

# Richting Reconstructie

C.G.N. van Veen

## 1 Introductie

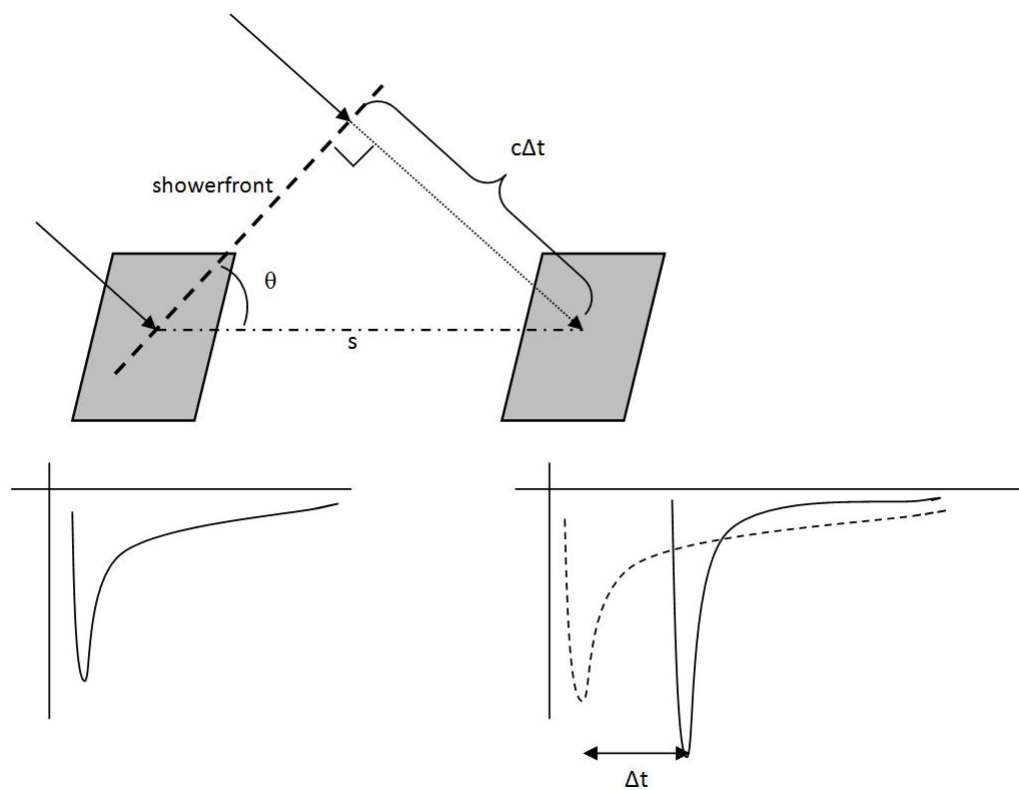
HiSPARC heeft verschillende meetstations op scholen in heel Nederland staan. Met deze meetstations kunnen Extensive Air Showers geanalyseerd worden. De stations variëren in het aantal detectorplaten en de vorm waarin, die platen zijn opgesteld. De meest gebruikte stations hebben vier of twee platen. De vormen waarin de platen van de stations zijn opgesteld variëren van een driehoek, rechthoek tot twee detectorplaten naast elkaar.

Met alle stations zijn EAS te meten, maar voor de bepaling van de richting van een EAS, zijn stations met vier detectorplaten handiger.

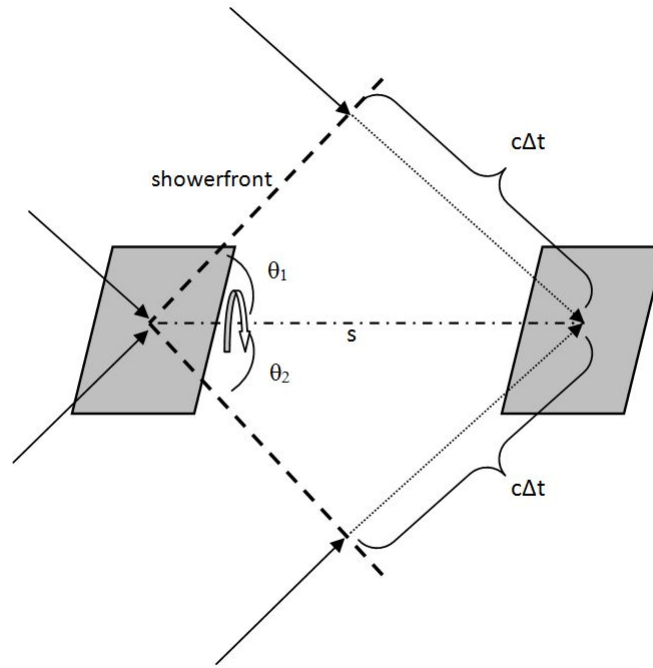
## 2 Richting reconstructie met twee detectoren

