

# *Event Horizon Teleskope*

*Ein weltweites Teleskop-  
Netzwerk zur Beobachtung  
supermassereicher Schwarzer Löcher in  
den Zentren von Galaxien*

Nathan Pollack



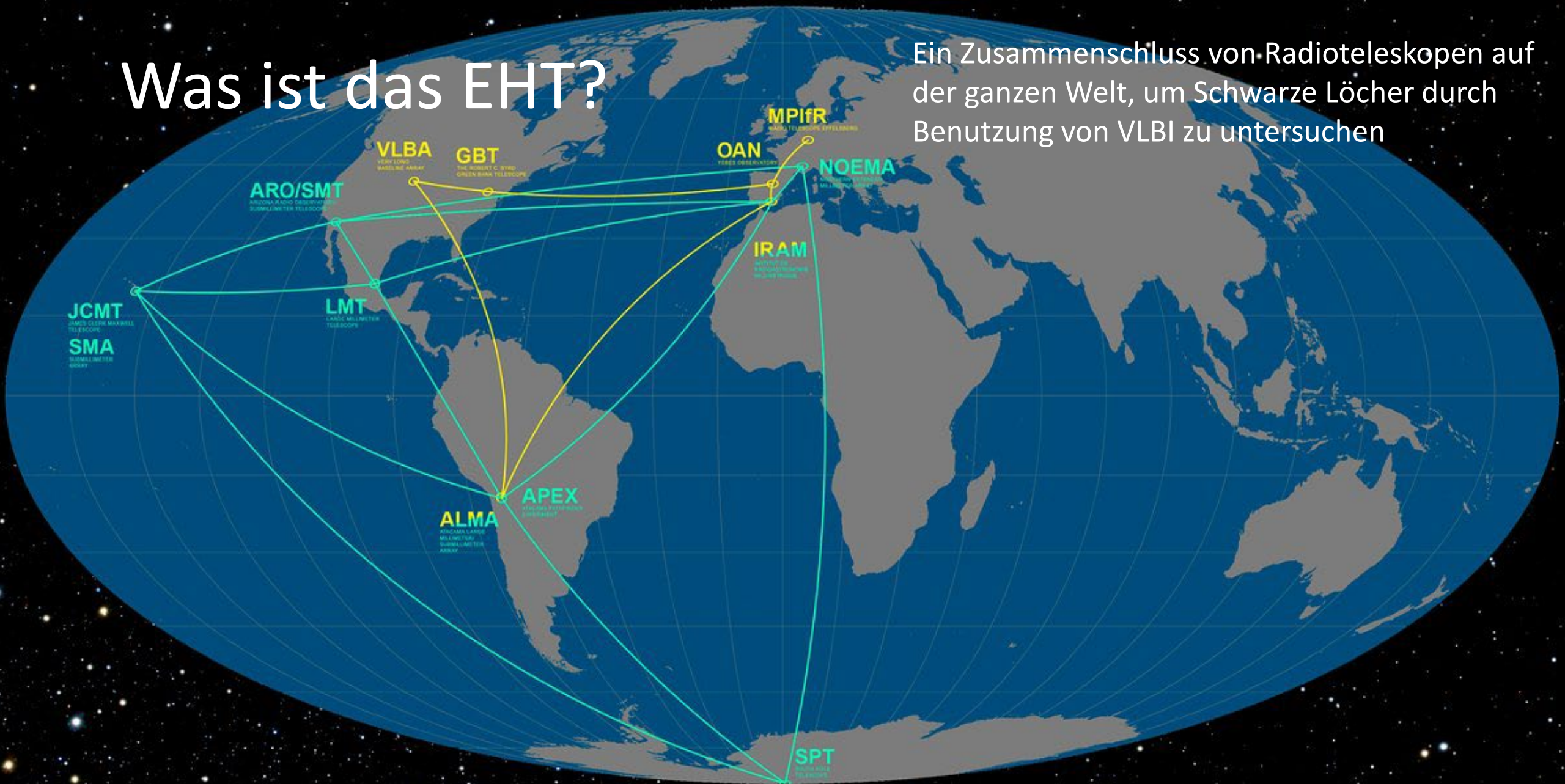
Quelle: MPIfR

# Inhaltsverzeichnis

- Was ist das EHT (Event Horizon Teleskope)
- Wie funktioniert das EHT
- Wie funktioniert VLBI
- M87\*
- M87 (Galaxie)
- Sagittarius A\*
- Centaurus A
- Quasar 3C 279
- Geschichte vom Event Horizon Teleskope
- Vom EHT untersuchte Himmelskörper
- Die Zukunft: das Next-Generation-EHT
- Auszeichnungen für das EHT und beteiligte Wissenschaftler

