

Ontwikkeling van een leerlijn: meten

K. Buijs
SLO, Enschede

Meten wordt tegenwoordig als een belangrijk leerstofdomein voor het gehele basisonderwijs gezien. Praktische meetactiviteiten inclusief het gebruik van meetinstrumenten worden daarbij algemeen beschouwd als de grondslag voor een goede, inzichtelijke kennis van maten en maatsystemen. In de huidige reken-wiskundemethoden komt de plaats en betekenis van het meten echter lang niet altijd even goed tot uitdrukking. Het zijn met name de praktische activiteiten die nogal eens ontbreken. Des te meer reden om optimale duidelijkheid te scheppen omtrent de leerlijn die bij het meten doorlopen kan worden.

In deze bijdrage wordt geschetst hoe een dergelijke leerlijn in het kader van het TAL-project ontwikkeld is. De verschillende ontwikkelactiviteiten die daarbij ontplooid zijn, passeren achtereenvolgens de revue. In samenhang daarmee wordt een aantal grondkenmerken van de leerlijn beschreven. In het laatste deel van het artikel worden deze geïllustreerd met een praktijkvoorbeeld uit groep 4: de ontwikkeling van een weeginstrument in de vorm van een unster.

1 Inleiding

Bij het ontwikkelen van realistisch reken-wiskundeonderwijs spelen twee typen experimenten een belangrijke rol: gedachtenexperimenten en praktijkexperimenten. Bij het eerste type experiment (Freudenthal, 1991) proberen ontwikkelaars om, gegeven zekere leerdoelen en een globaal idee van het te doorlopen leertraject, zo goed mogelijk in te schatten wat voor denkwijzen en oplossingsstrategieën bepaalde probleemsituaties - contextproblemen, maar ook kale opgaven - mogelijk bij kinderen oproepen. Tevens proberen zij te taxeren wat voor leereffecten zich kunnen voordoen indien deze ideeën en strategieën onder leiding van de leraar gezamenlijk worden uitgewisseld en doordacht.

Bij het tweede type experiment worden onderdelen van het aldus ontworpen leertraject in de praktijk uitgeprobeerd en wordt geverifieerd in hoeverre de vanachter de bureautafel ontwikkelde nog prille ideeën in de praktijk hout blijken te snijden. Bij deze praktijkexperimenten, die in verschillende onderwijssettings kunnen plaatsvinden, komt het erop aan zo goed mogelijk in kaart te brengen wat zich in de praktijk daadwerkelijk aanpakken en leermomenten voordoet. De resultaten van de experimenten worden teruggekoppeld naar het oorspronkelijke ontwerp van het leertraject en geven aanleiding tot aanpassingen en nadere uitwerkingen van dit ontwerp. Bovendien vormen zij de opmaat tot een nadere doordenking van dit ontwerp en tot een nieuw gedachte-experiment omtrent opzet en inhoud van het ontwerp. Op basis daarvan kunnen vervolgens nieuwe praktijkexperimenten plaatsvinden, waarmee zich de cyclus voltrekt die in hoge mate kenmerkend is voor het ontwikkelen en onderzoeken van realistisch reken-wis-

kundeonderwijs (Gravemeijer, 1994). En waarbij de 'filosofie' van de realistische onderwijsbenadering (Treffers, 1987; Freudenthal, 1991) als inspiratiebron en leidraad fungeert.

In dit artikel gaan we in op de rol die beide soorten experimenten gespeeld hebben bij de ontwikkeling van de leerlijn meten in het kader van het TAL-project (TAL-team, 2001). Uiteraard was hier sprake van een nogal specifieke ontwikkelsituatie waarin de ruimte voor praktijkexperimenten beperkt was. Niettemin hebben deze experimenten vrijwel van meet af aan nadrukkelijk invloed gehad op het ontwikkelwerk. Welke deze invloed was en op welke wijze de leerlijn mede op grond van de uitgevoerde experimenten steeds verder gestalte heeft gekregen, wordt hieronder nader uit de doeken gedaan. Belangrijke andere ontwikkelactiviteiten, zoals reflectie op eerdere ontwikkelervaringen, studie van bronnenmateriaal, methodeanalyse en consultatie van vakgenoten, zullen daarbij in kort bestek eveneens de revue passeren.

