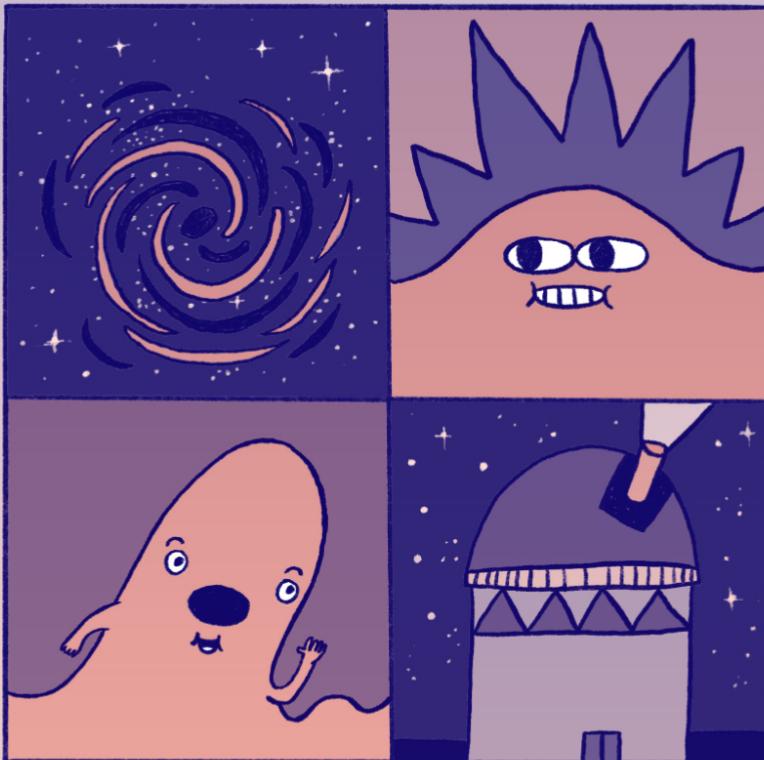


# KOSMISCHE



# WELLEN

Du kannst mich nicht sehen oder anfassen...



Ich bin nicht lebendig wie du, oder dieser kleine Wurm hier...



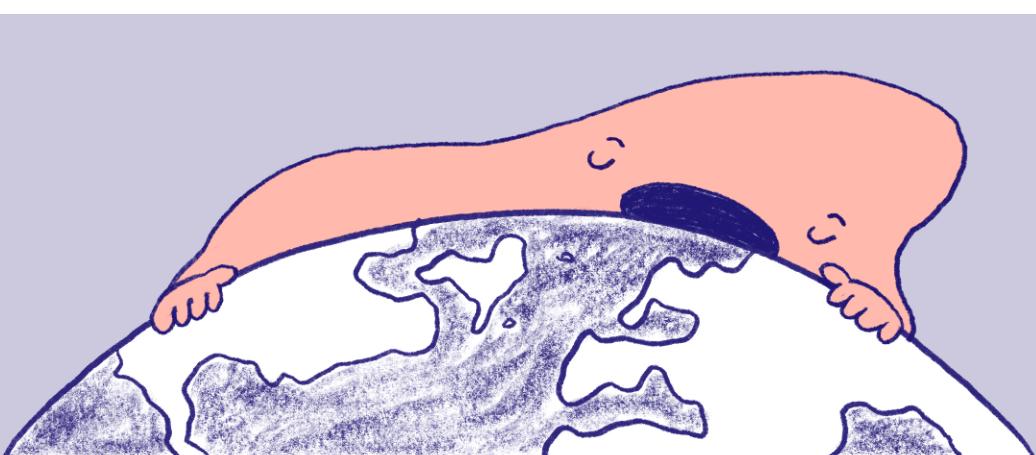
Aber ich reise durch das Universum und kenne seine Geheimnisse.



