

Het Zware Monster in het Centrum van de Melkweg

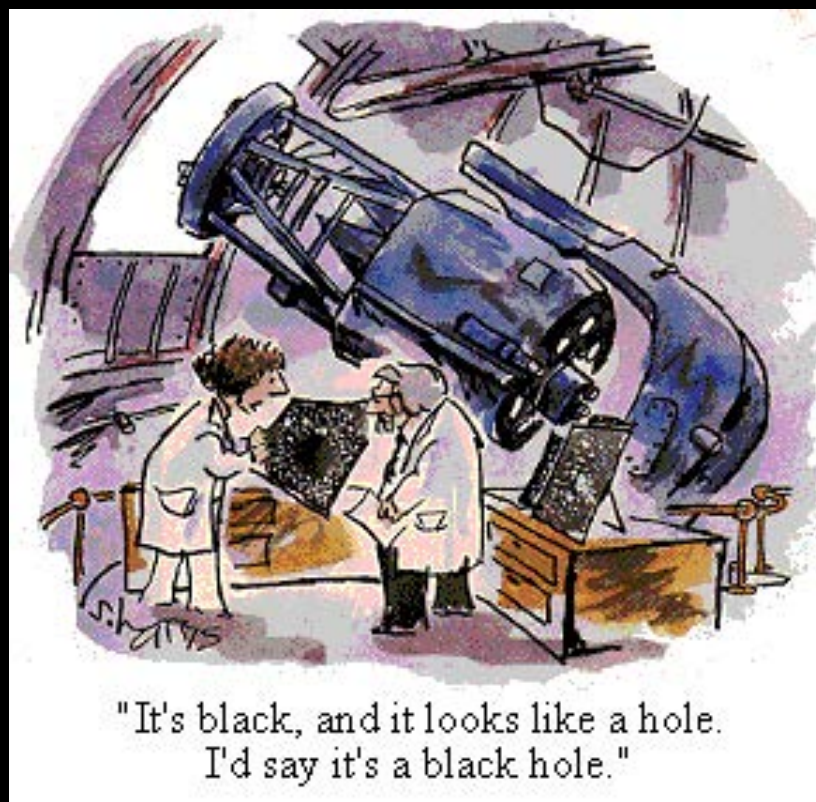
dr. Nathalie Degenaar



Anton Pannekoek Instituut voor Sterrenkunde

Wat Zijn Zwarte Gaten ?

Objecten met zo'n **sterke zwaartekracht** dat *niets*, zelfs geen licht, eraan kan ontsnappen



S. Harris Astronomy Cartoons

Zwarte Gaten: Gewichtsklassen

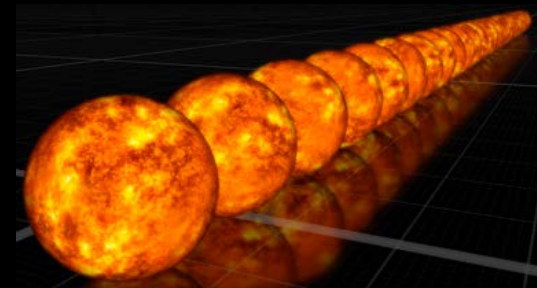
1. **Stellaire** zwarte gaten

Massa's **5-50x de massa van de Zon**

(vergelijkbaar met massa's van sterren)

Verwacht: 10^5 - 10^6 *in onze Melkweg*

Ontdekt: ongeveer 100



2. **Supermassieve** zwarte gaten

$\sim 10^6$ - 10^9 x de massa van de Zon

(in de orde van de massa van sterrenstelsels)

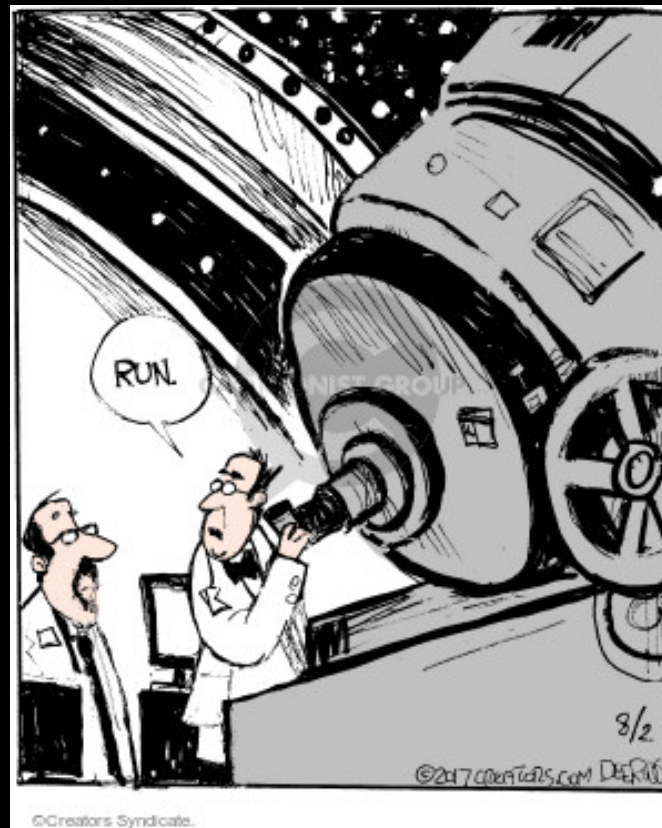
Verwacht: in het hart van (bijna) elk sterrenstelsel

→ *Ontelbaar veel in het universum !*



Hoe Zien We Zwarte Gaten ?

Zwarte gaten zenden zelf geen licht uit, maar we kunnen ze vinden door **effecten van de sterke zwaartekracht**



Hoe Zien We Zwarte Gaten ?

