



# Square Kilometre Array (SKA)– Stand und Situation in Deutschland

Von Sebastian Hartmann unter der Leitung von Dr.  
Norbert Junkes

# Inhaltsverzeichnis

- Was ist das SKA?
- Bilder vom SKA
  - Antennen
    - Niedrigfrequenz-Dipole
    - Mittelfrequenz-Antennen
    - Parabolspiegel
  - SKA bei Nacht
- Finanzierung
- Bauphase
- Aufgaben des SKA
- Vorläuferprojekte des SKA
  - LOFAR
  - MeerKAT
  - ASKAP
- Zeitleiste
- Quellenangabe

# Was ist das SKA?

- Das SKA (*Square Kilometre Array*) ist ein Radioteleskop mit einer Sammelfläche von etwa einem Quadratkilometer (*square kilometre*), welches in einer Vielzahl von Einzelstationen sowohl im südlichen Afrika als auch in Australien und Neuseeland in abgelegenen Wüsten- und Steppenregionen aufgebaut werden soll. Das hat den Vorteil, dass es dort kaum Strahlung bzw. Elektrosmog gibt
- Das SKA wird aus tausenden per Glasfaserkabel mit Computern verbundenen Antennen bestehen. Diese Antennen sind in drei Gruppen eingeteilt: Die Niedrigfrequenz-Antennen werden die Frequenzen zwischen 50 und 350 Megahertz (MHz; 1 MHz=1 Million Schwingungen pro Sekunde) empfangen können; diese sollen in Westaustralien aufgebaut werden. Weitere Bestandteile des SKA sind drei mal drei Meter große Mittelfrequenz-Antennen („Kacheln“), die Frequenzen im Bereich von 500 bis 1000 MHz empfangen werden, sowie 12 mal 15 Meter große Parabolspiegel („Antennenschüsseln“), die Frequenzen von 350 bis zu 20 000 MHz (=20GHz) auffangen. Die beiden letzteren Antennentypen sollen in Südafrika aufgebaut werden. Das SKA wird 50- bis 100-mal empfindlicher sein als die aktuell besten Radioteleskope

# Niedrigfrequenz-Dipole (künstlerische Darstellung)



Bild: SKA Project Development Office and Swinburne Astronomy Production,  
Creative Commons Attribution Share Alike 3.0 Unported