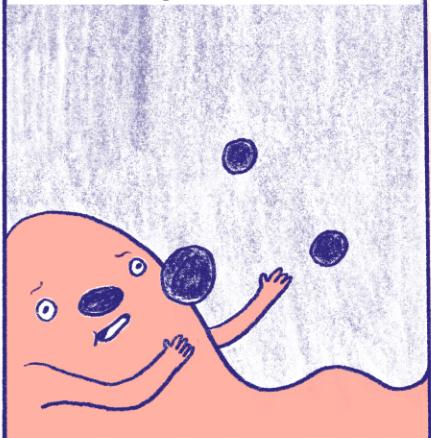
Ich bin eine Gravitationswelle, oder einfach G-Welle, das ist kürzer.



Bis zur Erde habe ich mehr als eine Milliarde Jahre gebraucht, und Wissenschaftler\*innen haben viel Zeit damit verbracht, Detektoren zu bauen und mich zu finden. Aber alles der Reihe nach...



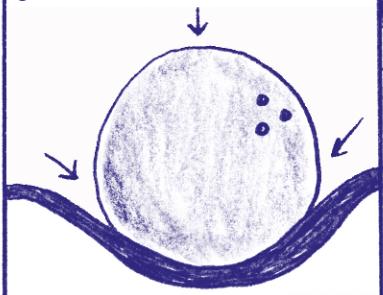
Jede sich im Raum bewegende Masse erzeugt G-Wellen.



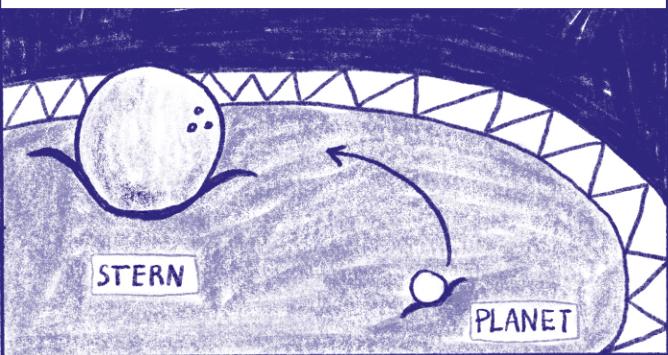
Raum und Zeit sind verbunden. Das Phänomen wird Raumzeit genannt. Stell dir mal ein riesiges Trampolin vor.



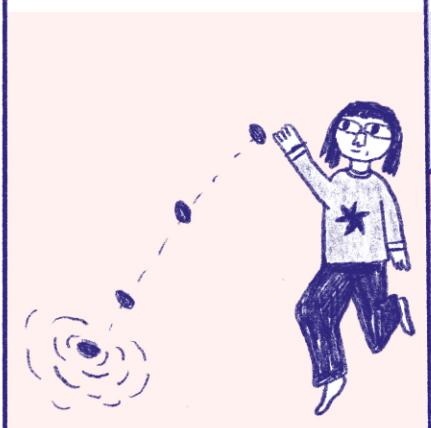
Eine Bowlingkugel zieht das Trampolin nach unten. So funktioniert Schwerkraft! Je schwerer die Kugel, desto größer die Delle.



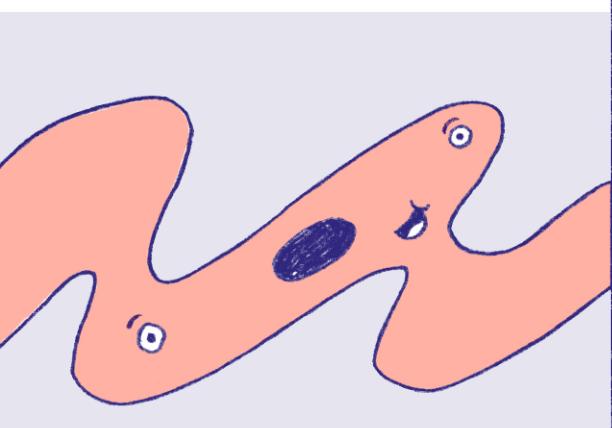
Wenn eine kleinere Kugel dazukommt, bewegt sie sich auf die große zu. Die Schwerkraft lässt Planeten um einen Stern kreisen.



Die Kugeln erzeugen außerdem Wellen auf dem Trampolin. So ähnlich wie die Wellen, die entstehen, wenn du einen Stein ins Wasser wirfst.



