



Een meetkundeactiviteit voor de bovenbouw van het basisonderwijs

E. Feijs

Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht

1 Inleiding

Binnen de TAL-bovenbouwgroep wordt, behalve voor het meten (waarover eerder bericht werd in dit tijdschrift), op dit moment ook gewerkt aan doelen en leerlijnen voor meetkunde in de bovenbouw.¹ De meetkunde zal voortbouwen op de meetkundige onderwerpen, zoals beschreven in de TAL-brochure over meten en meetkunde in de onderbouw (Van den Heuvel-Panhuizen & Buys, 2003). Het is de bedoeling dat de beschrijving van de inhoud van de meetkunde geïllustreerd wordt met een aantal zogenoemde ‘rijke activiteiten’. De activiteit, zoals beschreven in deze Praktijktip vormt een van de kanshebbers. Het betreft een bewerking van een activiteit die deel uitmaakt van een leerlingenboekje dat in het kader van het project ‘Mathematics in Context’ is ontwikkeld (Feijs e.a., in druk) en waarin verschillende meetkundige onderwerpen aan de orde komen zoals kijklijnen, hoeken, schaduwen en verhoudingen.

In deze bijdrage beschrijven we achtereenvolgens hoe de leerlingen aan de hand van deze activiteit in de praktijk ontdekkend en meetkundig redenerend bezig kunnen zijn, gevolgd door een overzicht van de mogelijke leeropbrengsten. We gaan in op de vraag wat de waarde is van deze activiteit met andere woorden, waarom zou je dit doen? Na de legitimering geven we aan hoe een leergang eruit kan zien waarin deze activiteit een plaats heeft: wat gaat eraan vooraf en wat kan erop volgen? In de slotparagraaf stellen we de geschiktheid voor het einde van de basisschool aan de orde en vragen we de lezers om reacties.

2 De activiteit in de praktijk

De activiteit bestaat in feite uit twee onderdelen: het verzamelen van meetgegevens en het analyseren en beschrijven van de bevindingen. In de praktijk blijkt dat tijdens het verzamelen van gegevens allerlei ontdekkingen met betrekking tot schaduwen worden gedaan en allerlei redeneringen plaatsvinden die later bij het analy-

seren van de gegevens expliciet op een rijtje worden gezet. Het begint al bij het ‘planten’ van twee stokken die precies rechtop in de grond gezet moeten worden. Voor de leerling doemen er al direct een aantal vragen op. Hoe kun je ervoor zorgen dat de stokken precies rechtop staan? Meestal wordt dit op het oog gedaan. Terwijl je een stok een beetje heen en weer beweegt zie je al meteen dat dat een effect heeft op de lengte en de richting van de schaduw. Helt de stok een beetje te veel richting zon, dan is de schaduw korter dan wanneer hij de andere kant op helt. Als de stok een beetje te veel naar links of rechts helt dan klopt de richting van de schaduw niet helemaal.

Hoe dicht bij elkaar moeten die stokken eigenlijk geplant worden? Maakt het voor de lengte van de schaduw iets uit of je een stok een heel eind verderop neerzet, verder van de zon af, of moeten ze netjes naast elkaar staan, allebei even ver van de zon? Als je de stokken heel dicht bij elkaar zet kun je er later op de dag echter achter komen dat de schaduwen van de twee stokken samenvallen, omdat ze op een bepaald moment precies op één lijn staan met de richting van de zonnestrallen. Terwijl je de stokken aan het neerzetten bent lijkt het erop dat de schaduwen van de twee stokken parallel lopen. Klopt dat?

Hou je bij het neerzetten van de stokken in de ochtend er ook al rekening mee hoe de schaduwen er later op de dag uit zullen zien? Misschien staan de stokken rond het middaguur wel in de schaduw van een gebouw, zodat je ze moet gaan verzetten voor de metingen later op de dag. Als je erover nadenkt blijkt dat echter helemaal niet erg te zijn.

Voordat de lengten van de schaduwen worden gemeten worden de eindpunten van de schaduwen gemarkeerd met een tentharing waarmee het touwtje in de grond wordt bevestigd. Wat stelt dit touwtje in de context van zonlicht en schaduw voor? Al redenerend komt een leerling erachter dat het touwtje laat zien hoe een zonnestraal het topje van de stok raakt en naar de grond loopt; andere zonnestrallen botsen als het ware tegen de stok aan en zo toont de schaduw op de grond waar zonnestrallen niet door de stok heen kunnen.