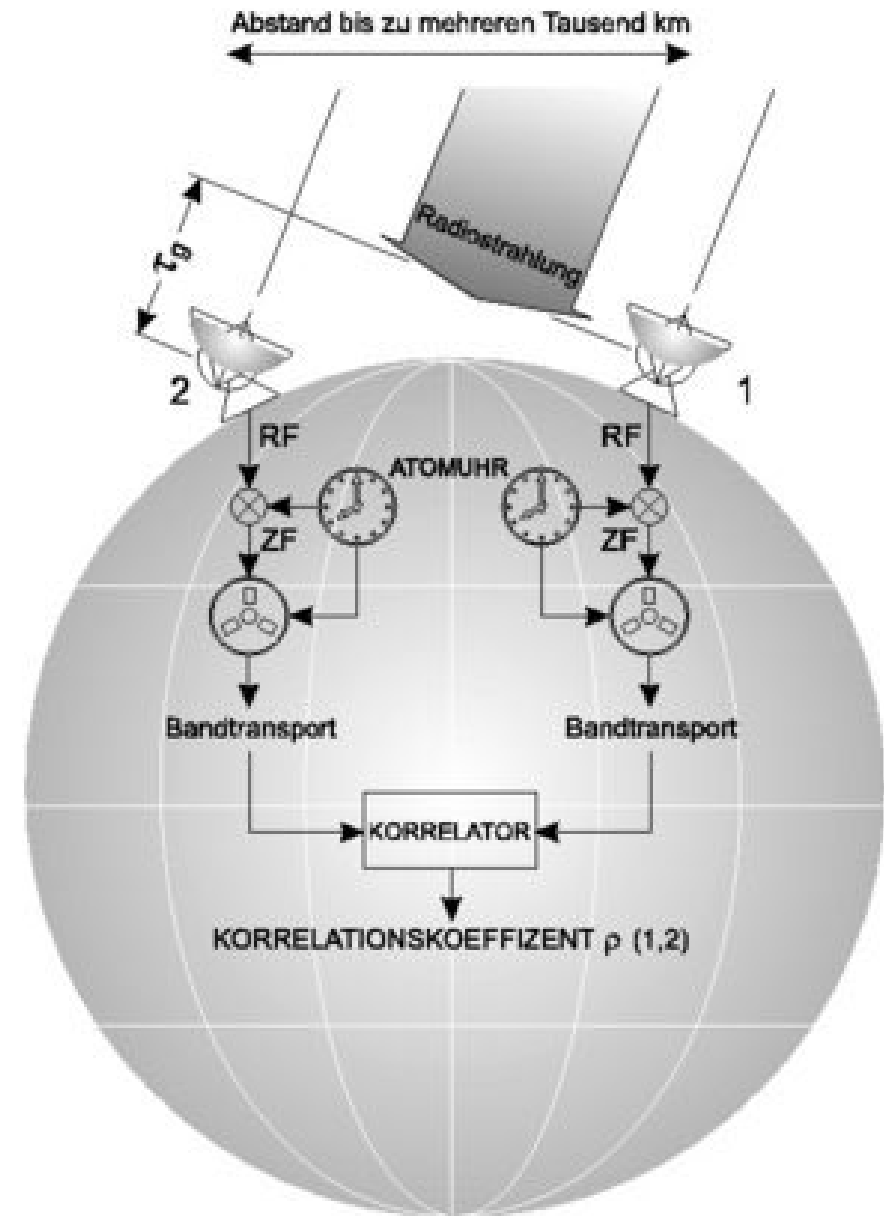
# Was ist das EHT?

Ein Zusammenschluss von Radioteleskopen auf der ganzen Welt, um Schwarze Löcher durch Benutzung von VLBI zu untersuchen