# Mittelfrequenz-Antennen (Kacheln) (künstlerische Darstellung)

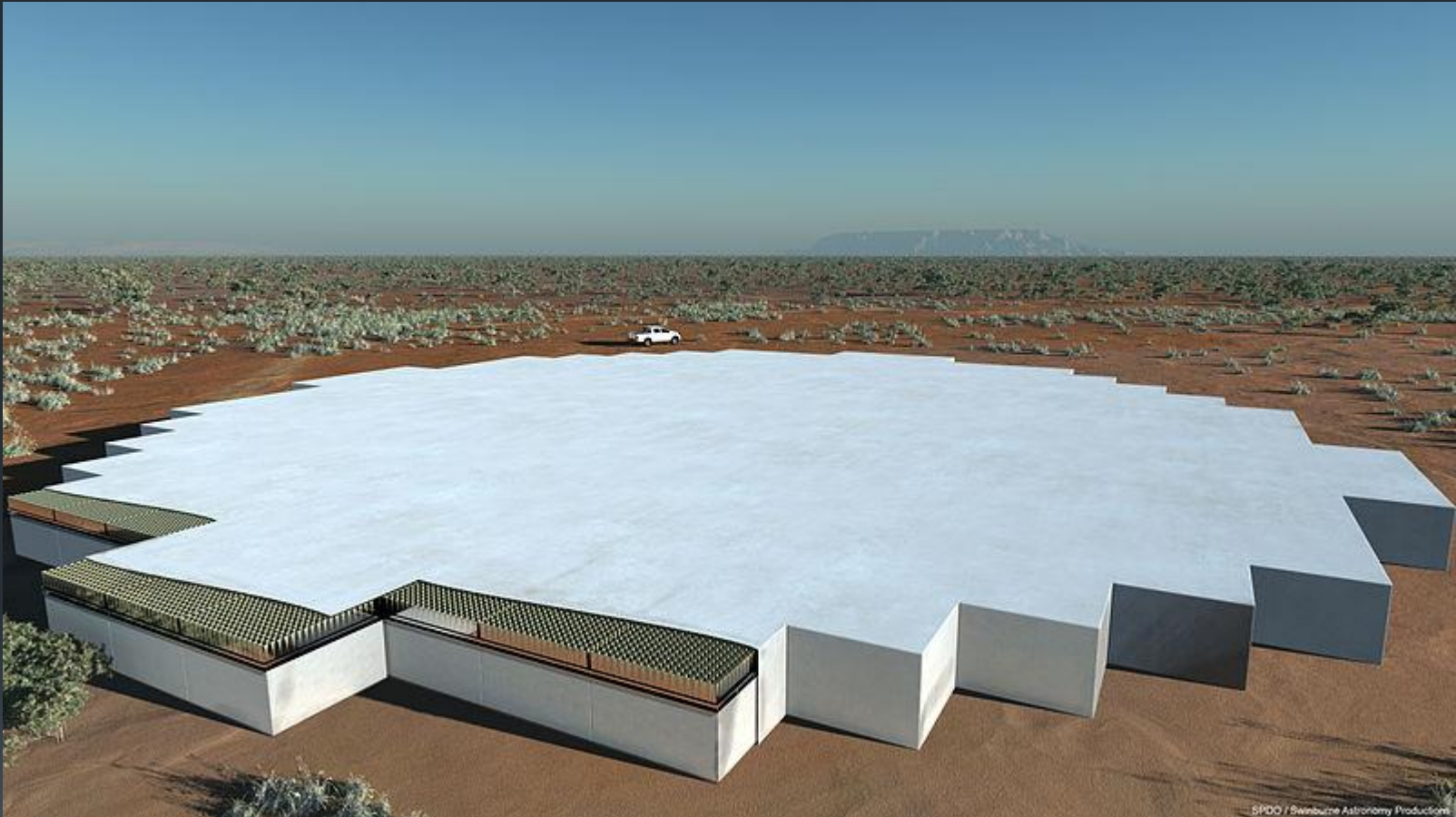


Bild: SKA Project Development Office and Swinburne Astronomy Production,  
Creative Commons Attribution Share Alike 3.0 Unported



# Parabolspiegel (künstlerische Darstellung)



Bild: SKA Project Development Office and Swinburne Astronomy Production,  
Creative Commons Attribution Share Alike 3.0 Unported

# Square Kilometre Array bei Nacht (künstlerische Darstellung)



Bild: SKA Organisation,  
Creative Commons Attribution Share Alike 3.0 Unported

# SKA Organisation

- Mitglieder der SKA Organisation sind Australien, Neuseeland, Südafrika, die Niederlande, Frankreich, China, Kanada, das Vereinigte Königreich, Indien, **Deutschland**, Schweden und Italien. Diese Länder finanzieren den größten Teil der anfallenden Kosten des Radioteleskops, dafür dürfen dann aber Wissenschaftler aus den entsprechenden Ländern das SKA mehr nutzen als Nicht-Mitglieder
- Bis jetzt ist **Deutschland** auch Mitglied, doch nach Beschluss des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) hat Deutschland die Mitgliedschaft am 5. Juni 2014 zum 30. Juni 2015 gekündigt



# Austritt Deutschlands aus der SKA Organisation

- Das BMBF gab als Begründung an: „Die Kosten für die zweite Ausbaustufe werden auf 6 bis 8 Mrd. € geschätzt. Schon das zeigt: Das Projekt ist sehr umfangreich und ohne Vorbild.“ (Quelle: bmbf.de) Anderen Schätzungen zufolge liegen die Kosten für das gesamte Projekt allerdings nur zwischen 1,5 Milliarden Euro (Die Welt, GA) und zwei Milliarden Euro (FAZ)
- Das BMBF gibt als weiteren Grund an: „Mit Blick auf die Kosten, die große internationale Forschungsinfrastrukturen verursachen, müssen Prioritäten gesetzt werden.“ (bmbf.de) Daher möchte man die „Forschungsinfrastrukturen, an denen Deutschland sich beteiligen möchte“ (bmbf.de) in Form einer Roadmap herauskristallisieren. Hierbei erwähnt das BMBF Beschleunigeranlage FAIR, Röntgenlaser XFEL und das Radioteleskop CTA. „Zur Zeit der Entwicklung der nationalen Roadmap war das SKA noch in der Re-Design-Phase, (...)“ (bmbf.de), betont das BMBF nach der Frage, warum das SKA dort nicht enthalten sei