2 Startpunt: reflectie op eerdere ontwikkelervaringen

Het startpunt voor het ontwikkelwerk was gelegen in een bezinning op een groot aantal eerdere ontwikkelervaringen die waren opgedaan bij het ontwerpen van onderwijs rond het meten, met name bij de ontwikkeling van de reken-wiskundemethode 'Wis en Reken' (Buijs e.a., 1999). De genoemde bezinning leidde tot de formulering van een 'Grondidee voor een leerlijn meten'

(Buijs, 2000) waarin beschreven wordt hoe een proces van voortgaande begripsvorming en niveauperhoging op het gebied van het meten in grote lijnen z'n beslag zou kunnen krijgen. Hierbij wordt een didactisch referentiekader aangedragen in termen waarvan het onderwijsleerproces grosso modo beschreven en verduidelijkt zou kunnen worden.



figuur 1

Interessant aan dit referentiekader is onder meer de wijze waarop praktische meetactiviteiten en het gebruik van eenvoudige meetinstrumenten, zoals liniaal, maatbeker en huishoudweegschaal (fig.1) in de lagere leerjaren de grondslag kunnen vormen voor het (re)construeren en leren hanteren van maatstelsels in de hogere leerjaren. Op het gebied van lengte bijvoorbeeld kunnen praktische meetervaringen (eerst via vergelijken en afpassen, later ook aan de hand van elementaire meetinstrumenten als vijfmeterlint, duimstok en liniaal) het fundament vormen waarop naderhand het stelsel der 'kleine lengtematen' (van meter tot en met millimeter) opgebouwd en doordacht wordt.



figuur 2: uit 'Wis en Reken'

Daarbij kan de bordliniaal als een soort denkmodel fungeren, waarin de onderlinge grootteverhoudingen en relaties tussen de maateenheden verankerd liggen. Even-

zo kunnen ervaringen met het meten van inhoud en het werken daarbij met een maatbeker de opmaat vormen tot reconstructie van het stelsel van de litermaten (liter tot en met milliliter), waarbij de analogie met het stelsel van de kleine lengtematen een belangrijk aandachtspunt is. Naderhand kan de kennis omtrent deze maatstelsels onder meer benut worden om de samenhang tussen elementaire breuken en kommagetallen ($\frac{1}{5}$ liter en 0,2 liter) in kaart te brengen en te expliciteren (fig.2).

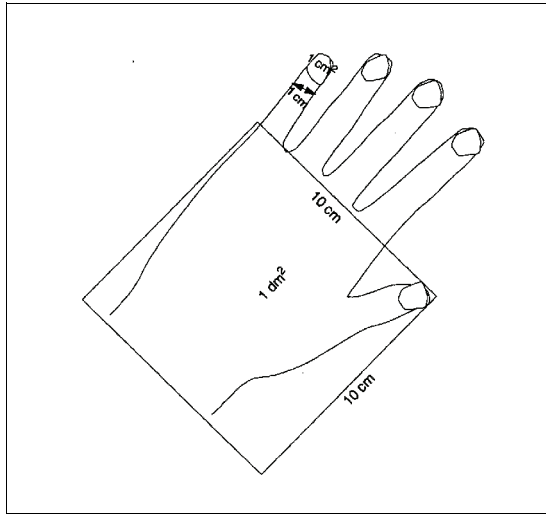
3 Literatuurstudie

In het verlengde van deze reflectie vond een serie ontwikkelactiviteiten plaats gericht op literatuurstudie en enkele daaruit voortvloeiende praktijkexperimenten. De aandacht ging in het bijzonder uit naar een aantal leerpsychologische denkbeelden op het gebied van het meten zoals door Piaget, Brown en anderen geformuleerd werd (Nelissen, 2001). Op basis van een doordening van deze ideeën volgde een reeks praktijkexperimenten met groepjes kinderen waarin onder andere het element van 'materiaaltekort' een centrale rol speelde. Bijvoorbeeld: in de gymzaal krijgen enkele groepjes kinderen het probleem voorgelegd hoeveel stokken van 1 meter er achterelkaar in het lokaal passen. Er zijn echter maar drie stokken aanwezig, zodat de meest basale aanpak van het 'vol leggen' van de afstand niet voldoet. Lukt het de kinderen om een oplossing voor dit probleem te bedenken en aldus het idee van het afpassende meten via streepjes zetten en tellen opnieuw uit te vinden? Het bleek dat kinderen van vier à vijf jaar daar nog flink moeite mee hebben.¹ Tevens bleek dat nogal wat kinderen van die leeftijd al op de hoogte zijn van de mogelijkheid om dergelijke meetproblemen aan te pakken met behulp van conventionele meetinstrumenten zoals een rolmaat of duimstok - alleen hebben ze weinig tot geen idee hoe dat dan precies moet (Van den Brink, 2001).

Parallel aan deze experimenten vond een serie ontwikkelactiviteiten plaats gericht op een voorlopige standpuntbepaling ten aanzien van leerstofinhouden, doelen en didactische werkwijzen op het gebied van meten. In het resultaat daarvan, gepresenteerd op de Panama na jaarsconferentie van november 2000 in Noordwijkerhout, werd onder meer het belang benadrukt van een gegedene begripsvorming bij meten (De Moor & Menne, 2001). Dit mede gezien de in bepaalde opzichten tegenvallende PPON-resultaten op dit terrein (Janssen e.a., 1999). Ook werd gewezen op het belang van het werken met lichaamsmaten als vertrekpunt voor veel meetactiviteiten én als referentiematen (fig. 3).

