

Een leuke uitdaging voor de creatieve amateur:

# Bouw een heliostaat



**Professor Minnaert (rechts) bij de heliostaat op het dak van Sterrenwacht Sonnenborgh in Utrecht. De spiegel draait om een as die evenwijdig aan de aardas staat. Het beeld van de zon wordt met de tweede spiegel in de ruimte daaronder gespiegeld, alwaar men de zonnevlekken kan bekijken. De werking van deze heliostaat berust op een iets ingewikkelder principe dan het door de auteur beschreven zelfbouwmodel. (Foto: Stichting 'De Koepel')**

cirkel op het aardoppervlak tekent die evenwijdig loopt aan de evenaar. Deze cirkel ligt ten hoogste bij 23,5 graden noorderbreedte (in onze zomer) en ten laagste bij 23,5 graden zuiderbreedte (in onze winter).

## Het basisprincipe

Om de zon in beeld te houden, moet de poolas van onze heliostaat straks precies evenwijdig aan de aardas staan. De krans op de tijdsklok draait dan precies mee met de zon: beide maken in precies 24 uur een omwenteling. Op de krans zullen we een houder monteren. In die houder is een tweede as bevestigd die loodrecht op de poolas staat.

Op die tweede as is een spiegel gelijmd. Als we een laserstraal evenwijdig aan de poolas in die spiegel laten schijnen en de krans van de tijdsklok rond laten draaien, beschrijft de teruggekaatste lichtbundel een kegel. Omgekeerd betekent dit dat wanneer een zonnestraal via een beschrijvende lijn van die kegel in de spiegel valt, deze wordt teruggekaast langs de poolas van onze heliostaat. En dit blijft zo gedurende de hele dag.

Dus als we eenmaal de weerkaatste zonnestraal op de poolas hebben gekregen, hebben we bereikt dat die straal niet meer van richting verandert, ook al draait de aarde ondertussen door. We kunnen dit voor elkaar krijgen door de spiegel om de tweede as onder een bepaalde hoek te kantelen. Daarna kunnen we de straal met een tweede stilstaande spiegel richten waarheen we maar willen.

## Bouwbeschrijving

Op bijgaande foto is het eindresultaat van onze bouwactiviteiten te zien. We zullen de verschillende onderdelen nader bespreken. Het bovenvlak van de standaard moet loodrecht op

de poolas komen te staan. Hierop monteren we het stopcontact waar de tijdsklok ingaat. De bovenplank wordt 16 x 20 cm.

Maak twee rechthoekige driehoeken met een schuine zijde van 20 cm en horizontale en verticale zijde volgens bijgaande tabel. Teken de horizontale en verticale hartlijn op de bovenplank. Monteer het stopcontact zo nauwkeurig mogelijk in het midden van de bovenplank met de gaatjes van het stopcontact op een horizontale lijn. Sluit het drie-aderige snoer aan waarbij de geel/groene draad aan de randaarde-aansluiting moet. Schroef de bovenplank op de twee driehoekige steunen met vier schroeven.

Ga naar een computerwinkel en vraag om een paar kapotte harddisks. In een harddisk zitten een of twee schijven met een diameter van 9,5 cm: dit zijn perfecte oppervlaktespiegels. (Vroeger waren zulke schijven bruin van kleur, maar tegenwoordig zijn ze helder zilverkleurig.) Ze hebben weliswaar een middengat van 2,5 cm, maar dat neemt maar zeven procent van het licht weg. Je kunt ook oude cd's nemen en dan een schijf van 9,5 cm uitzagen. Het middengat is dan wel veel groter, met 13,5% lichtverlies. Ook kun je de cd heel laten en in een huzarensaladebakje van 1000 gram monteren.

Maak een stuk draadeind M4 van 13 cm. Er komen twee moertjes op dit draadeind aan de binnenkant van de rand van het bakje. Die moeten voorkomen dat het draadeind heen en weer kan schuiven in het bakje. Lijm de harde schijf op het draadeind en lijm meteen ook de twee moertjes

## Wat hebben we nodig?

- Een mechanische tijdsklok met een krans waarin pinnetjes geprikt kunnen worden. Deze is bij de Gamma en sommige andere winkels te koop.
- Een schuine standaard (zie bouwbeschrijving).
- Een geaard opbouwstopcontact, een rond drie-aderig snoer, een stekker en twee schroeven.
- Twee lege kwarkbakjes 450 gram of ijsbakjes 500 gram.
- Een stuk draadeind (M4).
- Vier moeren (M4).
- Twee vleugelmoeren (M4).
- Een bout en moer (M4).
- Plankje 11 x 35 cm, plankje 11 x 12 cm voor de rechte standaard.
- Twee afgedankte harde schijven, diameter 9,5 cm.
- Tweecomponentenlijm.
- Een kompas

vast. Maak twee gaten met een diameter van 4 mm tegenover elkaar in de rand van het kwarkbakje. Dit doe je als volgt: de diameter van de bovenrand is 115 mm. Als je dit door 32 deelt, vind je 81 mm. Teken met een passer vanuit een willekeurig punt op de rand deze afstand met twee cirkelboogjes af. Je vindt dan twee punten die recht tegenover elkaar liggen.