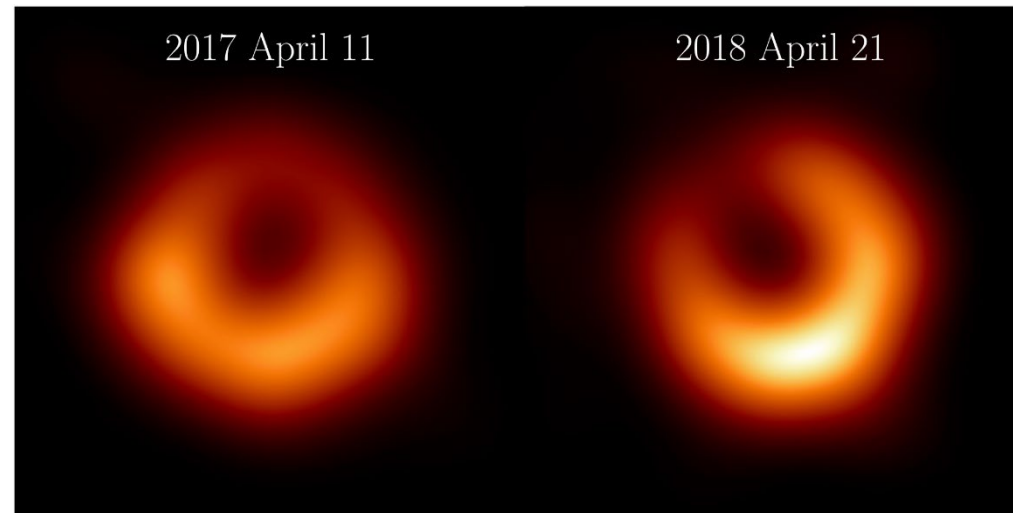
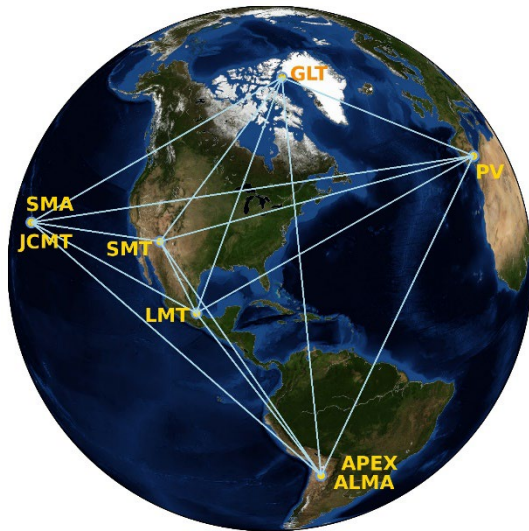
# Wie funktioniert VLBI - Radiointerferometrie auf langen Basislinien "Very Long Baseline Interferometry"

- Die beteiligten Teleskope empfangen Radiostrahlung. Da die Erde eine Kugel ist, und so die zwei Teleskope verschiedene Blicksichten zum Objekt haben, zeichnen sie einen kleinen Unterschied in der Strahlung auf.
- An jeder Empfangsstation wird eine Atomuhr eingesetzt, und so werden die Informationen mit bis zu einer Billionstel Sekunde Genauigkeit markiert und auf einer Festplatte gespeichert



# Wie funktioniert das EHT

- Das EHT benutzt VLBI, um damit Bilder von Schwarzen Löchern zu erzeugen
- Die Wellenlänge der EHT-Beobachtungen beträgt 1,3 mm
- Die Daten werden auf Festplatten gespeichert und dann von allen beteiligten Teleskopen zusammengebracht und an zwei Supercomputern (am MPIfR in Bonn und am Haystack-Observatorium, USA) miteinander verbunden (korreliert).



Bilder: MPIfR-Pressemitteilung vom 18. Januar 2024. Dazu Movie: [Sky & Telescope](#) (Daniel Palumbo, Harvard)

# M87\*

- Am 10. April 2019 wurde das Bild vom M87\* in sechs Pressekonferenzen weltweit vorgestellt
- Dies ist das erste Bild von einem schwarzen Loch
- Es liegt 55 Millionen Lichtjahre entfernt und hat eine Masse von über 6.5 Milliarden Sonnenmassen



