

# Van Pehr Wilhelm Wargentin tot de maaneclips



#### **INLEIDING**



#### Wie was Pehr Wilhelm Wargentin?

Wargentin werd geboren in 1717 in Sunne, Jämtland, Zweden en stierf in Stockholm, Zweden in 1783. Hij was astronoom en demograaf. In zijn essay "De satellitibus Jovis" bepaalde Wargentin de beweging en de baan van de manen van Jupiter. Hij publiceerde ook onderzoek omtrent magnetisme, poollicht en weer en klimaat. Hij werkte samen met Anders Celcius aan het ontwikkelen van de celciusthermometer.

In 1749 startte hij de "Stichting voor Zweedse Bevolkingsstatistieken", een instrument voor de Zweedse regering om het leven van de Zweedse inwoners in detail

op te volgen. Dit maakte van hem een van de belangrijkste personaliteiten op het gebied van statistische wetenschappen.

Wargentin was de eerste directeur van het observatorium van Stockholm en was van 1749 tot 1783 secretaris van de Zweedse Koninklijke Academie voor Wetenschappen. De krater Wargentin op de Maan is naar hem genoemd.





	DEEL 1
Thema's	Weerstation
Vakken	wetenschappen, technologie, engineering
Niveau	$\star \star \star$
Doelstellingen	De leerlingen leren over de gebruikte sensoren.
	Ze leren programmeren in Arduino
	De leerlingen monteren de onderdelen van het weerstation.
Vaardigheden	In reverse engineering onderzoeken de leerlingen het
	Bij het programmeren van de Arduino reiken we het voorbeeld aan van de pluviometersensor en leren hoe die werkt, hoe je het programma kunt wijzigen en hoe de metingen te observeren. Nadien kunnen de leerlingen het volledige programma in de Arduino kopiëren en testen.
	Ze monteren het weerstation.
Duur	Reverse engineering : 50 minuten
	Monteren van de onderdelen : 80 minuten
	Programmeren van de Arduino : 150 minuten
Benodigdheden	Arduino uno (SparkFun : DEV-11021) (2018- 30 euro) Weather shield (SparkFun: DEV-13956) (barometrische druk, relatieve vochtigheid, lichtsterkte en temperatuur) (2018 – 48 euro) 2 PRT-00132 + 2 PRT-11417 Weather meter (SparkFun: SEN-08942) (2018-90 euro) (windvaan - pluviometer – anemometer) computer – internet

#### **INLEIDING TOT HET WEERSTATION**



Om de weersomstandigheden te observeren en te beginnen met weersvoorspellingen willen wij een weerstation bestuderen.

Een weerstation is een toestel, op zee of aan land, met instrumenten en een uitrusting voor het meten van atmosferische omstandigheden. Het bezorgt je informatie voor weersvoorspellingen en om weer en klimaat te bestuderen.

De metingen van ons weerstation zijn: temperatuur, atmosferische druk, vochtigheid, windsnelheid, windrichting, lichtsterkte en neerslag.





#### **REVERSE ENGINEERING**

Voor dit project gebruiken we een weermeter van de SparkFun website (SparkFun: SEN-08942) Op de weermeter zien we diverse sensoren.



# Activiteit 2

In dit onderdeel doen we aan reverse engineering. Dit is het proces waarbij je kennis of designinformatie uit een product haalt. Dit proces bestaat er vaak uit dat je iets demonteert en de onderdelen en werking in detail bestudeert.

Laten we even naar de sensoren kijken.

#### De anemometer



Wat is het doel van deze sensor?

.....



Om te onderzoeken hoe die werkt, hebben we die voor jou gedemonteerd. Onderstaande foto's tonen dit proces.



In het omhulsel bevindt zich slechts 1 component. Dit is een reedschakelaar.



Zoek zijn functie op. Wat doet deze schakelaar?

.....

In de roterende kop van de anemometer zit een kleine component die deze schakelaar laat sluiten bij elke rotatie die de kop maakt. Welke component is in deze ronddraaiende kop gemonteerd?

.....

Een windsnelheid van 2,4 km/u laat de schakelaar één maal per seconde sluiten.

#### De windvaan



Met deze sensor kunnen we de windrichting bepalen. Een windvaan wijst in de richting **waar de wind vandaan komt.** 



Kijk eens naar het omhulsel. Welke letters vind je?

Ale is dit west, on welke manier kun is het wearstation den correct positioneren?

.....

Als je dit weet, op welke manier kun je het weerstation dan correct positioneren?

Als je het omhulsel opent, vind je de volgende componenten:





.....

.....

We herkennen opnieuw de reedschakelaars. Bijgevolg zal er een magneet zitten in de ronddraaiende kop van de vaan.

Hoe bepaalt de sensor de windrichting?

Hoe nauwkeurig zal deze sensor zijn? Hoe weet je dat?

.....



## De pluviometer

Om de hoeveelheid neerslag te bepalen kunnen we een pluviometer gebruiken.



In de onderstaande foto's kun je de inwendige constructie van de pluviometer zien.



Beschrijf hoe de pluviometer de neerslag kan meten.



Wat bepaalt de nauwkeurigheid van de pluviometer?

.....

Wat zou je kunnen wijzigen om de nauwkeurigheid te verbeteren?

.....

# Activiteit 3

Hoe zou je een sensor bouwen om sneeuwval te meten? Maak een klein ontwerp en stel het voor aan de klas.



# **HET WEERSTATION MONTEREN**

#### Montage van het weerstation (SparkFun: SEN-08942)



1. Monteer de twee metalen buizen. Ze passen in elkaar.

2. Bevestig de armatuur bovenop de buizen. Aligneer het midden van de armatuur met de inkeping in de buis. Gebruik een van de bijgevoegde schroeven en bouten om alles vast te zetten.



