



# Koolstofdioxide in de atmosfeer: een onderzoek

Tijdens deze activiteit onderzoeken we de verandering van de koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) concentratie in de aardse atmosfeer gedurende de periode 1977 tot 2017. De meetwaarden zijn de maandelijkse gemiddelde waarden geregistreerd door het Mount Mauna Loa meetstation op Hawaï, USA.

De meetwaarden zijn opgeslagen in de HP Prime app ,Mauna Loa'. Open deze app, waarna u de numerieke weergave ziet, een tabel met de tijdstippen (het eerste getal voor januari 1977) in kolom C1 en de gemeten concentraties CO<sub>2</sub> gas in de lucht in kolom C2 (in micromol CO<sub>2</sub> per mol droge lucht).

Alles over de HP Prime:  
<http://www.hp-prime.nl>

Weerg. MaunaLoa num.				
	C1	C2	C3	C4
1	1 977	332.77		
2	1 977.0833	333.1		
3	1 977.1667	334.08		
4	1 977.25	335.78		
5	1 977.3333	336.49		
6	1 977.4167	335.96		
7	1 977.5	334.64		
8	1 977.5833	332.31		
9	1 977.6667	330.66		
10	1 977.75	330.55		

1 977

Bewerk Overig Ga Sort. Maak Stats

Gebruik en Automatisch schalen om de grafiek te bekijken.

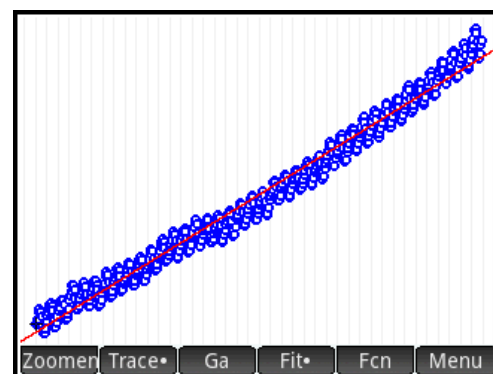
Druk op en om de lineaire regressielijn te bekijken.

Kies om het functievoorschrift van deze lijn te zien.

Wat is de eenheid van de helling van de lijn en wat betekent de waarde hiervan voor de verandering van de CO<sub>2</sub> concentratie in de atmosfeer?

Een waarde van 450 voor deze concentratie wordt gekoppeld aan een opwarming van de gemiddelde temperatuur met 2° Celsius, volgens vele experts een drempelwaarde voor een catastrofe in onze biosfeer.

Ga terug naar de grafiek met en om in te zoomen tot het tijdstip waar de voorspelling van het lineaire model deze waarde overschrijdt.



Weerg. MaunaLoa symb.

√ S1: C1 C2

Type1: Linear

Fit1: 1.74510164323\*X-3 119.23658147

S2:

Type2: Linear

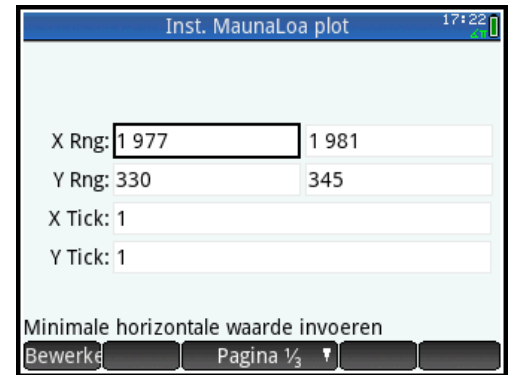
Fit2: M\*X+B

S3:

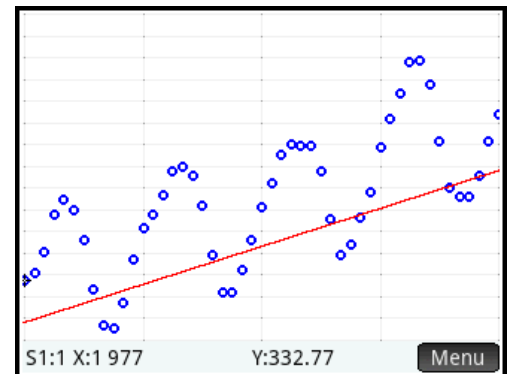
Onafhankelijke kolom invoeren

Bewerk ✓ Kolom Fit\* Tonen Eval

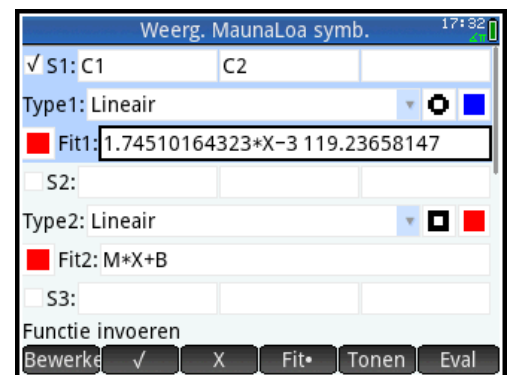
Het is u ongetwijfeld opgevallen dat de puntenwolk eruitziet als een brede band, inzoomen naar de data van een paar jaar geeft een andere indruk. Gebruik **Shift** en **Plot** om de instellingen van de grafiek te openen en aan te passen. Verander de onder- en bovengrens voor x- en y-as zoals in het scherm hiernaast.



Druk dan **Plot** om de grafiek in beeld te krijgen. Nu is duidelijk dat de grafiek een sinuspatroon heeft én stijgt. De stijging is gekoppeld aan het lineaire verband dat meteen is gevonden, de sinusfunctie gaan we apart benaderen. Hiervoor trekken we de stijging af van de meetwaarden, zodat we alleen de sinusfunctie overhouden.



Open de symbolische weergave met **Symb** en 'highlight' de functie ho- rend bij Fit1. Gebruik **Shift** en **View Copy** om te kopiëren.



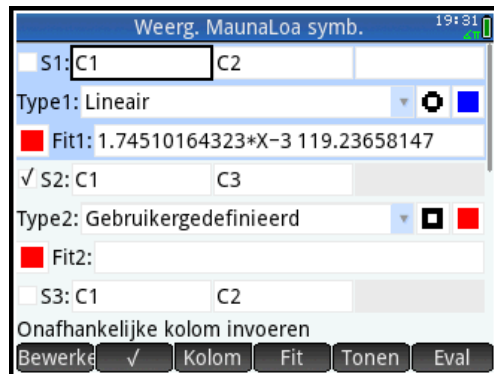
Kies **Num** voor het numerieke scherm en zet de cursor in kolom C3.

Gebruik **Maak** om de datakolom C3 te genereren. Typ:  $C2(X) - [Plak nu met **Shift** en **Menu Paste**], verwijder met **Del** de overbodige invoer en sluit af met:  $*(X/12)$ . Bevestig deze invoer met **Enter** of **OK**.$

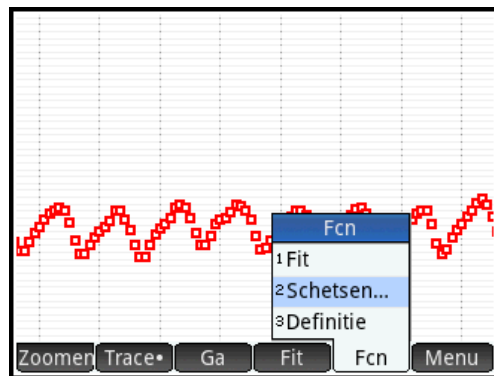
$C2(X)$  zijn de opeenvolgende meetwaarden uit de C2 kolom, daarvan trekken we de jaarlijkse groei af en vermenigvuldigen met  $X/12$  om met 12 maandelijks stappen te werken. De Variabele is hier  $X$ , die start bij  $X=1$  en Stopt bij  $X=480$ , stapgrootte 1 en de data komt in kolom C3.



Open het symbolische scherm en deactiveer S1 (de eerste statistische plot), definieer S2 met C1 als kolom met onafhankelijke waarden en gebruik C3 voor de afhankelijke kolom, kies bij Type voor Gebruikergedefinieerd, zoals in het scherm.



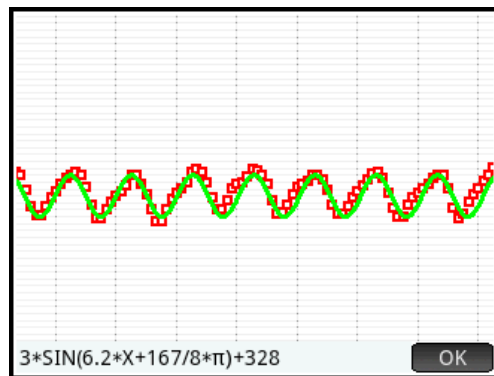
Open het scherm met de grafiek en knijp en schuif totdat een stuk of 8 'sinusen' in beeld komen zoals hiernaast. Kies **Menu**, **Fcn** en de optie Schetsen.