Zwarte gaten zenden zelf geen licht uit, maar we kunnen ze vinden door effecten van de sterke zwaartekracht

1. Aantrekken, opslokken en uitspugen* van gas



* Zwarte gaten zijn slordige eters

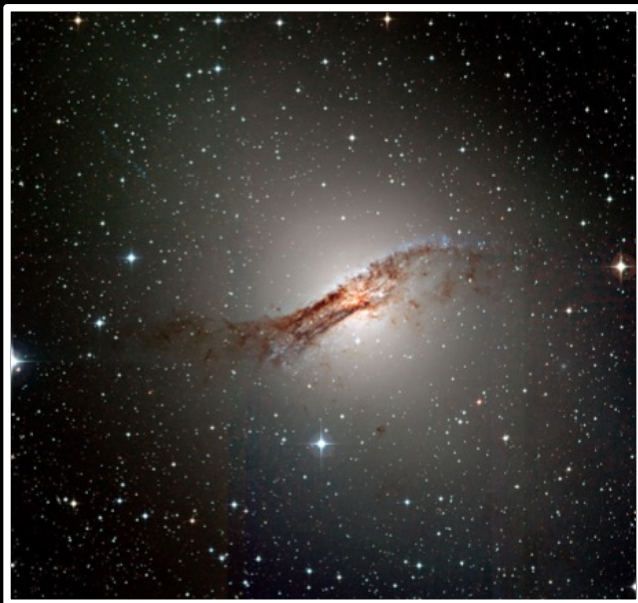
Zwarte Gaten Zien: Röntgenstraling

Zwarte gaten zenden zelf geen licht uit, maar we kunnen ze vinden door effecten van de sterke zwaartekracht

1. Aantrekken, opslokken en uitspugen van gas

Het gas rondom een zwart gat wordt heel heet

→ Zendt sterke röntgenstraling uit



Zichtbaar licht



Röntgen licht

Voorbeeld:
Sterrenstelsel
Centaurus A

We kunnen zwarte gaten vinden door deze röntgenstraling

Zwarte Gaten Zien: Sterbewegingen

Zwarte gaten zenden zelf geen licht uit, maar we kunnen ze vinden door effecten van de sterke zwaartekracht

1. Aantrekken, opslokken en uitspugen van gas

Het gas rondom een zwart gat wordt heel heet

→ Zendt sterke röntgenstraling uit

2. Invloed op de beweging van sterren

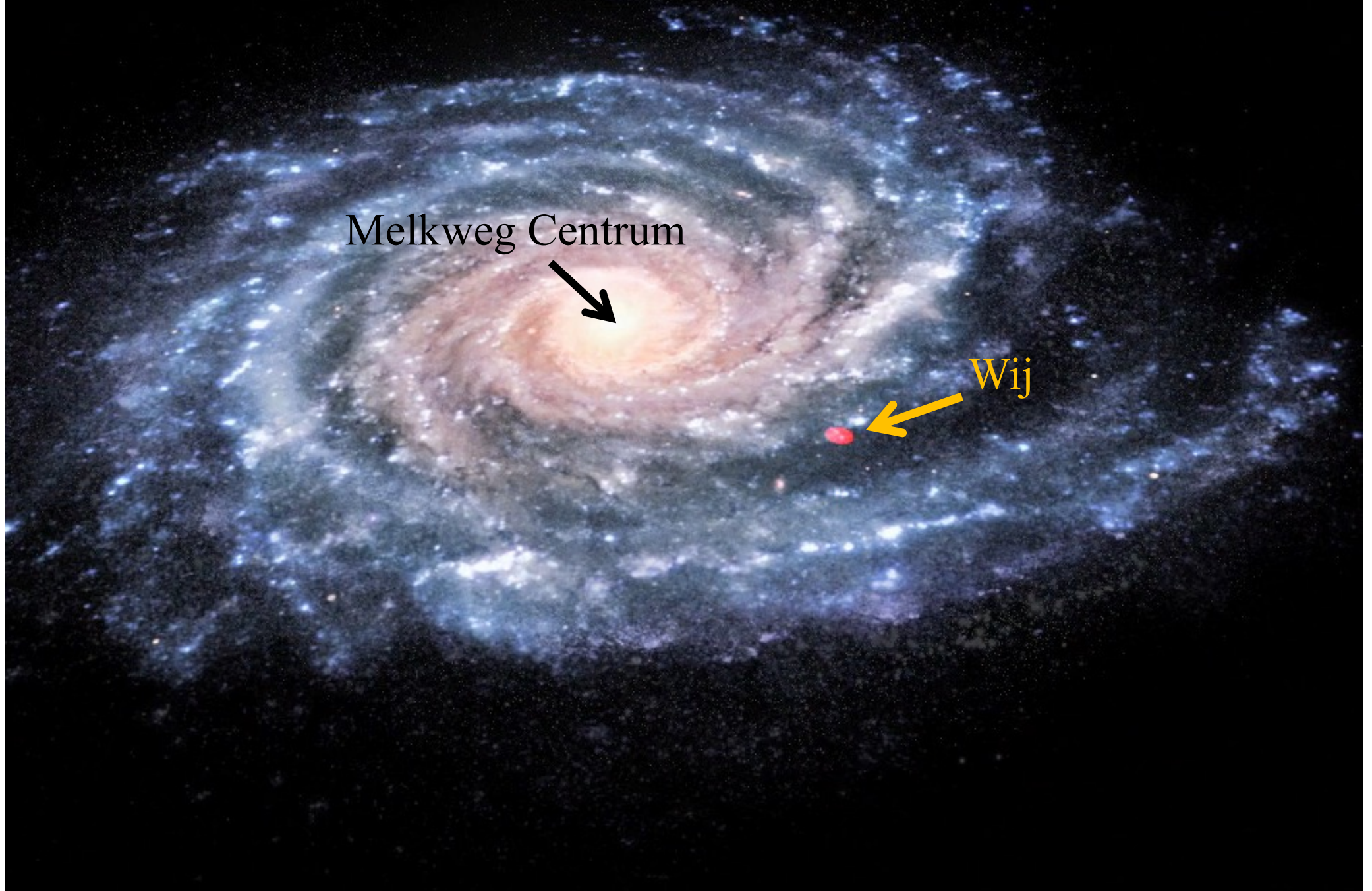
Net zoals de Aarde beweegt onder invloed van de zwaartekracht van de Zon