3. Monteer de anemometer op één zijde van de armatuur. Het uitsteeksel op de anemometer past in inkepingen op de armatuur. Schuif de anemometer op de armatuur tot die zichzelf vastklikt. Gebruik een bijgeleverde schroef en bout om de sensor vast te zetten.





4. Volg dezelfde procedure om de anemometer op de andere kant van de armatuur te installeren.

5. Gebruik de ingebouwde schroeven en bouten om de secundaire armatuur aan de metalen buis te bevestigen. Bepaal waar de pluviometer ver genoeg van de anemometer en weervaan verwijderd zal zijn en schroef de armatuur vast.



6. Ook de pluviometer heeft inkepingen om ervoor te zorgen dat hij op de armatuur kan worden gemonteerd. Aligneer deze en druk de pluviometer op zijn plaats. Gebruik opnieuw een schroefje om de pluviometer vast te zetten.



7. Onderaan de armatuur zie je twee clips om de kabels op hun plaats te houden. Schuif de kabel van elke sensor in deze clips.



8. Sluit de anemometerkabel aan op de windvaan. Leid de kabels van windvaan en pluviometer langs de metalen buizen naar beneden en gebruik de bijgeleverde snelbinders om ze vast te maken. Je kunt de bijgevoegde klemmen gebruiken om je meter bijvoorbeeld op een pvc-buis te monteren en vast te maken.

#### Montage van de weather shield – arduino – weather meter

Voor ons weerstation gebruiken we ook een Arduino Uno (SparkFun DEV-11021) en een Arduino weather shield (SparkFun: DEV-13956), 2 RJ11, 6-pinconnectoren en 2 header kits.





De Arduino Weather Shield van SparkFun is een makkelijk te gebruiken Arduino shield

dat je toegang verleent tot barometrische druk, relatieve vochtigheid, lichtsterkte en temperatuur.

De Weather shield kan werken tussen 3V en 10V, heeft een vochtigheidnauwkeurigheid van  $\pm 2\%$ , een druknauwkeurigheid van  $\pm 50$ Pa en een temperatuurnauwkeurigheid van  $\pm 0.3$ C

Soldeer de twee RJ11-connectoren op de weather shield om de neerslag en windsensoren te koppelen. Soldeer de header kits op het weather shield. Nu kun je de shields op de Arduino bevestigen. Alles is nu klaar om te programmeren.



De hardware van het weerstation is nu zo goed als klaar.





# PROGRAMMEREN VAN HET WEERSTATION

In dit onderdeel bestuderen we het programmeren van het weerstation. Eerst en vooral kijken we even naar het programma van de pluviometersensor en we gaan na hoe die werkt. Tenslotte zullen we het uiteindelijke programma samenstellen en testen.

#### Arduino gebruiken

Wanneer je Arduino voor de eerste keer gebruikt, moet je alle stappen uitvoeren die in de onderstaande link worden opgesomd om je Arduinoplatform gebruiksklaar te maken

https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage

Hieronder zie je de opbouw van het werkscherm. Het bestaat uit een programmeerdeel en een visualisatiedeel.



Sluit je weerstation nu aan op je computer.

#### De pluviometer programmeren



We hebben geleerd dat er een container is die kantelt wanneer een bepaalde hoeveelheid water erin gedruppeld is.



#### Activiteit 5

Bepaal de hoeveelheid water die de container doet kantelen. Gebruik een spuitje met maataanduiding om water in de container te gieten en gebruik de "serial monitor" (?seriemonitor) om te bepalen wanneer hij kantelt. Herhaal deze test 10 keer en neem de gemiddelde waarde.

Gebruik het onderstaande programma (Raingauge\_one) om te bepalen wanneer de container kantelt.

```
const byte RAIN = 2;
                         //pin for rainmeter
volatile unsigned long raintime, rainlast, raininterval, rain, TipAmount;
// volatiles are subject to modification by IRQs
void setup()
{
   Serial.begin(9600);
   pinMode(RAIN, INPUT PULLUP);
   attachInterrupt(0, rainIRQ, FALLING);
       // attach external interrupt pins to IRQ functions
   interrupts();
                                          // turn on interrupts
}
void loop()
{
void rainIRQ() // Activated by the magnet and reed switch in the rain
gauge
{
   raintime = millis();
                                          // grab current time
   raininterval = raintime - rainlast;
       // calculate interval between this and last event
   if (raininterval > 10)
       // ignore switch-bounce glitches less than 10mS after initial edge
    {
       TipAmount = TipAmount+1;
                                             // count new flip
       Serial.print("The bucket has flipped. "); //notify user
       Serial.println(TipAmount);
       rainlast = raintime;
                                         // set up for next event
   }
}
```

Hoeveelheid water in 1 container[I] =

Bepaal nu een formule die de hoeveelheid neerslag/m<sup>2</sup> berekent die overeenkomt met 1 container:

Het oppervlak van het bovenvlak van de pluviometer[m2]:



#### Hoeveelheid neerslag per vierkante meter [l/m<sup>2</sup>] die overeenkomt met 1 container =

```
In het onderstaande programma (Raingauge_two), vul je berekende waarde in de variabele 
"VolumeSquareMeter" in. Test nu het programma.
```

```
const byte RAIN = 2; //pin for rainmeter
float waterAmount = 0;
float VolumeSquareMeter = 0.71637; // <= Fill in the volume here</pre>
volatile unsigned long raintime, rainlast, raininterval, rain;
// volatiles are subject to modification by IRQs
void setup()
{
   Serial.begin(9600);
   pinMode(RAIN, INPUT PULLUP);
                                            // input from wind meters rain
qauge sensor
   attachInterrupt(0, rainIRQ, FALLING);
                                               // attach external interrupt
pins to IRQ functions
                                               // turn on interrupts
  interrupts();
}
void loop()
{
}
void rainIRQ()
// Activated by the magnet and reed switch in the rain gauge
{
   raintime = millis();
                                           // grab current time
   raininterval = raintime - rainlast;
       // calculate interval between this and last event
    if (raininterval > 10)
       // ignore switch-bounce glitches less than 10mS after initial edge
    {
       waterAmount = waterAmount + VolumeSquareMeter;
       Serial.print("Total rainfall = ");
       Serial.print(waterAmount);
       Serial.println(" l/m^2");
       rainlast = raintime;
                                         // set up for next event
    }
}
```



