijl ze toch willen dat de opbrengsten toenemen.

Voor de basisschool (en ook de pabo) biedt integratie hierbij juist kansen.

Consequentie is wel dat je je als leerkracht (en opleider) moet verdiepen in twee gebieden en niet terug kunt vallen op door auteurs ontwikkelde lessen. Er wordt een beroep gedaan op je creativiteit. Daarnaast moet je in de bestaande rekenmethode durven schrappen (=tegen overladenheid) om te voorkomen dat leerlingen dubbel werk doen. Anders verliezen leerlingen hun motivatie.

Op dit moment worden binnen de pabo de leergebieden rekenen-wiskunde en natuur en techniek veelal afzonderlijk aangeboden. Het starten met een geïntegreerde module is het begin van een oplossing. Docenten moeten daarbij samenwerken en zich intensief gaan verdiepen in elkaars vakgebied.

Over welke competenties moet een (aanstaande) leerkracht beschikken om de vakgebieden Rekenen/Wiskunde/Science/Techniek in de klassenpraktijk met elkaar te verbinden en te laten bloeien? Het gaat om ontwerpen van onderwijs en uitvoeren,

evalueren en bijstellen. Daarna wordt ingegaan op de vraag: En hoe ontwikkel je die competenties dan?

6.2 Welke competenties zijn nodig?

Naast competenties die te maken hebben met “snappen wat kinderen niet snappen”, “kerndoelen omzetten in tussendoelen en leerlijnen” en “je vakinhoudelijk en vakdidactisch repertoire uitbreiden” beperken we ons hier tot twee aspecten die belangrijk zijn om met een integratieproject van start te gaan. Het gaat om onderwijsleersituaties voorbereiden (ontwerpen) en uitvoeren. Er zijn verschillende formuleringen van competenties, aspecten en indicatoren. De door ons gebruikte bron is afkomstig van Hogeschool Drenthe (pabo Meppel).

Aspect 1: Het gebruik van reële situaties voor realistische rekenactiviteiten
Indicator: Ik pas daarbij de volgende procedure toe:
A. Ik start met een beleefbare dagelijkse werkelijkheid
B. Ik zoek samen met de kinderen naar de vragen die de situatie oproept
C. Ik zoek samen met de kinderen naar aanknopingspunten voor wiskundige activiteiten
D. Ik laat kinderen verschillende aanpakken uitwisselen
E. Ik stimuleer samenwerking bij het zoeken naar oplossingen (sociaal leren)
F. Ik reflecteer met kinderen op de betekenis van de antwoorden

Aspect 2: Reflectiviteit m.b.t. het wiskundig handelen van kinderen
Indicator 1: Ik ben in staat de wiskundige denkactiviteit bij de kinderen te laten
Indicator 2: Ik reflecteer met kinderen op resultaten en het proces
Indicator 3: Ik ben in staat de denkprocessen van kinderen te volgen, te duiden en te bevragen
Indicator 4: Ik kan kinderen zo begeleiden in de verkenning van een wiskundig probleem dat ze gaan nadenken in plaats van opdrachten uitvoeren. Ik doe dit door middel van: observeren, analyseren, vragen stellen, presenteren, uitdagen tot verwoorden en aanzetten tot discussie

Toelichting bij indicator 4 van aspect 2:
Observeren en Analyseren Ik kan individuele leerlingen observeren in hun wiskundige activiteiten, hun mondelinge en schriftelijke presentaties analyseren en daaruit conclusies trekken over door mij gewenste interventies naar zowel de individuele leerling als de hele groep
Vragen stellen Ik kan vragen stellen die leerlingen op weg helpen stappen te nemen om rekenwiskundige fenomenen te doorgronden, vaardigheden te verwerven en rekenwiskundige kennis en vaardigheden toe te passen
Presenteren Ik weet mijn presentaties (en hun timing) zo te kiezen (te beperken), dat ze plaats hebben op die momenten dat kinderen zonder mijn presentatie niet verder zouden kunnen
Verleiden tot verwoorden Ik kan leerlingen aanzetten tot het stellen van de juiste vraag om verder te kunnen Ik kan verschillen strategieën van leerlingen benutten, respecteren en uitbuiten
Discussie tussen leerlingen op gang brengen

Ik kan een discussie tussen leerlingen op gang brengen en in de hand houden over een oplossing
Ik beperk me daarbij zoveel mogelijk tot een gespreksleidende rol

Het bovenstaande heeft geen pretentie van volledigheid. Een eigen lesactiviteit eens te (laten) analyseren met deze indicatoren levert al heel wat feedback en aanwijzingen voor verbetering op. Belangrijk is dat de ontwikkeling van het kind centraal staat.

6.3 Oproep: durven en doen

Wat roept zo'n enthousiast beschreven tasjesproject bij jou op?

Welke gedachten spelen nu door je hoofd?

In de voorgaande hoofdstukken worden verschillende lesideeën genoemd. Het ligt voor de hand om eerst te gaan experimenteren met iets dat je kunt overzien.

Het uitvoeren van het beschreven tasjesproject met jouw kinderen lijkt dan een voor de hand liggende keus. Maar echt eenvoudig is dat nog niet. Je hebt heel wat vaardigheden (competenties) nodig om het tasjesproject tot een succes te maken.

Alle begin is moeilijk, maar durf wordt beloond. Er wordt meer van je gevraagd als je zelf een nieuw idee uit gaat werken. Als je gelooft dat zo'n zelfontworpen project voor kinderen erg motiverend is en ze daarmee veel kunnen leren, dan is het jouw inzet volledig waard.

In gedachten kun je eens een (nieuw) project proberen: *Afval*.

Welke vragen komen daarbij op?

Hoe verzamel je meer informatie (internet, Essent)?

Wat zit er aan techniek in?

Hoe bepaal je hoeveelheden?

Welke wiskundige kennis en vaardigheden heb je nodig?

Welke maatschappelijke vragen (over milieu en duurzaamheid) zijn er?

Bij de meeste vragen kun je de leerlingen zelf aan het denken zetten!

Ook bij het bedenken van vragen kun je de kinderen aan het woord laten.

Maar er is nog iets. Door zelf een lesidee uit te werken en lessen te ontwerpen en voor te bereiden, leer je veel meer zien hoe kinderen leren en hoe je lessen didactisch in elkaar zitten. Over lessen in een schoolmethode is in principe heel goed nagedacht door ervaren onderwijsgeevenden (auteurs). Via de (vaak uitgebreide) handleidingen kun je achterhalen wat de precieze bedoeling is. Maar daarvoor ontbreekt nogal eens de tijd en zelfs met veel tijd kun je soms de rode draad niet helemaal doorhebben. Bij actief onderwijs ontwikkelen (zelf ontwerpen) vergroot je je professionaliteit vele malen meer dan bij passief (handleiding volgen) onderwijzen.

Onze oproep luidt: durven en doen. Gebruik je portfolio om je lesontwerpen voorzien van je overwegingen en je lesverslagen en reflecties in op te nemen. Feedback van medestudenten en begeleiders zal je verder helpen in je ontwikkeling.