De aandacht voor begripsvorming werd overigens evenzeer beklemtoond in enkele andere bijdragen op deze conferentie. Zo pleitte Ter Heege onder andere voor het

regelmatig in en buiten de klas houden van échte meetactiviteiten waarin het accent ligt op het door de kinderen zelf bedenken en beproeven van passende meetstrategieën (Ter Heege, 2001).



figuur 3

Verder was er een pleidooi voor het gebruik van ‘natuurlijke aanpakken’ bij het werken met grootheden, waarbij onder meer gewezen werd op de schaduwzijden van het meten met concrete, maar nogal onnatuurlijke maateenheden, zoals een papieren voet en een houten blokje. De nadruk zou meer moeten liggen op het onderzoeken en leren hanteren van conventionele meetinstrumenten, zoals liniaal, duimstok en huishoudcentimeter (Peter-Koop, 2001). In een andere bijdrage werd het voorstel gedaan om kinderen zelf linialen te laten ontwerpen met als doel om niet alleen het inzicht in de werkwijze met dit instrument te versterken, maar ook om de betekenis ervan als ‘drager van conventionele maateenheden’ te verduidelijken (Nührenbörger, 2001). In de latere leerlijnbeschrijving van TAL is geprobeerd veel van deze ideeën te integreren en nader uit te werken.

4 Methodeanalyse en bijbehorende gedachte-experimenten

Een volgende stap in het ontwikkelwerk werd gevormd door een uitgebreide analyse van bestaande reken-wiskundemethoden op het punt van meten. Het bleek dat er in veel methoden in het onderbouwprogramma een grote rijkdom aan ideeën voor meetactiviteiten te vinden is waarbij de belangrijkste grootheden, zoals lengte, inhoud, gewicht, oppervlakte en tijd, met een zekere regelmaat aan bod komen. Even opvallend echter was dat een duidelijk idee voor een te doorlopen leerlijn groten-

deels ontbrak. Het bleef in veel gevallen bij een beschrijving van potentieel rijke activiteiten zonder dat duidelijke informatie werd verstrekt over de wijze waarop zulke activiteiten passen in het grotere, samenhangende geheel van een leerlijn. Ook bleken nogal eens aanwijzingen te ontbreken omtrent te verwachten aanpakken van kinderen en de wijze waarop een gezamenlijke bespreking van zulke aanpakken kunnen bijdragen aan een beter begrip en een zekere niveauverhoging op het gebied van meten. Het was duidelijk dat hier een lacune lag waarin een leerlijnbeschrijving volgens de opzet van TAL zou kunnen voorzien. Geplaatst in een referentiekader zoals dat in ruwe vorm in het ‘Grondidee voor een leerlijn’ was geformuleerd, zouden de activiteiten aan betekenis en diepgang kunnen winnen. Een voorbeeld van zo’n potentieel rijke activiteit vormt het spel ‘Jeu de boules’ waarvan in twee kleuterprogramma’s een beschrijving werd aangetroffen.

Zoals bekend komt dit spel erop neer dat de deelnemers moeten proberen om hun bal zo dicht mogelijk in de buurt van een gegeven klein balletje te werpen. De afstand tot dat balletje bepaalt wie er eerste wordt, tweede, enzovoort. Het vergelijken van de betreffende afstanden vormt dan ook een belangrijk element in het spel. Bij een nadere overdenking van deze activiteit rees het vermoeden dat er door de bank genomen drie typen aanpakken door de kinderen bedacht kunnen worden om de afstanden goed te kunnen vergelijken: het direct op het oog vergelijken, het gebruik van een lichaamsmaat als voetlengte of handbreedte om via afpassen uitsluitel te krijgen, en het werken met een meetinstrument in de vorm van een meetlint.



figuur 4

Van deze strategieën leek de eerste voor alle kinderen goed te doorzien, maar soms niet toereikend om de uitslag te bepalen. De tweede strategie (fig.4) is adequater en evenzeer voor de hand liggend, zeker voor kinderen die tijdens de vakantie wel eens op een camping vertoeven waar dit spel veel wordt gespeeld.

Terwijl de derde strategie naar verwachting wel door de

kinderen aangedragen zou kunnen worden, maar begripsmatig op problemen stuit, omdat de werking van een dergelijk meetinstrument niet zo eenvoudig te doorzien is voor kleuters. Een belangrijk element in de leerlijn, zo werd overwogen, zou erin kunnen bestaan dat de kinderen met alle drie typen strategieën systematisch kennismaken en dat het onderwijs zo gearrangeerd wordt dat de verkenning van het ene type strategie als basis wordt gebruikt voor de verkenning van het volgende type. Een en ander zou in het teken van eigen constructies van kinderen kunnen staan, doordat het onderwijs erop gericht wordt de kinderen zelf de overgang van het ene naar het andere type strategie te laten voltrekken. Hoe dit precies zou kunnen, diende nog nader onderzocht te worden.