Als de lengten van de schaduwen worden gemeten komen leerlingen er al gauw achter dat dat voor beide stokken vrij snel achter elkaar gedaan moet worden. Als er een aantal minuten tussen zit, staat de zon alweer ietsje

hoger of lager en is hij bovendien gedraaid. Doordat het eindpunt van de schaduw met de tentharing is gemarkeerd, kun je de schaduw als het ware zien weglopen. Het is dus wel handig als er meerdere personen beschikbaar zijn om samen de metingen te verrichten.

De stokken kunnen niet op een tegelplein worden geplant. Dus er moet bijvoorbeeld een stuk gazon worden gekozen dat groot genoeg is voor de lengten van de schaduwen. Maar een gazon is meestal niet helemaal vlak. Hoe kan dan zo precies mogelijk de hoek gemeten worden die de zonnestraal met de grond maakt? Daarvoor kan een doos gebruikt worden, want dan kun je beter controleren (met een waterpas) of je ondergrond wel vlak is. Als je de doos een beetje heen en weer beweegt zie je welk effect dat heeft op de grootte van de hoek.

Als de doos netjes op de zijkant tegen het touwtje aangezet wordt kan de hoek afgetekend worden op de onderkant van de doos. Maar moet het hoekpunt precies op de plek van de tentharing zitten of mag je ook een stuk hoger op langs het touwtje meten? Al schuivend met de doos komt een leerling erachter dat het voor de grootte van de hoek niet uitmaakt, mits de horizontale lijn maar parallel loopt aan de vlakke ondergrond. De hoek kan eerst worden afgetekend op de doos en later kan de grootte van de hoek in graden worden gemeten, maar je kunt ook een geodriehoek op de goede plek in het hoekpunt neerzetten en de graden aflezen.

Het is wel handig om het tijdstip van de meting meteen bij de tekening van de hoek te zetten, want straks komen er op hetzelfde papier nog meer hoeken bij. Bij het meten van de hoek van de zonnestraal bij de tweede stok ontdekt de leerling misschien meteen al dat die hoek hetzelfde is als bij de tweede stok. Misschien nog maar even nameten, voor de zekerheid...

En dan nog het bepalen van de richting van waaruit de zon schijnt en de richting waarin de schaduwen wijzen. Hoe werkt zo'n kompas ook alweer? Hoe bepaal je de richting van de zon die hoog aan de hemel staat? Moet je dan het kompas schuin houden? Nee, je kunt handig gebruikmaken van de schaduwen die door de stokken op de grond gemaakt worden. Je legt het kompas plat op de grond op de schaduw, zorgt ervoor dat de naald van het kompas naar het noorden wijst, waar de *N* staat, en leest af in welke richting de schaduw wijst.

Op dat moment kan ontdekt worden dat de richting van de zon en die van de schaduw precies tegenovergesteld zijn. Je kunt de richting noteren in graden of met behulp van de acht windrichtingen. Het wordt ook al snel duidelijk dat de richting van de schaduw van de ene stok hetzelfde is als die bij de andere stok.

Als je de richting in graden noteert kom je er misschien sneller achter dan als je het met globalere richtingen doet. En eigenlijk had je dat meteen ook al wel gezien, toen het je opviel dat de schaduwen parallel leken te lopen.

Nu is er één meetmoment helemaal afgehandeld. Welke andere meetmomenten ga je voor deze dag kiezen, afge-

zien van het feit dat je vast ook nog andere zaken op het programma hebt staan? Wat zijn interessante momenten? Midden op de dag staat de zon het hoogst, maar hoe laat is het eigenlijk midden op de dag? Hoe zit dat met de zomertijd? Hoe laat gaat de zon onder en schijnt hij dan nog wel op dit gazon? Je kunt ook gewoon besluiten om over een uurtje weer eens te gaan kijken. Als je de touwtjes van de eerste meting laat zitten kun je makkelijker zien wat er in de tussentijd is veranderd. Het is ook interessant om vast van tevoren te voorspellen wat er veranderd zal zijn. Zullen de schaduwen korter of langer zijn geworden en in welke richting zullen ze wijzen?