#### Het programma van het hele weerstation ontdekken

Om alle sensoren te gebruiken zul je twee bibliotheken moeten installeren. Ga naar deze link en dan naar "libraries and the Arduino web editor" (in geel gemarkeerd).

https://create.arduino.cc/projecthub/Arduino\_Genuino/getting-started-with-arduino-web-editoron-various-platforms-4b3e4a



Je vindt de twee bibliotheken in de map "libraries" die bij dit project voorzien is.

Laad nu het programma (final\_program) en je bent klaar om het weerstation te ontdekken. De flowchart op de volgende pagina toont je hoe het programma werkt.







Zoek eerst de lichtsterktesensor onder de tekst "Light" op de weather shield.

# Activiteit 7 Start het programma en gebruik een lichtbron om de lichtsterkstesensor te onderzoeken. Wat merk je in de seriële monitor?

Laten we even de windvaan onder de loep nemen.

#### Activiteit 7

Zoek de letters op de windvaan.

Start het programma en bekijk het resultaat in de seriële monitor.

Gebruik nu een kompas om de windvaan zo te oriënteren dat het noorden werkelijk met het noorden overeenkomt.

Laten we tenslotte de anemometer eens bekijken.

#### Activiteit 8

Start het programma, laat de anemometer ronddraaien en kijk wat er gebeurt.

Test wie het hardst kan blazen om de anemometer zo vlug mogelijk te laten ronddraaien.

Zoek op het internet hoe hard de wind kan waaien in jouw streek.



#### Ons weerstation en de wereld

Er zijn veel manieren om de waarden van het weerstation op te volgen. Het is eenvoudig om een programma te schrijven met MIT App Inventor dat je toelaat om Bluetooth te gebruiken om de waarden naar je gsm te sturen. Of je kunt een RPi gebruiken om de waarden naar een online platform zoals Wunderground te sturen. (<u>https://www.wunderground.com/</u>).

Dit zou ons te ver leiden, maar wie geïnteresseerd is kan hieronder zien wat zoal mogelijk is.



#### Smartphone/Bluetooth

Weather History Graph May 16, 2018 - May 21, 2018



Wunderground/RPi



	DEEL 2
Thema's	Weerstation
Vakken	wetenschappen, technologie, kunst, engineering
Niveau	$\bigstar \bigstar \bigstar$
Doelstellingen	Leerlingen bouwen hun eigen thermometerhut om de elektronische componenten te beschermen en leren over de plaatsing van een thermometerhut.
Vaardigheden	In dit onderdeel leren de leerlingen over de invloed van de plaatsing op het meten van windsnelheid, neerslag, Ze leren wat belangrijk is om een beschutting te bouwen voor de elektronische componenten.
Duur	afhankelijk van constructie
Benodigdheden	afhankelijk van constructie



# PLAATSING VAN HET WEERSTATION

# Inleiding

Het doel van het installeren van een weerstation op of nabij een huis is om de weersveranderingen op te volgen. Dit kan ons toelaten om ons op sommige weersveranderingen voor te bereiden.

Indien zo'n weerstation via modems verbonden kan worden, kunnen we informatie op afstand, van diverse locaties, opvolgen en registreren.

Zulke data zijn niet alleen interessant, maar ze kunnen ook informatie bezorgen over weersveranderingen in een groter gebied en daardoor een goede basis voor weersvoorspellingen vormen.

Zulke data van diverse locaties opvolgen, is ook een goede en gefundeerde basis voor waarschuwingen voor de klimaatverandering. Het is helemaal anders, maar beter gefundeerd en boeiend, wanneer we dit bespreken op basis van data. Er zijn veel dergelijke weerstations die kunnen geïntegreerd worden in een gezamenlijk netwerk, zowel op Europees als zelfs een ruimer niveau. Deze data bieden erg representatieve informatie over weersfenomenen.

#### Sensoren plaatsen

De componenten van zo'n weerstation zijn, eerst en vooral, de sensoren die data opnemen van de temperatuur, luchtvochtigheid, luchtdruk, windrichting en –intensiteit en neerslag.

De sensoren moeten verbonden worden met de controleconsole, die een LCD-scherm kan hebben om gegevens weer te geven. De verbinding tussen sensoren en console kan via kabels of draadloos zijn. De console kan ook verbonden worden met een smartphone zodat je met behulp van een app van op afstand toegang kunt krijgen tot de data.

Het systeem kan gevoed worden met het elektriciteitsnet of kan zijn eigen autonome batterij hebben. Zo'n batterij kan werken op een zonnecel.

Een passende plaatsing van de sensoren is belangrijk voor het juist functioneren van het weerstation.

- De temperatuursensor moet ten minste 2 m van de grond staan en ten minste 30 m indien de grond geplaveid is. De afstand tussen de gebouwen rondom en de sensor moet minstens 4 keer de hoogte bedragen. De sensor moet ook goed beschermd worden tegen direct zonlicht.

- De windsensor moet 10 m boven de grond staan en niet dichter bij voorwerpen dan 10 keer de hoogte van het voorwerp. Het is dan ook nuttig om het weerstation op een dak te plaatsen.

- Het is best om de neerslagsensor samen met de windsensor te plaatsen.

- Het is best om de sensoren voor temperatuur, luchtdruk en vochtigheid in een thermometerhut te plaatsen, terwijl de wind- en neerslagsensoren best op een dak staan.



een voorbeeld van een weerstation:



#### een voorbeeld van sensorplaatsing:



#### Een thermometerhut bouwen

# Activiteit1

Maak een beschutting voor de Arduino, het weather shield, de batterij,....

