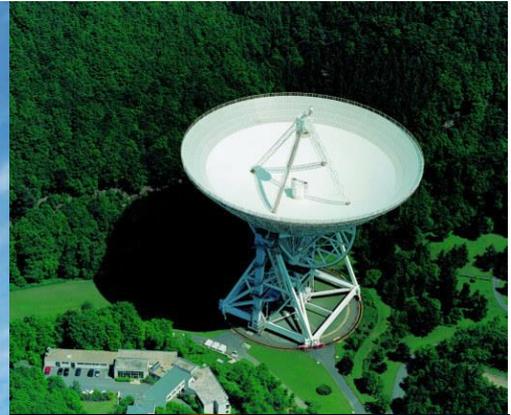


Das 100-m Radioteleskop Effelsberg:



Bilder vom MPIfR (N. Tacke, Aerokart, N. Junkes, P. Müller)

Inhalt

Beschreibung:	3
Technische Daten:	3
Teleskopmodell:	4
Beobachtungsplan:	5
Beispiel: A-Plan vom 14.-27.01.2014	5
(1). Spektroskopie [grün]	5
(2). Pulsarforschung [gelb].....	6
(3). Radiokontinuum [orange]	6
(4). Interferometrie [blau]	7
Korrelator:	7
Was ist Korrelation?.....	7
Der Software-Korrelator:	8
Vorteile der Software-Korrelation:	8
Technische Spezifikationen des Korrelators:	10
Warum kein GPU-Korrelator?.....	10
Datentabelle des Korrelators:.....	11
RadioAstron:	11
Wichtige Ergebnisse aus neuerer Zeit:.....	12
Zum Nachlesen:	13
Weitere Quellen:	13
Danksagung:	14

Beschreibung:

Der Bau des 100-Meter-Radioteleskops begann im Jahre 1967 und das Teleskop wurde in vier Jahren fertiggestellt. Die offizielle Einweihung erfolgte am 12. Mai 1971. Nach umfangreichen Testmessungen der Empfangssysteme konnte die volle Inbetriebnahme am 1. August 1972 erfolgen. Es war 29 Jahre lang das größte vollbewegliche Radioteleskop auf der Erde.

Technische Daten:

Mit einem Reflektor-Durchmesser von stolzen 100 Metern gehört das Radioteleskop Effelsberg zu den größten Radioteleskopen der Welt. Es besitzt 2352 Paneele, die auf einer gigantischen Oberfläche von 9.090 Quadratmetern verbaut sind. In einer Zeit von 15 Minuten kann das 3200 Tonnen schwere Teleskop um 360 Grad gedreht und in sechs Minuten um 90 Grad gekippt werden. Auch nach über 40 Jahren Betriebsdauer gehört es zur Spitze der Technik und wird auch weiterhin auf dem aktuellsten Stand gehalten. Durch seine enorme Größe hat es den Vorteil, auch sehr schwache Radiosignale wahrzunehmen und deren Informationen verarbeiten zu können. Das Teleskop empfängt nicht nur Daten als Einzelinstrument, sondern arbeitet auch mit anderen Teleskopen weltweit zusammen und ist damit an der Forschung im internationalen Netzbetrieb beteiligt (VLBI, s. unten).

Reflektordurchmesser	100 m
Spiegeloberfläche	9090 m ²
Geometrische Antennenfläche (Öffnung)	7850 m ²
Anzahl der Flächenelemente (Paneele)	2352
Oberflächengenauigkeit	<0,5 mm
Brennweite im Primärfokus	30 m
Umlenkspiegeldurchmesser	6,5 m
Auflösungsvermögen bei 1,4 GHz (21 cm Wellenlänge)	9,4' (Bogenminuten)
Auflösungsvermögen bei 86 GHz (3,5 mm Wellenlänge)	10" (Bogensekunden)
Gesamtgewicht	3200 Tonnen
Durchmesser des Schienenkranz	64 m
Justiergenauigkeit der Schiene	ca. 0,3 mm
Leistung der 16 Drehmotoren	Je 17,5 kW
Maximale Drehgeschwindigkeit	32°/min
Drehbereich	480°
Radius Zahnkranz	28 m
Leistung der vier Kippmotoren	Je 17,5 kW
Kippbereich	Von 7° bis 94°
Maximale Kippgeschwindigkeit	16°/min
Bauzeit	1967-1971
Inbetriebnahme	01. August 1972