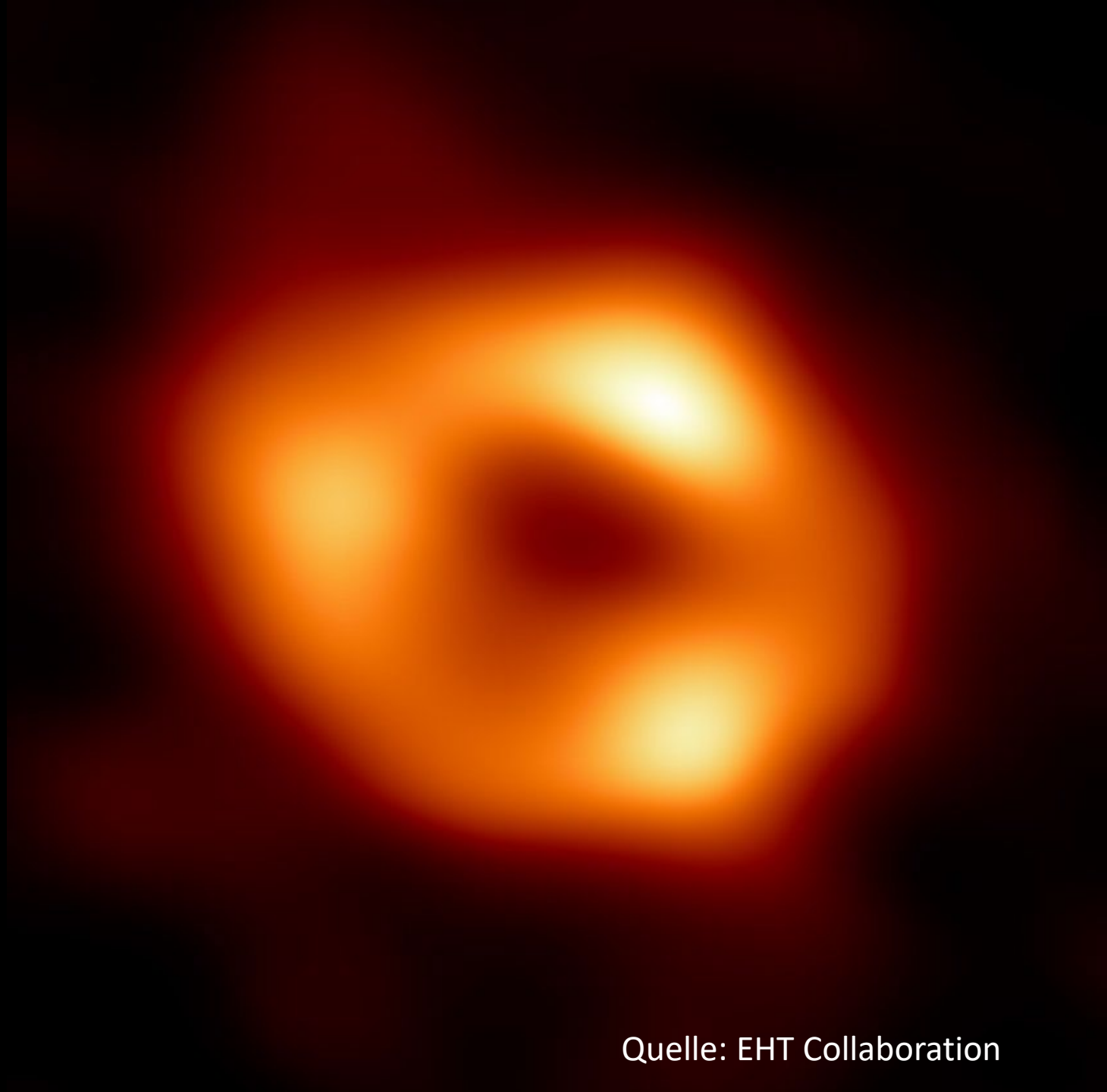
# M87 (Galaxie)

- Messier 87 ist eine der größten elliptischen Galaxien im Universum
- Sie wurde 1781 von dem französischen Astronomen Charles Messier entdeckt
- Es ist die zweithellste Galaxie im Virgo-Galaxienhaufen und sie besitzt mehrere Satellitengalaxien



# Sagittarius A\*

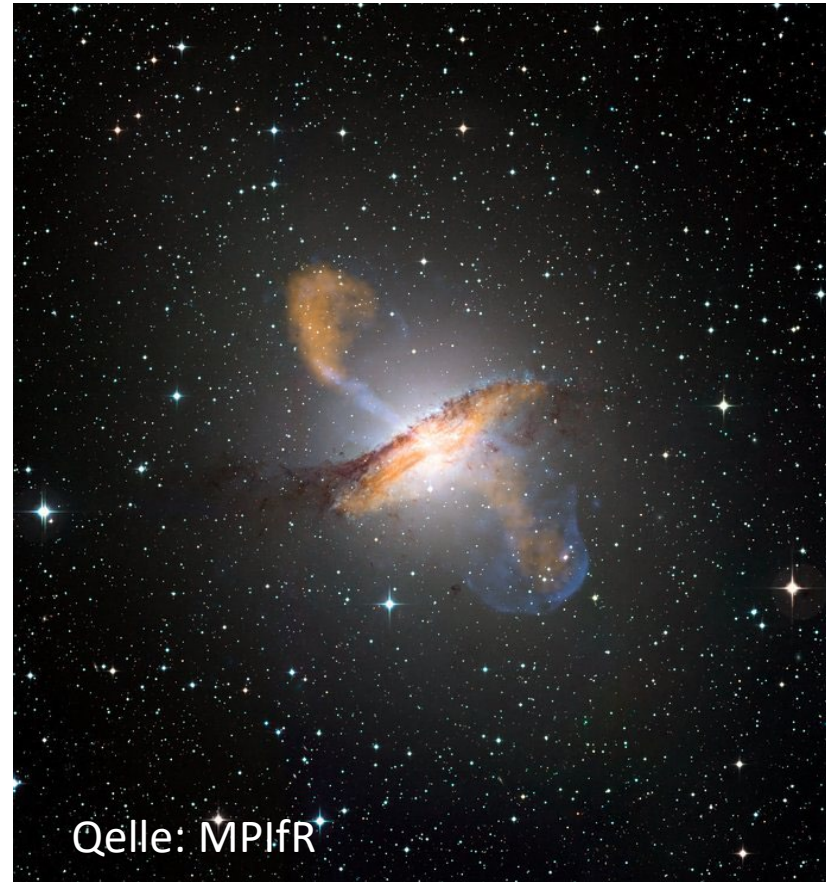
- Am 12. Mai 2022 wurde das Bild von Sagittarius A\* (Sgr A\*) veröffentlicht
- Sgr A\* ist das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße
- Es liegt 27.000 Licht Jahre entfernt und hat eine Masse von mehr als vier Millionen Sonnenmassen