Na de ontdekkingen die je bij de eerste meting hebt gedaan hoef je op het tweede meetmoment aanzienlijk minder te meten: als je de richting van één schaduw hebt gemeten kun je die van de andere ook al invullen. En de richting van de zon is tegenovergesteld aan de richting van de schaduwen. De hoek van de zonnestralen is ook voor beide stokken gelijk. Als het tweede meetmoment later op de ochtend is zie je dat die hoek groter is geworden: de zon staat hoger aan de hemel, de touwtjes langs de stokken lopen steiler naar beneden, en de schaduwen zijn daardoor korter geworden.

Dan hoeven alleen nog de schaduwen van de twee stokken gemeten te worden. En misschien begint bij de probleemoplosser wat dat betreft ook iets te dagen: de lengte van de schaduw van de 1 meter stok is twee keer zo lang als die van de 50 cm stok. Heeft dat iets te maken met het feit dat die stok ook twee keer zo lang is als die andere? Als je naar je gegevens kijkt blijkt dat op het eerste meetmoment ook al zo te zijn. Dus als je op het derde meetmoment gaat meten hoef je eigenlijk nog maar één schaduw op te meten. Zul je dan voor het gemak maar de kortste schaduw meten of moet je voor de nauwkeurigheid de langste schaduw meten?

Als je voor de derde en vierde keer naar buiten gaat om te meten heb je wel door hoe het met de beweging van de zon gaat: het begon in het oosten en gaat via het zuiden in westelijke richting. En de schaduwen wijzen dus de andere kant op. Ook voor de lengte van de schaduwen zie je de trend: ze begonnen lang, waren op een bepaald moment op hun kortst (heb je inderdaad gemeten precies op het moment dat ze op hun kortst waren?) en aan het einde van de dag zullen ze wel weer lang zijn. De hoek werd van klein steeds groter (hoe groot kan die hoek eigenlijk maximaal zijn?) en zal aan het eind van de dag wel weer klein zijn.

Na een aantal metingen kan aan het eind van de dag de ingevulde tabel eruit zien als in figuur 1.

Alle ontdekkingen die in de loop van de dag zijn gedaan en die misschien ook al besproken zijn in de groep die met de uitvoering van de activiteit bezig is geweest worden weerspiegeld in de tabel, behoudens natuurlijk een aantal onnauwkeurige metingen. De vragen die bij de activiteit gesteld worden nodigen leerlingen uit te reflecteren op de gedane ontdekkingen en op hetgeen door

tijdstip	stok 50 cm			stok 1 meter			
	richting van de zon	richting van de schaduw	lengte van de schaduw (cm)	hoek van de zonnestrallen	richting van de schaduw	lengte van de schaduw (cm)	hoek van de zonnestrallen
09.00	oost	west	220	18°	west	450	18°
10.00	zuid-oost	noord-west	138	13°	noord-west	266	27°
13.00	zuid	noord	50	45°	noord	100	45°
13.30	zuid	noord	60	42°	noord	122	42°
15.30	zuid-west	noord-oost	75	37°	noord-oost	150	37°
16.30	zuid-west	noord-oost	90	22°	noord-oost	175	22°

figuur 1: overzicht meetresultaten

redeneren duidelijk is geworden en om dit onder woorden te brengen.

Naast de gestelde vragen zijn er wellicht nog meer vragen naar boven gekomen. Bijvoorbeeld, hoe zouden de meetgegevens eruitzien als ze in een ander seizoen werden verzameld? Hoe is het als je de activiteit op het zuidelijk halfrond uitvoert? En dichterbij de evenaar? Wat is de maximale hoek die de zonnestrallen hebben? En waar en wanneer kun je die meten? Mogelijk is men zelfs bij allerlei bronnen te rade gegaan om antwoorden op die vragen te vinden.

3 Leeropbrengsten

Wat van deze activiteit en de reflectie daarop geleerd kan worden kunnen we onderverdelen in een aantal onderwerpen.