In de bodem moet een gat van 50 mm in het midden komen. Dit teken je als volgt af: meet de diameter van de bodem (= 94 mm). Meet vanaf twee punten van de rand van de bodem de helft (= 47 mm) en zet een streepje. Je vindt dan het midden van de bodem. Boor daar een gaatje van 1,5 mm en trek een cirkel met een straal van 25 mm om dit punt. Dit wordt straks het middengat.

De buitenste gaatjes op de krans van de tijdsklok zitten op een cirkel van 58 mm. Trek om het middengatje daarom ook nog een cirkel met een straal van 29 mm. Trek vanaf een wil-

lekeurig punt op de omtrek van deze 58 mm grote cirkel twee cirkelboogjes met een straal van  $58/32=41$  mm. Dan vind je weer twee punten die precies tegenover elkaar liggen. Door vanuit een van deze punten weer twee cirkelboogjes te trekken, verdeel je de cirkel in vier punten die precies 90° uiteen liggen. Boor in deze punten gaatjes van 2 mm. Dit moet zeer precies gebeuren en is het moeilijkste van het hele project. Knip met een nagelschaartje de cirkel van 50 mm uit.

Knip een mooie ronde inham in de zijkant van het bakje, zodat de spiegel ook licht van een lage invalshoek kan ontvangen. Monteer het kwarkbakje met vier pinnetjes op de krans van de tijdsklok. Monteer de spiegel in het kwarkbakje en zet hem min of meer stroef vast met de vleugelmoer. Het belangrijkste onderdeel van je heliostaat is klaar!

Nu kunnen we de rechte standaard maken waaraan de tweede spiegel bevestigd is, en die het door de eerste

In de tijd dat er nog geen sterke elektrische lampen bestonden, maakten onderzoekers gebruik van het felle zonlicht, bijvoorbeeld om door een microscoop te kijken. Het vervelende is echter dat de zon dan langzaam uit beeld loopt. En zo ontstond bij instrumentmakers de vraag hoe je een spiegel met een klok zodanig kunt laten bewegen dat de weerkaatste lichtvlek constant op één plek blijft terwijl de zon beweegt. Dat is het basisprincipe van de zogeheten heliostaat, een hulpmiddel dat meerdere toepassingen kent.

**W**e gaan eens proberen met eenvoudige middelen en gereedschappen een heliostaat te maken. Het is daarbij de sport de lichtvlek zo goed mogelijk laten stilstaan. Er is voor een bepaald type heliostaat gekozen, waarbij de motor één omwenteling in de 24 uur maakt. En, er is voor niet al teveel geld een mechanische tijdsklok te koop met een krans die precies in dat tempo ronddraait en ook nog in de goede richting. Daarmee is het grootste probleem voor ons reeds opgelost!

## Astronomische achtergrond

Vanuit de aarde gezien komt de zon in het oosten op, om langs een cirkel aan de hemel via het zuiden naar het westen te bewegen en dan onder te gaan. Het hele zwerk, met zon en al, lijkt rond één vast punt aan de he-

melkoepel te draaien. Dat punt is de plek waar het verlengde van de aardas door het hemelgewelf 'prikt'. Niet ver daarnaast staat de Poolster, die we overdag uiteraard niet zien. Ten opzichte van de vaste sterren draait de aarde in ongeveer 23 uur 56 minuten en 4 seconden éénmaal om een as die van noordpool naar zuidpool loopt. Tegelijkertijd draait onze planeet in 365,25 dagen om de zon (denk aan het schrikkeljaar!). Als de aarde één omwenteling om haar as heeft gemaakt, is zij dus ook wat verder opgeschoven in haar baan om de zon. De aarde moet daardoor nog ongeveer 1/366,25 omwenteling verder draaien om hetzelfde stuk van het oppervlak weer naar de zon te laten wijzen. Het resultaat is dat de zon na 24 uur weer boven dezelfde meridiaan staat.