G-Wellen sind Wellen in der Raumzeit und als Schallwellen messbar. Wir haben eine Frequenz, quasi eine Tonhöhe, und eine Amplitude, besser bekannt als Lautstärke.



Aber wir sind nicht wie die Wellen an deinem Lieblingsstrand...



Du musst wissen, ich bin sehr klein



10.000 Mal kleiner als ein Atom.

Ich bin deshalb schwer zu finden. Selbst der Physiker Albert Einstein zweifelte daran, obwohl er meine Existenz durch seine eigenen Theorien bewiesen hatte.

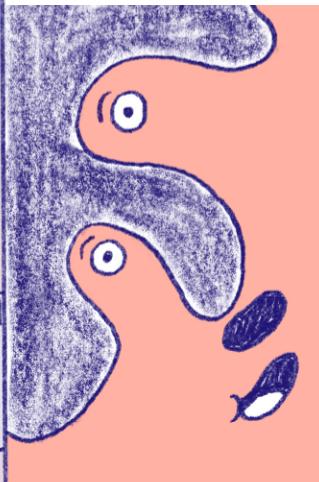
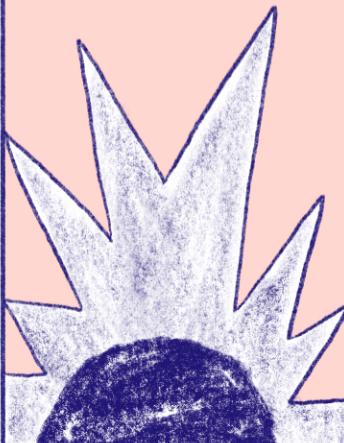


OB ES UNS  
GELINGEN WIRD  
GRAVITATIONSWELLEN  
ZU FINDEN, STEHT  
IN DEN STERNEN!

Um G-Wellen nachzuweisen, braucht es ein massereiches Ereignis im Universum...

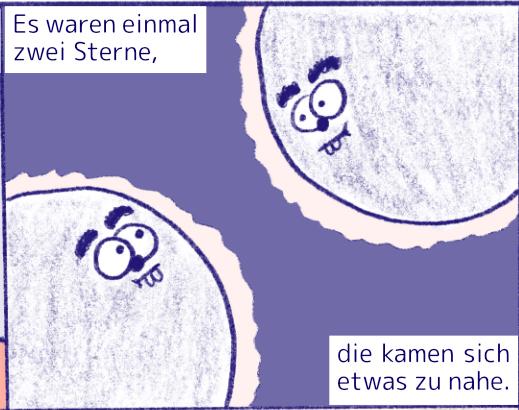
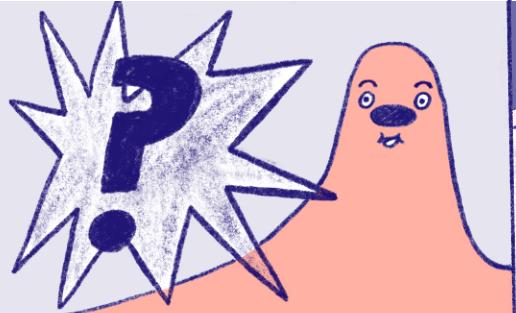
und ein super präzises Lineal, das erst noch gebaut werden musste...

Was meinst du? Gar nicht so einfach, oder?

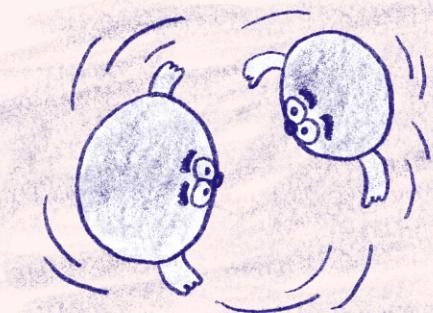


Und... Was ist eigentlich ein "massereiches Ereignis"?

Es waren einmal zwei Sterne,



die kamen sich etwas zu nahe.

