

Grenze für die erreichbaren Magnetfelder angeben. Diese beträgt bei ihren derzeitigen Simulationen 2×10^{11} Tesla, was dem Tausendfachen der anfänglichen Felder entspricht. »Das sind unglaubliche Größenordnungen. Magnetfelder, die wir aus dem Alltag kennen, etwa bei einem Magneten, den man zum Anheften von Notizzetteln nutzt, betragen nur etwa ein hundertstel Tesla«, kommentiert Stephan Rosswog. Und in irdischen Hochfeldlaboren wurden mit großem Aufwand Magnetfelder von knapp hundert Tesla erreicht – weniger als ein Milliardenstel dessen, was Neutronensterne bei ihrer Verschmelzung zu erzeugen vermögen.

Vermutlich kann die Natur noch gewaltigere Magnetfeldstärken durch diesen Prozess hervorrufen. Anhand von analytischen Berechnungen zur Kelvin-Helmholtz-Instabilität lässt sich nämlich zeigen, dass die kleinsten auftretenden Skalen den Verstärkungsfaktor maßgeblich bestimmen. Somit sind die Simulationen stets durch die erreichbare numerische Auflösung beschränkt und damit von der weiteren Entwicklung von Höchstleistungscomputern abhängig. Für die hier gezeigten Simulationen waren ungefähr ein Monat Rechenzeit auf dem im vorigen Jahr in Betrieb genommenen Hochleistungsrechner der International University Bremen notwendig.

Damit präsentieren Price und Rosswog einen extrem schnellen Mechanismus, der Magnetfelder um mehrere Größenordnungen verstärkt. Er wirkt auf einer Zeitskala von weniger als einer Millisekunde. Dies ist deutlich schneller als die 50 bis 100 Millisekunden, die für die Entstehung eines Schwarzen Loches in solch einer Situation vonnöten sind.

Im weiteren Verlauf der Simulation sieht man, wie das Magnetfeld mit der Materie mittransportiert wird und sich schließlich auf die Oberfläche des Zentralobjekts legt (Abb. 1). Parallel dazu bilden sich an den verschmolzenen Neutronensternen Spiralarms aus, die schnell zu einer heißen, ringförmigen Verteilung des Materials ausgeschmiert werden und überschüssigen Drehimpuls nach außen abtransportieren können.

Abschätzungen zufolge verschmelzen pro Galaxie und pro einer Million Jahre zwischen vier und 220 Neutronensterne in einem Doppelsystem miteinander. Diese Zahlen sind um etwa zwei Größenordnungen höher als die Rate, die notwendig ist, um die kurzen Gammablitz zu erklären. Damit bleibt noch genügend Luft, um Effekte, welche die sichtbare Anzahl an GRBs verringern, und solche Doppelsysteme, welche die Bedingungen nicht erfüllen, subtrahieren zu können.

MARC SCHARTMANN

LOFAR: Startschuss für deutsche Stationen

Viele einfache Antennen sowie eine gigantische Datenmenge und Rechnerleistung – das ist, kurz gesagt, das Konzept von LOFAR, dem Low Frequency Array. Während der Kern dieses digitalen Radioteleskops in den Niederlanden aufgebaut wird, sollen zusätzliche Stationen in Deutschland das Auflösungsvermögen der Anlage erhöhen.

Klassische Radioteleskope sammeln Strahlung mit parabolförmigen Reflektoren, und computergesteuerte Motoren führen sie der scheinbaren Bahn einer Radioquelle am Himmel nach. LOFAR (das Low Frequency Array) ist das erste digitale Radioteleskop, das keine beweglichen Teile und Motoren mehr benötigt (SuW 5/2004, S. 24ff. und www.lofar.org).

Ein digitales oder phasengesteuertes Teleskop (englisch: Phased Array) besteht aus einer großen Zahl von Antennen, die fest am Boden montiert und in Stationen (Antennenfeldern) angeordnet sind. Die Blickrichtung und die Größe des Gesichtsfelds werden elektronisch gesteuert. Ein zentraler Supercomputer nimmt die digitalen Signale aller Dipole auf und kombiniert sie zu einem Bild. Dessen Auflösung wird durch den Abstand der äußersten Stationen bestimmt. LOFAR kann im Prinzip den gesamten Himmel

gleichzeitig beobachten, was jedoch wegen der begrenzten Rechenleistung und Kapazität der Datenspeicher heute noch nicht möglich ist. Immerhin kann LOFAR in mehrere Richtungen gleichzeitig beobachten, also mehrere Astronomen-Teams mit Daten versorgen.