→ Nobelprijs voor natuurkunde in 2020

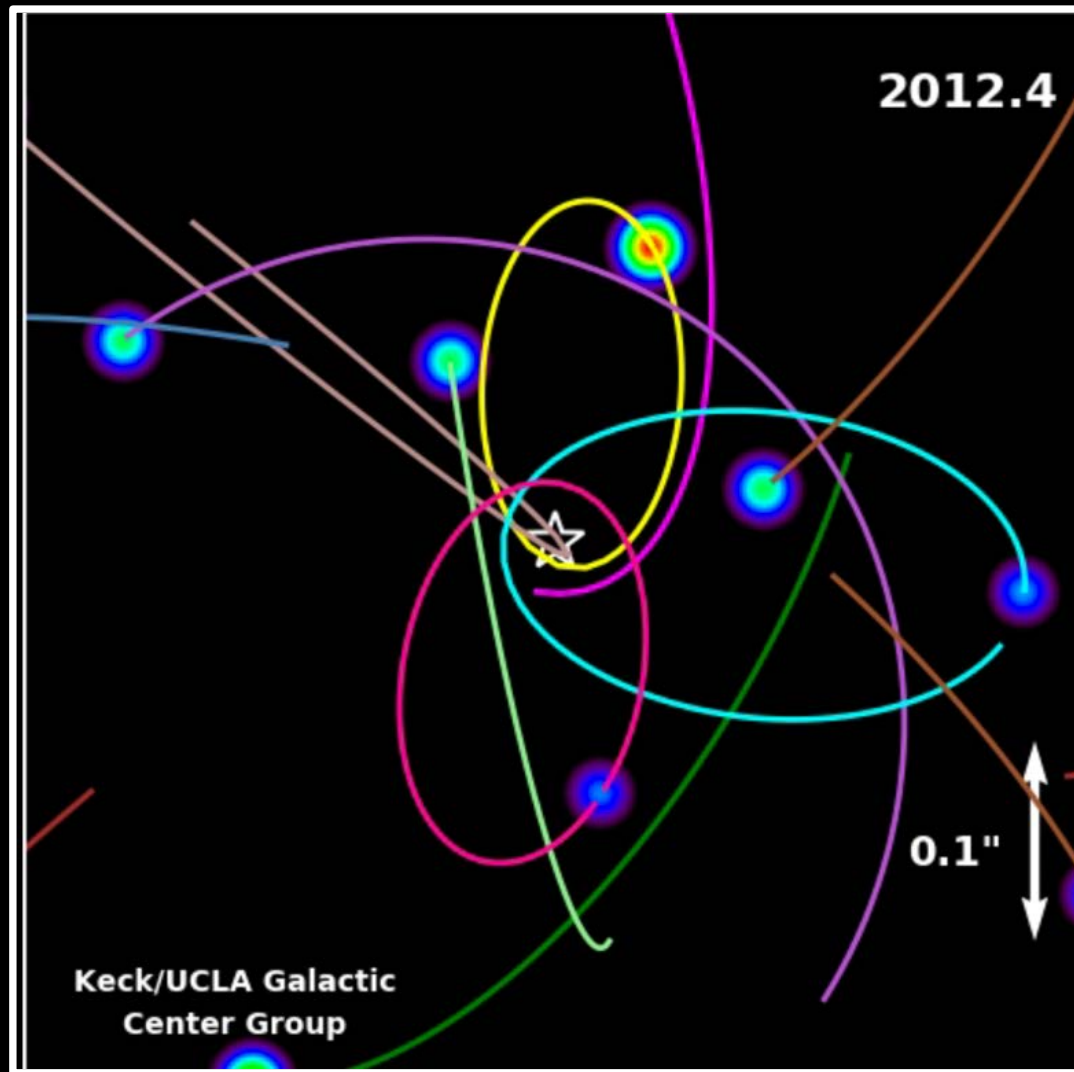
Zo Zien Wij de Melkweg



De Melkweg is een Spiraalstelsel



Inzoomen op het Melkweg Centrum



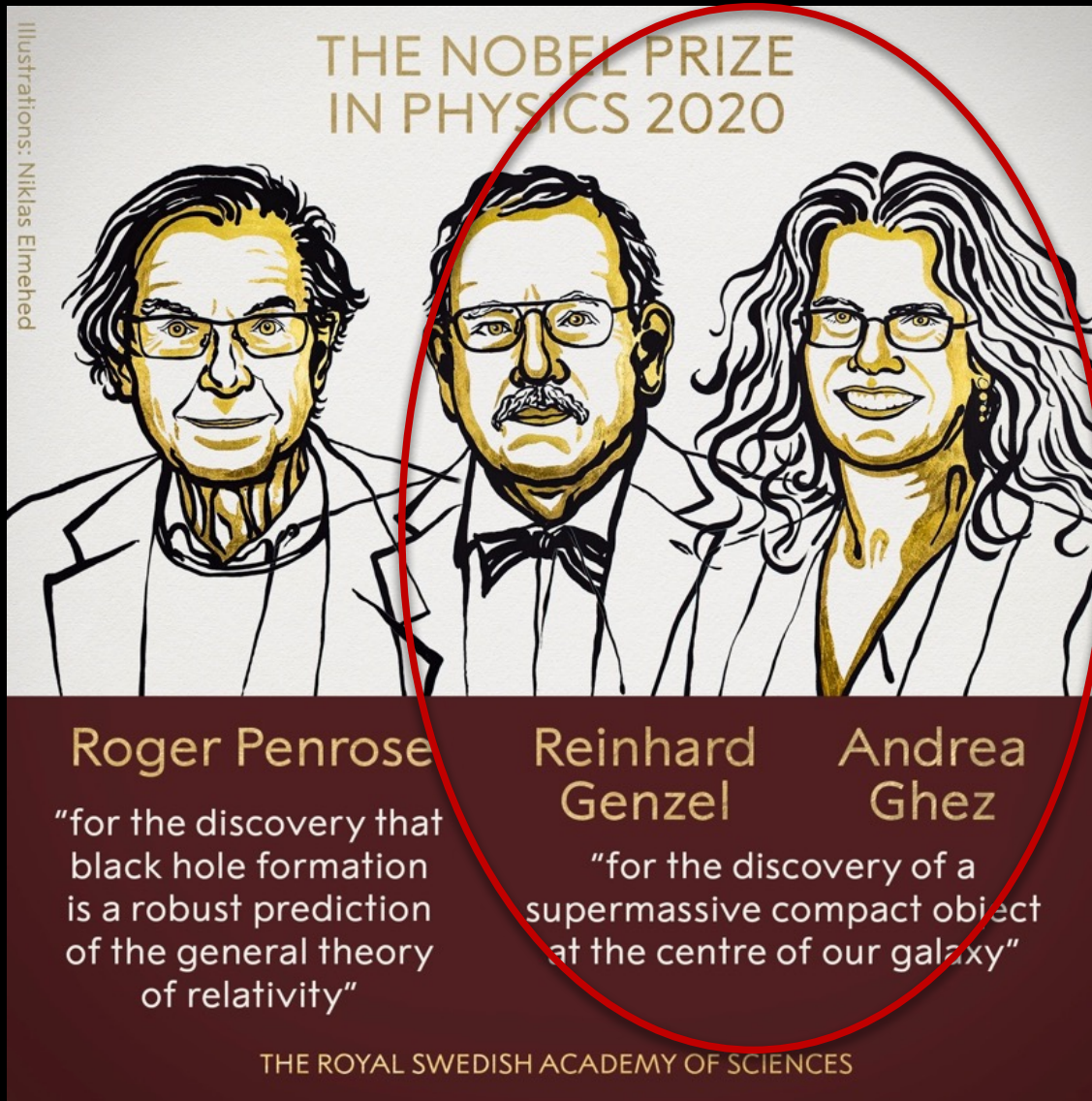
Vele sterren → hun baanbewegingen zijn over 20 jaar gemeten