Bild: Naci Özdimac



Bild: Naci Özdimac

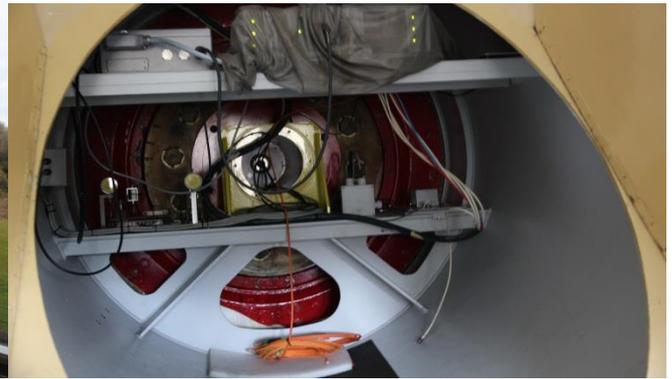


Bild links:

Vier Drehmotoren mit je zwei Rädern

Bild rechts:

Ein Ende der Kippachse des Teleskops (in 50m Höhe)

Gesamtanzahl:

16 Drehmotoren mit 32 Rädern

vier Kippmotoren (in 20m Höhe)

Gesamtleistung der Motoren:

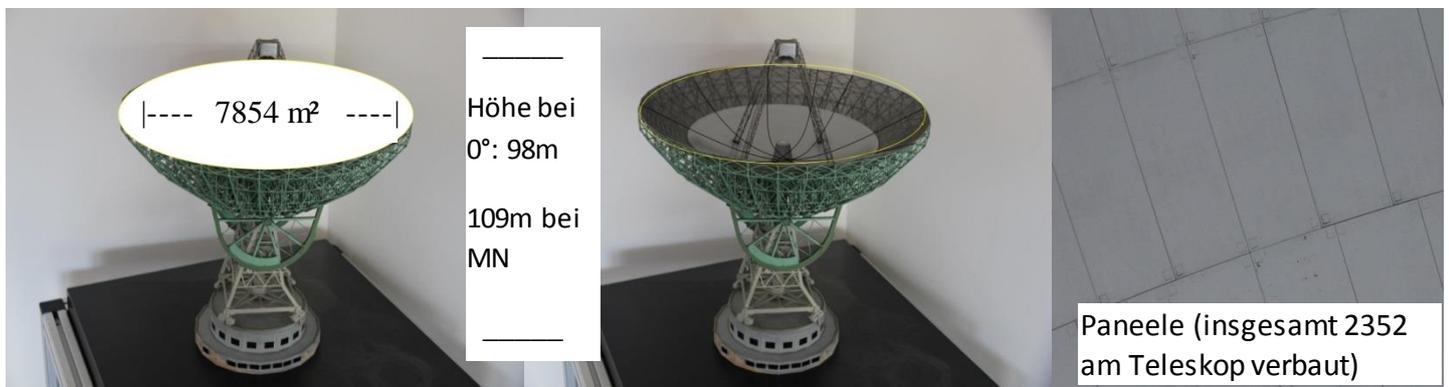
280 kW (je 17,5 kW/24 PS)

70 kW (je 17,5 kW/24 PS)

Teleskopmodell:

Frühes Modell des Effelsberger Radioteleskops, ausgelegt für 80m Durchmesser, im Maßstab 1:200. Das Modell steht im Besucherpavillon direkt am Radioteleskop. An diesem Modell sind die Originalmaße des 100-m-Teleskops dargestellt.

