

GLOW Talking Points 2017

- LOFAR 2.0
- New policies for time allocation
- Großgeräteinitiative der DFG
- BMBF Erdbundene Astronomie (LOFAR2.0+MeerKAT)
- SKA efforts: Big Data conference in Berlin
- How to engage with MeerKAT

Denkschrift 2017

Decadal Review

denkschrift2017.de



Denkschrift 2017

Perspektiven der Astrophysik in Deutschland 2017-2030

Von den Anfängen des Kosmos bis zu Lebensspuren
auf extrasolaren Planeten

Matthias Steinmetz, Marcus Brüggen, Andreas Burkert, Eva Schinnerer, Jürgen Stutzki,
Linda Tacconi, Joachim Wambsganz, Jörn Wilms [Redaktionskomitee des Rats deutscher Sternwarten]

Based on 20 strategy papers, the astronomical community has summarised the main findings of the field in the last decade and has charted the future course up until the end of the next decade. The topics are divided into the following areas:

- the Sun, other stars, and their planetary systems,
- the cosmic cycle of matter
- the Milky Way and other galaxies,
- the early Universe,
- extreme states of the cosmos, fundamental astrophysics.

Links to neighbouring research fields are emphasized, in particular to planetary research, astroparticle physics and fundamental physics.

In order to further strengthen the position of astronomical and astrophysical research in Germany in the coming decade, the RDS has developed a series of recommendations. These recommendations can be divided into three groups. The **first group of recommendations** concerns ground-based research infrastructures (recommendations B1-B5), space-based infrastructure (recommendations W1 and W2), and infrastructure for high-performance computing and big data science (recommendations H1 and H2). The **second group of recommendations** is devoted to networking and coordination (recommendations V1-V3). Finally, the **third group of recommendations** lays out proposals regarding the transfer of knowledge and human resource development (recommendations K1-K5).

In the area of **ground-based observatories**, the RDS recommends:

- B1 The participation in the construction of the 39m Extremely Large Telescope (ELT) of the European Southern Observatory in Chile and its instrumentation programme.
- B2 The funding of the next generation of detectors, receivers, and spectrographs, for the La Silla Paranal Observatory and for the antenna array ALMA in Chile.

B3 German participation in the construction of the radio observatory Square Kilometre Array (SKA) in South Africa and Australia.

B4 The further development of major observatories in the Northern Hemisphere such as the Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona, the antenna array NOEMA on the Plateau de Bure, the antenna array LOFAR in Central Europe and the Effelsberg radio telescope.

B5 A German participation in the European Solar Telescope (EST).

In the area of **space-based astrophysics**, the RDS prioritizes the following:

W1 The implementation of the Cosmic Vision programme of the European Space Agency (ESA) and its various satellite missions and the NASA/ESA James Webb Space Telescope (JWST).

W2 The continuation and advancement of the national space programme with the airborne observatory SOFIA and the X-ray observatory eRosita as well as participation in future bi-national missions with other space agencies.

A national infrastructure for **high-performance computing and big data** is instrumental for the preparation and analysis of major astronomical projects on the ground and in space. It is equally important for numerical simulations that have become an indispensable part of theory. The RDS recommends:

H1 The development of national and European centres for high-performance computing and their sustainable integration into a network of regional and local computing centres and cloud architectures.

H2 The further development of high-performance computing centres into a closely linked network of high-performance data infrastructure.

5.1.2 Die mittelgroßen erdgebundenen Teleskope

Deutsche Institute sind an einer Reihe mittelgroßer Observatorien beteiligt, deren Gesamtinvestitionsvolumen jeweils zwischen 100 Millionen und 500 Millionen Euro liegen. Viele dieser Projekte eint, dass sie fachlich fokussierte Nutzergruppen bedienen. Zur Liste der ESFRI-Projekte zählen das Gammastrahlenobservatorium Cherenkov Telescope Array (CTA) und das European Solar Telescope (EST).

In der Sonnenphysik betreibt Deutschland mit dem 2012 eingeweihten 1,5-m-GREGOR-Teleskop auf Teneriffa das derzeit leistungsfähigste Sonnenteleskop der Welt. Aber auch hier zeichnet sich der Weg zur nächsten Teleskop-Generation ab. Von US-amerikanischer Seite soll 2019 das Daniel K. Inouye Solar Telescope mit deutschen Instrumentierungsbeiträgen auf der hawaiianischen Insel Maui in Betrieb gehen. Von europäischer Seite soll auf Teneriffa das bereits erwähnte European Solar Telescope errichtet werden. Das EST befindet sich derzeit in einer Vorbereitungs-förderung durch die EU und soll im Jahr 2027 in Betrieb gehen.