Toepassen van de wetten van Kepler op de gemeten banen:
Sterren bewegen om iets met een massa van 4 miljoen x de Zon!
→ Moet zwart gat zijn

Witte ster = centrum Melkweg (niets te zien)

Animatie: <http://www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc/animations.html>

Nobelprijs Natuurkunde 2020



Onderzoek aan centrum
van onze Melkweg
= het beste bewijs voor
bestaan zwarte gaten

Twee groepen kregen de
Nobelprijs voor dit
jarenlange werk

- ☆ Genzel groep (Max Planck, Duitsland): **Very Large Telescope in Chili**
- ☆ Ghez groep (University of California, USA): **Keck op Hawaii**

Maak Kennis Met Ons Zwarte Gat

Naam: Saggitarius A*
(a.k.a. Sgr A*)

Massa:
~4 miljoen x massa Zon

Afstand:
26.000 lichtjaar

Opmerkelijk:
Vrij zwak in röntgen →
eet weinig (winterslaap)



Centrum Melkweg in röntgen licht
(Chandra satelliet)

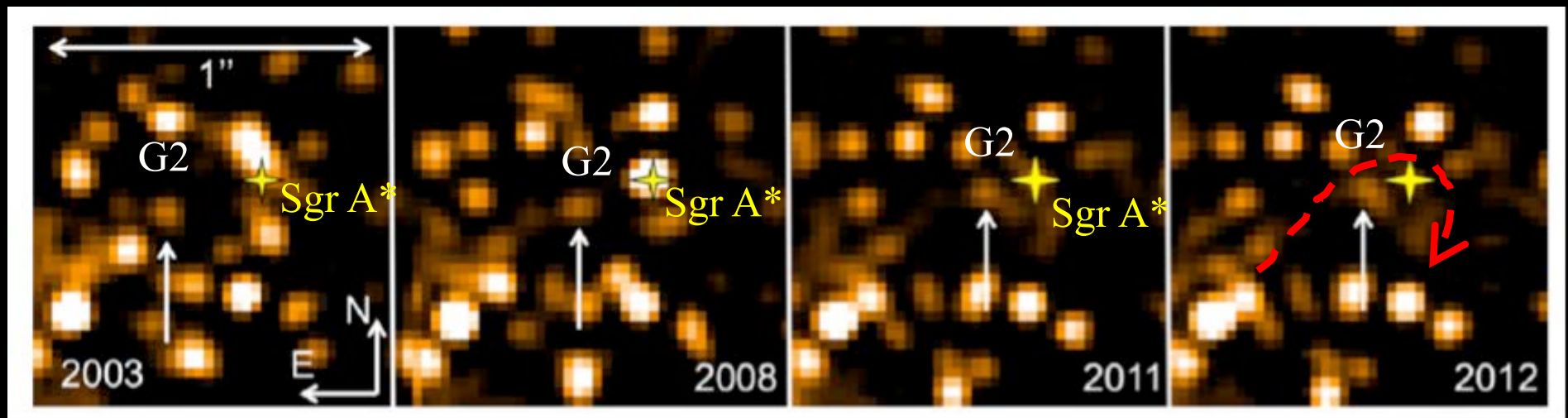
Deze waarnemingen van sterren in het
centrum van onze Melkweg

pikken soms **iets ongewoons** op...

De Dodenrit van Object G2

In 2003 verschijnt **object G2** op de radar, welke beweegt als alle andere sterren in het Melkweg centrum. Maar...

De waargenomen beweging tussen 2003 en 2012 voorspelt: Object G2 zal in 2013 *rakelings** langs Sgr A* gaan!



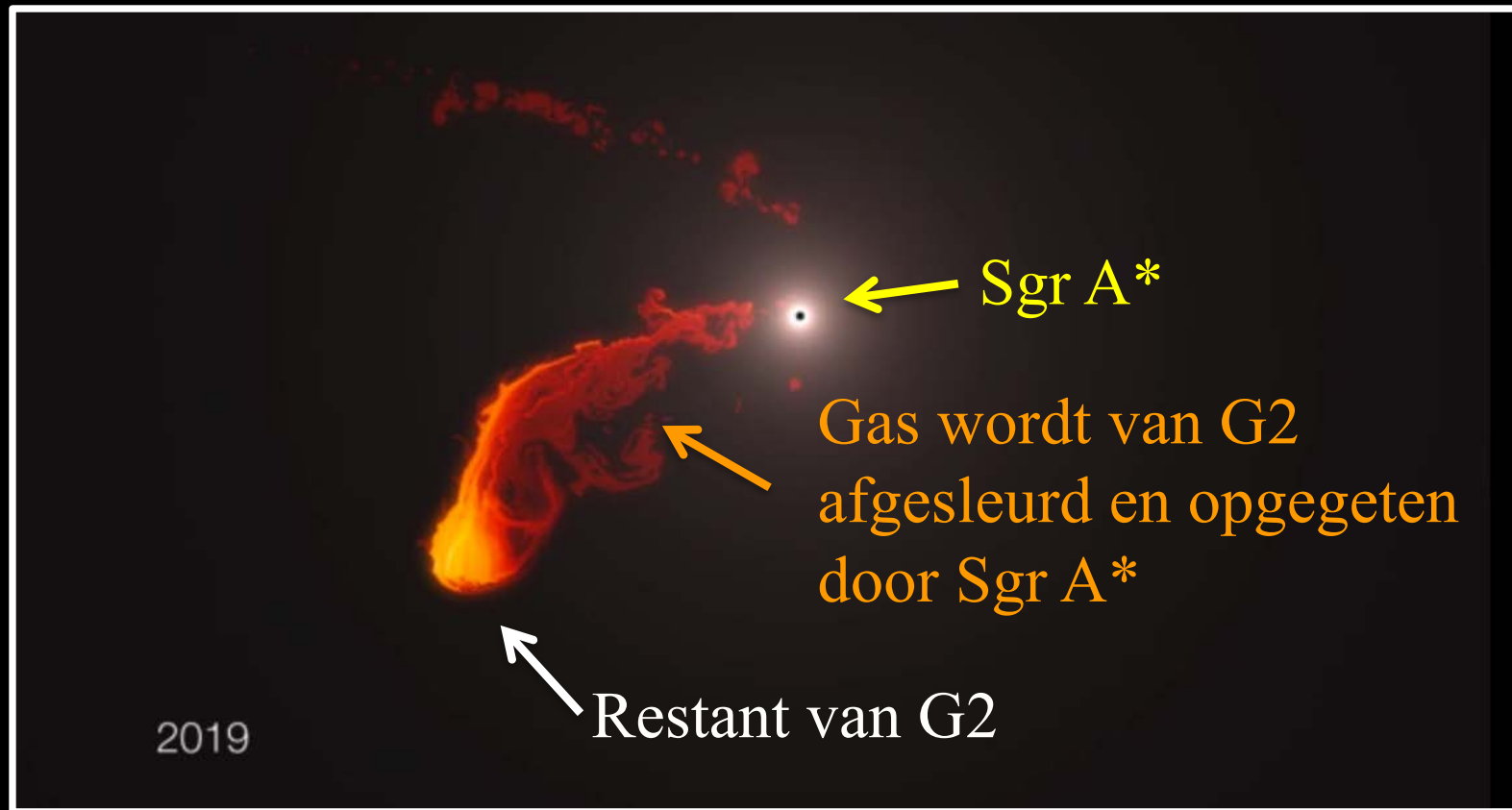
Data van de Very Large Telescope (groep van Nobelprijswinnaar Genzel)