MN \triangleq maximale Neigung



Bilder: Naci Özdimac

Teleskopoberfläche (Fläche, die durch schwarze Linien gekennzeichnet ist) 9090 m² -> mit 2352 Paneelen bestückt

Beobachtungsplan:

Beispiel: A-Plan vom 14.-27.01.2014

Version: 2
 Datum: 24. Jan. 2014
 Zeiterfassung

Beobachtungsplan A
 MPIfR 100-m-RT
 14. Jan. 2014 bis 27. Jan. 2014

DATUM	--- MEZ ---																								Frontend	Back-end
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
DI 14.1.	44-13 (11cm) >				P180				eVLBI = 01-14				eVLBI = 01-14				25-13 >				SFK, PM1	C,E				
MI 15.1.	25-13 >				Pointing, Kalibration, NMZ >				W	SFK	BB321 = 89-12*				115-13 >				PM1, SFK	C,E,A						
DO 16.1.	115-13 >				W				SFK	BB321 = 89-12*				P180				SFK, PM1	A,E							
FR 17.1.	BM352 = 130-10 >				P180				102-12 >				GAD30c >				SFK, PM1	EA								
SA 18.1.	102-12 >				W				Enbau neuer K-Band-RX				P13				SFK, P13	A,B								
SO 19.1.	106-13 >				W				SFK				BS230 = 52-13 >				P13, SFK	B,E								
MO 20.1.	P13 >				106-13*				W				106-13*				SFK, P13	E,B,A								
DI 21.1.	BB321=89-12*				P13 >				106-13*				W				SFK, P13, S14	E,B,A								
MI 22.1.	S14 >				Test neuer K-Band-Empfänger*				W				SFK				SFK, P13	E,B								
DO 23.1.	BM352 = 130-10 >				Pointing >				P200				77-13 >				P18	SFK, PM1	E,A,C							
FR 24.1.	Pointing >				RANKST = 24-13				77-13				SFK				PM1, SFK	C,E								
SA 25.1.	Pointing >				RANKST = 24-13				W				S14				SFK	A,E,B								
SO 26.1.	Pointing >				RANKST = 24-13				W				S14				SFK	A,E,B								
MO 27.1.	Pointing >				RANKST = 24-13				W				S14				SFK	A,E,B								

UT 23 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
 LST 07:52 14:53 00:55 06:56

▲ = 100 MHz K-Band RX
■ = FFT Spektroskopie
■ = P-Band K-Band RX
■ = VLBI Receiver
 RX = Empfängerwechsel
 PX = Powerwechsel
 W = Wörnung
▲ = Projekt mit 1. Priorität
■ = spätester Zeitpunkt der Entscheidung durch Beobachter

(1). Spektroskopie [grün]

Hier wird die empfangene Radiostrahlung in ihrer Wellenlänge extrem genau aufgelöst. Damit wird es möglich, Atome und Moleküle im Universum anhand ihrer Linienstrahlung im Radiobereich (spektroskopische Fingerabdrücke) eindeutig zu identifizieren. Linienbreite und Intensitätsverhältnis von verschiedenen Linien verraten dem Astronomen etwas über Eigenschaften wie Dichte und Temperatur der Materie im Weltraum.