Das Prinzip des digitalen Radioteleskops ist seit langem bekannt, aber erst jetzt erlauben integrierte Elektronik, Superrechner, schnelle Datenleitungen und kostengünstige, große Datenspeicher die Realisierung. Das Institut ASTRON bei Dwingeloo in den Niederlanden arbeitet seit einigen Jahren am Projekt LOFAR. Im Jahr 2005 stellten die niederländische Regierung und die Provinzen der Nord-Niederlande 74 Millionen Euro zur Verfügung, sodass die Realisierung beginnen konnte.

LOFAR arbeitet in zwei Frequenzbereichen, für die jeweils ein spezieller An-

Stellenausschreibung

Am Astrophysikalischen Institut und Universitäts-Sternwarte Jena ist zum 1. Oktober 2006 eine Stelle zu besetzen:

Diplom-Ingenieurin (FH)/Diplom-Ingenieur (FH)

Schwerpunktaufgaben sind Betrieb und Weiterentwicklung des 90-cm-Teleskops in Großschwabhausen nahe Jena, Betreuung der beiden Astro-Labore der FSU Jena und Entwicklung neuer astronomischer Instrumente für internationale Großteleskope.

Gesucht wird ein/eine Diplom-Ingenieur/in (FH) bzw. eine Person mit gleichwertigen Qualifikationen. Qualifikationsanforderungen umfassen Vorkenntnisse in Optik, Elektronik und Steuerungstechnik; besondere Kenntnisse in Astronomie, astronomischem Gerätebau und -rekonstruktion sowie Informatik und Software-Entwicklung wären günstig.

Fragen zu Anforderungen und Aufgaben beantwortet Prof. Dr. Ralph Neuhäuser, Astrophysikalisches Institut und Universitäts-Sternwarte Jena, Tel.: 03641-947500, E-Mail: rne@astro.uni-jena.de

Es handelt sich um eine Stelle im Umfang von 75 v. H. einer/s vollbeschäftigten Angestellten. Eine Aufstockung der Stelle durch Drittmittel ist möglich. Die Stelle ist befristet für zwei Jahre. Bei entsprechender Eignung kann sich eine Dauerbeschäftigung daraus ergeben. Die Vergütung erfolgt gemäß BAT-O. Bewerbungen von Frauen sind besonders erwünscht. Schwerbehinderte werden bei gleicher fachlicher Eignung bevorzugt berücksichtigt. Bewerbungsunterlagen reichen Sie bitte bis zum **31. August 2006** an die *Friedrich-Schiller-Universität Jena, Dezernat für Personalangelegenheiten, Fürstengraben 1, D-07743 Jena*.



▲ Abb. 1: Die LOFAR-Antennen für die Frequenzbereiche 30–80 MHz (links) und 110–240 MHz (rechts) sind einfach aufgebaut. Je 96 Antennen beider Typen bilden eine Station (Bild: ASTRON Dwingeloo/Niederlande)

▼ Abb. 2: Der Kern des LOFAR-Netzes befindet sich bei Exloo in Westfriesland (Niederlande). Die erste deutsche Station wird in Effelsberg aufgebaut; weitere Standorte in Deutschland sollen folgen. (Bild: SuW)



tennentyp konstruiert wurde (Abb. 1): 30–80 MHz (entsprechend einer Wellenlänge von 10–3.8 m) und 110–240 MHz (2.7–1.2 m). Das UKW-Band zwischen 2.8 und 3.4 m Wellenlänge wird vermieden, denn dort verhindert der Störpegel der irdischen Rundfunksender ein Durchkommen der kosmischen Wellen. Jede Station wird aus 2×96 Dipolen auf einer Fläche von etwa $110\text{ m} \times 60\text{ m}$ bestehen. Störungen durch künstliche Radiosignale werden vor Ort digital herausgefiltert.

Der Kern von 23 Stationen wird bei Exloo in Westfriesland stehen. Weitere 54 Stationen verteilen sich spiralförmig über die gesamten Niederlande. Noch im Jahr 2006 wird die erste Station des Kerns errichtet, und bis 2009 sollen alle 77 Stationen in Betrieb gehen. Der Zentralrechner Blue Gene/L, einer der schnellsten Rechner der Welt, arbeitet bereits in der Universität Groningen. Seine Rechenleistung von 27 Teraflops – 27×10^{12} Additionen oder Multiplikationen pro Sekunde – reicht aus, um die gewaltige Datenrate von 500 Gbit/s, die kontinuierlich von den Stationen eingeht, in Echtzeit zu Radiobildern verarbeiten zu können. Ein Datenspeicher von 1 Petabyte (10^{15} Byte) erlaubt es, die Signale auch nachträglich auszuwerten. Das LOFAR-Datennetz soll auch für Detektoren in anderen Wissenschaftsdisziplinen wie der Geophysik, der Biologie und der Meteorologie genutzt werden.