- *De zon*: de zon komt op in het oosten, gaat onder in het westen, schijnt uit zuidelijke richting, staat laag aan het begin en eind van de dag, stralen zijn steil als de zon op haar hoogste punt staat, de hoek van de zonnestrallen is 's ochtends en 's avonds kleiner dan midden op de dag.
- *Schaduwen*: schaduwen van de zon lijken parallel, waar zonnestrallen geblokkeerd worden door een voorwerp ontstaan schaduwen, de richting van schaduwen is tegenovergesteld aan die van de lichtbron, schaduwen van de zon zijn lang aan het begin en eind van de dag en kort midden op de dag, en dat heeft weer te maken met de hoek van de zonnestrallen.
- *Verhoudingen*: de verhouding tussen de lengten van twee voorwerpen is gelijk aan de verhouding tussen de lengten van de schaduwen van die twee voorwerpen in de zon gemeten op hetzelfde tijdstip.
- *Windrichtingen*: de kompasroos geeft vier hoofdwindrichtingen aan: noord, oost, zuid, west. Om een preciezer aanduiding te geven kunnen er tussen-richtingen

worden gebruikt: noordoost, zuidoost, zuidwest, noordwest. Ook worden er soms nog tussen-aanduidingen gebruikt als bijvoorbeeld noord-noordoost. Het kan nog verfijnder met graden, waarbij noord 0° is, oost 90°, zuid 180° en west 270°. Met een kompas kun je een richting bepalen als je het kompas plat neerlegt en ervoor zorgt dat de naald op de aanduiding *N*(oord) staat.

- *Hoeken*: hoeken kunnen variëren in grootte; in deze activiteit tussen de 0° en 90°. Het gaat bij een hoek om het gebied dat door twee elkaar snijdende rechte lijnen wordt begrensd. Die grootte van de hoek kan worden gemeten in graden, met behulp van een gradenboog of geodriehoek. De grootte van de hoek die de zonnestrallen met de aarde maken varieert, afhankelijk van de hoogte van de zon en daarmee van de steilheid van de zonnestrallen.

Deze onderwerpen worden alle zonder uitzondering tot het gebied van de meetkunde gerekend. Meetkunde wordt daarbij gezien als het onderzoeken en begrijpen van de ruimte waarin wij leven in de meest brede zin van het woord, waarbij we de ruimte niet alleen driedimensionaal opvatten maar ons ook richten op één en twee dimensies. Meetkunde betreft een wiskundige activiteit waarin allerlei fenomenen uit de waarnemingswereld worden onderzocht. Door Freudenthal (1973) werd meetkunde gedefinieerd als:

Grasping space ... it is that space in which the child lives, breathes and moves. The space that the child must learn to know, explore, conquer, in order to live, breathe and move better in it. (p.403)

In de betreffende activiteit worden inderdaad een aantal fenomenen (zon, schaduwen, veranderende hellingshoek van de zonnestrallen) door het doen van systematische waarnemingen onderzocht en door meetkundig redeneren (in groepsverband) krijgt de jonge onderzoeker geleidelijk steeds meer greep op de wereld om zich heen.

4 Waarde van de activiteit

Door middel van deze activiteit wordt kennis verworven waar men in het dagelijks leven gebruik van kan maken. De hoogte van een boom of een hoog gebouw kan worden bepaald door de lengte van de schaduw ervan te vergelijken met de lengte van de schaduw van een stok van een meter, bouwend op verworven kennis over die verhoudingen. Na reflectie op het onderzoek naar hoe de richting waaruit de zon schijnt en de hellingshoek van de zonnestralen in de loop van de dag veranderen kun je beredeneren waar en hoe laat de zon in je tuintje zal schijnen – handig als je de plaats van je aan te leggen terrasje wilt bepalen of als je moet bepalen waar je de zonzoekers zult planten. Zelfs voor een huis dat alleen op bouwtekeningen vastligt kan beredeneerd en aan de hand van tekeningen vastgesteld worden hoe zon en schaduw zich in de loop van de dag rond het geplande huis zullen bewegen. Als deze kennis nog verder is verdiept kan zelfs aangegeven worden hoe dit per seizoen zal verschillen. Dit zijn voorbeelden die de praktische waarde van de activiteit aangeven; ze passen in de wiskundige bagage die iedere burger zou moeten verwerven.