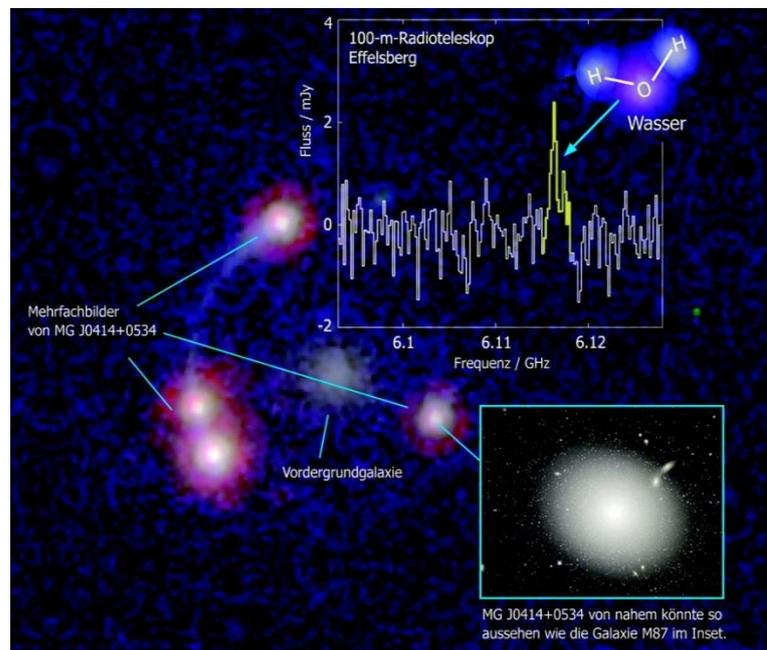


Bild: Milne Science Communication (MPIfR PR 18.12.2008) Inlets: HST, CFHT, MPIfR

(2). Pulsarforschung [gelb]

Pulsare sind Endstadien der Sternentwicklung, sehr schnell rotierende Neutronensterne, die sich bis einige 100-mal pro Sekunde um die eigene Achse drehen können und dabei jeweils wie das Leuchfeuer bei einem Leuchtturm ein Signal (Puls) aussenden. Zur Untersuchung der Radiostrahlung dieser Pulse und der Pulsare braucht man Empfänger mit sehr hoher Zeitauflösung. Die statistische Untersuchung der Strahlung von den Pulsaren ermöglicht auch Einblicke in die Raum-Zeit-Struktur des Universums.

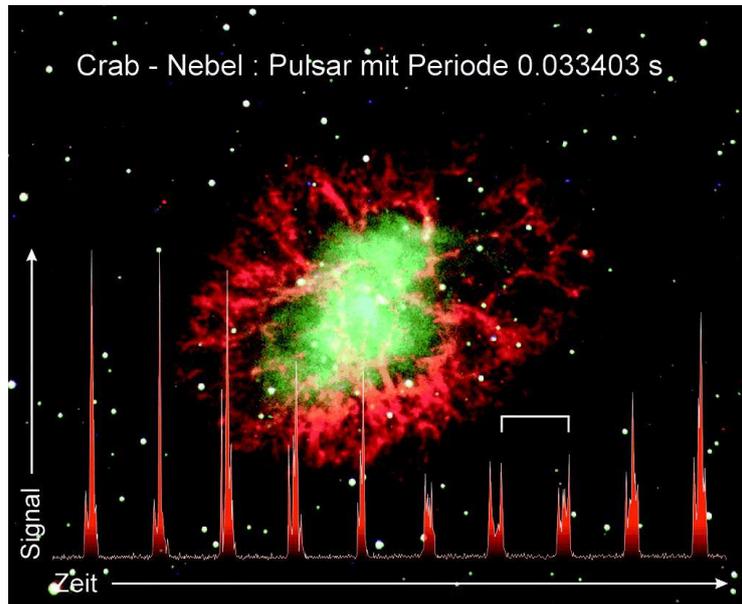


Bild: Sven Kohle

(3). Radiokontinuum [orange]

Radiokontinuumsmessungen sind Messungen in einem jeweils breiteren Frequenzbereich, mit denen man entweder die Gesamtstrahlung einzelner Quellen bestimmen möchte (Radioflussmessungen) oder auch größere Abschnitte am Himmel kartieren kann (Surveys). Dazu kommen Kartierungen von ausgedehnten nahen Galaxien am Himmel wie der Andromeda-Galaxie (M31) in 2,5 Millionen