Een tweede voorbeeld van een rijke, in veel onderbouwprogramma's voorkomende activiteit is die waarbij onderzoekjes worden gedaan rond de grootheid 'inhoud'. Het gaat dan om activiteiten die meestal aan de watertafel plaatsvinden en waarbij de inhoud van allerlei objecten als bekertjes, flessen en kannen vergeleken en geordend wordt. Ook het afpassen meten komt aan bod in de vorm van activiteiten waarbij wordt onderzocht hoeveel bekertjes of kopjes water er uit een volle fles of een vol pak gehaald kunnen worden. Op zich kunnen dit eveneens waardevolle activiteiten zijn, waarbij echter een duidelijk element van niveauverhoging leek te ontbreken. Bij een nadere overdenking van deze activiteiten rees het vermoeden dat het mogelijk is om een dergelijke niveauverhoging - en daarmee een zekere progressie in een te doorlopen leerlijn - te bewerkstelligen door de kinderen in het verlengde van het afpassen meten zelf een maatbeker te laten construeren. Daarbij moet niet gedacht worden aan een conventionele maatbeker met liter en milliliter als maateenheden, maar aan een kopje of beker als informele, maar betekenisvolle maateenheid. Kortom: een soort 'kopjesmaatbeker'. Gevoegd bij eventuele eerdere ervaringen met het zelf construeren van een meetinstrument op het gebied van lengte zouden dergelijke constructies het begrip van het meten in aanzienlijke mate ten goede kunnen komen, zo was de gedachte. Aldus begonnen de contouren van een te doorlopen leerlijn zich steeds verder af te tekenen.

5 Voorlopige leerlijnbeschrijving

De methodeanalyse en de daarmee gepaard gaande gedachte-experimenten brachten het ontwikkelwerk in een stroomversnelling. Het bleek dat het vooraf geformuleerde en op grond van de bovengenoemde ontwikkelactiviteiten bijgestelde grondidee voor een leerlijn goed te combineren viel met de rijkdom aan praktijkideeën die in de verschillende reken-wiskundemethoden werden aangetroffen. Juist door verwerking van een

aantal van deze ideeën in de leerlijn-in-ontwikkeling bleken deze aanzienlijk aan zeggingskracht en didactische diepgang te kunnen winnen. Een en ander leidde tot een voorlopige leerlijnbeschrijving, waarin deze ideeën als 'doorkijkjes' naar de praktijk werden opgenomen. In het eerste deel daarvan, de domeinbeschrijving, werden een aantal grondkenmerken van de leerlijn op een rij gezet die als didactisch referentiekader voor de leraar kunnen fungeren in de zin dat ze het didactisch denken en handelen in de praktijk kunnen ondersteunen en richting geven. In het tweede deel werd vervolgens de leerlijn voor groep 1 en 2 beschreven, terwijl in het derde deel de leerlijn voor groep 3 en 4 centraal werd gesteld. Het eerste van de genoemde kenmerken houdt in dat er bij het leren meten in de onderbouw drie essentieel verschillende fasen worden onderscheiden:

- de fase van het vergelijken en ordenen;
- de fase van het afpassen met behulp van een maateenheid (natuurlijke maat of standaardmaat);
- de fase van het werken met een meetinstrument (zoals liniaal, maatbeker, weegschaal).

Dat de eerste fase de meest elementaire vorm van meten betreft, behoeft weinig betoog. Er komen daaraan immers nog geen maateenheden en (maat)getallen voor. In de tweede fase gebeurt dat wel, waarbij al naar gelang de grootheid verschillende natuurlijke en standaardmaten aan bod kunnen komen. Anders dan in de klassieke meetlijn, zoals die door Freudenthal (1984) is geformuleerd, wordt er dus geen onderscheid gemaakt tussen een fase waarbij met natuurlijke maten als lichaamsmaten wordt gewerkt, en een fase waarin dat met standaardmaten (zoals meter, liter, en kilogram) gebeurt.

De derde fase heeft betrekking op de voor de onderbouw meest geavanceerde vorm van meten. De meethandeling van het afpassen-en-tellen heeft hier plaatsgemaakt voor die van het aflézen van een getal op een schaalverdeling of maatlijn. Ook blijktens internationaal onderzoek (Nührenbörger, 2002) kan dit voor veel kinderen een nogal complexe en niet zo makkelijk te begrijpen vorm van meten zijn.