* *rakelings* is hier zo'n 40 *miljard* kilometer (oftewel zo'n 36 lichturen)

Opwinding Bij Astronomen!

Zal G2 uit elkaar getrokken worden en opgeslokt?

Zal Sgr A* veel meer röntgenstraling gaan uitzenden?



ESO simulatie: <https://www.youtube.com/watch?v=WBo7ygrND0s>

Opwinding Bij Astronomen!

Zal G2 uit elkaar getrokken worden en opgeslokt?

Zal Sgr A* veel meer röntgenstraling gaan uitzenden?

Reden voor de opwinding:

Het mogelijk “ontwaken” van ons zwarte gat uit een winterslaap → kans om nieuwe dingen te leren !



Opwinding Bij Astronomen!

Zal G2 uit elkaar getrokken worden en opgeslokt?

Zal Sgr A* veel meer röntgenstraling gaan uitzenden?

Reden voor de opwinding:

Het mogelijk “ontwaken” van ons zwarte gat uit een winterslaap → Kans om nieuwe dingen te leren !

Mijn Onderzoek:

Elke dag een röntgenfoto van het Melkweg centrum →
Speuren naar activiteit van ons zwarte gat

Mijn Onderzoek

- Elke dag een röntgenfoto van het Melkweg centrum
→ met *Swift* = NASA satelliet met een röntgendetector



Lancering Swift vanaf
Cape Canaveral Air
Force Station
(november 2004)



Mijn Onderzoek

- Elke dag een röntgenfoto van het Melkweg centrum
→ met *Swift* = NASA satelliet met een röntgendetector
- Doe ik al sinds 2006
→ Doel = *stellaire* zwarte gaten en neutronensterren bestuderen

Maar ook heel geschikt om het mogelijke ontwaken van ons superzware gat te zien !



Het Melkweg Centrum in Röntgen

Sgr A*



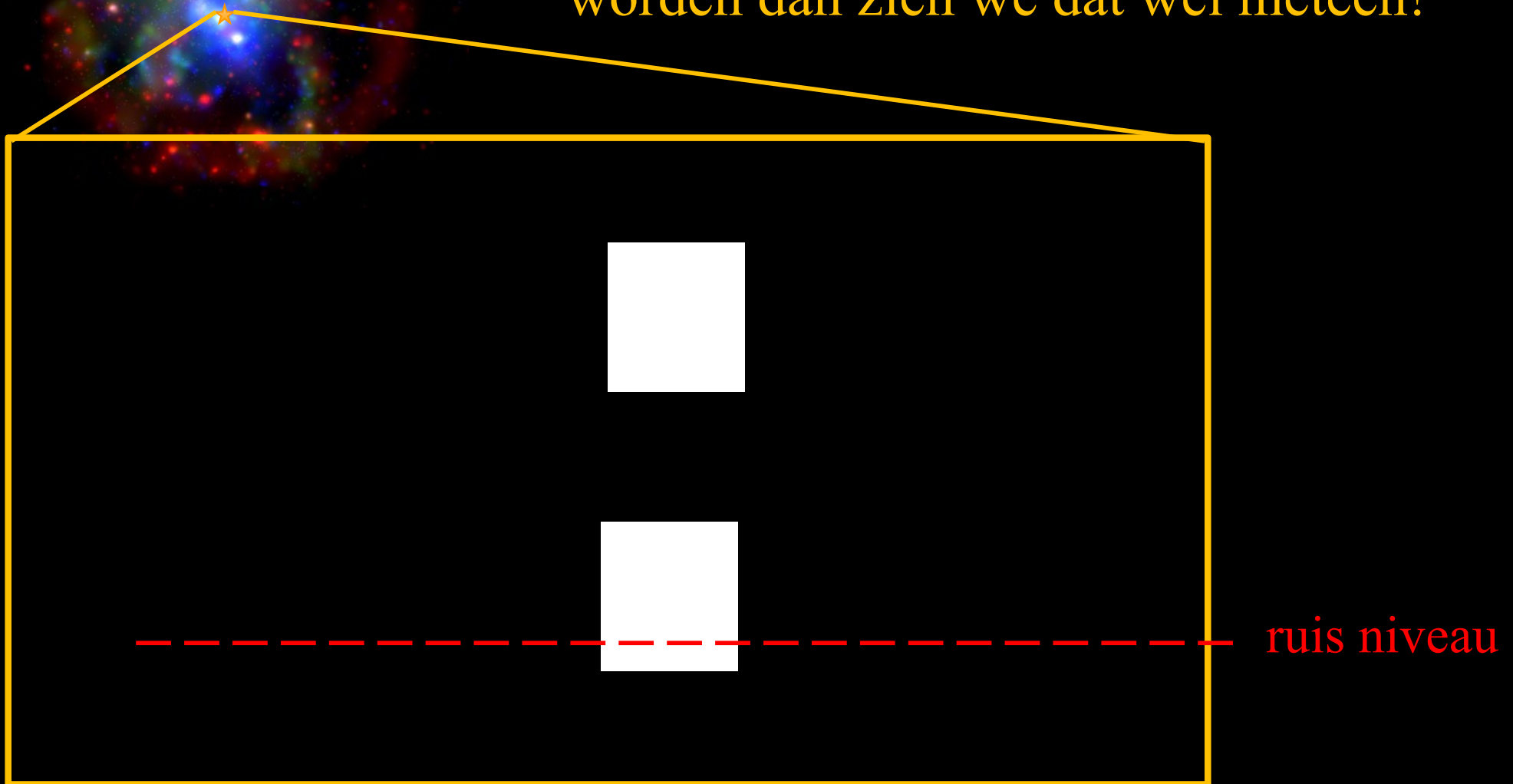
Ons zwarte gat
Sgr A* eet weinig
→ röntgen straling te
zwak om gezien te
worden met Swift