Meet alle objecten die je hierin een plaatsje moet geven.



# Activiteit 2

Ontwerp en bouw een thermometerhut. Wees creatief. Maar de hut moet een vrije luchtdoorstroom garanderen en beschutting bieden tegen directe zonnestralen. De voorbeelden hieronder dienen als inspiratiebron.



#### klassieke thermometerhut

#### thermometerhut in modern design



In de onderstaande link zie je de bouwinstructies van het moderne design.

https://drive.google.com/file/d/1rcIWZGKQCHVz6qS8agidW484kcm- FRI/view

Eenvoudig design van een thermometerhut. (Merk echter op dat deze design nog niet beschermd is tegen zonlicht)





	DEEL 3
Thema's	Weerstation
Vakken	wiskunde, wetenschappen, technologie
Niveau	$\bigstar \bigstar \bigstar$
Doelstellingen	De leerlingen meten de verschillende weerselementen, maken grafieken en bestuderen het weer gedurende een dag, een maand, 
Vaardigheden	In dit onderdeel gebruiken de leerlingen het weerstation om bij te leren over de weersomstandigheden.
Duur	afhankelijk van de metingen
Benodigdheden	Het weerstation, aangesloten op een PC of laptop.

#### HOE IS HET WEER?



# Activiteit 1

Verbind het weerstation met een laptop of PC en lees de verschillende waarden af.

#### Welke waarden kun je aflezen?

Datum:

Tijdstip:

TOEPASSING	WAARDE	EENHEID
pluviometer		
druk		
lichtsterkte		
vochtigheidssensor		
windvaan		
temperatuursensor		
anemometer		

#### Activiteit 2

Zoek een weerstation in jouw streek op. Gebruik daarvoor de website <u>www.wunderground.com</u>. Vergelijk jouw resultaten met die van het weerstation.

	Onze waarden	Wunderground	EENHEID
pluviometer			
druk			
lichtsterkte			
vochtigheidssensor			
windvaan			
temperatuursensor			
anemometer			

Zijn er verschillen? Wat zou de oorzaak kunnen zijn?



Ga op zoek naar een paar officiële weersites en vergelijk jouw resultaten met die van de officiële weersites.

	Onze waarden	Site 1:	Site 2:	
pluviometer				
druk				
lichtsterkte				
vochtigheidssensor				
windvaan				
temperatuursensor				
anemometer				

Wat zou de oorzaak van verschillen kunnen zijn?

#### **Activiteit 3**

Noteer een dag lang elk uur de metingen. Maak een tabel van de temperatuur, de vochtigheid en de neerslag.



DEE	EL 4
Thema's	In deze les bestuderen we zon- en maansverduisteringen en berekenen we de hoogte van een maanberg.
Vakken	wiskunde, wetenschappen, technologie, aardrijkskunde, kunst
Niveau	***
Doelstellingen	De leerlingen leren over verduisteringen en observeren zons- en maansverduisteringen. De leerlingen leren websites omtrent de maan gebruiken. Met behulp van wiskundige metingen en berekeningen leren ze de hoogte van een maanberg bepalen
Vaardigheden	<ul> <li>observeren van natuurverschijnselen</li> <li>wiskundige vaardigheden omtrent goniometrie en interpoleren toepassen</li> <li>data vinden op het internet</li> </ul>
Duur	50 minuten (lles over zons- en maansverduistering) 100 minuten (berekening hoogte maanberg)
Benodigdheden	internet – Google Moon – rekentoestel - lineaal



# DE ZON – DE MAAN – DE AARDE

#### Inleiding

Aangezien er zich een maaneclips voordoet tijdens ons internationale project en aangezien Wargentin een astronoom was, vonden we dat we dit fenomeen toch even in de kijker moesten plaatsen. Maar laat ons eerst en vooral eens naar ons zonnestelsel en zijn afmetingen kijken.

# **Activiteit 1**

Ga op zoek op het internet en probeer om deze afmetingen en afstanden te vinden.

Straal Zon	km
Straal Aarde	km
Straal Maan	km
Gemiddelde afstand Aarde-Maan	km
Gemiddelde afstand Aarde- Zon	km

Stel dat we een tekening willen maken van ons zonnestelsel. Dan moeten we een schaal bepalen voor deze tekening. Stel dat we de straal van de Maan gelijkstellen met 1 mm. Bereken dan alle andere afmetingen en afstanden.

Straal Zon	cm
Straal Aarde	cm
Straal Maan	0.1 cm
Gemiddelde afstand Aarde-Maan	cm
Gemiddelde afstand Aarde- Zon	cm

Is het mogelijk om een correcte tekening te maken als we Zon, Maan en Aarde in één tekening willen weergeven? Ja / Nee

#### Waarom (niet)?

De straal van de Aarde is ...... keer de straal van de Maan. De straal van de Zon is ...... keer de straal van de Aarde.

Bovendien is de afstand van de Aarde naar de Zon ongeveer ..... zo groot als de afstand van de Aarde naar de Maan.



#### Zichtbaarheid van een voorwerp

Een lichtbron verspreidt licht en creëert op die manier een schaduw achter grote voorwerpen. Een ander voorwerp is zichtbaar voor een waarnemer indien het uit zichzelf licht uitstraalt of indien het licht van een andere lichtbron reflecteert.

Op de onderstaande figuur zie je dat een object licht van een lichtbron weerkaatst waardoor het object zichtbaar is voor de waarnemer. Dit wordt duidelijk geïllustreerd door de lijn "object-waarnemer" op de tekening.