Een tweede grondkenmerk heeft betrekking op de inbreng van de kinderen. Meetactiviteiten dienen er volgens dit kenmerk eerst en vooral op gericht te zijn een goed begrip van het meten te bevorderen. Inzicht in de verschillende vormen van meten, in de wijze waarop metingen uitgevoerd kunnen worden en in de verschillende maateenheden die daarbij gebruikt worden, is waar het onderwijs voor een belangrijk deel op gericht dient te zijn. Dergelijk inzicht komt vooral tot ontwikkeling indien de kinderen actief en constructief betrokken zijn bij de meetactiviteiten en bijvoorbeeld veel ervaring opdoen met het zelf ontwikkelen van passende meetstrategieën, het zelf onderzoeken hoe het afpassen meten in z'n werk gaat en het zelf construeren van een meetinstrument. Een derde kenmerk wordt gevormd door wat omschreven kan worden als het primaat van de grootheid lengte. Deze grootheid wordt als de meest pri-

maire en elementaire opgevat. De verkenning van lengte dient dan ook de grondslag te vormen voor die van andere grootheden zoals inhoud, gewicht, oppervlakte en tijd. In samenhang daarmee dient de fasering van vergelijken, afpassen en aflezen voor deze grootheid dan ook in al haar volledigheid doorlopen te worden, terwijl dit voor andere grootheden slechts ten dele het geval behoeft te zijn. Zo is voor de grootheid gewicht de fase van het afpassende meten van ondergeschikte betekenis; gangbare weeginstrumenten zijn de kinderen veelal op vroege leeftijd bekend zij het dat de werking ervan lang niet altijd goed begrepen wordt. Andersom geldt voor de grootheid oppervlakte dat de fase van het werken met een meetinstrument weinig relevantie heeft doordat dergelijke instrumenten voor deze grootheid nauwelijks bestaan. Een vierde en laatste kenmerk kan omschreven worden als het 'transformatieprincipe'. De overgang naar het gebruik van meetinstrumenten volgens dit principe is in zoverre van cruciaal belang, dat daarmee de meethandeling bij veel grootheden wordt getransformeerd tot een vorm van lengtemeting. Het aflezen van de maat op een maatbeker, een huishoudweegschaal of een snelheidsmeter is immers in wezen een vorm van lengtemeting omdat de maat op een lineaire schaal wordt afgelezen. Via de introductie van meetinstrumenten wordt het meten van de betreffende grootheid dan ook omgevormd (getransformeerd) tot een vorm van lengtemeting. Juist indien deze overgang van het afpassende meten naar het aflezende meten voor verschillende grootheden door de kinderen actief voltrokken wordt, zo is de gedachte, zal het inzicht in de essentie van het meten zich steeds verder kunnen verdiepen.

6 Consultatie van vakgenoten

De aldus ontwikkelde conceptversie van de leerlijn werd ter beoordeling enkele keren aan een groepje externe deskundigen voorgelegd, met als resultaat een aantal verbeteringen en nuanceringen waarbij het hierboven beschreven referentiekader grotendeels intact kon blijven. Gewezen werd onder meer op het gevaar van al te schoolse en gekunstelde meetactiviteiten. Als het even kan, zo werd betoogd, dient de aanleiding tot meten in een reële behoefte tot kwantificeren gelegen te zijn. In de discussies werd bovendien duidelijk dat het aan te bevelen was om bepaalde, cruciale momenten in de leerlijn nader in de praktijk uit te proberen. Daarom volgde, als didactische proef op de som, een reeks kleinschalige experimenten met kleine groepjes kinderen, waarin met name enkele essentiële overgangsmomenten uit de leerlijn werden beproefd. Deze experimenten bleken een belangrijke laatste toetssteen te zijn die nog weer tot kleine, maar waardevolle aanpassingen leidde.²

Zo werden er voor de grootheid 'lengte' met groepjes oudste kleuters enkele experimenten op het schoolplein gedaan, waarbij de overgang van het afpassende meten met behulp van een meterlat als maateenheid naar het aflezende meten aan de hand van een meetlint van vijf meter centraal stond. Het bleek dat deze overgang op een natuurlijke manier z'n beslag kon krijgen vanuit de behoefte van de kinderen om bij het afpassende meten om de stand van het aantal afgepaste meters goed bij te houden. De door de kinderen aangedragen oplossing hield in dat voor elke nieuwe meter die werd afgepast een streepje met het bijbehorende (maat)getal langs de te meten afstand werd genoteerd (fig. 5).



figuur 5

Het bleek vervolgens maar een klein stapje voor ze om deze maatverdeling ook op een lint van ruim vijf meter aan te brengen, dat daarna in de plaats van de losse meterlaten werd ingezet om allerlei afmetingen te bepalen. Door de nauwe relatie met het afpassende meten dat eraan vooraf was gegaan, bleek het meten met dit vijfmeterlint door de kinderen uitstekend begrepen te worden. Dit in tegenstelling tot een conventioneel vijfmeterlint in de vorm van een rolmaat waarop ook de bekende onderverdeling in decimeters, centimeters en millimeters is aangebracht. De kinderen bleken daarbij door de veelheid aan maatstreepjes, maatgetallen en bijbehorende maateenheden geregeld in verwarring te worden gebracht.