Röntgendata van de Swift satelliet
(doorsnede ~200 lichtjaar)

Inzoomen op Sgr A* met Swift

Swift ziet Sgr A* normaal niet (alleen **ruis**)

Maar... als het zwarte gat helderder zou worden dan zien we dat wel meteen!



Inzoomen op Sgr A* met Swift

We houden ons zware zwarte gat
nauwlettend in de gaten terwijl G2 nadert

→ alles blijft rustig tot...

Aankondiging G2
(januari 2012)

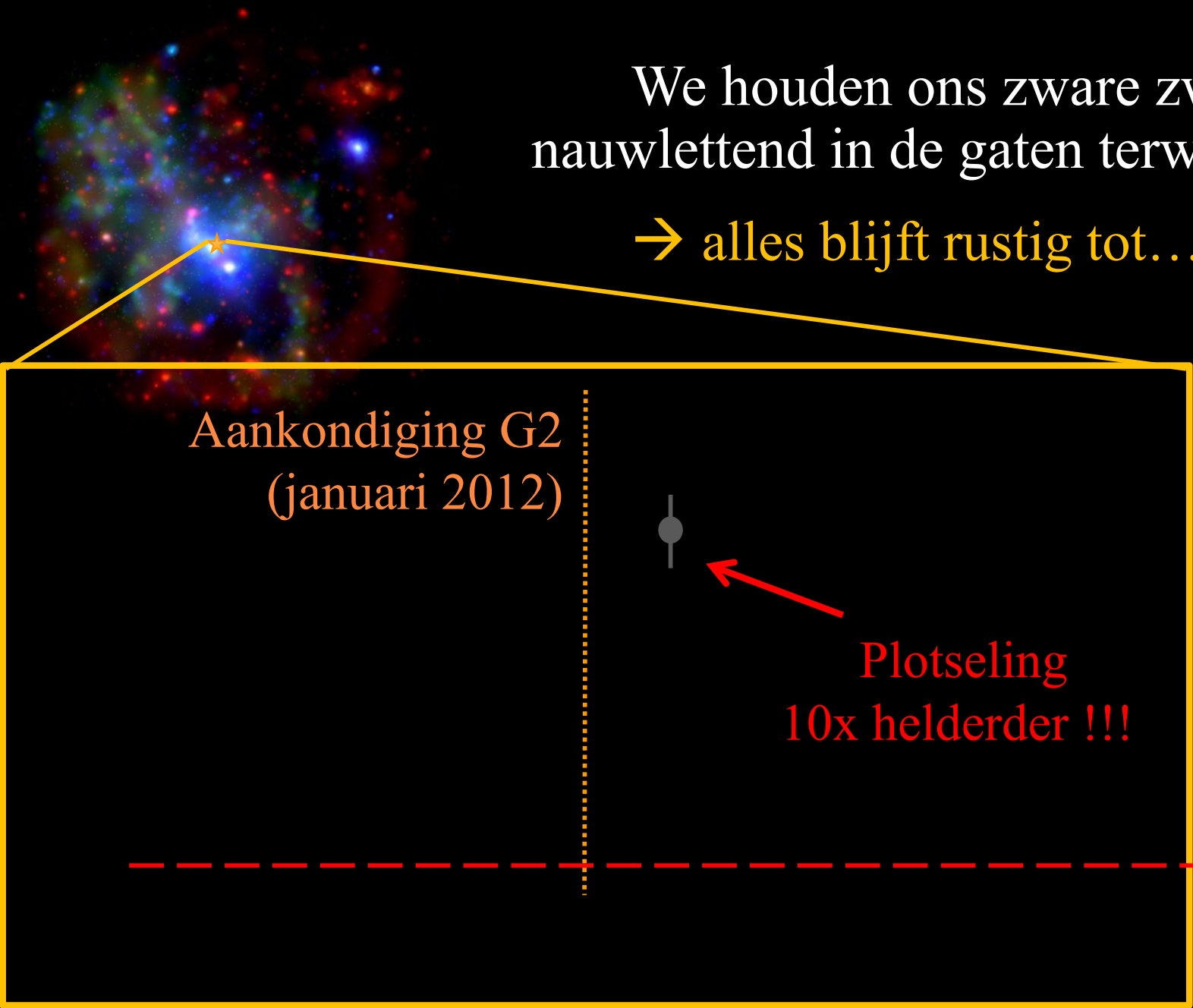


ruis niveau

Inzoomen op Sgr A* met Swift

We houden ons zware zwarte gat
nauwlettend in de gaten terwijl G2 nadert

→ alles blijft rustig tot... 25 april 2013



Aankondiging G2
(januari 2012)