#### Activiteit 2

Speel wat met de app en versleep de lichtbron, het object en de waarnemer. Ontdek zo wanneer het object al of niet zichtbaar is voor de waarnemer.

http://seilias.gr/erasmus/html5/shadow/shadow.html

#### Totale zons- en maansverduistering

Zonsverduisteringen doen zich voor bij Nieuwe Maan, wanneer Zon-Maan-Aarde op één lijn staan. Maan en Aarde bewegen echter niet in hetzelfde vlak rond de Zon. Daarom is er niet elke Nieuwe Maan een zonsverduistering.

Een totale zonsverduistering is slechts waarneembaar in een klein gebied van de Aarde, nl het gebied dat in de kernschaduw (umbra) van de Maan terecht komt. Gebieden op Aarde in de bijschaduw (penumbra) zien een gedeeltelijke zonsverduistering





Maansverduisteringen doen zich enkel voor tijdens Volle Maan, wanneer Zon-Aarde-Maan op één lijn staan. Maan en Aarde bewegen echter niet in hetzelfde vlak rond de Zon. Daarom is er niet elke Volle Maan een maansverduistering.

Maansverduisteringen zijn overal op Aarde zichtbaar waar het op dat moment duister is.

Wanneer de maan door de bijschaduw van de aarde (penumbra) trekt, is de Volle Maan gewoon wat minder helder. Een totale maansverduistering doet zich voor wanneer de Maan volledig door de kernschaduw (*umbra*) van de Aarde trekt. Tijdens een totale maansverduistering wordt de Maan nooit helemaal donker maar wel roodachtig.

Als slechts een gedeelte van de maan door de kernschaduw gaat, is er sprake van een gedeeltelijke maansverduistering.



Activiteit 3

Speel wat met de app en versleep Zon, Maan en Aarde en creëer je eigen zons- en maansverduistering. <u>http://seilias.gr/erasmus/html5/eclipse/eclipse.html</u>

Om het geheel nog wat realistischer te maken hebben we een derde app gemaakt. Een eclips is immers geen vlakke gebeurtenis, maar een ruimtelijke (driedimensionale) gebeurtenis. Bijgevolg is de kernschaduw eigenlijk geen driehoek maar een kegel. Hoewel de Maan zoals op de bovenstaande vlakke (tweedimensionale) figuur ogenschijnlijk in de schaduw van de Aarde staat, zijn we dat niet helemaal zeker. Misschien bevindt ze zich wel juist voor of achter de schaduw en is er bijgevolg geen maansverduistering.

Daarom kun je op de 3D-app een juister beeld krijgen van de verduistering. In de linkerbovenhoek zie je meteen ook hoe de verduistering er voor ons uitziet.





# Activiteit 4

Speel wat met de app en creëer je eigen maansverduistering.

http://seilias.gr/erasmus/html5/eclipse3D/eclipse3D.html

#### Observeren van een zons- en maansverduistering

In de loop van een jaar heb je de kans om twee à vijf zons- of maansverduisteringen te zien. Het aantal is echter afhankelijk van elkaar. Minimaal kunnen we tijdens een jaar 4 verduisteringen zien. Dit zijn dan twee zons- en twee maansverduisteringen.

Maximaal kunnen we tijdens een jaar 7 verduisteringen zien. Dit kunnen dan 2 zons- en 5 maansverduisteringen zijn, 3 zons- en 4 maansverduisteringen, 4 zons- en 3 maansverduisteringen of 5 zons- en 2 maansverduisteringen.

Let echter wel op wanneer je een zonsverduistering wil observeren! Gebruik een aangepaste bril of maak je eigen eclipskijker.

https://www.youtube.com/watch?v=PMPBWLSYKaw

# Activiteit 5

Ga op <u>https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat5/LE2001-2100.html</u> na hoeveel 'totale maaneclipsen ' er zijn in de 21<sup>ste</sup> eeuw.

Wanneer is de volgende totale maaneclips?

Zul je hem kunnen zien?

Zo ja, neem een prachtige foto.



# **DE HOOGTE VAN EEN MAANBERG**

#### Inleiding

Om de hoogte van een maanberg te berekenen hebben we een foto met 2 herkenbare plaatsen op de maan en een maanberg nodig maar ook het tijdstip waarop de foto genomen werd. Op de foto moet de schaduw van de berg waarvan we de hoogte willen kennen zichtbaar zijn.

Op de linkse figuur hieronder vind je krater Wargentin. Het is een ongewone krater omdat hij een verheven platform vormt omdat de krater bij de vorming opgevuld werd met lava.

Rechts zie je krater Walther. In het centrum merk je een berg met schaduw. Dit is meestal het geval bij kraters met een grote diameter. Op het einde van deze les kun je bij benadering de hoogte van deze berg berekenen.



#### Berekenen van de schaal van de foto





Je kunt de coördinaten van de herkenbare plaatsen opzoeken op Google Earth. Als je Google Earth opent, zie je bij de tool bar bovenaan een icoontje met een planeet. Als je dit aanklikt, kun je het beeld veranderen naar de Maan.



Dankzij Google Moon kunnen wij de werkelijke afstand tussen de twee herkenbare posities bepalen. In dit voorbeeld is dit dus 122 km.

oogle Earth - E	dit Path		and a		🎽 📖 🛛	
Name: Untitled	l Path				1. 2. 5	
Description	Style, Color	View 122	Altitude Kilometers	Measurements	A.	S. Alla
						Mont Blanc
			ОК	Cancel	allis Alpes	Montes Alpes
Q Di	Earth Galler	&* y >>	50	)°N, 2°E 🤔		47°N, 2°W

We meten de afstand tussen de twee herkenbare posities op de foto en kennen op deze manier de schaal van de foto.

De afstand op onze foto is 9,7cm. Dus komt 1cm overeen met 12,58 km.



# Activiteit 1

Neem de gekregen foto. Op de foto zie je een maankrater met een berg met een mooie schaduw. Dit is de krater Walther.