Voor wat betreft de grootheid 'inhoud' vonden enkele experimenten plaats met groepjes kinderen uit groep 3 en 4 rond het werken met de liter als standaardmaat in de vorm van een melkpak. Het al experimenterend schatten en meten van de inhoud van een aantal andere verpakkingen zoals zuivelverpakkingen van respectievelijk een halve en anderhalve liter en een pak bronwater van twee liter bleek een rijke bron van ervaringen op te roepen, die vervolgens volop benut kon worden bij een vervolgonderzoek waarin een maatemmer met schaalverdeling van 0 tot 10 liter door de kinderen werd geconstrueerd (fig. 6). Aan de hand van deze maatemmer onderzochten de kinderen de inhoud van enkele ob-

jecten zoals een vaas en een schenkan, waarbij belangrijke meetaspecten als het schatten, afronden en interpreteren van de meetresultaten de nodige aandacht kregen.



figuur 6

Als klap op de vuurpijl kregen ze een probleem voorgesteld waarbij onderzocht moest worden hoeveel liter lucht er in een door de leraar opgeblazen ballon zat. Het schatten van deze inhoud met het melkpak als referentiemaat bleek geen probleem te zijn. Maar het gebruik van de maatemmer om de inhoud op een preciezere manier te bepalen, bleek minder eenvoudig. In eerste instantie stelden de kinderen voor om de ballon met water te vullen en de inhoud daarvan net als bij de vaas in de maatemmer leeg te gieten. Men voorzag echter wel dat het vullen van de ballon met water praktisch gezien niet eenvoudig was. Zou het ook op een andere manier kunnen? Een hint van de leraar in de richting van onderdopen in de deels met water gevulde maatemmer bleek de kinderen op het goede spoor te zetten. Al uitproberend en redenerend kwamen ze tot de slotsom dat het water in de maatemmer 'tweeënhalve liter omhoog geduwd werd'. Conclusie: er moest dus ongeveer tweeënhalve liter lucht in de ballon zitten.³

7 Een experiment van nabij gevolgd

Ten slotte vonden enkele experimenten plaats rond de grootheid 'gewicht'. De veronderstelling daarbij was dat het werken met een bascule met oude standaardgewichten van 1 kg, 500 g, 200 g en 100 g voor de kinderen een oriënteringsbasis zou kunnen vormen voor het zelf construeren van een weeginstrument met schaalverdeling in de vorm van een unster. De experimenten werden uitgevoerd met enkele groepjes kinderen uit groep 4. In eerste instantie werd daarbij onderzocht hoe het

gewicht van een aantal huishoudelijke artikelen bepaald kon worden aan de hand van de bascule met standaardgewichten (fig.7). Al experimenterend achterhaalden ze hoe je daarbij tewerk kunt gaan: het te wegen object (zoals een zak tomaten) werd op de ene schaal gelegd terwijl op de andere schaal successievelijk standaardgewichten van 200, 100, 50, 20 en 10 gram werden geplaatst en weer weggehaald net zo lang tot er evenwicht was bereikt.



figuur 7

Schatten, rekenen en redeneren gingen hierbij hand in hand. Bovendien bleken de getallen tot 1000 op deze wijze een betekenisvolle inhoud te krijgen doordat de ronde getallen van de standaardgewichten bij elkaar opgeteld dienden te worden tot een totaalgewicht. In een vervolgonderzoek onderzochten de kinderen hoe ze zelf een weeginstrument met schaalverdeling konden construeren. Ter voorbereiding was een houten bord op de bordrand geplaatst waaraan een omlaag hangende, metalen trekveer was bevestigd met aan het uiteinde een tasje. In het tasje konden voorwerpen van allerlei grootte en zwaarte gedaan worden. We volgen dit experiment met drie leerlingen uit groep 4 (Sacha, Keanu en Yosri) hierna even op de voet.

Al experimenterend en overlegend komen ze al gauw tot de slotsom dat de mate van uitrekking van de trekveer bepaald wordt door het gewicht van het object in het tasje: hoe groter dat gewicht, hoe verder de veer uitrekt. 'Dan kun je een streepje op het bord zetten, dan zie je hoe zwaar die banaan is', aldus Yosri. 'En dan kun je ook kijken of de sinaasappel zwaarder is', voegt Keanu eraantoe. Hierop voortbordurend wordt om te beginnen een streepje gezet bij het punt tot waar de veer komt in het geval er niets in het zakje zit: de nulstand. Daarna wordt besproken hoe je met behulp van de hele opstelling een echte weegschaal met schaalverdeling kunt maken. Tot hoever komt de veer bijvoorbeeld als er iets van 100 gram in het tasje zit? Dat is makkelijk, aldus Sacha. Zij neemt een standaardgewicht van 100 gram en doet dit in het zakje. 'Hij is tot hier gezakt', voegt ze eraantoe, het punt aanwijzend tot waar de veer nu komt.

Gezamenlijk wordt vastgesteld dat daar 100 (gram) bij moet komen te staan. 'Nu kijken tot hoe ver hij komt bij 200 gram', aldus Keanu. Er wordt een standaardgewicht van 100 gram toegevoegd aan het zakje. De kinderen constateren dat de veer weer een eindje gezakt is en dat de uitrekking nu ongeveer twee keer zo groot is geworden. Naast het corresponderende streepje wordt 200 (gram) genoteerd. De gang van zaken herhaalt zich enkele keren tot het streepje voor 500 gram is bereikt.

