Nauwkeurigheid van de data-analyse bij het bepalen van de omloopperiode van de zon.

Ralf Dekker

28 november 2024

Samenvatting

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut tempor ullamcorper sapien, quis lacinia nibh pellentesque vel. Sed ultrices nunc vitae magna pulvinar ac posuere velit bibendum. Nunc placerat ornare libero nec viverra. Nulla ullamcorper diam orci, sit amet scelerisque nisl. Nam sapien felis, auctor vestibulum dignissim nec, egestas eget dolor.

STUDENTNUMMER	1234567
PRACTICUMGROEP	Groep A of B
BEGELEIDER	Naam begeleider
VAK	Practicum 2
OPDRACHT	Practicumverslag
VERSIE	Herschreven versie
STUDIE	Natuur- & Sterrenkunde

VU VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM

UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

1 Inleiding

In de 17e eeuw was Galileo Galilei al bezig met het onderzoeken van de zon. En tot op heden zijn er nog veel mysteries over de zon voor onderzoekers. Daarom is het maar al te belangrijk dat er moet blijven onderzocht en geïnnoveerd. Want Galileo had zich niet kunnen voorstellen wat wij nu al allemaal weten. Een van de onderwerpen waar Galileo zich in zijn tijd mee bezig hield was het bepalen van de rotatieperiode van de zon. Dit deed hij analoog en met veel geduld. Wij hebben het geluk dit met een computer te kunnen doen. Waarbij de analyses een stuk sneller gaan en we veel meer en preciezer kunnen meten. Ons resultaat zal dus ook hopelijk accurater zijn en een kleinere onzekerheid hebben. Dit heeft al gevolg dat we betere voorspellingen kunnen doen en meer leren over de zon. Tijdens de analyse zullen er verschillende stappen worden gezet naar een eindresultaat en elke stap zal met een onzekerheid gedaan worden. Al deze onzekerheden worden naar het eindantwoord gepropageerd en zeggen iets over de nauwkeurigheid. Wij zullen gaan kijken naar hoe deze onzekerheden volgen uit onze analyse en bepalen welke de grootste invloed hebben. Daarnaast zullen we uitzoeken of er vanuit de data analyse mogelijkheden zijn om deze onzekerheden te verkleinen.

2 Theorie

Om van spectraallijnen naar een rotatieperiode te gaan zullen we gebruik maken van het dopplereffect en de daarbij behorende verschuiving. Door de rotatie van de zon zal op de randen van de zon op precies de equator de snelheid recht naar ons toe en van ons af bewegen. Door op deze punten het hele zonnespectrum te meten zal uit het verschil tussen de spectra een snelheid te berekenen zijn. Het berekenen van de snelheid op deze punten gaat met de volgende formule:

$$v = c\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \tag{1}$$

waarbij λ_0 de oorspronkelijke golflengte (zonder beweging) van de spectraal lijn is.
$\Delta\lambda$ het verschil is tussen de gemeten golflengte en de oorspronkelijke golflengte ($\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$). De oorspronkelijke golflengte wordt berekent door de som van beide golflengten door 2 te delen ($\lambda_0 = \frac{\lambda_2+\lambda_1}{2}$). Hierbij is λ_2 de golflengte die rood verschoven is en λ_1 blauw verschoven.
c is de lichtsnelheid in vacuüm ($\pm 3 * 10^8$ m/s).
v is de snelheid van de zon op de equator. De snelheid is positief wanneer het punt op de zon van de aarde af beweegt.

Vanuit de snelheid op het oppervlak kan de rotatiesnelheid op de equator worden bepaald.

Deze radiële snelheid wordt berekent met de straal van de zon:

$$\omega = \frac{v}{R} \tag{2}$$

Met ω als de rotatiesnelheid,

v als de oppervlakte snelheid,

R als de straal van de zon.

Het berekenen van de rotatieperiode wordt berekent aan de hand van deze rotatiesnelheid:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \tag{3}$$

Met T als rotatieperiode en ω de rotationele snelheid.

Om deze berekening te mogen doen laten we complexiteit uit de praktijk weg en maken we aannames over een aantal punten.