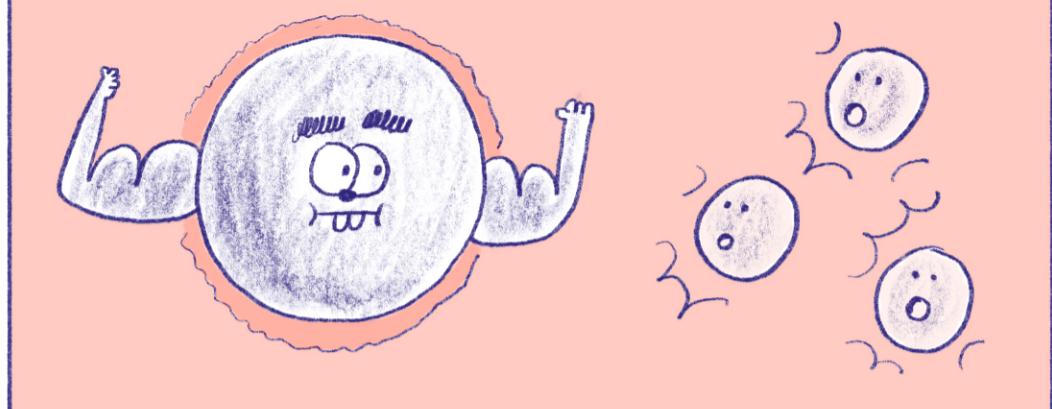


Die Schwerkraft ließ sie umeinander tanzen und durch die Bewegung wurden Wellen in der Raumzeit erzeugt...



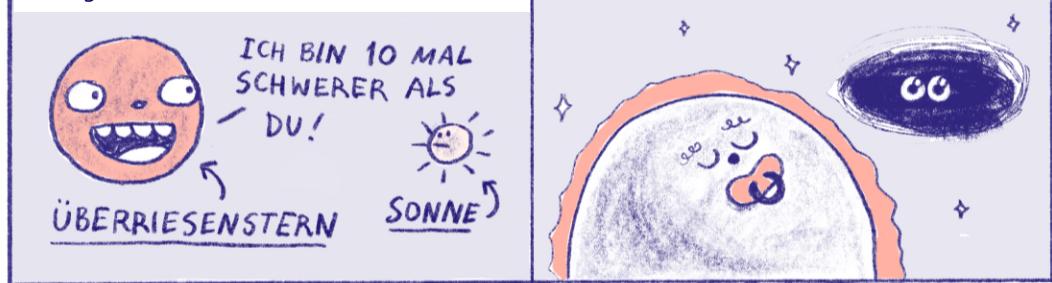
Irgendwann kollidieren sie miteinander. Das war so ein sehr, sehr massereiches Ereignis, und dabei wurde ich geboren!

Genau genommen waren das nicht nur irgendwelche Sterne, sondern sogenannte Neutronensterne.



Am Lebensende solcher Riesensterne verbrennt deren gesamter Treibstoff, und es gibt eine große Explosion, die auch Supernova genannt wird.

Aus dieser Explosion können Neutronensterne oder Schwarze Löcher entstehen.



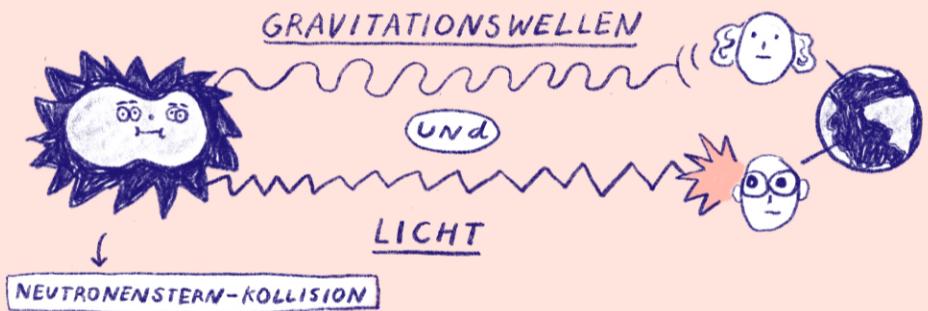
Neutronensterne und Schwarze Löcher müssen gar nicht groß sein. Ihre Masse ist aber so dicht, dass ihr gravitativer Effekt extrem riesig ist, also ihre Fähigkeit, die Raumzeit einzudellen. Nicht einmal Licht kommt aus einem Schwarzen Loch raus!