Op het bord tekent zich nu een verticale schaalverdeling met min of meer regelmatige intervallen van drie centimeter af, lopend van 0 tot 500 gram. Vervolgens wordt de proef op de som genomen. De gewichten van 100 gram worden uit het zakje verwijderd zodat de veer weer in de nulstand komt te hangen. 'Kunnen we hier nu mee wegen?', vraagt de leraar. 'Ja, hoor', aldus de kinderen. 'Dan leg je de appel in het zakje, en dan kijk je tot hoever de veer komt', aldus Keanu. 'En als hij dan bij de 200 zit, dan weet je dat hij 200 gram is.' 'Of iets minder misschien', voegt Sacha toe. Enkele van de objecten (vruchten) die ook al met de bascule gewogen zijn, worden nu met de aldus ontstane unster gewogen (fig.8).



figuur 8

Bij het trosje bananen blijkt de veer tot iets voorbij de 300 te komen. 'Dat klopt', aldus de kinderen, 'want op die andere weegschaal waren ze 310 gram!' Dan wordt de komkommer erbij genomen. Tot waar zou de veer moeten komen? Yosri: 'Hij was 380 gram, dus dan moet ie tot hier komen, een stukje voor de 400.' Bij weging blijkt het inderdaad te kloppen. 'Nu hebben we onze eigen weegschaal gemaakt', aldus Sacha. 'Hij is niet zo precies, maar toch heel mooi...', voegt Keanu eraan toe. Yosri: 'Leuk om aan de andere kinderen te laten zien...'

Het is duidelijk dat de kinderen in hoge mate gegrepen worden door de uitgevoerde experimenten. Ze hebben de weegschaal voor hun eigen ogen zien ontstaan, hebben daarbij een wezenlijke inbreng gehad en lijken de

werking ervan uitstekend te begrijpen. Tevens zijn de getallen tot 1000 weer sterk onder de aandacht gekomen waarbij met name de globale positie op de getallenlijn (maatlijn) en de plaats der getallen temidden van de honderdvouden punt van overdenking zijn geweest.

8 Terugblik

In het voorgaande is in het kort het proces geschetst dat bij de ontwikkeling van de leerlijn meten in het kader van het TAL-project heeft plaatsgevonden. Wellicht wekt de beschrijving enigszins de indruk alsof dit proces niet zo planmatig of zelfs enigermate chaotisch is verlopen. Toch is dit niet het geval. Het proces wordt gekenmerkt door een aantal kernactiviteiten die ook bij de ontwikkeling van andere leerlijnen in het kader van TAL plaatsvonden. Dit betreft activiteiten als reflectie op en uitwisseling van eerdere ontwikkelervaringen, bestudering en overdenking van relevante vakliteratuur, voortgaande theorievorming, uitvoering en evaluatie van kleinschalige praktijkexperimenten, consultatie van vakgenoten en methodeanalyse.

Het uiteindelijke resultaat, de met videofragmenten geïllustreerde leerlijnbeschrijving, is met name tot stand gekomen door de continue wisselwerking tussen deze verschillende kernactiviteiten. De twee in de inleiding beschreven typen experimenten vormen daarbij in zekere zin elkaars complement: de in het gedachte-experiment ontwikkelde ideeën omtrent inhoud en opzet van de leerlijn worden via praktijkexperimenten beproefd en getoetst. Daarmee krijgen deze ideeën niet alleen een nadere invulling en uitwerking, maar dienen zij tevens op sommige punten aangepast en opnieuw ter discussie gesteld te worden.

Tot besluit van dit artikel formuleren we nog enkele voorzichtige bevindingen omtrent aard en opzet van het meetonderwijs. De essentie van goed onderwijs in het meten, zo zou gesteld kunnen worden, is in de eerste plaats gelegen in de mogelijkheid die de kinderen geboden wordt om in natuurlijke en betekenisvolle probleemsituaties zelf adequate meetstrategieën te ontwikkelen en om, reflecterend op deze strategieën, tot een steeds dieper inzicht in een aantal essentiële aspecten van het meten te komen. Welke aspecten dit zijn, wordt in de leerlijnbeschrijving uitvoerig aan de orde gesteld. Zie hiervoor verder de TAL-brochure over meten en meetkunde (TAL-team, 2003). Een tweede bevinding hangt hier nauw mee samen. In de TAL-brochures over hele getallen (TAL-team, 1999; TAL-team, 2001) is op diverse plaatsen benadrukt dat het doel van het onderwijs rond getallen en bewerkingen niet alleen in het product gelegen is (begrip van getallen, vaardigheid in het rekenen daarmee) maar evenzeer in het proces van

voortgaande begripsvorming en niveauverhoging dat tot deze kennis leidt. Wellicht in nog sterkere mate geldt dit voor het meetonderwijs. Natuurlijk is het belangrijk om goed overweg te leren kunnen gaan met instrumenten als liniaal, maatbeker en weegschaal. Maar nog belangrijker is het om, vanuit een doorleefde behoefte aan efficiënte(re) meetstrategieën, aan den lijve iets wezenlijks te ervaren van het proces dat tot de ontwikkeling van dergelijke meetinstrumenten leidt.