Zoek de krater op met behulp van

https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/MOON/target

Klik op 'crater', vervolgens op 'Refine your search'. Op dit tabblad kun je nu bij 'Feature Name' 'Walther intikken. Tenslotte klik je onderaan op 'Search'.

Bepaal de coördinaten van de voet van de maanberg. Kijk ook even naar het pdf-document bij 'quad'. Hier krijg je een nog mooiere kaart van de omgeving.

Breedtegraad :

Lengtegraad :

Bepaal met behulp van Google Moon de diameter van de krater "Werner", iets rechtsboven Walther gelegen. Dit is een mooie cirkelvormige krater.

De diameter is ...

Controleer het antwoord met behulp van

https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/MOON/target

https://www.lpi.usra.edu/lunar/tools/lunardistancecalc/index.shtml

Meet de diameter van de krater op de foto.

De diameter op de foto is ...

Wat is de schaal van de foto?

1 cm is ...



#### Bepalen van de positie van de terminator op het tijdstip van de foto

De terminator is de scheiding tussen het donkere gedeelte en het verlichte gedeelte op de Maan. Deze lijn verandert constant van plaats tijdens de beweging van de Maan rond de Aarde.



In wat volgt, willen we de positie te weten komen van de terminator op de dag waarop de foto genomen werd.

In ons geval weten we dat de foto genomen is op 6 september 3.30 UT of GMT. Er bestaan tabellen zoals hierna weergegeven.

	Datum	op k	omst	door	gang	onde	rgang	k	term.
		h	m	h	m	h	m		
	1/sep	19	29	1	17	7	33	0,95	-71,5
Terminator 🐘	2/sep	19	41	2	2	8	52	0,9	-59,3
	3/sep	19	54	2	46	10	10	0,83	-47,1
	4/sep	20	11	3	31	11	27	0,75	-34,9
	5/sep	20	32	4	17	12	43	0,66	-22,7
26	6/sep	21	0	5	6	13	55	0,56	-10,5
	7/sep	21	39	5	55	15	1	0,47	1,7
	8/sep	22	31	6	46	15	55	0,37	13,1
	9/sep	23	34	7	38	16	37	0,28	26,1
	10/sep	_	_	8	28	17	8	0,2	38,3

In deze tabel vinden we de lengtegraad van de positie van de terminator op elke dag om 0.00 UT. Zoals je kunt zien in de rode kadertjes verplaatst de terminator zich van 6 september tot 7 september van -10.5° naar +1.7°. Dus draait de maan over een hoek van 12.2° in 24u of over een hoek van 0,508° in 1u. In de tabel betekent een negatieve hoek dat de schaduwgrens op het oostelijke halfrond van de maan ligt, een positieve hoek op een westelijke lengteligging.

Met deze gegevens kunnen we de positie van de terminator berekenen op het ogenblik dat de foto genomen werd.



Hiervoor gebruiken we de volgende formule:

 $\alpha_{\text{terminator}} = \alpha_0 + (\Delta \alpha * \Delta t)$ 

 $\alpha_{terminator}$  [°] : lengtegraad van de terminator op het moment van de foto

 $\alpha_0$  [°] : lengtegraad van de terminator op het moment 0.00 UT op de dag waarop de foto genomen werd.

 $\Delta \alpha$  [°/uur] : hoek in graden die de terminator aflegt in 1 uur

Δt [uur] : verschil in tijd tussen 0.00 UT en het moment waarop de foto genomen werd.

Onze foto werd genomen om 3.30u U.T.  $\alpha_{\text{terminator}} = -10.5+(0.508^*3.5) = -8.7^{\circ}$ 

De terminator bevindt zich dus op het oostelijk halfrond van de maanbol.

# Activiteit 2

Op welk tijdstip werd de foto genomen?

Positie terminator op deze datum en een opeenvolgende datum.