Wenn Schwarze Löcher kollidieren, können Wissenschaftler\*innen deshalb die dabei entstandenen G-Wellen nur hören, aber kein Licht von der Kollision sehen. Deshalb nennen sie solche Ereignisse „dunkle Sirenen“.



Wenn aber zwei Neutronensterne kollidieren, passiert etwas Besonderes: Ihre Kollision erzeugt sowohl G-Wellen als auch einen Lichtblitz, den Teleskope sehen können. Deshalb ist das eine "helle Sirene".

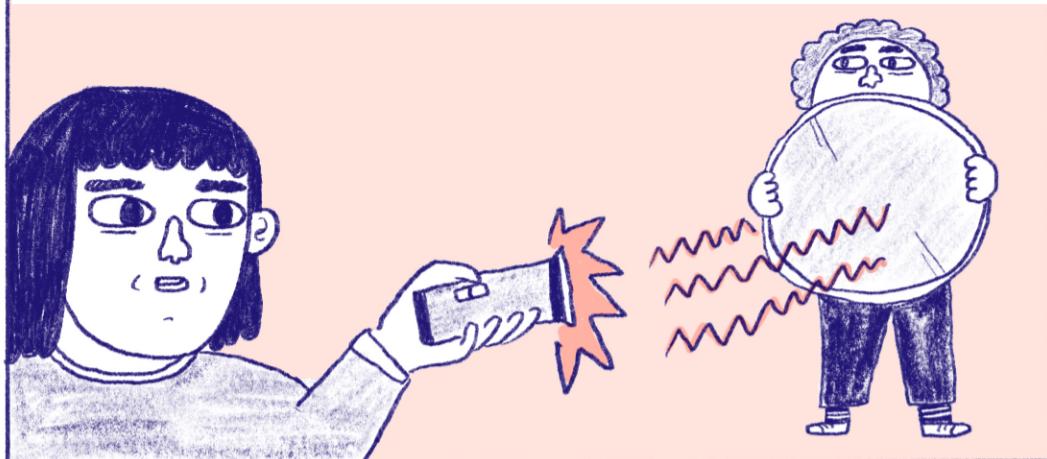


Detektoren wie LIGO und VIRGO sind speziell dafür gemacht, G-Wellen zu hören.

Die Idee dahinter: Ich bin wellenförmig, deshalb dehne und quetsche ich die Raumzeit, wenn ich hindurchlaufe.

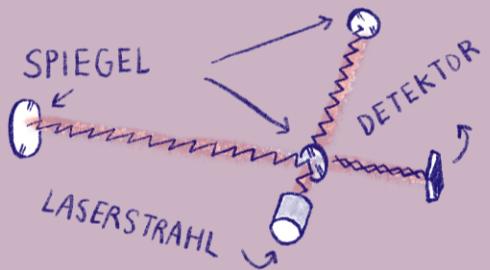
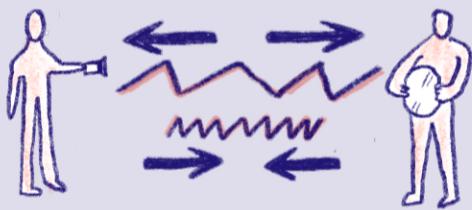


Aber wie wisst ihr jetzt, dass ich im Anmarsch bin? Stell dir vor, du würdest einen Laserstrahl auf einen Spiegel richten und könntest den Weg des Laserlichts sehr genau messen.



Wenn die Raumzeit sich wellt, wird auch der Weg des Lasers entsprechend kürzer oder länger...

Detektoren wie LIGO und VIRGO funktionieren wie präzise Lineale, die minimal winzige Entfernungunterschiede messen, um vorbeiziehende G-Wellen zu erkennen.



Diese Unterschiede sind wirklich super klein. Es ist, als würde man die riesige Entfernung zwischen der Erde und dem Stern Proxima Centauri auf eine Haarsbreite genau ausmessen wollen.

Im Jahr 2015 war es dann soweit: Die erste G-Welle wurde auf der Erde erfasst und das war eine Sensation. Dabei kam die Welle damals gar nicht von einer hellen Sirene, anders als meine Wenigkeit...