Beteiligung Deutschlands

Um mit LOFAR eine Winkelauflösung von einer Bogensekunde und besser zu erreichen, muss sich das Teleskop über die Grenzen der Niederlande hinaus ausdehnen. Seit 2004 finden Gespräche zwischen deutschen Instituten statt, mit dem Ziel, LOFAR nach Deutschland zu erweitern, ein eigenes Netzwerk von deutschen LOFAR-Stationen aufzubauen und

mit modernsten Datenleitungen zu verbinden.

Die wissenschaftlichen Ziele fassten die deutschen Forscher 2005 in einem »White Paper« zusammen. An der Edition beteiligten sich Marcus Brüggén von der International University Bremen, Heino Falcke von ASTRON und der Universität Nijmegen, Rainer Beck vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) in Bonn und Torsten Enßlin vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Herausgegeben wurde es vom MPIfR in Bonn (wo es auch bestellt werden kann).

LOFAR ist erstmals in der Lage, langwellige Radiostrahlung von Wasserstoffgas aus der Frühzeit des Universums zu messen, die durch die Expansion des Kosmos von ursprünglich 21 cm auf etwa die zehnfache Wellenlänge gedehnt wurde. Langwellige Radiostrahlung stammt zudem von schnellen Elektronen, die sich in schwachen Magnetfeldern bewegen.

Die deutschen Wissenschaftler möchten daher mit LOFAR auch kosmische Magnetfelder beobachten, und zwar in unserem Milchstraßensystem, in Galaxien, Galaxienhaufen, Radiogalaxien, aktiven Galaxienkernen sowie in galaktischen und stellaren Jets. Dabei spielt die polarisierte Radiostrahlung eine wichtige Rolle. Planeten in anderen Sonnensystemen können ebenfalls durch ihre langwellige Radiostrahlung aufgespürt werden. Auch

lässt sich die Radiostrahlung von Eruptionen auf der Sonne mit LOFAR mit bislang unerreichter Präzision verfolgen – und somit mehr über den Einfluss der Sonne auf unsere Zivilisation lernen.

Deutsche Astronomen haben nun einen wichtigen Schritt in Richtung auf ein erweitertes LOFAR-System gemacht. Im Mai 2006 traf sich am Astrophysikalischen Institut Potsdam das Deutsche Konsortium zur Messung langer Radiowellen zu seiner ersten Sitzung. Zum Vorsitzenden wurde Anton Zensus, Direktor am MPIfR, gewählt, zu seinem Stellvertreter Marcus Brüggén von der International University Bremen. Mitglieder des Konsortiums sind neben diesen beiden Forschungsinstitutionen die astronomischen Institute der Universitäten Bochum, Bonn und Köln, das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching, die Sternwarte Hamburg, das Forschungszentrum Jülich, das Astrophysikalische Institut Potsdam und die Thüringer Landessternwarte Tautenburg.

Gemeinsame Ziele sind der Aufbau und die Koordinierung des deutschen LOFAR-Netzwerks und des zugehörigen Wissenschafts-Netzwerkes sowie die Förderung der Ausbildung von Studenten. Eine enge Zusammenarbeit mit dem nationalen Daten-Service-Netz D-GRID ist geplant. Die mit LOFAR gewonnenen Erfahrungen sind von großer Bedeutung für das internatio-

nale Projekt »Square Kilometre Array« (SKA), das ab 2012 unter wesentlicher Beteiligung Europas für den Frequenzbereich von 100 MHz bis 25 GHz gebaut werden soll (siehe den Beitrag ab Seite 22 in diesem Heft). Weitere interessierte Institute können jederzeit einen Beitrittsantrag zum Konsortium stellen.

Erste Station in Effelsberg

Die erste deutsche LOFAR-Station wird noch 2006 in unmittelbarer Nähe des 100-m-Radioteleskops Effelsberg in Zusammenarbeit zwischen ASTRON und dem MPIfR aufgebaut. Die Kosten von rund 500 000 Euro bringt die Max-Planck-Gesellschaft auf. Im kommenden Jahr wird eine schnelle Glasfaserverbindung (mit einer Datenerate von 10 Gbit/s) zwischen Effelsberg und Bonn und weiter zum niederländischen LOFAR zur Verfügung stehen. Über das Forschungszentrum Informationstechnik (GMD) in Sankt Augustin gibt es Anschluss an das Deutsche Forschungsnetz (DFN) und das internationale Datennetz GÉANT.

Weitere sechs deutsche LOFAR-Stationen sind zurzeit in Planung (Abb. 2). Das Ziel sind zwölf Stationen in Deutschland bis zum Jahr 2012. Zusammen mit den niederländischen Stationen wird LOFAR dann die größte über Datenleitungen vernetzte Teleskopanlage der Welt sein.

RAINER BECK, WOLFGANG REICH

Anzeige