Ten slotte nog een opmerking over de organisatie van het meetonderwijs. In de klas brengen meetactiviteiten vaak nogal wat rompslomp met zich mee doordat allerlei hulpmaterialen gebruikt worden en doordat de kinderen in groepjes overleggen en onderzoekjes uitvoeren. Dit brengt soms een zekere mate van rommeligheid teweeg. Een gevolg hiervan is dat leraren (en methodeschrijvers) soms maar grotendeels afzien van echte meetactiviteiten.

Uit het bovenstaande moge duidelijk zijn geworden dat dit voor een goed begrip van het meten een slechte zaak is. Het zijn juist de eigen, praktische meetervaringen die dit begrip in hoge mate ten goede komen. Naast klassikale en zelfstandig uitgevoerde activiteiten zijn het vooral de onder (bege)leiding van de leraar, klassenasistent of stagiaire uitgevoerde experimenten zoals die in de vorige paragraaf beschreven zijn, die een wereld van ervaringen, inzichten en plezier in het leren voor de kinderen kunnen doen opengaan.

Noten

- 1 In een later door A. Veltman uitgevoerde experimentele activiteit in groep 1/2 bleek het inderdaad een 'eye opener' voor de kinderen te zijn om te ontdekken hoe dit afpassen de meten precies in z'n werk gaat. Een video-opname van deze activiteit is op de cd-rom bij de brochure over meten en meetkunde opgenomen.
- 2 Een belangrijk deel van de in dit artikel opgenomen foto's zijn tijdens deze experimenten gemaakt. Ze zijn in verband met hun grote illustratieve waarde ook in de leerlijnbeschrijving in de brochure opgenomen.
- 3 Voor sommige kinderen leek deze conclusie toch nog wat uit de lucht te komen vallen. Het laatste experiment zou dan ook wellicht beter in groep 5 of 6 op z'n plaats zijn.

Literatuur

- Brink, J. van den (2001). TAL: Lengte meten. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 19(4), 3-8.
- Buijs, K., C. Bergmans, N. Boswinkel, F. Moerlands & M. Torn (1999). *Wis en Reken*. Bekadidact, Baarn.
- Buijs, K. (2000). *Grondidee voor een Leerlijn Meten*. Interne TAL-publicatie.
- Freudenthal, H. (1984). *Appels en peren / wiskunde en psychologie*. Apeldoorn: Van Walraven, 90-98.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 45-87; 156-164.
- Gravemeijer, K. (1994). *Developing Realistic Mathematics Education*. Utrecht: Cdβ-Press, 107-130.
- Heege, H. ter (2000). *Onderwijs in het meten - een opmaat voor het voorkomen van ongecijferdheid*. Enschede: SLO.
- Janssen, J., F. van der Schoot, B. Hemker & N. Verhelst (2000). *Balans van het reken-wiskundeonderwijs aan het einde van de basisschool 3*. Arnhem: Cito, 136-171.
- Moor, E. de & J. Menne (2001). Meten naar menselijke maat. In: R. Keijzer & W. Uittenbogaard (eds.). *Uit de lengte of uit de breedte - de kwaliteit van het meetonderwijs*. Utrecht: Freudenthal Instituut, 11-35.
- Nelissen, J. (1999). *De ontwikkeling van inzicht in meten en het gebruik van maten*. Interne TAL-publicatie.
- Nührenbörger, M. (2001). Met stokjes meten, dat heb ik nog niet gehad. In: R. Keijzer & W. Uittenbogaard (eds.). *Uit de lengte of uit de breedte - de kwaliteit van het meetonderwijs*. Utrecht: Freudenthal Instituut, 61-71.
- Nührenbörger, M. (2002). *Denk- und Lernwege von Kindern beim Messen von Längen. Theoretische Grundlegung und Fallstudien kindlicher Langenkonzepte im Laufe des 2. Schuljahres*. Hildesheim, Berlin: Verlag Franzbecker.
- Peter-Koop, A. (2001). Lengtemeting op de basisschool. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 20(2), 22-29.
- TAL-team (1999). *Jonge kinderen leren rekenen. Tussendoelen Annex Leerlijnen Hele Getallen Onderbouw Basisschool*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- TAL-team (2001). *Kinderen leren rekenen. Tussendoelen Annex Leerlijnen Hele Getallen Bovenbouw Basisschool*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- TAL-team (in druk, 2004). *Jonge kinderen leren meten en meetkunde. Tussendoelen Annex Leerlijnen Onderbouw Basisschool*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Treffers, A. (1987). *Three dimensions. A Model of Goal and Theory Description in Mathematics Education*. Dordrecht: Reidel.