Een EAS wordt op aarde geregistreerd door detectorplaten in een HiSPARC-station. Omdat de EAS niet bij elke detector tegelijk aankomt, is uit de tijdsverschillen te reconstrueren uit welke richting de shower is gekomen. Er zijn echter belangrijke verschillen tussen hoekreconstructie met een station met twee detectorplaten en een station met drie detectorplaten. Bij een station met twee platen is de hoekreconstructie wat beperkter dan bij een station met vier platen. In figuur 2.1 kun je zien dat het showerfront twee detectorplaten passeert en het signaal van de tweede plaat een  $\Delta t$  later arriveert. Uit verschil tussen de aankomsttijd tussen de twee platen en de aanname dat het showerfront met de lichtsnelheid beweegt, kan eenvoudig de hoek van het showerfront met de platen uitgerekend worden. De berekende hoek  $\phi$  geeft echter geen uitsluitsel over de richting vanwaar de lawine kwam. Een hoek berekening met deze grootheden zorgt dat de richting  $\phi$  van de lawine rotatie symmetrisch is om de s-as, zoals te zien is in figuur 2.2, waar de shower, die eenzelfde hoek van inval heeft, is getekend net als de shower van boven.

Een richtingbepaling van een showerfront heeft minimaal drie detectoren nodig. Wat logisch is, want om een vlak te tekenen zijn ook minstens drie punten in de ruimte nodig. Om wel een reconstructie van richting te maken is dus een derde detector nodig. Scholen, die een station met twee detectoren hebben, kunnen ook een event gebruiken wat een coïncidentie is met een event gemeten door een ander station in de buurt, zodat een ander station het derde benodigde punt kan leveren.



Figuur 2.1: Bovenaanzicht. Showerfront passeert de linker detector 1. Een bepaalde tijd  $\Delta t$  later is het front bij de rechter detector. Het showerfront reist met de lichtsnelheid en heeft dus schuin de afstand  $c\Delta t$  afgelegd.



Figuur 2.2: Een shower vanuit richting  $\theta_1$  heeft dezelfde  $c\Delta t$  als een shower uit richting  $\theta_2$ , die vanuit de aarde lijkt te komen. Het inkomende showerfront is over alle hoeken tussen 0 en  $2\pi$  te roteren, waarbij de invalshoekhoek van de shower nog steeds klopt met bijhorende gemeten grootheden  $s$  en  $\Delta t$ . Met twee platen kun je de richting vanwaar de shower komt dus niet bepalen.

### 3 Richting reconstructie met drie of meer detectoren

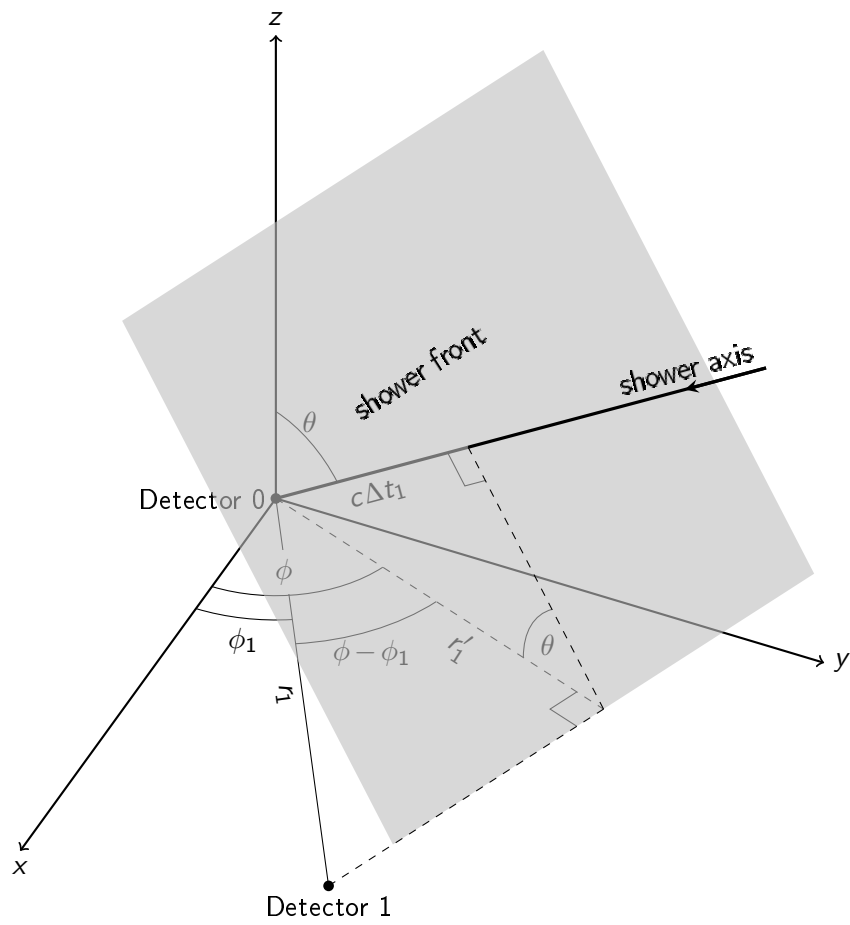
In figuur 3.1 is een situatie weergegeven van een vlak showerfront waarvan de normaal (de shower as) een zenithhoek ( $\theta$ ) heeft met het (x,y)-vlak en een azimuthhoek( $\phi$ ) met de x-as.