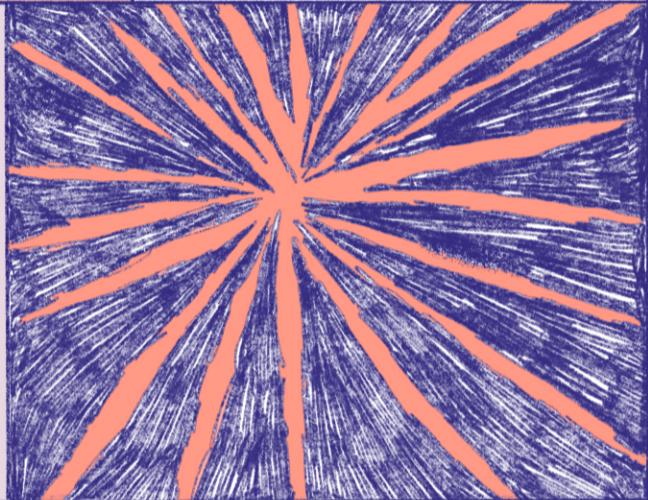


Helle Sirenen sind heiß begehrte, weil Wissenschaftler\*innen hier auch das Licht der Neutronensternkollision studieren können.

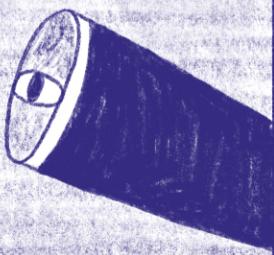
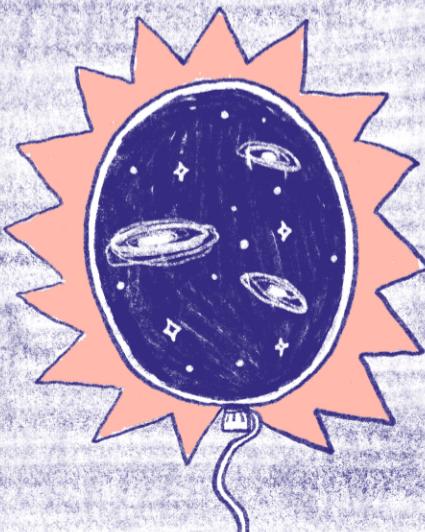
Und durch die Analyse dieses Lichts können sie etwas sehr Geheimnisvolles erforschen...



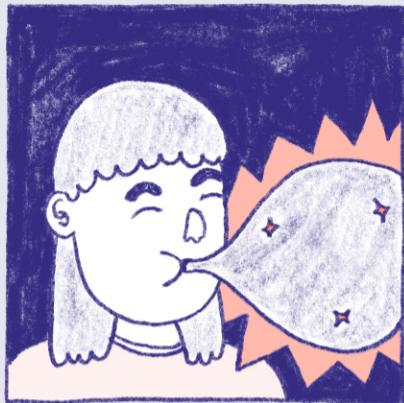
Nämlich, dass das Universum...



...immer größer und größer wird, schneller und schneller!



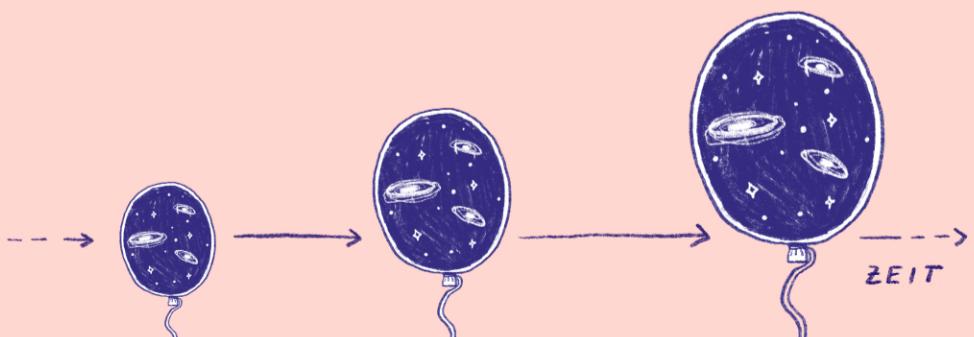
Das Universum ist wie ein Luftballon, auf den Sterne aufgemalt sind. Wenn du den Ballon aufbläst, bewegen sich die Sterne auseinander. Wissenschaftler\*innen haben die Entfernung zwischen Sternen oder Galaxien zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen und festgestellt, dass sie sich voneinander entfernen. Unser Universum dehnt sich aus!