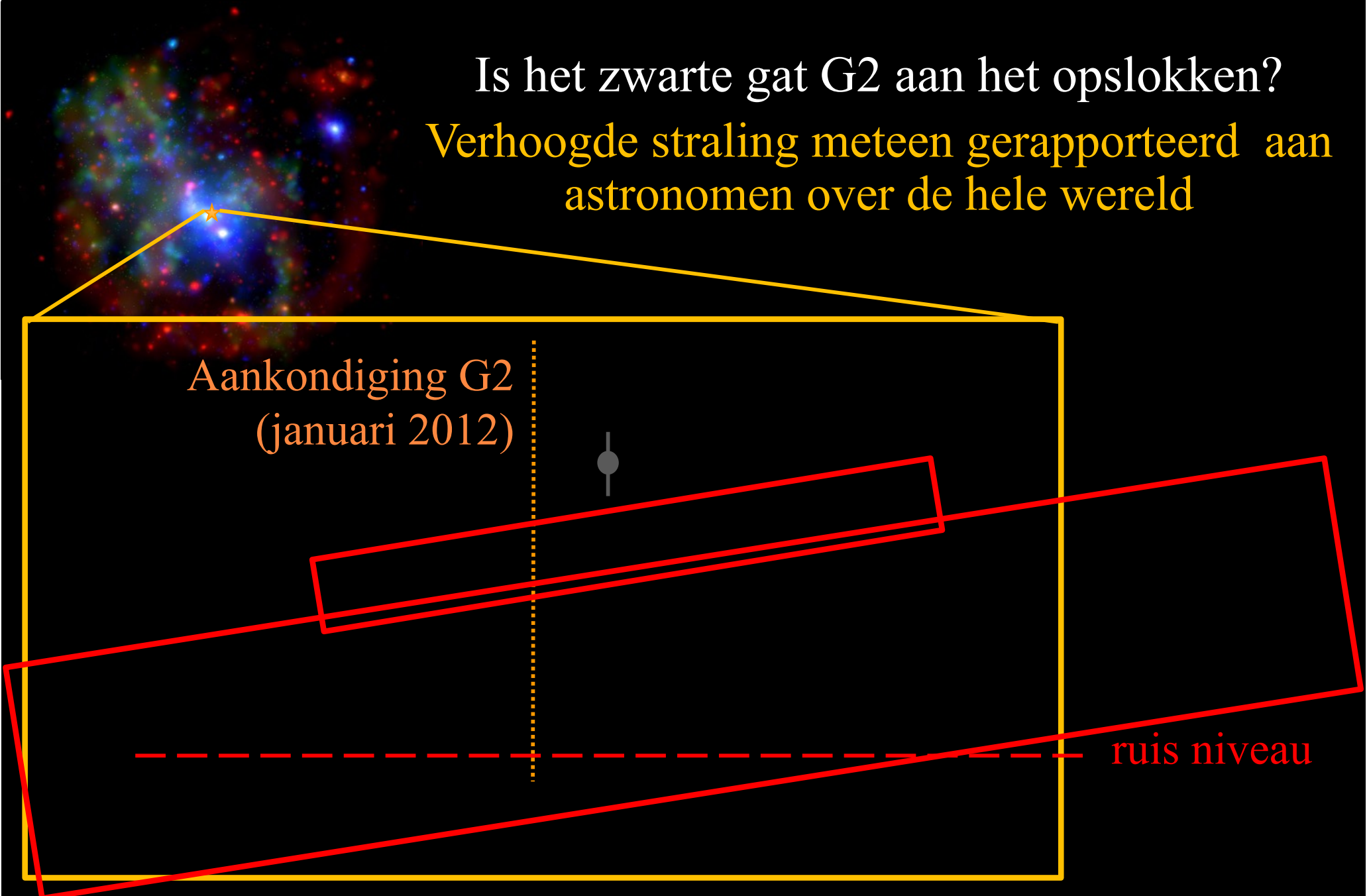
Plotseling
10x helderder !!!

ruis niveau

Inzoomen op Sgr A* met Swift

Is het zwarte gat G2 aan het opslokken?

Verhoogde straling meteen gerapporteerd aan
astronomen over de hele wereld



Aankondiging G2
(januari 2012)

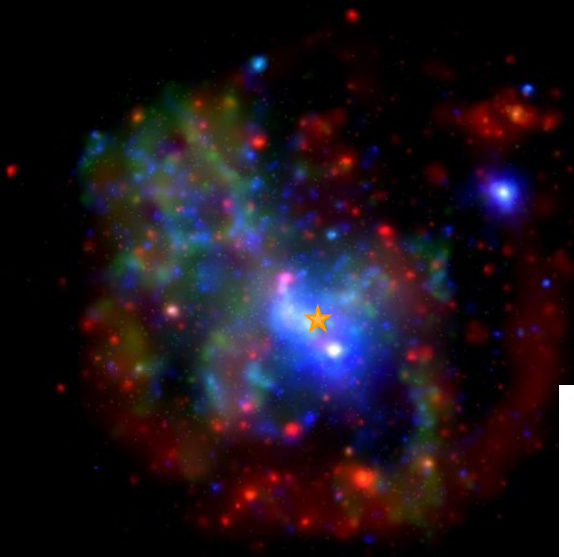
The diagram illustrates the zoom-in process. A yellow star in the top-left corner of the wide-field image is connected by a yellow line to a yellow rectangular box. This box represents the zoomed-in region. Inside this box, a red rectangular box highlights a specific area. A vertical dotted line is positioned within the red box. A grey circle with a vertical error bar is located to the right of this dotted line. A horizontal dashed red line is at the bottom of the red box, labeled 'ruis niveau'.

ruis niveau

Inzoomen op Sgr A* met Swift

Is het zwarte gat G2 aan het opslokken?

