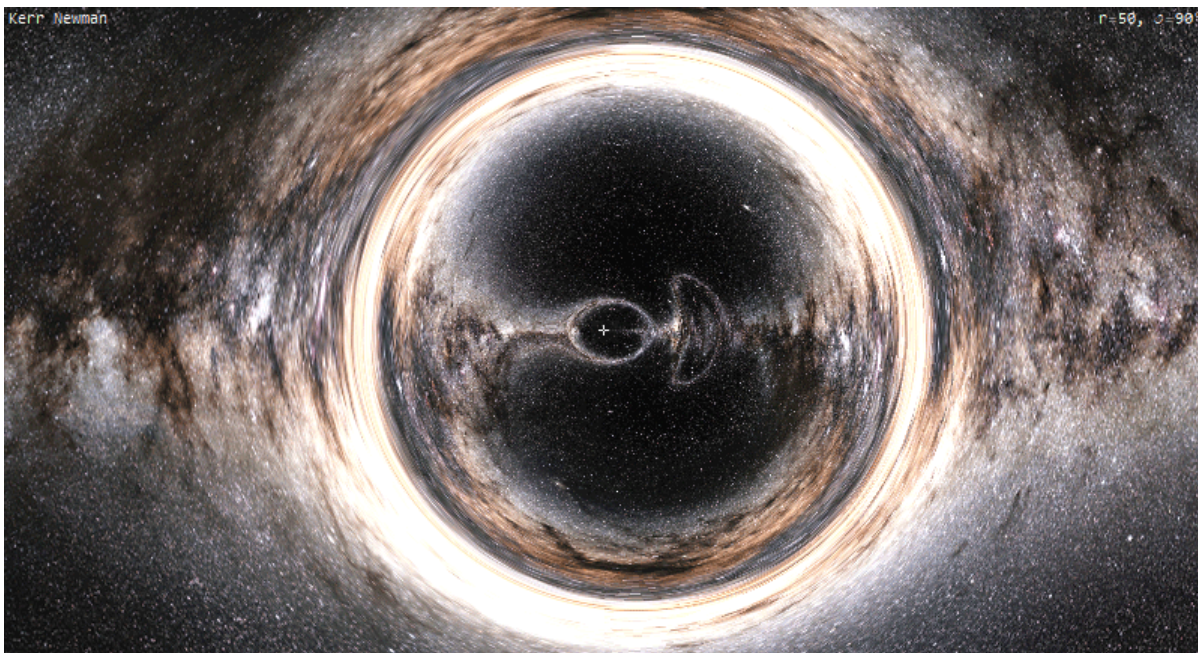


# Kosmische censuur en zwakke zwaartekracht

In een eerder artikel vertelde ik over het ‘vermoeden van kosmische censuur’ uit 1969: het idee dat singulariteiten - punten in de ruimtetijd waar de algemene relativiteitstheorie van Einstein niet werkt - altijd verborgen zijn achter een horizon. Vandaag bespreek ik één van de tests voor kosmische censuur: een recentelijk ontdekte link met het ‘zwakke-zwaartekrachtspostulaat’.



**Afbeelding 1: Een naakte singulariteit.** Hypothetische afbeelding van hoe we een naakte singulariteit in onze Melkweg zouden zien. Bron: Wikipedia.

## Zwakke zwaartekracht en het moerasland

In ons eigen heelal weten we dat de zwaartekracht de zwakste kracht is van de vier fundamentele krachten: de elektromagnetische kracht, de zwakke en sterke kernkracht zijn vele ordes van grootte sterker (respectievelijk  $10^{38}$ ,  $10^{15}$  en  $10^{40}$  keer zo sterk). Een simpel

experiment laat dit zien voor de elektromagnetische kracht: pak een magneetje, houdt dat boven een paperclip en je zult zien dat je met jouw magneet de zwaartekracht ‘verslaat’. Het [zwakke-zwaartekrachtspostulaat](#) stelt dat dit in *elk* mogelijk heelal zo moet zijn: het is in elke theorie van de fundamentele krachten een *vereiste* dat zwaartekracht de zwakste is.

Waarom is de zwaartekracht zo zwak? Eerder legden we al uit dat het zwakke-zwaartekrachtspostulaat (uit 2006) één van de beperkingen is die snaartheoretici gebruiken om theorieën van quantumzwaartekracht te verbannen naar het [moerasland](#) van inconsistente theorieën. Het bleek dat in een theorie waarin de zwaartekracht niet de zwakste kracht is allerlei narigheid voorkomt, zoals schendingen van causaliteit – reden genoeg om zulke theorieën niet toe te laten tot het *landschap* van consistente theorieën van quantumzwaartekracht. De zoektocht naar een bewijs voor het zwakke-zwaartekrachtspostulaat is daarmee in feite een zoektocht naar een verklaring voor de zwakke zwaartekracht.

## Zwakke zwaartekracht en naakte singulariteiten

Vooralsnog is er nog geen bewijs gevonden voor het zwakke-zwaartekrachtspostulaat, noch voor het vermoeden van kosmische censuur. Wel blijken deze twee vermoedens samen te komen in een bijzondere testcasus. In 2014 ontdekten de theoretisch natuurkundigen Gary Horowitz, Jorge Santos en Benson Way dat naakte singulariteiten kunnen voorkomen in een vierdimensionale *Anti-de Sitterruimte* (*AdS*), een heelal met een hyperbolische kromming. Dat is een andere kromming dan in ons eigen heelal, dat meer lijkt op een *de Sitterruimte* (*dS*), een heelal met de kromming van een bol. Zo’n [AdS-ruimte](#) wordt door theoretisch natuurkundigen vaak gebruikt omdat het simpeler te beschrijven is. In de AdS-ruimte die de onderzoekers beschreven was naast een zwaartekrachtsveld ook een elektrisch veld aanwezig. Ze ontdekten dat als ze de energie van het elektrisch veld verhoogden, de kromming rond een bepaald punt in de ruimte steeds sterker werd, totdat uiteindelijk een naakte singulariteit ontstond.

Daarbij hadden ze echter één belangrijke aanname gedaan: in hun berekeningen gingen ze ervan uit dat er in de AdS-ruimte geen deeltjes konden ontstaan uit quantumfluctuaties – ze bestudeerden klassieke zwaartekracht, geen quantumzwaartekracht. Uit nieuw onderzoek van Jorge Santos en zijn promovendus Toby Crisford uit 2017 blijkt echter dat als

quantumfluctuaties wél voorkomen, er altijd een zwart gat vormt om de singulariteit heen – tenminste, als die quantummechanische deeltjes sterker koppelen aan het elektrische veld dan aan het zwaartekrachtsveld. Met andere woorden: als aan het zwakke-zwaartekrachtspostulaat wordt voldaan. En dat is dus precies wat we als vereiste stellen aan een theorie van quantumzwaartekracht.

De onderzoekers zijn er nog niet uit *waarom* naakte singulariteiten verborgen worden zodra zwaartekracht de zwakste kracht is – maar het lijkt dus zo te zijn dat de twee postulaten elkaar versterken en met elkaar verbonden zijn. Gecombineerd zijn de twee een sterker criterium waar theorieën van quantumzwaartekracht aan moeten voldoen dan op zichzelf – en zo kunnen we steeds beter testen welke theorieën naar het moerasland verdreven moeten worden.