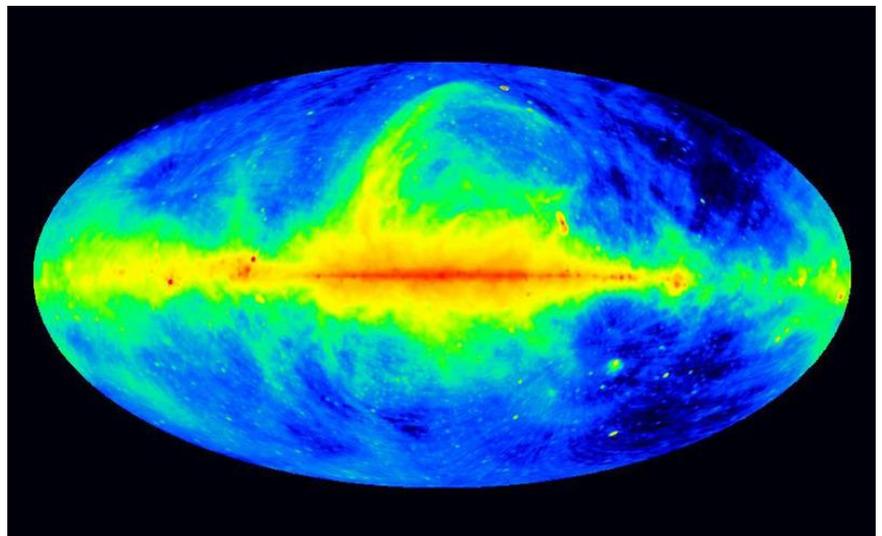
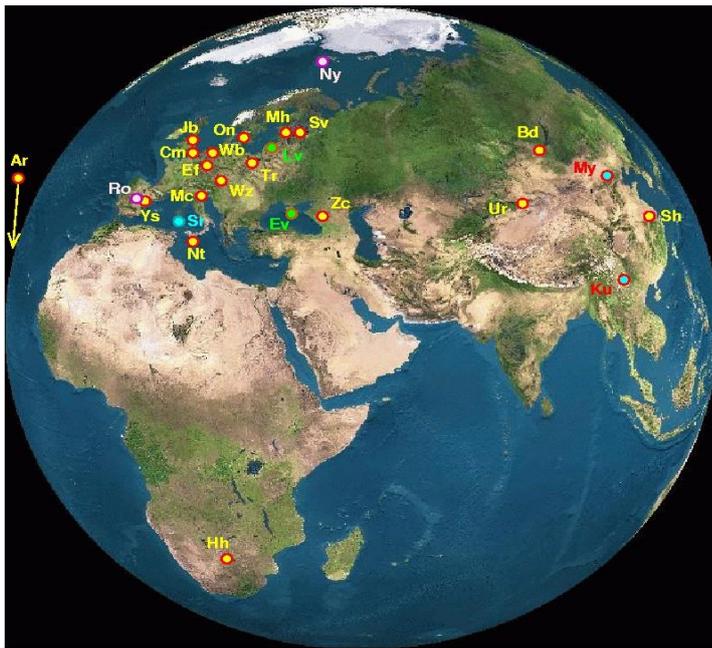


Bild: Max-Planck-Institut für Radioastronomie (G. Haslam et al.)

Lichtjahren Entfernung. Ein spezieller Fall ist die Messung von polarisierter Radiostrahlung, mit der man kosmische Magnetfelder untersuchen kann.



Europäische Teleskopen-Vernetzung (EVN)

(4). Interferometrie [blau]