De situatie wordt wat gecompliceerder door de stand van de aardas, die een hoek van 23,5 graden maakt met het vlak waarin de aarde om de zon beweegt. Dat maakt dat de verbindingslijn tussen het middelpunt van de aarde en het middelpunt van de zon in de loop van een etmaal een

## H.E.E. van Asbeck

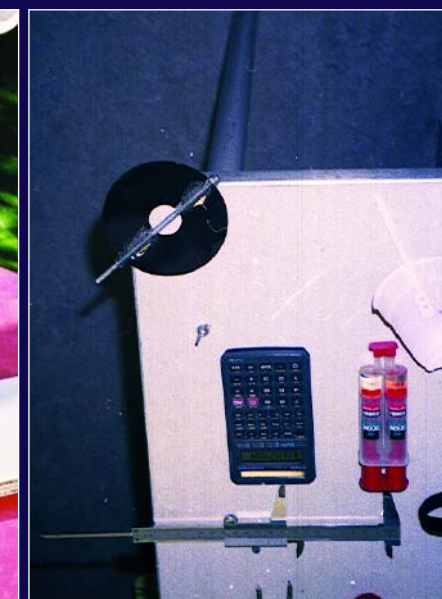
H.E.E. van Asbeck studeerde elektrotechniek aan de TU Delft. Hij werkt sinds 1978 bij het voormalige Technisch Tentoonstellingscentrum, nu Techniek Museum Delft, het universiteitsmuseum van de TU Delft.



De zelfgebouwde heliostaat op basis van een tijdsklok.



De juiste hoek is belangrijk en afhankelijk van de geografische breedte.



Het draadeind M4 wordt asymmetrisch op de harddisk gelijmd.

## Tangens van onze breedtegraad

N.B.°	tangens horizontaal (cm)		verticaal (cm)	
50,5	1,21	Bergen, Charleroi, Namen, Luik	15,4	12,7
51	1,23	Gent, Antwerpen, Brussel, Leuven, Maastricht	15,5	12,6
51,5	1,26	Breda, Tilburg, Eindhoven	15,7	12,5
52	1,28	Den Haag, Rotterdam, Utrecht, Arnhem, Nijmegen	15,8	12,3
52,5	1,30	Amsterdam, Almelo, Enschede	15,9	12,2
53	1,32	Den Helder, Leeuwarden, Assen, Groningen	16	12

spiegel weerkaatste zonlicht voert waar we het willen hebben. Veel meer dan het aan elkaar schroeven van twee plankjes is dat niet. Maak in het midden van de bodem van het tweede bakje een gat van 4 mm. Monteer de tweede spiegel op dezelfde manier als bij de eerste spiegelhouder en bevestig het bakje met een M4-bout op het verticale plankje.

### Het opstellen

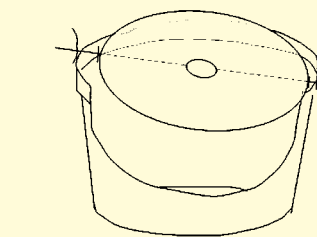
Zoek een plaats die goed horizontaal (waterpas) is en waar de zon over een grote hoek bij kan.

Bepaal de richting van het noorden. Dit kan met een kompas gebeuren, maar zorg er dan wel voor dat je ongeveer een meter verwijderd bent van alle ijzernen voorwerpen (ook het betonijzer in beton kan het kompas een verkeerde richting doen aanwijzen). Houd er bovendien rekening mee dat een kompas in Nederland en België vier graden te ver naar het westen wijst. Dit komt doordat de magnetische pool van de aarde niet precies samenvalt met de geografische noord-

pool. Teken op een stuk papier dat goed vastgeplakt is met plakband een noord-zuid lijn. Stel de rechthoekige driehoeken van de standaard met hun lange rechthoekzijde langs die lijn op. De helling van het bovenvlak moet naar het noorden aflopen.

Sluit je stopcontact aan en doe de tijd klok in het stopcontact. Nu moet de kranen van de tijd klok zo gedraaid worden en de spiegel zo gekanteld worden, dat de weerkaatste lichtbundel zonlicht volgens de poolas van de heliostaat loopt. Om de poolas van de heliostaat evenwijdig aan de aardas te krijgen, moet het verticale hartvlak van de heliostaat noord-zuid staan. Dit vlak snijdt een verticale muur volgens een verticale snijlijn.

We stellen de heliostaat zo op dat in het verticale hartvlak de muur precies één meter van het middelpunt van de spiegel staat. We markeren de hoogte van het middelpunt van de spiegel met een krijtje op de voornoemde verticale snijlijn. Vanaf deze markering meten we in meters de tangens van onze breedtegraad (zie tabel) naar



Een kwarkbakje als houder voor de spiegel, gemonteerd op de tijd klok.

boven af op de snijlijn en markeren ook dat punt met een krijtje op de muur.\* Vervolgens richten we door te draaien aan de kranen en de spiegel te kantelen de weerkaatste lichtvlek naar dat bovenste markeringspunt. De teruggekaatste bundel kunnen we met de niet-draaiende spiegel de gewenste eindrichting geven.