# Austritt Deutschlands aus der SKA Organisation - Fortsetzung

- „Deutsche Wissenschaftler können weiter (...) auf eigene Kosten an der Entwicklung und Umsetzung des SKA teilnehmen“ (bmbf.de), heißt es einen Absatz später. Jedoch sagten Michael Kramer, Leiter des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie (MPIfR) Bonn, Hans-Rainer Klöckner, Wissenschaftler am MPIfR und Dominik Schwarz von der Universität Bielefeld gegenüber Spektrum.de: „Leider bedeutet das [der SKA-Bau ohne Deutschland] aber starke negative Auswirkungen für die deutschen Wissenschaftler und die deutsche Industrie, die damit aus dem Projekt, der Entwicklung der Technologie, dem Bau und der Nutzung ausgeschlossen werden.“ (spektrum.de)

# Bauphase

Der Bau lässt sich in zwei Phasen gliedern:

- Die erste Phase, bei denen die ersten zehn Prozent der Antennen platziert werden sollen, soll 2017 oder 2018 beginnen und 2023 enden. Dabei werden zwei Antennentypen gebaut: die Parabolspiegel und die Dipolantennen. Bereits dann wird das SKA jedes andere Radioteleskop überbieten können. Ab 2019/2020 können erste Ergebnisse erzielt werden
- Zur zweiten Phase, die 2023 beginnen und 2030 enden wird, werden neben den übrigen 90% der Parabolspiegeln und Dipolantennen auch die Mittelfrequenz-Antennen verbaut werden

# Aufgabenbereiche des SKA

- Wiege des Lebens: <http://www.skads-eu.org/p/cradleLife.php>
- Kosmischer Magnetismus: <http://www.skads-eu.org/p/cosmicMagnetism.php>
- Struktur des Universums (Kosmologie): <http://www.skads-eu.org/p/largeScaleStructure.php>
- Prüfung von Einsteins Relativitätstheorie in der Nähe von schwarzen Löchern: <http://www.skads-eu.org/p/testingGravity.php>
- Aussehen des frühen Universums (wenige Millionen Jahre nach dem Urknall): <http://www.skads-eu.org/p/darkAges.php>

Diese Aufgabenbereiche gehören zu den fünf Hauptthemen. Weitere Information beim Anklicken der Links. Ein weiterer Link mit allen Aufgabenbereichen: [http://www.mpifr-bonn.mpg.de/643129/SKA\\_GWP\\_2012.pdf](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/643129/SKA_GWP_2012.pdf)



# Kosmologie – Struktur des großräumigen Universums

Die Kosmologie ist aktuell das Thema, worüber die Presse am meisten berichtet, denn erst am 19. Januar 2015 erschien dazu eine Pressemeldung des SKA. Die Kosmologie umfasst folgende Schwerpunkte:

- Erstellen einer dreidimensionalen Karte zur Ermittlung der Masseverteilung des Kosmos
- Erforschung der Geometrie des Universums
- Messen der Ausdehnung des Universums in Echtzeit über eine Zeitspanne von zehn Jahren (→Wie schnell dehnt sich der Weltraum aus?)
  - „Die kosmologische Ausdehnung ist relativ gering im Vergleich mit unserer Lebenszeit und es ist ein technischer Meilenstein, aber eine direkte Messung ist möglich.“ (Hans-Rainer Klöckner in der Pressemeldung des MPIfR vom 19.01.2015)
- Erkennen der ersten Momente nach dem Urknall

# Kosmischer Magnetismus

- Kosmische Magnetfelder, zum Beispiel in der Galaxie M51, sorgen für die Entstehung neuer Sterne; kosmische Wolken umkreisen das magnetische Feld, und werden mit immer geringer werdenden Abstand immer schneller, was die Zentrifugalkraft erhöht. Bei dem Vorgang entsteht Plasma, welches Elektronen und Protonen beinhaltet. Diese werden vom Magnetfeld angezogen, die Rotation stoppt und die Wolke kontrahiert
- Da Magnetfelder unsichtbar sind, benötigen sie „Beleuchtung“ von Elektronen; diese senden Radiostrahlung aus
- Um die räumliche Struktur zu erkennen, werden Pulsare beobachtet. Trifft Radiostrahlung eines Pulsars auf ein Magnetfeld, dann ändert sich die Polarisationssebene. Für die Bestimmung der ursprünglichen Polarisationssebene gilt: die Wellen werden vom Magnetfeld umso stärker gedreht, je größer Wellenlänge und Feldstärke sind

# Kosmischer Magnetismus in Bezug auf das SKA

- „Mit dem SKA würde etwa die Zahl der Pulsare, die wir für die Magnetfeldkartierung der Milchstraße verwenden, auf 10 000 steigen“, erwähnte Sui Ann Mao, Wissenschaftlerin des MPIfR gegenüber der Zeitschrift „MaxPlanckForschung“
- Die ersten Magnetfeldstrukturen des Universums sollen gefunden werden
- Dreidimensional soll die Struktur von magnetischen Feldern in der Milchstraße dargestellt werden

# Kosmischer Magnetismus



Das Bild zeigt die Galaxie M51. Der stärkste Magnetismus findet an den Innenseiten der innersten Spiralarmen statt.