Binnen het TAL-bovenbouwproject noemen we dit de algemeen praktische en vormende waarde: behalve het praktisch nut dient de activiteit ook de bevordering van het nadenken en redeneren, en het probleemoplossend vermogen en de kritische houding die je nodig hebt om goed te kunnen functioneren in de maatschappij. In dit verband gebruiken we de term *mathematical literacy*. Daarnaast onderscheiden we de *voorbereidende waarde* van de meetkunde.

In het geval van deze activiteit wordt de basis gelegd voor het op een formeel niveau werken met bijvoorbeeld het hoekbegrip, evenwijdige en loodrechte lijnen of verhoudingen binnen een rechthoekige driehoek. Bovendien zullen visualiseringen als zijaanzichten, waar in deze activiteit een basis voor wordt gelegd, in het voortgezet onderwijs een steeds belangrijker rol gaan vervullen binnen de meetkundige probleemoplossing.

Ten slotte noemen we de *intrinsieke waarde* van de meetkunde. Binnen TAL-bovenbouw schrijven we in een concept-discussiestuk:

Afhankelijk van de talenten, interesses of behoeften kunnen leerlingen ook interesse voor de meetkunde om de meetkunde ontwikkelen en het gaan zien als een mooi vak. Ze ontdekken dat ze meetkunde leuk vinden om mee bezig te zijn en dat ze zich er verder in willen bekwamen, hetzij doordat ze ontdekken dat ze het ergens voor kunnen gebruiken, hetzij vanwege de esthetische aspecten die een zekere aantrekkingskracht uitoefenen, zoals in de kunst of architectuur.

De onderhavige activiteit zal bij veel leerlingen verwon-

dering oproepen doordat ze door systematisch observeren en redeneren greep gaan krijgen op de verschijnselen zon en schaduw; ze zullen verrast zijn dat je meetkundige technieken in kunt zetten om verschijnselen te begrijpen, verklaren en zelfs voorspellen. De kracht van het maken van een eenvoudige meetkundige schets zal zich onvermijdelijk aan hen opdringen. Er zullen leerlingen zijn die niet zo goed zijn in rekenen die juist vanwege het empirisch, visueel, praktisch toepasbaar bezig zijn met deze activiteit interesse voor het vak rekenen-wiskunde gaan ontwikkelen.

Al met al genoeg redenen om deze meetkundeactiviteit een plaats te geven binnen het meetkundeprogramma. Interessant is in dit verband dat een groep basisschoolleeraren die de activiteit in het kader van TAL-bovenbouw analyseerden met name de intrinsieke waarde ervan onderkende en dat het zien van het praktisch/vormend en voorbereidend nut niet zo voor de hand lag.

5 Inpassing binnen een leergang

Wij stellen ons voor dat dit geen op zichzelf staande geïsoleerde activiteit is, maar dat dit past binnen een leergang. De activiteit kan gedacht worden in een leerlijn waarin de verschillende aspecten van hoeken aan de orde komen: de hoek in de context van richtingen, de hoek als draai, de kijkhoek, en de hoek van een object of meetkundige figuur. Door een zorgvuldige opbouw in de leergang kan ervoor gezorgd worden dat leerlingen over voldoende bagage beschikken om zinvol met de activiteit aan de gang te gaan: kennis van windrichtingen, hoekbegrip, noties over de grootte van een hoek en ervaringen met schaduwen.

De activiteit, beschreven in deze 'Praktijktip' heeft betrekking op de kijkhoek: de hoek die de kijklijn (in dit geval zonnestraal) maakt met het aardoppervlak. Aan het eind van de activiteit vindt reflectie plaats op de relatie tussen de steilheid van de zonnestraal en de hellingshoek van de zonnestraal (zonder dat deze termen formeel geïntroduceerd worden). De leergang kan (in het voortgezet onderwijs) vervolgen met het uitdiepen van de relaties tussen de zijden en hoeken van een rechthoekige driehoek, immers dat is de meetkundige representatie van de stok-schaduw situatie.

Behalve hoeken is er in de activiteit een belangrijke plaats voor (meetkundige en getalsmatige) verhoudingen en in die zin moet er rekening gehouden worden met de plaats in de desbetreffende leergang. Leerlingen moeten immers in staat zijn te begrijpen dat de verhouding tussen twee getallen (de hoogte van de stok en de lengte van de schaduw) in een getal kan worden uitgedrukt (bijvoorbeeld de schaduw is twee keer zo lang als de hoogte van de stok); en dat dit weer kan worden vergeleken met een andere verhouding (die tussen hoogte en schaduwlengte

van de andere stok). Het is denkbaar dat de activiteit binnen het meetkundeonderwijs een vervolg krijgt in de bestudering en verklaring van aan aarde, zon en maan gerelateerde verschijnselen. Ook kan het verschil tussen schaduwen veroorzaakt door de zon en door een lamp worden onderzocht.