Voor de verschillende dagen in het jaar zal de stand van de spiegel aangepast moeten worden. Omdat de aarde een elliptische baan om de zon beschrijft, is de hoeksnelheid van de zon gedurende het jaar niet steeds even groot, terwijl onze tijd klok wel een constante hoeksnelheid heeft. Daarom zullen kleine bewegingen van de lichtvlek niet te vermijden zijn. Nu maar hopen dat er genoeg zonnige dagen komen (met niet al te veel wind!) om onze heliostaat uit de proberen!

\* Over het algemeen gaat het meten van lengten met een rolmaat en dan de tangens van de gewenste hoek toepassen nauwkeuriger dan het direct meten van de hoek met een gradenboog.

# Onkruid weren

Voorbeelden van werk dat afhankelijk is van het weer en het nut van weersverwachtingen daarbij kom je steeds vaker tegen. Zoals nu weer bij het gemeentelijk onkruidbeheer.

Tussen de tegels van de stoep, het speelplaatsje of de parkeerplaats is onkruid doorgaans niet welkom. Veel gemeenten zetten dan ook mankracht in om het ongewenste groen te verwijderen of – in gemeentebtenarenjargon – op z'n minst een acceptabel straatbeeld te realiseren. Dat kan met borstelen, branden of heet water, dus zonder gif, maar chemische bestrijding is goedkoper.

Doordat de onkruidverdelgers deels via het riool of rechtstreeks wegspoelen naar het oppervlaktewater en het grondwater, vormt het spuiten met zogeheten herbiciden een aanslag op de waterkwaliteit. Waterschappen en waterleidingbedrijven zien deze vorm van onkruidbeheer dan ook met lede ogen aan. Door goed op het weer te letten en de weersverwachtingen nauwgezet volgen, is de schade nog enigszins te beperken. In gemeenten waar ze dat in praktijk brengen en ze dus op het juiste moment gaan spuiten, hebben ze minder chemische middelen nodig en komt er minder gif in het milieu terecht.

### Regen en wind

Bij het terugdringen van de afspoeling van onkruidbestrijdingsmiddelen speelt het weer op verschillende manieren een rol. Als het kort nadat er gespoten is gaat regenen, komen de chemicaliën met het wegstromende regenwater in de sloot of het riool terecht nog vóór ze hun werk hebben kunnen doen. Eigenlijk moet het een

vol etmaal droog blijven om dit te voorkomen.

Verder mag het tijdens het spuiten niet te hard waaien. De wind kan de middelen namelijk meevoeren naar plaatsen waar dat niet nodig of zelfs ongewenst is. Om dergelijke drift te voorkomen, houdt men een bovengrens voor de windsnelheid aan van windkracht drie. In de landbouw wordt bij het uitvoeren van gewasbeschermingsmaatregelen, het in die sector gehanteerde eufemisme voor spuiten, eenzelfde bovengrens aangehouden.

### Temperatuur en vochtigheid

De weersomstandigheden hebben ook invloed op de effectiviteit van het gebruikte chemische bestrijdingsmiddel, veelal RoundUp Evolution. Onkruid neemt deze stof het gemakkelijkst op na een periode met groeizaam weer zonder nachtvorst. Op nat onkruid moet je het niet gebruiken; als het regent of als het onkruid vochtig is van de dauw, kunnen de wijkbeheerders en buitendienstmedewerkers van de gemeenten of de door hen ingehuurd loonbedrijven dus beter wat anders gaan doen.

De werking is optimaal bij temperaturen van 10 tot 22 graden en een relatieve vochtigheid van 80% of hoger. Daarbij moeten we rekening houden met het gegeven dat de temperaturen vlak bij betontegels of andere bestratingen overdag vooral bij zonnig weer aanzienlijk hoger liggen dan de op 1,5 meter hoogte gemeten officiële luchttemperatuur. We zagen al eerder dat