Das Large Synoptic Survey Telescope (LSST) in Chile wird im US-amerikanischen Decadal Report 2010 als das erdgebundene Teleskop mit der höchsten Priorität genannt. Es wird ab 2019 alle fünf Tage den kompletten Südhimmel mit hoher Auflösung ablichten und somit die Zeit als Dimension für die Astronomie systematisch und umfassend öffnen (sogenannte *Time Domain Astrophysics*). Durch Addition der verschiedenen Aufnahmen wird darüber hinaus eine bisher unerreichte Tiefe möglich. Das LSST ist deshalb auch für die europäische und deutsche Wissenschaft von fundamentalem Interesse. Dem Konsortium für das LSST sind mittlerweile einige Institute und Forschergruppen in Europa beigetreten, teilweise in Form einer nationalen Beteiligung wie Großbritannien und Frankreich, teilweise als individuelle Forschergruppen, etwa in Deutschland.

Die in Abschnitt 5.1.1 genannten Großobservatorien auf der südlichen Hemisphäre werden durch dedizierte Teleskopanlagen auf der Nordhalbkugel

ergänzt. Dazu gehört das von IRAM betriebene Antennenfeld auf dem Plateau de Bure in den französischen Alpen. Dort wird zurzeit die maßgeblich von der Max-Planck-Gesellschaft unterstützte Erweiterung NOEMA gebaut. Deutschland ist nach den Niederlanden der größte Partner beim LOFAR, dem derzeit größten Radiointerferometer, das bei sehr langen Wellenlängen operiert. Das US-amerikanisch-deutsch-italienische Large Binocular Telescope auf dem Mount Graham in Arizona ist derzeit das größte optische Teleskop der Welt. Das 100-m-Radioteleskop Effelsberg ist im Verbund mit anderen Teleskopen im VLBI-Modus ein weltweit führendes Instrument für Pulsar-Zeitmessungen. Alle diese Einrichtungen eint, dass sie von einzelnen Instituten oder Konsortien betrieben werden, aber über entsprechende Vereinbarungen von allen Astrophysikerinnen und Astrophysikern in Deutschland genutzt werden können.

Das Cherenkov Telescope Array ist ein erdgebundenes Teleskopfeld für die Gammastrahlenastronomie mit geplanten Installationen in Chile unweit des Cerro Paranal und auf La Palma in Spanien. Das CTA besteht aus mehr als 100 Einzelteleskopen verschiedener Größe. Es ist ein internationales Projekt, derzeit mit Beteiligung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Europa, Japan und Südafrika. Das CTA ist momentan in der Vor-Konstruktionsphase. Der Teilbetrieb ist ab 2021 geplant, als Ganzes soll es 2024 in Betrieb gehen. Die Installation in Chile soll über die ESO betrieben werden. Das CTA ist das vorrangige Projekt der Astroteilchenphysik auf Deutschlands nationaler Roadmap und ist ein Projekt der ESFRI-Roadmap. Mit dem CTA wird die Gammastrahlenastronomie aus dem Status eines Experiments der Astroteilchenphysik zu einem anwenderorientierten Observatorium weiterentwickelt und stößt als solches bei astrophysikalischen Forschungsprojekten auf wachsendes Interesse.

5.1.8 Big Data, Data-Mining und Virtuelles Observatorium

Astronomische Forschung umfasst heute verschiedene Wellenlängen- und Energiebereiche. Jedes einzelne astronomische Projekt erzeugt erhebliche Mengen wissenschaftlicher Daten. Die Datenmengen nicht weniger Projekte liegen sogar im Peta- und Exabyte-Bereich, etwa beim LSST, das alle fünf Tage den kompletten Südhimmel ablichten wird, oder bei den riesigen Antennenfeldern des SKA. Sie liegen am Rande dessen, was sich derzeit technologisch und finanziell handhaben lässt. Das gleiche gilt für komplexe Simulationsrechnungen, mit deren Ergebnissen diese Daten konfrontiert werden.

Um diese Projekte zum Erfolg zu führen, sind neue Konzepte zur Datenübertragung und -speicherung notwendig. Die hierbei entwickelten Methoden für Big Data haben großes Transferpotenzial für andere Bereiche der Wissenschaft, aber auch für verschiedene Bereiche der Gesellschaft und sind deshalb ein interessantes Feld für die Digitale Agenda der Bundesregierung.