Zurück zu mir. Ich komme aus der Galaxie NGC 4993 und bin bei einer Neutronensternkollision entstanden. Astronom\*innen konnten das Licht dieser hellen Sirene sehen und messen, wie schnell sich NGC 4993 bewegt.



Wenn Wissenschaftler\*innen Entfernung und Geschwindigkeit einer Galaxie kennen, können sie auch berechnen, wie schnell sich das Universum ausdehnt. Aber ganz einfach ist es nicht, liebe Leute. Nichts im Universum ist einfach.



Vor etwa 100 Jahren entdeckte E. Hubble, dass sich das Universum ausdehnt. Und seitdem versuchen Wissenschaftler\*innen herauszufinden, wie schnell das Universum expandiert. Aber irgendwie kamen sie dabei bisher nicht auf eindeutige Ergebnisse.

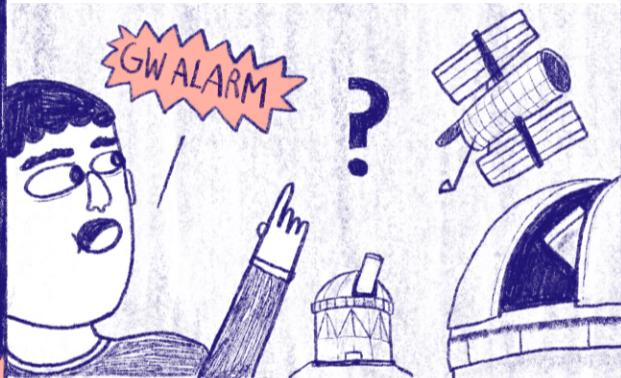
EDWIN  
HUBBLE →

OB DU ES GLAUBST ODER  
NICHT, SIE NENNEN ES  
HUBBLE-SPANNUNG!

NICOLAS COPERNICUS

Und hier kommen G-Wellen wie ich ins Spiel!

G-Wellen-Detektoren können kein Licht sehen. Als ich am 17. August 2017 an der Erde vorbeikam, konnten sie mich aber zumindest hören und allen Bescheid sagen, dass ich im Anmarsch bin.



Die Suche nach der Ursprungsgalaxie einer G-Welle ist wie die Jagd nach einem winzigen Wurm im Heuhaufen...



Mit der Meldung begann für die Astronom\*innen mit ihren Teleskopen ein Wettkampf gegen die Zeit. Das Licht einer hellen Sirene ist nur für wenige Tage sichtbar.

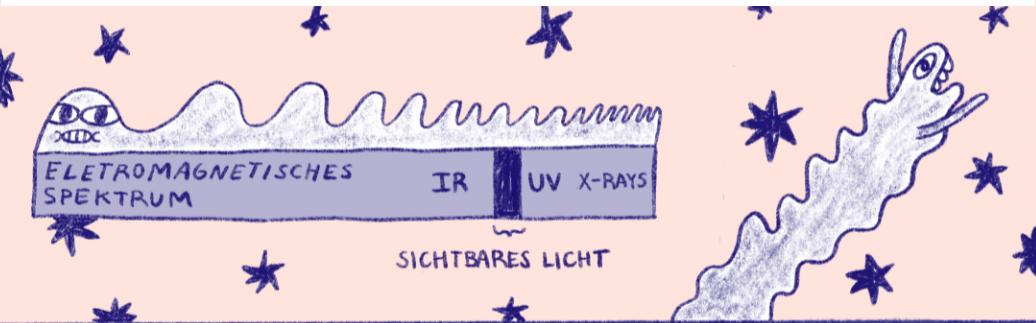


Einige Astronom\*innen richteten ihre Teleskope nur auf ganz bestimmte Galaxien, während andere in einen bestimmten Bereich des Himmels guckten.