Die vierte Beobachtungsmethode, die beim 100-Meter Teleskop eingesetzt wird, ist die Langbasis-Interferometrie bzw. Very Long Baseline Interferometry (VLBI). Hier gibt es verschiedene Netzwerke. Das Effelsberger Teleskop ist an VLBI-Messungen im Rahmen des European VLBI Networks (EVN) beteiligt. In diesem Netzwerk arbeiten größtenteils Teleskope aus Europa zusammen. Jedoch sind auch einige wenige Teleskope aus anderen Kontinenten miteinbezogen. Das Radioteleskop Effelsberg ist weiterhin

auch an Beobachtungen im Rahmen des Globalen VLBI-Netzwerks, des Millimeter-VLBI Netzwerks, sowie an Weltraum-VLBI zusammen mit dem russischen Radioastron-Satelliten beteiligt. Wenn VLBI-Beobachtungen angesetzt sind, beobachten zu bestimmten Zeiten die beteiligten Radioteleskope die gleiche Quelle am Himmel. Die Daten können entweder separat aufgezeichnet und später ausgewertet werden, oder auch direkt über eine High-Speed-Glasfaserleitung an einen Supercomputer (Korrelator) geschickt werden. Der verknüpft diese Daten so, dass am Ende viel schärfere Bilder bzw. genauere Resultate vorliegen, als bei einem Teleskop alleine. Aufgrund seiner Größe und Messempfindlichkeit stellt das Radioteleskop Effelsberg einen begehrten Partner für alle diese Netzwerke dar.

Korrelator:

Was ist Korrelation?

Der Prozess des Korrelierens bedeutet, zwischen verschiedenen Daten einen Zusammenhang zu finden und diese Daten je nach Ähnlichkeit miteinander zu verarbeiten. Daraus resultieren wesentlich kleinere Datenmengen (vom Speicherbedarf her), die dann weiter verarbeitet werden können. So ist schnell mal eine Datenmenge von 500 Terabyte auf 100 Gigabyte verkleinert und trotzdem informativer als zuvor. Das nennt man Datenreduktion. Nach diesem Vorgang werden die erhaltenen Daten auf Server hochgeladen, auf die Wissenschaftler mit FTP-Zugang zugreifen und die Daten in diesem Format für ihre Forschung nutzen können.

Der Software-Korrelator:

Der Software-Korrelator (SW-K) am MPIfR ist ein auf Linux 6.3 (RHEL) x64 basierender Supercomputer, der zur Berechnung von VLBI-Daten eingesetzt wird. Die Daten, die ein Teleskop bei den VLBI-Messungen empfängt, werden meistens über eine Lichtwellenleitung (Glasfaserleitung) an den Korrelator geschickt. Doch nicht alle [Radioteleskope](#) verfügen über solch eine schnelle Internetanbindung (z.B. die in der Antarktis). Da der Korrelator auch unabhängig von den Messungen korrelieren kann, werden in diesen Fällen die Messergebnisse auf HDD-Festplatten gespeichert, mit einem Flugzeug eingeflogen und in einem Datenarchiv aufbewahrt. Dort ist durchschnittlich eine Datenmenge von einem Petabyte (1.000 Terabyte) vorhanden, die später am Korrelator verwaltet und verarbeitet werden kann. An den Korrelator sind für gewöhnlich mehrere Raid-Systeme mit einer Gesamtkapazität von rund 590 Terabyte angeschlossen.



Datenarchiv, Bild: Naci Özdilmac

Vorteile der Software-Korrelation:

Seit der Einführung der Softwarekorrelation im Jahr 2007 kann der Korrelator Hard- und Software-technisch viel einfacher auf dem aktuellen Stand gehalten werden als früher. D. h., neue Hardware kann problemlos neben der schon vorhandenen eingebaut und durch die Software erkannt werden. Diese bettet sie automatisch ins System ein und lässt sie beim Korrelationsprozess mitwirken. Durch Updates, die lediglich installiert werden müssen, kann die Software neben der Hardware um einiges leichter aktualisiert werden. Doch nicht nur die einfachere Haltung auf aktuellem Stand ist ein klarer Vorteil der Softwarekorrelation, denn durch perfektionierte und sehr genau vorausplanende Arbeitseinteilung der Prozesskerne können effektiver Ergebnisse erzielt werden. Der Hardware-Korrelator (HW-K) konnte über das Linux-Terminal nur begrenzt gesteuert werden. Die hauptsächlichen Funktionen des Terminals waren Neustart, Stopp und Programmstart. Doch seit Einführung der Software-Korrelation kann auch im Terminal der Arbeitsprozess manuell beeinflusst werden.