Astronomische Daten haben keinen unmittelbaren marktwirtschaftlichen Wert. Auch aus Sicht des Datenschutzes sind sie im Gegensatz etwa zur Medizin oder den Sozialwissenschaften meist unkritisch. Sie können deshalb als ideale Forschungsumgebung zur Entwicklung neuer Konzepte zur Übertragung, Durchforstung, Auswertung und Speicherung von Daten dienen. Neue Methoden für die Handhabung und Auswertung astronomischer Daten

sind dadurch ein Inkubator für Innovation in der Informationstechnologie, der Data Science und in angrenzenden Technologiebereichen. Das bedeutende neue Forschungsfeld des Data-Mining könnte zum Beispiel durch Data-Analytics-Labore gestärkt und systematisiert werden, in denen Forschende der Astrophysik, Mathematik und Informatik gemeinsam Algorithmen für verschiedene Anwendungen entwickeln.

Im weltweiten Virtuellen Observatorium werden die astronomischen Daten zusammengeführt und einer kombinierten und übergreifenden Analyse zugänglich gemacht. Das VO erlaubt es Astronominen und Astronomen, sehr verschiedenartige Datenzentren ohne Barrieren transparent zu befragen. Es bietet neue leistungsstarke Analyse- und Visualisierungsmethoden und ermöglicht Datenzentren ihre Daten, Dienste und Services in einem Standardsystem zur Verfügung zu stellen. Die Idee des Virtuellen Observatoriums ist kein spezifisches Softwaresystem. Es soll vielmehr eine Rahmenstruktur sein, in der Datenzentren ihre Dienste anbieten können und Softwareentwickler eine Vielzahl von Werkzeugen, Interfaces und Programmen zur Analyse und Visualisierung. Die Nutzer können all dies innerhalb der Rahmenstruktur effizient nutzen, ihre Forschungsarbeit wird erleichtert und unterstützt. Auch hier kann die Astronomie beispielhaft für viele andere Wissenschaftsdisziplinen wirken.

Projekt	Rohdaten	Archivdaten	Betriebsbeginn
IllustrisTNG Simulation	1GB/s	bis zu 18 PB/ Simulation	2017
LOFAR	20 GB/s	7 PB/a	in Betrieb
LSST	1 GB/s	35 PB/a	Betrieb ab 2019
MeerKAT	150 GB/s	65 PB/a	Betrieb ab 2017
SKA (1. Ausbaustufe)	2 PB/s	bis zu 300 PB/a	<i>Early Science</i> ab 2021

Tab. 5.1: Datenmengen und Datenraten einiger Projekte und Simulationsvorhaben der Astronomie.

2. Langfristige Finanzierung des Betriebs von astronomischen Großprojekten außerhalb von Organisationen wie ESO und ESA:

Während auf der Ebene der außeruniversitären Forschungsinstitute die Zuständigkeiten klar geregelt und vorhanden sind, ist die Beteiligung universitärer Partner nicht nachhaltig gesichert. Sie handeln auf Basis einer knappen Grundfinanzierung und der hauptsächlich projektorientierten Förderung. Dies betrifft den Betrieb künftiger Großprojekte wie SKA, LSST und CTA, die Beteiligungen an internationalen Forschungsvorhaben wie SDSS, LOFAR und LBT, die Nutzung von 3-m- bis 5-m-Teleskopen für koordinierte Programme wie CALIFA und CARMENES sowie die nachhaltige Unterstützung nationaler Forschungsinfrastrukt-

B4 Großobservatorien auf der nördlichen Hemisphäre mit Zugang für RDS-Institute:

Der Rat deutscher Sternwarten begrüßt die Initiativen der betreibenden Institutionen für den Ausbau des Radioteleskops NOEMA auf dem Plateau de Bure sowie den Betrieb und die Modernisierung des Large Binocular Telescopes in Arizona, des Antennenfelds **LOFAR** in Mitteleuropa und des Radioteleskops Effelsberg. Die Forschungsinfrastruktur für die Astronomie und Astrophysik in Deutschland wird dadurch wesentlich gestärkt.

V2 Nachhaltige Förderung unterstützender Infrastrukturen:

Zusätzlich sind mittel- und langfristig wirksame Finanzierungsinstrumente notwendig, um strukturelle Serviceangebote zu verstetigen und zu garantieren. Beispiele für solche Serviceangebote sind das deutsche ALMA Regional Center zur Aufarbeitung von Beobachtungsdaten des ALMA-Antennenfelds, das Archiv und die Softwarezentren für LOFAR, die astronomische e-Science-Infrastruktur einschließlich des Virtuellen Observatoriums und das in der ASTRONET-Roadmap anvisierte Astrophysical Software Laboratory, mit dem die Entwicklung und Wartung von komplexen Simulationsplattformen für astrophysikalische Anwendungen gewährleistet werden soll. Von einer solchen Förderstruktur würden auch die Entwicklung und Pflege von Datenbanken profitieren, die für die astrophysikalische Analyse grundlegend sind, zum Beispiel Datenbanken für astrochemische Reaktionen, für atomare und molekulare spektroskopische Daten und für Reaktionsdaten in der nuklearen Astrophysik.