- Im Jahr 2021 wurden Bilder vom Herzen der Galaxie Centaurus A veröffentlicht
- Das hochaufgelöste Bild mit dem EHT zeigt Materie, die in Form eines Jets aus dem Bereich des Schwarzen Lochs im Zentrum von der Galaxie herausströmt

# Centaurus A



Quelle: MPIfR

**Zoom ins Herz von Centaurus A**

**CENTAURUS A**  
 ↳ Abstand: 165 000 Lichtjahre

Mond zum Größenvergleich

**ZUSAMMENGESETZTES FARBILD DES JETS VON CENTAURUS A**  
 ↳ Abstand: 4 000 Lichtjahre  
 x40

**TANAMI-BILD DES INNEREN JETS**  
 ↳ Abstand: 1 Lichtjahr  
 x165 000

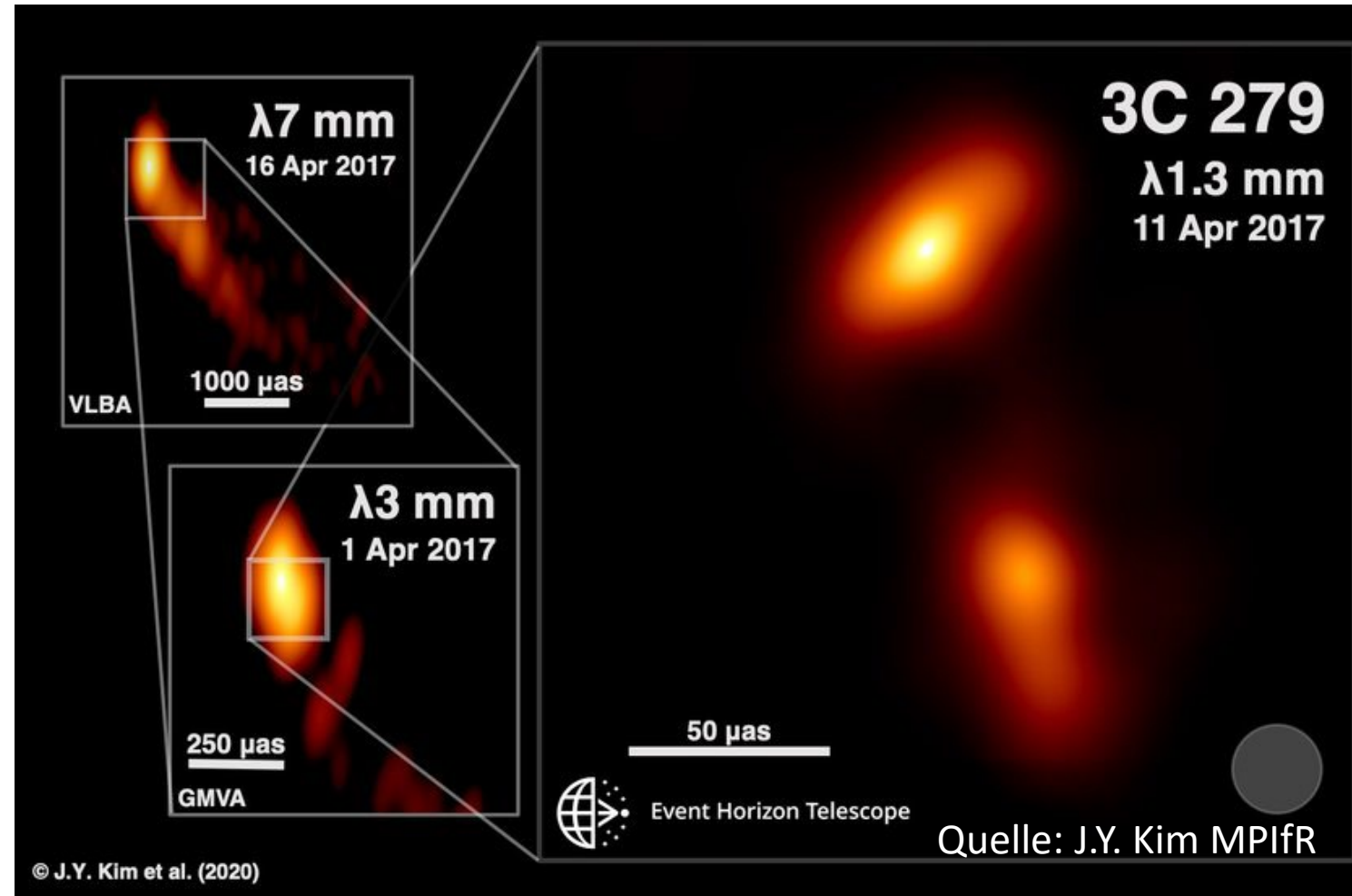
**EHT-BILD DER STARTREGION DES JETS**  
 ↳ Abstand: 1 Lichttag  
 x60 000 000