ALC: NOT THE OWNER OF		opk.	gang		gang	ond.	~	16/14	•	0	a a	δ	alstand
	h m	The sea	h m	the same	Je m	1		the state	170		b m	* *	km
L. jun	9 27	113,9	14 20	23,4	19 19	248,2	0.07	-53.5	+5,3	-2.6	20 54,9	-15 20	39129
2 mm	9 57	108,4	15 09	26,8	20 28	254,2	0.13	-41.3	+5.7	-1.2	21 46.5	-12 29	38785
3: 500	10 25	102,1	15 57	30,8	21 40	261,1	0,21	-29,2	+5,9	+0,3	22 37.7	- 8 58	38424
4 180	10 51	95,1	16 46	35,2	22 53	268,5	0.31	-17.0	+5.9	+1,8	23 28,7	- 4 57	38049
5 jm	11 16	87,8	17 36	39,8			0,41	- 4,8	+5,6	+3,3	0 20,0	- 0 38	37666
6 ym	11 43	80,5	18 27	44,4	0.08	276,1	0.52	+ 7.3	+5,0	+4,6	1 12.2	+ 3 49	37290
7 gan	12 12	73,4	19 20	48,6	1 24	283,5	0.63	+19,5	+4,1	+5,6	2 06,1	+ 8 09	36940
S im.	12 46	67,1	20 16	52,2	2 42	290,4	0.74	+31.6	+2,9	+6,3	3 02,1	+12 05	36642
9. isn-	13 27	62,2	21 15	54,8	3 58	296,1	0,84	+43,8	+1,4	46,7	4 00,5	+15 22	36428
A jan	14 15	59,1	22 16	56,2	5 12	300,0	0,91	+55,9	-0,2	+6,5	5 01,1	+17 41	36328
						Pos	sitie 7	Fermir	ator	at 0.0	0 U.T.		
	1 μm 2 μm 3 μm 3 μm 5 μm 6 μm 7 μm 8 μm 9 μm 9 μm 9 μm	9 27 2 pm 9 57 3 pm 10 25 4 pm 10 51 3 pm 11 16 6 pm 11 43 7 pm 12 12 3 pm 12 16 9 pm 13 27 9 pm 14 15	1 ym         9 27         113,9           2 ym         9 57         108,4           3 ym         10 25         102,1           4 ym         10 51         95,1           5 ym         11 16         87,8           6 ym         11 43         80,5           7 ym         12 12         73,4           8 ym         12 32         73,4           9 ym         13 27         62,2           9 ym         14 15         59,1	9         27         113,9         14         20           2         9         57         108,4         15         09           3         pm         10         25         102,1         15         57           4         pm         10         51         95,1         16         46           5         pm         11         16         87,8         17         36           6         pm         11         14         80,5         18         27           7         pm         12         12         73,4         19         20           8         pm         12         246         67,1         20         16           9         pm         14         15         59,1         22         16	9         27         113,9         14         20         23,4           2         9         57         108,4         15         09         26,8           3         10         25         102,1         15         57         30,8           4         10         51         95,1         16         46         35,2           3         3m         11         16         87,8         17         36         39,8           6         pm         11         16         80,5         18         27         44,4           7         pm         12         12         73,4         19         20         48,6           8         pm         12         26         67,1         20         16         52,2           9         pm         13         27         62,2         21         15         54,8           9         pm         14         15         59,1         22         16         56,2	9         27         113,9         14         20         23,4         19         19         19           2         9         57         108,4         15         09         26,8         20         28           3         pm         10         25         102,1         15         57         30,8         21         40           4         pm         10         51         95,1         16         46         35,2         22         53           3         pm         11         16         87,8         17         36         39,8           6         pm         11         43         80,5         18         27         44,4         0         08           7         pm         12         12         73,4         19         20         48,6         1         24           8         pm         12         46         67,1         20         16         52,2         2         2         42         2         2         42         2         2         42         42         43         358         358         358         358         358         358         358         358         358<	9         27         113,9         14         20         23,4         19         19         248,2           2         9         57         108,4         15         09         26,8         20         28         254,2           3         9         57         108,4         15         09         26,8         20         28         254,2           3         9         51         102,1         15         57         30,8         21         40         261,1           4         9         51         95,1         16         46         35,2         22         53         208,5           3         9         11         43         80,5         18         27         44,4         0         08         276,1           7         9         12         12         73,4         19         20         48,6         1         24         283,5           8         9         13         27         62,2         21         15         54,8         3         58         296,1           9         3         13         27         62,2         21         15         54,8         3         58	9         27         113,9         14         20         23,4         19         19         248,2         0,07           2         9         57         108,4         15         09         26,8         20         28         254,2         0,13           3         per         10         25         102,1         15         57         30,8         21         40         261,1         0,21           4         per         11         16         87,8         17         36         39,8          0,41           6         per         11         43         80,5         18         27         44,4         0         08         276,1         0,52           7         per         11         43         80,5         18         27         44,4         0         08         276,1         0,52           7         per         12         12         73,4         19         20         48,6         1         24         283,5         0,633           9         per         13         27         62,2         21         15         54,8         3         58         296,1         0,84	9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5         2       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3         3       10       25       102,1       15       57       30,8       21       40       261,1       0,21       -29,2         4       jam       11       16       87,8       17       36       39,8        0,41       -4,8         6       jam       11       43       80,5       18       27       44,4       0       08       276,1       0,32       +7,3         7       jam       12       12       73,4       19       20       48,6       1       24       283,5       0,63       +19,5         8       jam       12       12       73,4       19       20       48,6       1       24       283,5       0,63       +19,5         8       jam       12       26       67,1       20       16       52,2       2       442       283,5       0,63       +19,5         9	9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5       +5,3         2       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3       +5,7         3       pan       10       55       102,1       15       57       30,8       21       40       261,1       0,21       -29,2       +5,9         4       pan       10       51       95,1       16       66       35,2       22       53       268,5       0,31       -17,0       +5,9         5       pan       11       48       87,8       17       36       39,8        0,41       -4,8       +5,6         6       pan       11       43       80,5       18       27       44,4       0       08       276,1       0,52       +7,3       +5,0         7       pan       12       12       73,4       19       20       48,6       1       24       283,5       0,63       +19,5       +4,1         8       pan       12       12       67,1       20       16 <td>9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5       +5,3       -2,6         2       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3       +5,7       -1,2         3       00       51       05,1       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8         3       01       51       95,1       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8         3       91       14       6       87,8       17       36       39,8         0,41       -4,8       +5,6       +3,3         6       91       14       40       51       24       283,5       0,63       +19,5       +4,4         7       92       12       12       73,4       19       20       48,6       1       24       283,5       0,63       +19,5       +4,1       +5,6         8       93       13       27       62,2       21&lt;</td> <td>9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5       +5,3       -2,6       20       54,9         2       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3       +5,7       -1,2       21       46,5         3       9       51       10       51       95,1       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8       23       28,7         5       9       11       46       87,8       17       36       39,8         0,41       -4,8       +5,6       +3,3       0       20,0         6       9       11       43       80,5       18       27       44,4       0       08       276,1       0,52       +7,3       +5,0       +4,6       1       12,22         7       9       13       27       62,2       21       15       54,8       3       58       296,1       0,63       +19,5       +4,1       14,65,6       2       06,1       30,2,1         9&lt;</td> <td>9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5       +5,3       -2,6       20       54,9       -15       20         3       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3       +5,7       -1,2       21       46,5       -12       29         3       0       51       95,1       16       46       35,2       22       33       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8       23       28,7       -4       57         3       9       51       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8       23       28,7       -4       57         5       9       11       43       80,5       18       27       44,4       9       08       276,1       0,32       +7,3       +5,0       +4,6       1       12,2       +3.49       20       66,1       12,42       285,5       0,63       +19,5       +4,1       +5,6       2       06,1       +8.09       3.02,1       +12,2       +3.49</td>	9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5       +5,3       -2,6         2       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3       +5,7       -1,2         3       00       51       05,1       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8         3       01       51       95,1       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8         3       91       14       6       87,8       17       36       39,8         0,41       -4,8       +5,6       +3,3         6       91       14       40       51       24       283,5       0,63       +19,5       +4,4         7       92       12       12       73,4       19       20       48,6       1       24       283,5       0,63       +19,5       +4,1       +5,6         8       93       13       27       62,2       21<	9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5       +5,3       -2,6       20       54,9         2       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3       +5,7       -1,2       21       46,5         3       9       51       10       51       95,1       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8       23       28,7         5       9       11       46       87,8       17       36       39,8         0,41       -4,8       +5,6       +3,3       0       20,0         6       9       11       43       80,5       18       27       44,4       0       08       276,1       0,52       +7,3       +5,0       +4,6       1       12,22         7       9       13       27       62,2       21       15       54,8       3       58       296,1       0,63       +19,5       +4,1       14,65,6       2       06,1       30,2,1         9<	9       27       113,9       14       20       23,4       19       19       248,2       0,07       -53,5       +5,3       -2,6       20       54,9       -15       20         3       9       57       108,4       15       09       26,8       20       28       254,2       0,13       -41,3       +5,7       -1,2       21       46,5       -12       29         3       0       51       95,1       16       46       35,2       22       33       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8       23       28,7       -4       57         3       9       51       16       46       35,2       22       53       208,5       0,31       -17,0       +5,9       +1,8       23       28,7       -4       57         5       9       11       43       80,5       18       27       44,4       9       08       276,1       0,32       +7,3       +5,0       +4,6       1       12,2       +3.49       20       66,1       12,42       285,5       0,63       +19,5       +4,1       +5,6       2       06,1       +8.09       3.02,1       +12,2       +3.49