In weniger als 11 Stunden nach der Meldung war das Swope-Teleskop-Team das erste, das das Licht von meinem Geburtsort entdeckte – es war das erste Mal, dass das Licht einer hellen Sirene gemessen wurde!



Und es war eine ganz spezielle Art von Licht mit einem besonderen Namen: „Kilonova“: ein schnell verblassendes blaues Leuchten von Eisenatomen. Die wurden mit herausgeschleudert, als die Neutronensterne kollidierten. Es war bisher die einzige Messung des Lichts einer hellen Sirene... Es ist selten und schwer zu fangen!



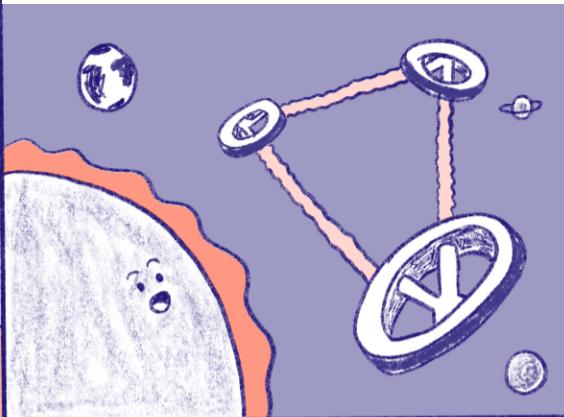
Heute entdecken Wissenschaftler\*innen wöchentlich G-Wellen, aber sie kommen meistens von dunklen Sirenen, also der Kollision von Schwarzen Löchern. Denen kann kein Licht entkommen, das Hinweise auf ihre Herkunftsgalaxien bieten könnte.



Jetzt weißt du, warum ich eine ganz besondere G-Welle bin! Das Licht von hellen Sirenen ist ein brandaktuelles Forschungsthema, und Wissenschaftler\*innen warten sehnstüchtig auf weitere G-Wellen wie mich!



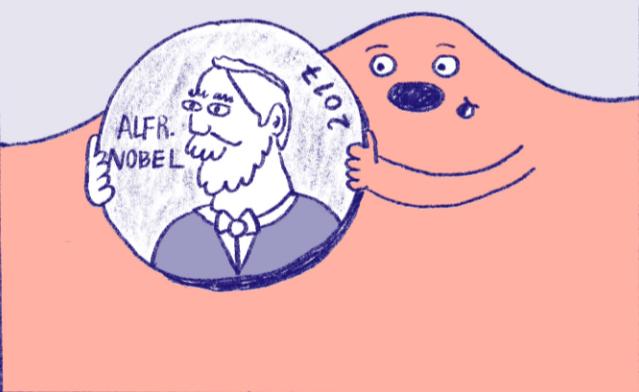
Die nächste Generation von G-Wellen-Detektoren ist schon in Planung: der Cosmic Explorer in den USA, das Einstein-Teleskop in Europa und LISA im Weltraum. Abgefahren!



Und neue leistungsstarke Teleskope wie das Vera-Rubin-Observatorium in Chile sollen dabei helfen, das Licht von hellen Sirenen zu entdecken.



Glaub mir, die Ära der G-Wellen beginnt gerade erst. Und bei aller Bescheidenheit nicht zu vergessen, 2017 haben wir G-Wellen sogar den Nobelpreis für Physik gewonnen. Okay, zusammen mit den Wissenschaftlern R. Weiss, B. Barish und K. Thorne, aber trotzdem!



Das nächste Mal, wenn du in den Himmel schaust, denk daran: Wir G-Wellen sind da draußen und warten nur darauf, gehört zu werden!



# COSMOZINE

Projekt gesponsert von der Claussen Simon Stiftung mit Unterstützung der Universität Hamburg und der Hamburg Research Academy.

**Text:** Dr. Maria Elidaiana da Silva Pereira

**Illustration, Layout und Text:** Dr. Camila S. Machado

**Redaktion (English version):** Stephanie Fernandes

**Übersetzung (Deutsche Version):** Jasmin Neumann

Referenzen und weitere Informationen:



Dieses Werk ist lizenziert unter der CC BY-NC-ND 4.0.

Digitalversion

Hamburg, 2024