## Kees Floor

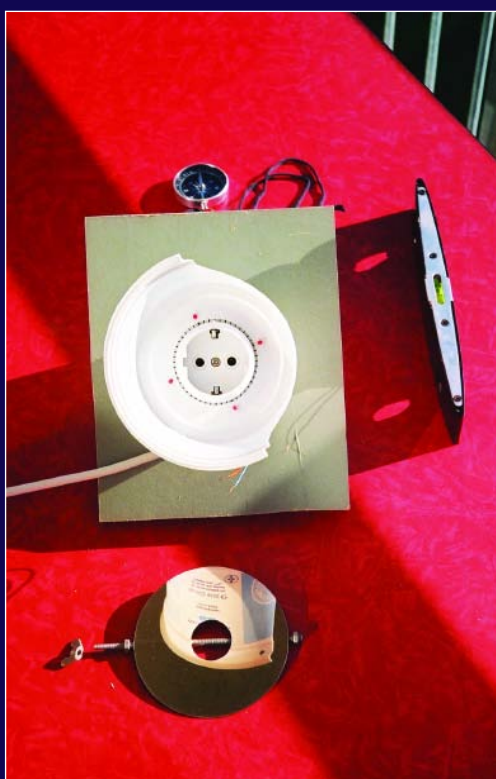
Kees Floor verzorgt cursussen, workshops, lezingen en geschreven teksten over het weer en aanverwante onderwerpen. Veel van zijn bijdragen aan *Zenit* (en andere tijdschriften) zijn te vinden op [keesfloor.nl](http://keesfloor.nl).

het na het spuiten nog 24 uur droog moet blijven; daarna mag het groei-zame weer met regen en zonder nachtvorst terugkeren.

### Minder milieuschade

Gemeenten die rekening houden met het weer kunnen, met wat aanvullende maatregelen en een goede werkplanning, het gebruik van onkruidverdelgers met een derde terugbrengen. Ze zijn dan wel iets duurder uit. Veel gemeenten gaat dat nog niet ver genoeg en zijn bereid wat dieper in de buidel te tasten of het beoogde straatbeeld aan te passen. Ze zijn overgestapt op onkruidbeheer zonder herbiciden. Dat kan onder andere met heet water, borstelen en branden. Er is dan geen afspoeling van chemische middelen en tegelijkertijd neemt de weersafhankelijkheid af. Eigenlijk kan alleen regen tijdens het werk nog roet in het eten gooien.

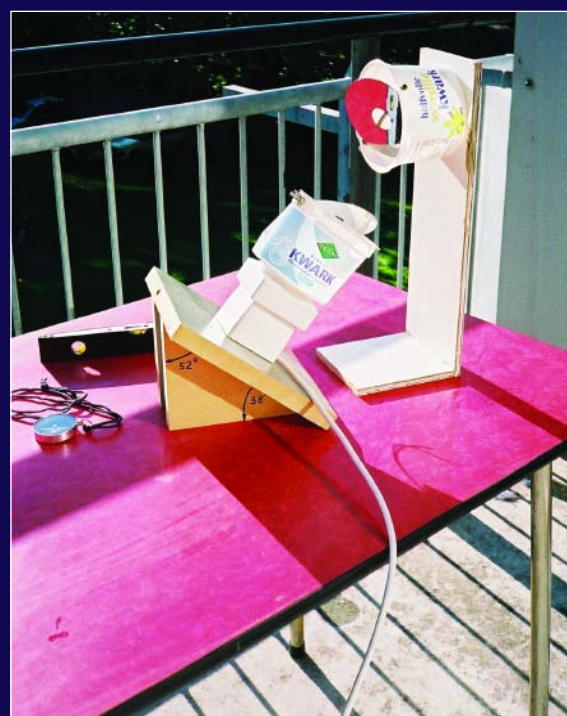
Van de onkruidbestrijdingsmiddelen die in het grond- en oppervlaktewater terecht komen, is bijna een achtste afkomstig van gemeenten en andere overheden. Particulieren vervuilen ongeveer evenveel; zij kunnen als ze het milieu minder willen belasten dus ook meer met het weer doen, overschakelen op andere manieren van onkruidbestrijding of het onkruid gewoon zijn gang laten gaan. De meeste winst is overigens te behalen bij het schoonhouden van bedrijfsterreinen; daar komt ongeveer 70 procent van de herbiciden die in het milieu terecht komen vandaan.



De spiegelhouders



De rechte standaard met daaraan bevestigd de tweede spiegel.



De opstelling van de heliostaat moet met enige nauwkeurigheid gebeuren: zorg voor een vlakke (waterpas) ondergrond en een locatie waar de zon enkele uren vrij spel heeft.



Onkruid gedijt goed tussen betonnen stoeptegels, vooral bij groei-zame weer...



Onkruidbeheer kan ook zonder chemische bestrijdingsmiddelen. Hier wordt gewerkt met heet water. Je bent hierbij minder afhankelijk van het weer: je hoeft je alleen maar te wachten tot het droog is.