De terminator legt dus ..... af per dag of dus ..... per uur.

 $\Delta \alpha =$ 

∆t =

Waar bevond de terminator zich op het moment van de foto?

 $\alpha_{\text{terminator}} = \alpha_0 + (\Delta \alpha * \Delta t)$ 

 $\alpha_{terminator} =$ 

Bij 'selenographic longitude of terminator' moet je ongeveer hetzelfde getal terugvinden maar met een tegengesteld teken.

#### Bepalen van de coördinaten van het punt op de Maan waar de Zon loodrecht op schijnt op het moment van de foto

Nu we weten dat de terminator zich op -8.7 ° bevindt, kunnen we de hoek berekenen waarmee de Zon loodrecht op de terminator schijnt :  $-8.7^{\circ} + 90^{\circ} = 81.3^{\circ}$ 

De Zon zal dus op het moment van de foto loodrecht staan boven een punt op de Maan met lengtegraad 81.3°W. De Zon beweegt in een vlak dat niet veel afwijkt van het evenaarsvlak van de Maan. Daarom kiezen we voor de breedtegraad van dat punt 0°.

De zon schijnt loodrecht op de plaats (0°N, 81.3° W).

#### Activiteit 3

Op welk punt op de Maan staat de Zon loodrecht op het tijdstip dat jouw foto genomen werd?

Lengtegraad :

Positie



# Berekenen van de hoekafstand tussen de plaats van de maanberg en de plaats waar de zon in het zenit staat

Doordat we aannemen dat de Zon 's middags altijd in het zenit komt boven de evenaar van de Maan wordt de formule van boldriehoeksmeetkunde sterk vereenvoudigd.

 $\delta$  is de hoekafstand tussen 2 punten op een bol

 $x_A$  en  $y_A$  zijn de coördinaten (breedtegraad, lengtegraad) van de maanberg (47° N, 2°W)

x<sub>B</sub> en y<sub>B</sub> zijn de coördinaten (breedtegraad, lengtegraad) van het punt waar de Zon loodrecht op de Maan schijnt op het moment van de foto.(0° N,81.3°O)

 $\cos \delta = \cos x_A \cos(|y_B - y_A|)$ 

 $\cos \delta = \cos (47^{\circ}) \cos (|81.3^{\circ} - (-2)^{\circ}|)$  $\delta = 82^{\circ} 43' 31.554''$ 

Hieruit kunnen we de zonshoogte berekenen op de plaats van de berg op het tijdstip van de foto.  $\alpha = 90^{\circ} - \delta = 7^{\circ} 16' 28.446"$ 

#### Activiteit 4

Positie berg activiteit 1 :  $(x_A, y_A) =$ 

Positie punt activiteit 3 :  $(x_B, y_B) =$ 

 $\cos \delta = \cos x_A \cos(|y_B - y_A|)$ 

δ=

Bereken de zonshoogte op de positie van de berg op jouw foto

α = |90° - δ |=



#### Hoogte van de maanberg



Hierboven een eenvoudige tekening waarbij h de hoogte van de maanberg voorstelt, S de lengte van de schaduw en alfa de hoek die we zonet berekend hebben.

Hoogte = lengte schaduw \* tan (zonshoogte)

We meten de lengte van de schaduw van de berg op de foto. De schaduw is 1,8 cm lang, dus zal die in werkelijkheid 22,64 km lang zijn.

22,64\*tan (7° 16' 28.446") = 2,890

De maanberg is 2890 m hoog.

#### Activiteit 5

Meet de lengte van de schaduw van jouw maanberg op de foto.

Bereken met behulp van de schaal van de foto de werkelijke lengte van de schaduw.

Bereken de hoogte van de berg met behulp van de zonshoogte uit de vorige activiteit en de lengte van de schaduw van de berg. Doe dit met behulp van de tangensformule.

Lijkt het antwoord plausibel?



#### Appendix



Maan terminator van Regiomontanus tot Stöffler Datum 5 januari 2017 Tijd 17.31u UT (GMT) © Geert Vandenbulcke