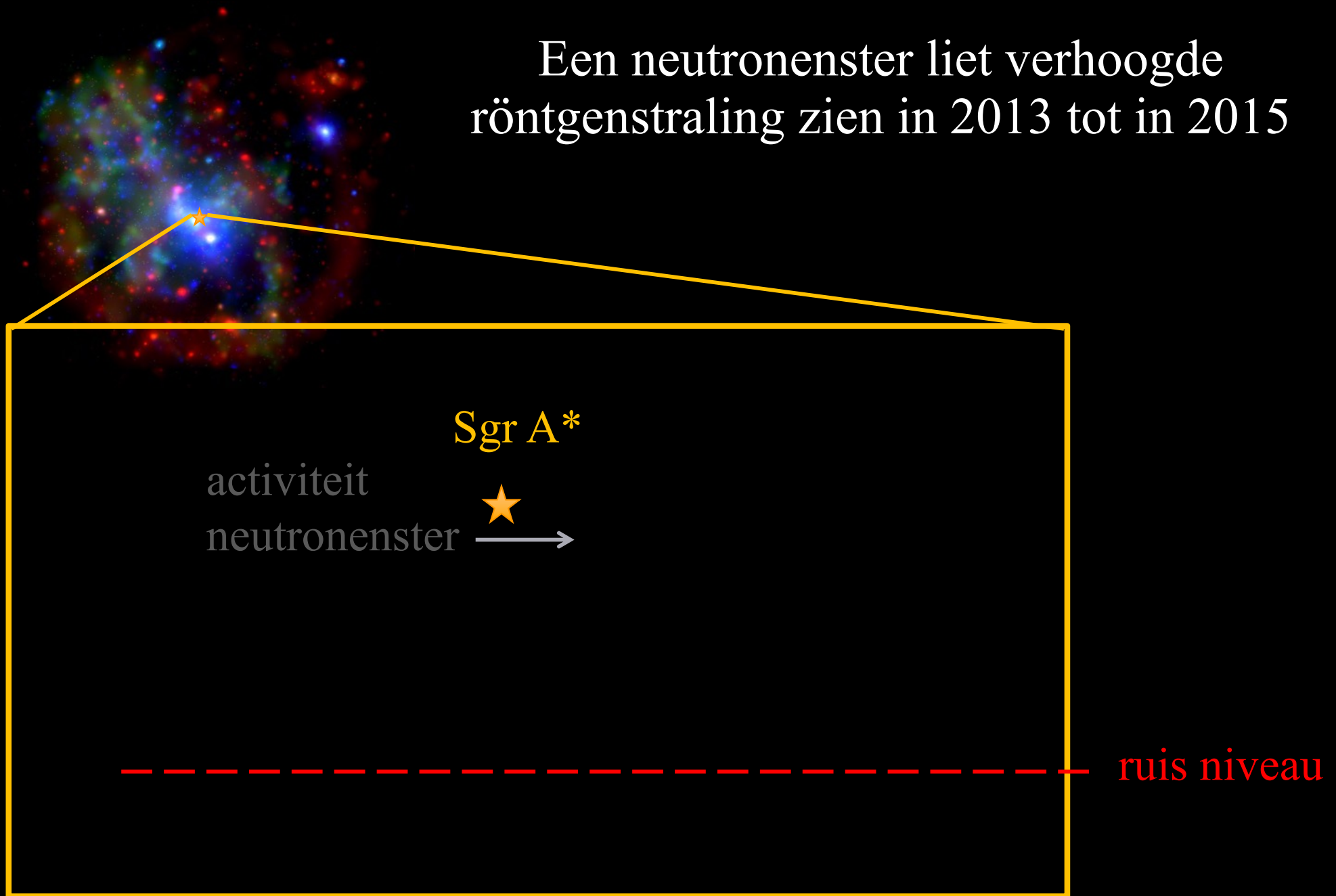
Verhoogde straling meteen gerapporteerd aan astronomen over de hele wereld



- Maar het bleek vals alarm!
- Het is druk in het centrum van de Melkweg → ruimtelijk oplossend vermogen van Swift is niet heel goed
- Bron van röntgenstraling bleek een nabije neutronenster

Inzoomen op Sgr A* met Swift

Een neutronenster liet verhoogde
röntgenstraling zien in 2013 tot in 2015



Inzoomen op Sgr A* met Swift

Een neutronenster liet verhoogde rontgenstraling zien in 2013 tot in 2015

- In 2016: activiteit van een *stellair* zwart gat (weer geen Sgr A*)

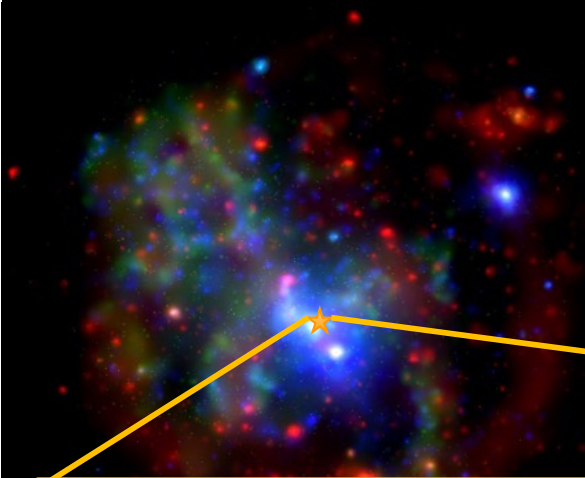
activiteit *stellair* zwart gat →

activiteit
neutronenster →

----- ruis niveau

Alles Stil Rondom Sgr A*

Swift heeft *geen* verhoogde
röntgenstraling van ons zwarte gat gezien
zoals verwacht *als* G2 was opgeslokt



activiteit stellair zwart gat →

activiteit
neutronenster →

--- ruis niveau

De Dodenrit van G2 is met een
sisser afgelopen

Hoewel...

Sgr A* Is Meer Boeren Gaan Laten

- Ons zwarte gat “vlamt” af en toe even op
- We zien met Swift dat Sgr A* sinds G2 voorbij kwam vaker is gaan opvlammen!



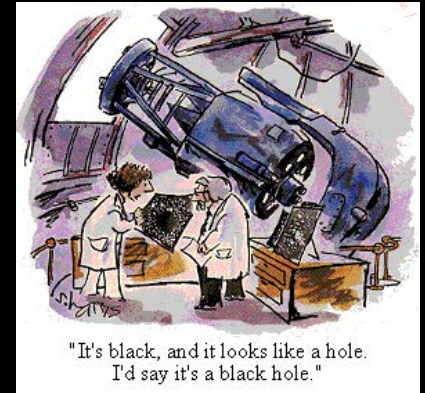
activiteit stellair zwart gat →

activiteit
neutronenster →

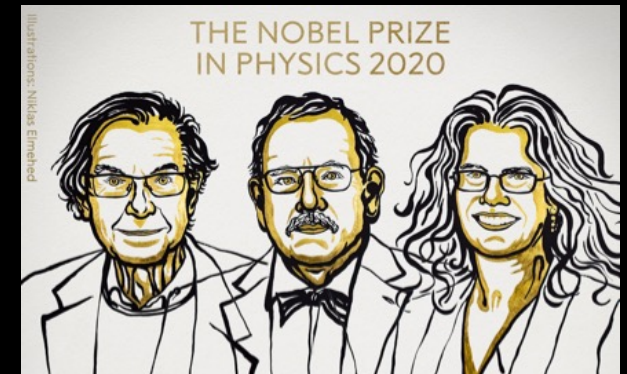
----- ruis niveau

Samenvatting

- Zwarte gaten = objecten met extreme zwaartekracht
Heelal vol met stellaire & superzware zwarte gaten



- Zwarte gaten “zien” door invloed van sterke zwaartekracht
Opslokken gas → röntgenstraling
Bewegingen van sterren → Nobelprijs



- Het zware zwarte gat in onze Melkweg
Heel inactief (eet weinig): in winterslaap
Maar als deze wakker wordt zal Swift het zien



Bedankt !

Vragen over

- Zwarte gaten?
- Natuur- en sterrenkunde studeren?
- Sterrenkunde onderzoek in Amsterdam?

degenaar@uva.nl



Anton Pannekoek Observatorium @ Science Park in Amsterdam