Ressourcen: NASA, TANAMI, EHT

Radboud University | Event Horizon Telescope

# Quasar 3C 279

- Quasar 3C 279 ist eine Galaxie, 5 Milliarden Lichtjahren von uns entfernt im Sternbild Jungfrau
- Die Abbildung zeigt, wie Gas mit fast Lichtgeschwindigkeit aus einem Schwarzen Loch im Zentrum der Galaxie ausgestoßen wird



# Geschichte des Event-Horizon-Teleskops

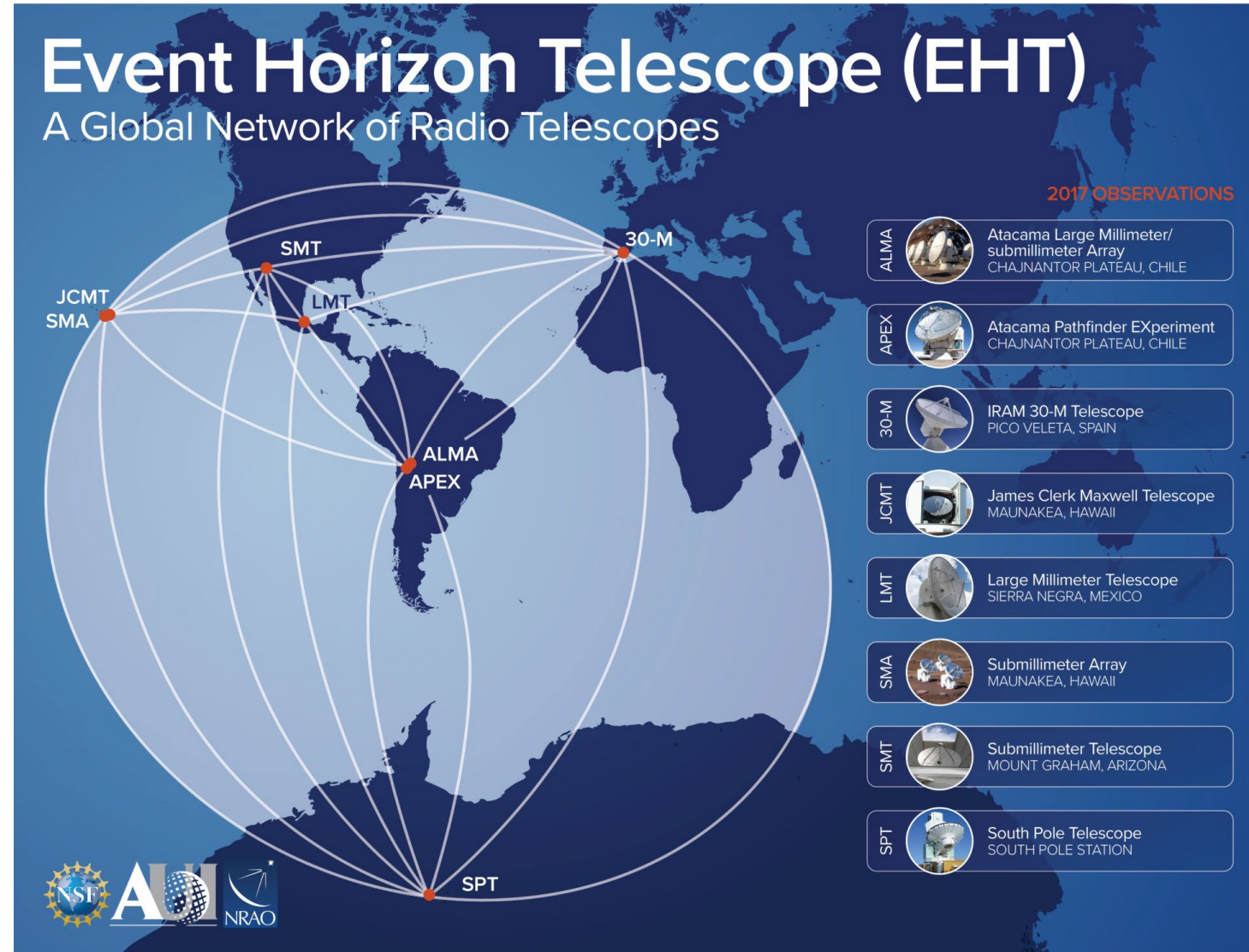
- 2000: Erste Ideen, wie der Schatten eines Schwarzen Loch aussehen wird, wurden von Heino Falcke, Fulvio Melia und Eric Agol veröffentlicht
- 2012: Pläne für das EHT fangen an
- 2017: Acht Teleskope nehmen an der ersten EHT-Beobachtungskampagne teil
- 2017: Am 5, 6, 10 und 11 April werden Daten von M87\*, Sagittarius A\* und weiteren Galaxien gesammelt
- 2018: Eine neue Kampagne beginnt, mit einem zusätzlichen Radioteleskop in Grönland
- 2021: Eine weitere EHT-Kampagne mit zehn beteiligten Teleskopen
- 2022: Eine EHT-Kampagne mit elf Teleskopen. Gegenüber 2017 sind das Grönland-Teleskop, das Kitt-Peak-Teleskop und NOEMA in Frankreich dazugekommen