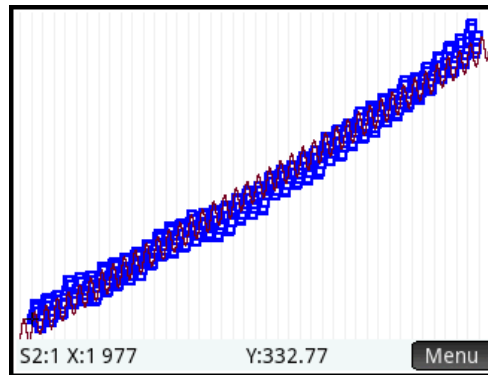
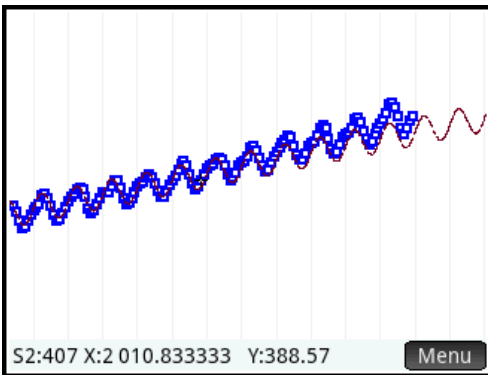
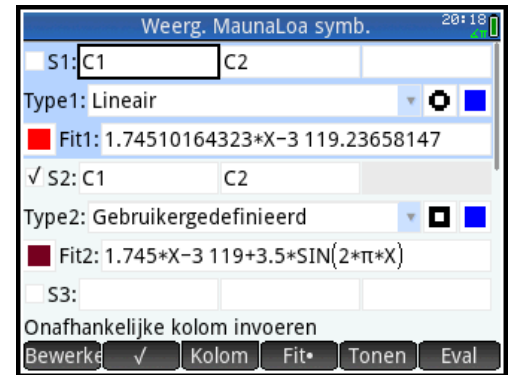
Schets nu met uw vinger en volg zo goed mogelijk de sinussen. Als het niet goed lukt, gewoon een keer opnieuw proberen. Bent u tevreden, dan op **OK** drukken om het functievoorschrift op te slaan.

Wederom **OK** sluit het schetsen af.

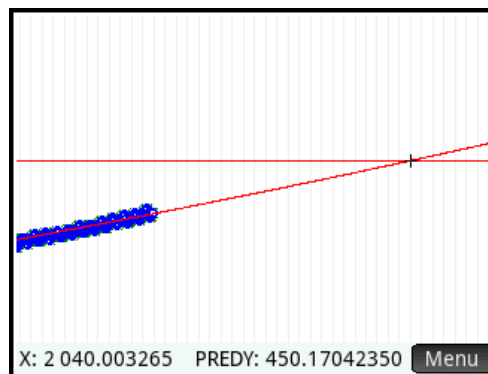
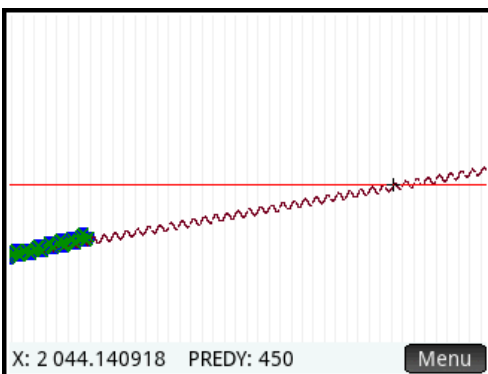
In het symbolische scherm staat nu het functievoorschrift van de geschetste functie, met kopiëren en plakken tellen we dit op bij het al gevonden lineaire verband.



We hebben nu afzonderlijk een sinusfunctie en een lineaire functie bepaald, die de jaarlijkse stijging voorstellen. Door deze twee nu op te tellen hebben we een model voor deze groei.



Het model kan worden verbeterd door niet met lineaire regressierekening te beginnen maar een exponentieel model te gebruiken, de werkwijze is geheel analoog.



Het lineaire + sinus model bereikt de kritieke concentratie in 2044, het exponentiele + sinus model al in 2040.

Data: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>

NOAA staat voor: National Oceanic and Atmospheric Administration

ESRL staat voor: Earth System Research Laboratory