Bild: R.Beck (MPIfR) und A.Fletcher (University Newcastle)



# Vorläuferprojekte des SKA:

Um die Vorbereitung auf das Großprojekt zu erleichtern, gibt es drei wichtige, sogenannte PATHFINDER-Projekte. Diese lauten:

- LOFAR (Low Frequency Array)
- MeerKAT („KAT“ für Karoo Array Telescope)
- ASKAP (Australian Square Kilometre Array Pathfinder)

Weitere Informationen finden sich auf den nächsten Seiten.

# Low Frequency Array - LOFAR

- LOFAR (*Low Frequency Array*) ist ein europäisches Radioteleskop, das in verschiedenen Regionen Europas aufgebaut wurde
- Aufgenommen werden Frequenzen im Bereich zwischen zehn und 240 MHz. Das Teleskop besteht aus einzelnen Stationen in verschiedenen Ländern, so zum Beispiel 38 in den Niederlanden und sechs in Deutschland, die jeweils 192 Dipolantennen besitzen. Davon sind 96 Dipole mit Antennendrähten im  $45^\circ$ -Winkel zum Boden, diese umfassen den Bereich von 10 bis 80 MHz (Low Band), die anderen 96 befinden sich unter einer Styroporabdeckung und sind für den Bereich von 80 bis 240 MHz (High Band) zuständig. Etwa 10000 Dipolantennen wurden insgesamt bereits verbaut

# LOFAR - Fortsetzung

- Der Vorteil dieses Teleskopes ist die Tatsache, dass jede Antenne theoretisch den gesamten Himmel aufnehmen kann. Die einzelnen Dipole sind durch Glasfaserkabel mit einem Computer verbunden, der die Ergebnisse zusammenrechnet und danach an das Zentrum in den Niederlanden bzw. nach Jülich schickt
- Da sich die Wellenlänge von Wasserstoff, der kurz nach dem Urknall entstanden ist, durch die Ausdehnung des Universums ebenfalls ausdehnt, kommt sie in den von LOFAR messbaren Wellenlängenbereich
- LOFAR ist auch deshalb ein Vorläuferprojekt des SKA, weil LOFAR erstmals bei einem Radioteleskop auf Glasfaserkabel setzt. Zudem sind die Dipole, die zum LOFAR gehören, ähnlich zu denen, die ab 2017/2018 in Australien aufgebaut werden

# LOFAR-Feld mit Dipolen



Nur die Drähte, die von der Haltestange zu den Steinen verlaufen, sind die Antennen

Aufgenommen von Sebastian Hartmann an der LOFAR-Station Effelsberg



# MeerKAT

- MeerKAT (KAT für „*Karoo Array Telescope*“) ist ein südafrikanisches Radioteleskop, das zur Zeit gebaut wird. Dieses befindet sich in der Karoo-Halbwüste, damit das Teleskop nicht von menschengemachter Strahlung gestört wird
- Im März 2014 wurde mit dem Bau begonnen, das heißt, die erste Antenne ist errichtet worden, Ende 2016 soll die letzte der geplanten 64 Parabolantennen aufgebaut werden
- Alle Antennenschüsseln messen 13,5 Meter im Durchmesser. Die Subreflektoren sind 3,8 Meter groß. Diese sind für Frequenzen zwischen 0,8 und 8 GHz zuständig. Die Antennen werden alle durch Glasfaserkabel miteinander verbunden sein
- Das MeerKAT soll, wenn der Bau beendet worden ist, Einsteins Relativitätstheorie überprüfen und Gammastrahlung messen und auch Pulsare beobachten
- MeerKAT wird durch zusätzliche Antennen zum SKA Südafrika ausgebaut und somit auch einen Teil des SKA darstellen

# Parabolspiegel des MeerKAT

Bild:  
[ska.ac.za/media/2014\\_meerkat\\_antenna.php](http://ska.ac.za/media/2014_meerkat_antenna.php)