De gemeten data is op exact de rand van de zon en op de lijn van de equator gemaakt. Ook is de zon niet gekanteld ten opzichte van het equator vlak. Deze aannames zijn nodig zodat de vector van de snelheid precies in de kijkrichting ligt. Als de punten niet op de equator liggen zal door differentiële rotatie de omloopperiode afwijken.

3 Methode en opstelling

Van zowel de westelijke als oostelijke rand van de zon is een lijst van datasets verkregen. In deze lijst staan 24 ordes die elk een deel van het gehele zonnespectrum bevatten. Vanaf nu zullen we gaan kijken naar de individuele ordes. De dataset van elke orde bestaat uit meerdere subsets. Te beginnen met de ruwe gemeten flux. Ook wordt het thorium-argon spectrum meegegeven. Daarnaast zijn er datasets gevormd die aangeven waar de afwijking in de meetopstelling zit. Als laatst is de signal to noise ratio (SNR) voor de gemeten flux als dataset meegegeven. De ruwe dataset van de flux is de exact verkregen data van het meetapparaat. Om te corrigeren voor de onzekerheden van de meetopstelling zelf wordt een nieuwe dataset opgesteld waarin alle onzekerheden van de opstelling worden meegenomen om een een gecorrigeerde flux te krijgen. Dit is de flux waar voor de rest mee gewerkt wordt (Misschien plaatje alle datasets??).

De flux wordt gegeven per pixel van de meetapparatuur. Om iets te kunnen zeggen over de bijbehorende golflengte zullen we de pixels moeten kalibreren met een bestaand spectrum. Dit wordt gedaan met het thorium-argon spectrum. Vanuit de dataset van thorium-argon worden op basis van maxima de pieken geïdentificeerd en de bijbehorende golflengte opgeslagen. Met deze nieuwe datapunten kan een verband worden getrokken en dat wordt gedaan met een polynoom gefitte functie. Hierbij worden de residuals van de punten ook weergegeven en hierin

is de onzekerheid af te lezen (figuur eventueel?).
Nu de golflengte van de pixelwaarde bekend zijn valt er te kijken naar de flux zelf. Om een relatief beeld te krijgen van het spectrum is het verstandig om de dataset te normaliseren. De flux wordt hierdoor omgezet naar een relatieve intensiteit. Het normaliseren gebeurt door een polynoom te fitten door de flux. De fit is dus het gemiddelde van de flux rond een bepaald punt in de grafiek. Door de gehele grafiek door deze fit te delen ontstaat er een genormaliseerde functie waarin het relatieve verschil tussen minima en maxima te zien is.
Om naar ons eindresultaat te komen zullen beginnen met het bepalen van het golflengteverschil tussen verschillende absorptielijnen. We zien dat de absorptielijnen een vorm hebben van een omgekeerde parabool- of Gaussische functie. Hierin is symmetrie te vinden en dus kunnen we één van deze functie fitten aan de absorptielijnen om vanuit het minimum van de functies de golflengte te bepalen. Voor deze fit gaan we een Gaussische functie toepassen.

$$g(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(x-\mu)}{\sigma}^2} \tag{4}$$

Het gemiddelde (μ) dat als fitresultaat wordt gegeven is onze golflengte en de standaardafwijking (σ) onze onzekerheid. Voor beide datasets aan de rand kan dit worden gedaan en uit het verschil tussen deze golflengten kunnen we de rotatieperiode bepalen.
De onzekerheid van de golflengte volgt uit die van de flux. De onzekerheid op de flux wordt bepaald uit de SNR dataset. Deze wordt gedeeld door de flux om de onzekerheid te bepalen per datapunt ($Noise = \frac{Signal}{SNR}$). Deze onzekerheid wordt meegenomen in de fitfunctie en berekent de standaardafwijking σ. Deze onzekerheden van de golflengten worden door middel van foutenpropagatie omgerekend naar een onzekerheid op de rotatieperiode. De standaardafwijking die als resultaat volgt uit de fit is de enige fout op de golflengte die mee wordt genomen. De fout op de kalibratie is erg klein in vergelijking en de fout op de normalisatie heeft geen invloed op het bepalen van de fout op de golflengte.

4 Resultaten

5 Discussie

6 Conclusie

7 Referenties