Behalve raakvlakken aan inhoudgerelateerde leergangen willen we nog opmerken dat binnen het meetkundeonderwijs systematisch aandacht moet worden geschonken aan visualisatie en representatie, aan het ontwikkelen van een meetkundig instrumentarium om de driedimensionale ruimte tweedimensionaal weer te geven. De kracht van het representeren wordt in het geval van de activiteit duidelijk als we een zijaanzicht tekenen van de twee stokken, de zonnestraal die over het topje van de stokken de grond raakt en het horizontale aardoppervlak. Het resultaat is een rechthoekige driehoek die de stok-schaduwverhoudingen en de grootte van de hoek zichtbaar maakt. Binnen het meetkundeonderwijs zullen leerlingen volgens een zekere opbouw vertrouwd moeten worden met verschillende soorten representaties, soorten projecties, en schaal en verhoudingen bij representaties.

6 Geschied voor de basisschool?

Deze activiteit past binnen de kerndoelen rekenen-wiskunde voor de basisschool en in die zin is het zeker legitiem om dit ook in (de bovenbouw van) de basisschool te doen. Maar wellicht in iets aangepaste vorm. We kunnen ons voorstellen dan men het ver vindt gaan om leerlingen in groep 7 of 8 al te leren omgaan met een geodriehoek of gradenboog om hoeken in graden te meten, als misschien nog geen brede oriëntatie op het hoekbegrip heeft plaatsgevonden. In dat geval kan de opdracht zodanig worden aangepast dat leerlingen de hoek die de zonnestralen met de aarde maken steeds aftekenen op papier en de verandering van de grootte van de hoek alleen beschrijven in

termen van 'groter' en 'kleiner'. Anderzijds kun je ook betogen dat het kunstmatig is om de leerling op de basisschool verre te houden van 'graden' en de daarvoor beschikbare meetinstrumenten kompas, gradenboog en geodriehoek. Veel leerlingen zullen deze instrumenten eerder in hun handen hebben gehad en dus maken ze deel uit van hun werkelijkheid. Het is slechts een kleine stap om te leren hoe je de grootte van de hoek met een handig ontworpen stukje plastic kunt meten, of hoe je een richting in graden aan kunt geven met een kompas, als je tenminste de drang tot een dergelijke nauwkeurigheid hebt ondervonden tijdens het uitvoeren van de activiteit.

Wij zijn erg benieuwd naar de opvattingen van de lezers.² Op welk standpunt stelt u zichzelf? Wellicht kunt u uw mening onderbouwen met eigen ervaringen, hetzij uit de basisschool, hetzij uit het voortgezet onderwijs, hetzij uit de buitenschoolse wereld. Misschien vindt u de activiteit dermate uitnodigend dat u hem gaat uitvoeren met leerlingen in de bovenbouw van de basisschool of met Pabo-studenten. Wij horen graag van u!

Noot

- 1 Aan meten en meetkunde in de bovenbouw zal op de komende Panama-conferentie (18, 19 & 20 januari) een verdiepingswerkgroep worden gewijd.
- 2 Stuur een beschrijving van uw mening of reactie naar: talbovenbouw@fi.uu.nl

Literatuur

- Feijs, E., J. de Lange, M. van Reeuwijk, M.S. Spence, J. Brendefur & M.A. Pligge (in druk). Looking at an Angle. In: Wisconsin Center for Education Research & Freudenthal Institute (eds.). *Mathematics in Context*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht: Reidel.
- Heuvel-Panhuizen, M. van den & K. Buijs (red.) (2003). *Jonge kinderen leren meten en meetkunde. Tussendoelen Annex Leerlijnen*. Groningen: Wolters-Noordhoff.