# Auszeichnungen für das EHT und beteiligte Wissenschaftler

- 2020: das EHT-Projekt erhält den Breakthrough Prize in Fundamental Physics für den Bild eines supermassereichen Schwarzen Lochs
- 2020: das EHT-Projekt erhält den Bruno Rossi Prize der AAS (American Astronomical Society)
- 2021: Heino Falcke und Shep Doeleman erhalten die Henry-Draper-Medaille der National Academy of Sciences für ihre Vorarbeit und Führung im EHT-Projekt
- 2023: Shep Doeleman erhält den Prix Georges Lemaître für seine Arbeit im Zusammenhang mit dem EHT-Projekt
- 2023: Heino Falcke erhält den Balzan-Preis für hochauflösende Bilder von planetarischen Körpern bis zu kosmischen Objekten
- 2023: Anton Zensus erhält die Tycho-Brahe-Medaille der EAS für bedeutende Fortschritte in der VLBI, die zu den ersten Bildern der Schatten von supermassereichen Schwarzen Löchern in den Zentren der Galaxie Messier 87 und unserer Milchstraße führten.

# Vom EHT untersuchte Himmelsobjekte

- Sagittarius A\* (Schwarzes Loch)
- M87\* (Schwarzes Loch)
- Centaurus A (Galaxie)
- OJ 287 (Quasar)
- NGC 1052 (Galaxie)
- 3C 279 (Quasar)
- PKS 1510-089 (Galaxie)
- Perseus A (Galaxie)



Quelle: NRAO

# Die Zukunft: Next-Generation-EHT

## Ziele:

- Bilder mit schärferer Auflösung von Schwarzen Löchern
- Videos von Schwarzen Löchern
- Weitere Erforschung der Schwarzen Löcher
- Tests von Einstein Relativitätstheorie am Ereignishorizont