# ASKAP

- ASKAP (*Australian Square Kilometre Array Pathfinder*) ist ein westaustralisches Radioteleskop
- Dieses besteht aus 36 Parabolspiegeln mit Focal Plane Arrays. Die Parabolspiegel weisen einen Durchmesser von zwölf Metern auf. Insgesamt weist das Teleskop eine Sammelfläche von 4000 m<sup>2</sup> auf. Das ASKAP kann Frequenzen im Bereich von 0,7 bis 1,8 GHz erkennen. Der Bau begann Ende 2009 und endete 2012
- Das ASKAP erforscht primär die Entstehung von Galaxien und von Gasen. Beides geschieht anhand von Erkennung rotverschobenen Wasserstoffs. Außerdem versucht man herauszufinden, woher die Magnetfelder innerhalb einer Galaxie kommen und wie sie entstehen. Gravitationswellen werden auch untersucht
- Es ist das bis dato schnellste Teleskop der Welt, doch es wird nur ein Zehntausendstel der Rechengeschwindigkeit im Vergleich zum SKA besitzen
- Im Gegensatz zu MeerKAT wird ASKAP nicht zum SKA ausgebaut

# Parabolspiegel des ASKAP

Bild: CSIRO;  
Creative Commons Attribution  
3.0 Unported





# Zeitleiste

- 1991: Erste SKA-Idee
- 2012: Bekanntgabe der Orte: Südafrika, Australien und Neuseeland
- 2012: Gründung der „SKA Organisation“, die Mitglieder sollen das SKA finanzieren
- 2014: Rücktritt von Deutschland aus der „SKA Organisation“ zum 30. Juni 2015
- 2017/2018-2023: Erste Bauphase (Bau von 10% des Teleskops, aber nur Parabolspiegel und Dipolantennen)
- 2019: Erste Ergebnisse sichtbar
- 2023: voll betriebsfähig
- 2023-2030: Zweite Bauphase (SKA wird vervollständigt: Nun auch mit Mittelfrequenzantennen)

Für den Zeitraum von 1991 bis einschl. 2011 findet sich in den Quellen ein Link zu einem weiteren Schülerpraktikum von Eva Staudinger.

# Quellenangabe

- Hans-Rainer Klöckner, Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR)
- <http://www.csiro.au/Outcomes/Understanding-the-Universe/Operating-our-radio-telescopes/ASKAP.aspx>
- <http://www3.mpifr-bonn.mpg.de/staff/junkes/pr/links-ska>
- <http://www.bmbf.de/de/23937.php>, „Deutsche Wissenschaftler haben auch künftig Zugang zu exzellenten Großgeräten der Astronomie“; 26.06.2014
- <http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2014/06/11/ausstieg-beim-square-kilometre-array-deutschland-spart-sich-die-wissenschaft/>, „Ausstieg beim Square Kilometre Array: Deutschland spart sich die Wissenschaft“; 11.06.2014
- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/ska-forscher-planen-weltraumatlas-mit-riesen-radioteleskop-a-1013753.html>, „Mega-Teleskop SKA: Forscher planen Weltraumatlas in 3D“; 19.01.2015
- <http://www.ska.ac.za/meerkat/>
- <http://www.faz.net/aktuell/wissen/weltraum/megateleskop-ska-wir-waren-darauf-nicht-vorbereitet-12994362.html>, „Mega-Teleskop ohne deutsche Beteiligung?“; 10.06.2014
- <http://www.general-anzeiger-bonn.de/bonn/wissenschaft/Die-Vermessung-des-Himmels-article1541925.html>, „die Vermessung des Himmels“; 20.01.2015
- <http://www.welt.de/wissenschaft/weltraum/article136580599/Forscher-sammeln-riesige-Datenmengen-aus-dem-All.html>, „Forscher sammeln riesige Datenmengen aus dem All“; 20.01.2015
- [www.spektrum.de/news/zieht-sich-deutschland-vom-square-kilometre-array-zurueck/1294517](http://www.spektrum.de/news/zieht-sich-deutschland-vom-square-kilometre-array-zurueck/1294517), „Zieht sich Deutschland vom Square Kilometre Array zurück?“; 11.06.2014
- [http://www.mpifr-bonn.mpg.de/321180/eva\\_staudinger](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/321180/eva_staudinger), Eva Staudinger war eine Schülerpraktikantin im Januar 2011 am MPIfR
- [www.skatelescope.org/](http://www.skatelescope.org/)
- „Measuring magnetism in the Milky Way with the Square Kilometre Array“, Proceeding of Science, Sui Ann Mao; 02.01.2015
- „Kräfte, die in Galaxien walten“, MaxPlanckForschung; 4/2014 (vom Februar 2015)