Een meetkundeactiviteit voor de bovenbouw van het basisonderwijs

Voor deze activiteit heb je de volgende materialen nodig:

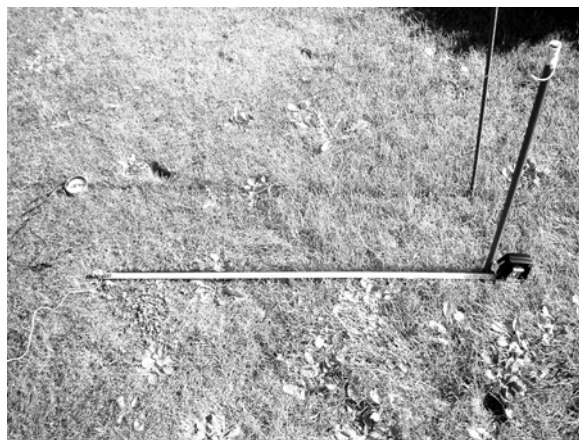
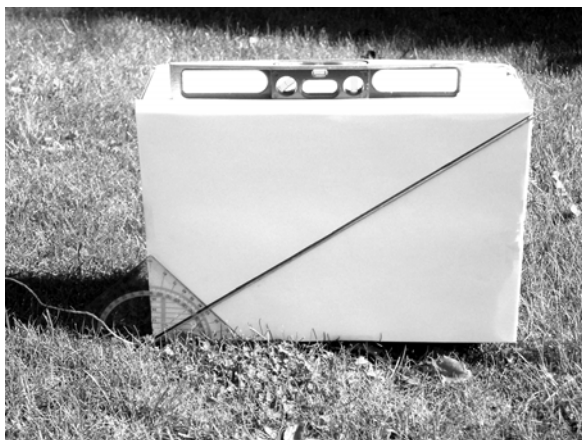
- een stok van 1,20 m en een stok van 0,70 m;
- een meetlint;
- enkele meters touw;
- plakband;
- twee tentharingen;
- een kompas;
- een schoendoos beplakt met een A4tje;
- een geodriehoek;
- een waterpas.

Kies een zonnige dag voor de uitvoering van de activiteit. Steek beide stokken precies rechtop in de grond, een stukje uit elkaar. De lange stok moet 1 meter boven de grond uitsteken, de korte stok 50 cm. Bevestig bovenop elke stok met plakband het uiteinde van een stuk touw. Het andere uiteinde van het touw wordt met een tentharing in de grond bevestigd, precies op het eindpunt van de schaduw van de stok.

Verzamel op minstens vijf momenten verspreid over de dag gegevens:

- Gebruik het *meetlint* om de lengte van de schaduwen van beide stokken te meten.
- Bepaal met het *kompas* de richting van de schaduwen en die van waaruit de zon schijnt.
- Zet de doos op z'n kant tegen het touw aan met een punt precies bij het eindpunt van de schaduw. Zorg ervoor dat de doos precies vlak staat (gebruik je waterpas). Teken op de onderkant van de *doos* de hoek van de zonnestralen en gebruik je *geodriehoek* om die hoek te meten.

Onderstaande foto's maken duidelijk hoe de meetopstelling eruit kan zien.



Noteer de bevindingen in onderstaande tabel. Zet erbij op welk tijdstip je hebt gemeten.

	stok 50 cm			stok 1 meter			
tijd- stip	richting van de zon	richting van de schaduw	lengte van de schaduw (cm)	hoek van de zonnestrallen	richting van de schaduw	lengte van de schaduw (cm)	hoek van de zonnestrallen

Bespreek je bevindingen tijdens het meten en na bestudering van de tabel in groepjes en schrijf een verslag.

Besteed aandacht aan de volgende onderwerpen:

- 1 Wat heeft de richting van de schaduw te maken met de richting van de zon?
- 2 Hoe verandert de richting van de schaduwen in de loop van de dag?
- 3 Hoe verandert de lengte van de schaduwen in de loop van de dag?
- 4 Hoe verandert de hoek van de zonnestrallen in de loop van de dag?
- 5 Vergelijk de lengtes van de schaduwen van de stok van 50 cm met die van de stok van 1 meter.
Wat valt je op?
- 6 Vergelijk de hoeken van de zonnestrallen bij de stok van 50 cm met die van 1 meter.
Wat valt je op?
- 7 Kunnen de schaduwen van de korte en de lange stok elkaar kruisen of raken?