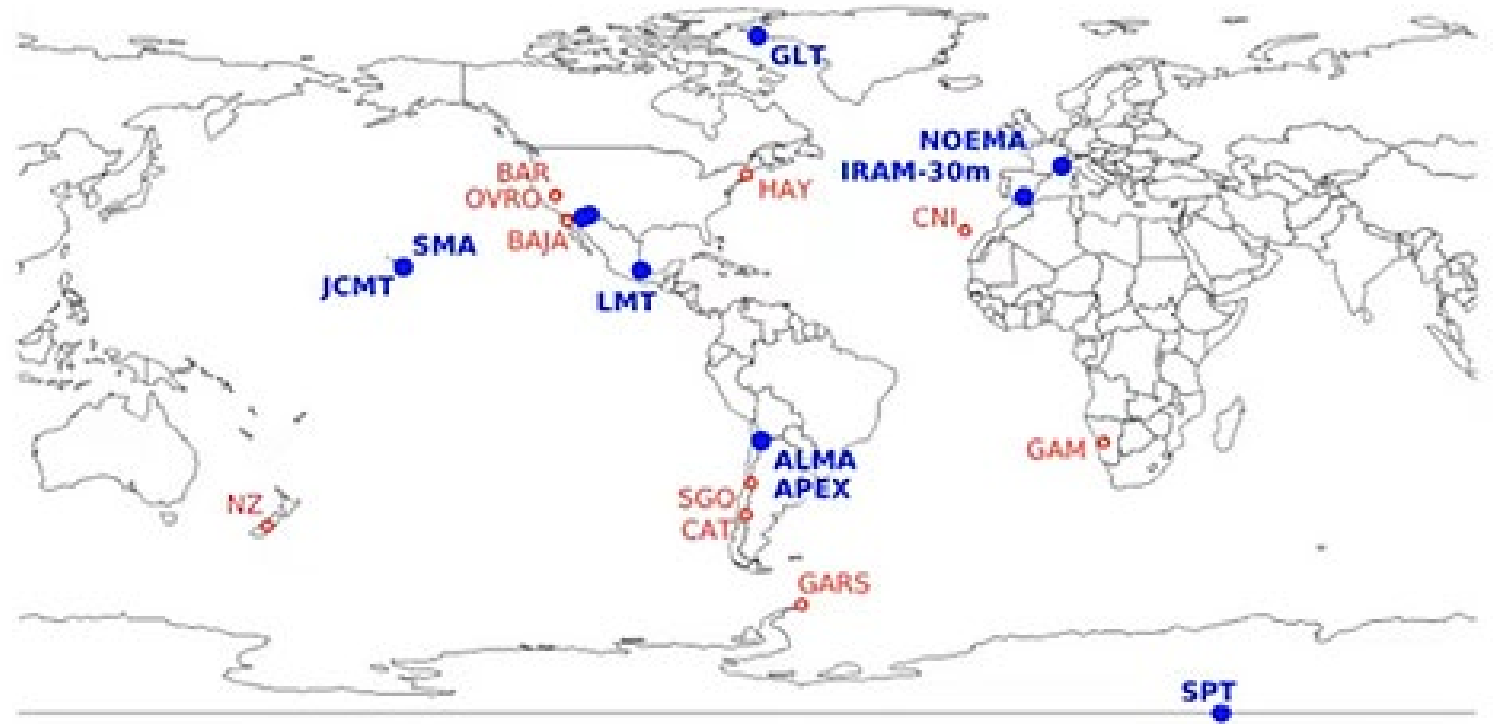


NEXT GENERATION  
EVENT HORIZON TELESCOPE

# Die Zukunft: Next-Generation-EHT

## Der Plan:

- Zehn neue Radioteleskope werden zum bestehenden Array hinzugefügt
- Zwei Wellenlänge bei 1,3 mm und 0,87 mm werden verwendet, um klare Bilder zu erstellen
- Zusätzlich werden auch Weltraumteleskope eingesetzt



Quelle: Next Generation EHT,  
Alex Raymond

# Quellen

- <https://www.eso.org/public/images/>
- <https://www.mpifr-bonn.mpg.de/582804/was-ist-vlbi>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Event\\_Horizon\\_Teleskope](https://de.wikipedia.org/wiki/Event_Horizon_Teleskope)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Event\\_Horizon\\_Telescope](https://de.wikipedia.org/wiki/Event_Horizon_Telescope)
- <https://skyandTeleskope.org/astronomy-blogs/black-hole-files/how-does-very-long-baseline-interferometry-work/>
- <https://www.mpifr-bonn.mpg.de/582818/wie-funktioniert-vlbi>
- Buch: "Licht Im Dunkeln. Schwarze Löcher, das Universum und Wir" von Heino Falcke mit Jörg Römer, Klett-Cotta-Verlag
- <https://eventhorizontelescope.org/>
- <https://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressreleases/2021/8>
- <https://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressreleases/2020/4>
- <https://www.ngeht.org/about>
- <https://www.mpifr-bonn.mpg.de/mitteilungen/2022/2>
- <https://www.mpifr-bonn.mpg.de/mitteilungen/2023/2?c=247828>
- <https://www.balzan.org/de/preistraeger/heino-falcke>