Het front passeert detector 1. Een bepaalde tijd  $\Delta t_1$  later is het front bij detector 0. Op een gelijke wijze kan ook een  $\Delta t_2$  worden bepaald, het tijdsverschil tussen detector 0 en detector 2. Voor de hoekreconstructie zijn dus minimaal drie detectoren nodig. In de HiSPARC-opstelling zijn dit òf de drie buitenste detectorplaten in een station, òf drie stations in een stationscluster. Al eerder is een dergelijke hoekreconstructie uitgevoerd met de volgende vergelijkingen, afgeleid door D. Fokkema [1]. Verdere uitleg over de richting reconstructie van een shower is te vinden op site: <http://www.hisparc.nl/docent-student/lesmateriaal/routenetpad/> onder "richting reconstructie primair deeltje".

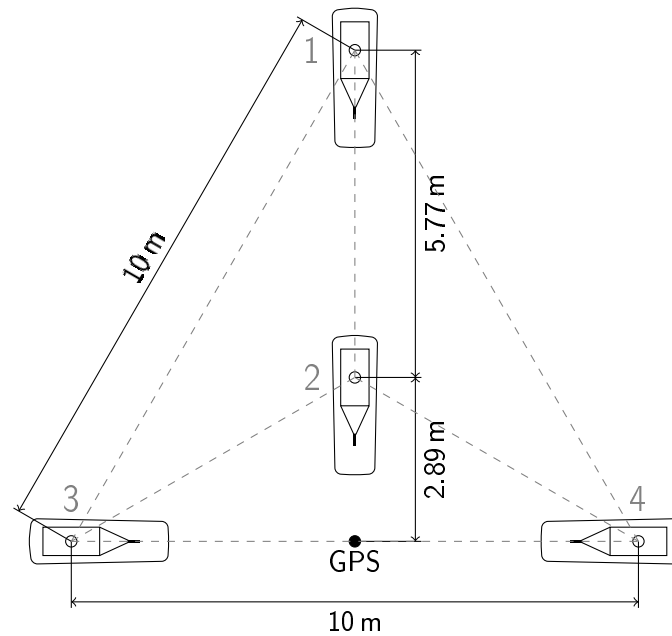
$$\tan(\phi) = \frac{r_1 \Delta t_2 \cos \phi_1 - r_2 \Delta t_1 \cos \phi_2}{r_2 \Delta t_1 \sin \phi_2 - r_1 \Delta t_2 \sin \phi_1} \quad (3.1)$$

$$\sin(\theta) = \frac{c \Delta t_1}{r_1 \cos(\phi - \phi_1)} \quad (3.2)$$

Hierin is  $\phi_1$  de hoek tussen detector 0 en detector 1 en  $r_1$  de afstand tussen deze detectoren.  $\phi_2$  is de



Figuur 3.1: Showerfront passeert detector 1. Een bepaalde tijd  $\Delta t_1$  later is het front bij detector 0. Figuur overgenomen uit [1]



Figuur 3.2: Opbouw van een vier detectorstation. De detectoren zijn hoekpunten, die liggen op een gelijkzijdige driehoek op 10 m van elkaar.

Detector	aankomsttijd (ns)
1	0
3	7.6
4	9.2

Tabel 1: aankomsttijden van een shower gedetecteerd door station 501

hoek tussen detector 0 en detector 2 en  $r_2$  de afstand tussen deze detectoren.  $c$  is de lichtsnelheid.

**Opdracht 1** Richting bepaling van station 501. Bekijk tabel 1 met een meting van de aankomsttijden van een showerfront bij drie detectoren van én station. De aankomsttijden zijn gegeven in ns.

Bereken hoek  $\phi$  en hoek  $\theta$  met behulp van de gegevens in tabel 1

---



---



---



---

## Referenties

- [1] D.B.R.A. Fokkema, *The HiSPARC Experiment, data acquisition and reconstruction of shower direction*, PhD. thesis 2012