Die Arbeitsweise des HW-K war in seinem Prozessorchip vorinstalliert und konnte nachträglich auch nicht geändert werden. Die Softwarekorrelation ist da anders aufgebaut. Die Hardware entspricht dabei üblichen Servercomputern, die auch über das Internet für jeden zu erwerben sind. Theoretisch kann jeder Privatanutzer diese Komponenten kaufen und sich auch solch einen Supercomputer zusammenbauen (vorausgesetzt er hat das nötige Kleingeld, denn der gesamte Korrelator kostet um die 300.000 Euro). Das ist aber immer noch günstig im Vergleich zum Hardware-Korrelator, für den man 3.500.000 Dollar (5.000.000 DM in der damaligen Zeit) investieren musste. Dieser war so viel teurer, weil er sich als Spezialanfertigung von den üblichen Computern unterschied. Dafür brauchte es eine Reihe von Leuten, die lange am Konzept arbeiteten und nach vier Jahren den HW-K fertigstellten. Dieser war zwar besonders leistungsstark für seine Zeit, doch da sich die Technik so schnell weiterentwickelte, war er bereits (wie so oft bei Computer-Equipment) teilweise überholt, als er neu eingesetzt wurde. Für ein Upgrade des HW-K, musste alles neu ausgearbeitet werden und so wurde letztendlich klar, dass man ein neues Konzept brauchte. Da war der Software-Korrelator eine prima Idee und konnte nach einiger Entwicklungszeit im Jahr 2007 eingeweiht und seitdem verwendet werden.



Oben: Computer, Mitte bis Unten: Festplatten zur Speicherung korrelierter Daten

Bild: Naci Özdilmac

Fehlerbehebung ist seit Einführung der Softwarekorrelation kein größeres Problem mehr. Hier zeigt der Verwaltungscomputer des Korrelators eine Fehlermeldung an, die ausgelesen wird und dann über die Tastatureingabe gelöst werden kann. Darüber hinaus kann bei schwerwiegenden Hardwareproblemen die fehlerhafte Hardware einfach ausgebaut und evtl. ersetzt werden. Die Software wird dies erkennen und den Korrelationsprozess demnach umstellen.

Man kann sich Soft- und Hardwarekorrelation so vorstellen: Hardwarekorrelation ist wie ein üblicher Hand-Taschenrechner aufgebaut. Er kann Anweisungen ausführen, die bei seiner Herstellung in seinen Chip einprogrammiert wurden. Die Softwarekorrelation ist in diesem Beispiel vergleichbar mit einem Computer. D.h., man kann ihn auch nach dem Kauf noch umprogrammieren und ebenso Berechnungen durchführen, die üblicherweise gar nicht vorgesehen waren. Theoretisch könnte man mit dem SW-K auch im Internet surfen, Videos bearbeiten oder Spiele spielen.



Datenpaket (8x 500 GB bzw. 8x 1 TB)
Bild: Naci Özdilmac

Doch nichts ist perfekt. Man erleidet immer wieder Datenverluste durch defekte Festplatten. Grund dafür sind fehlerhafte Konstruktion, „Alterschwäche“ oder auch Tollpatschigkeit beim Transport. Da hier mit gigantisch großen Datenmengen gearbeitet wird, kann man es sich nicht leisten, Backups zu erstellen. Dies wäre vielleicht ein gutes Projekt, welches man in absehbarer Zukunft realisieren könnte.

Technische Spezifikationen des Korrelators:

Der Korrelator besitzt Serverkomponenten, die es im Internet kommerziell zu kaufen gibt. Besonders wichtig beim Korrelieren sind die CPU's (Central Processing Unit, auch Prozessor genannt). Davon sind 60 Intel XEON-Prozessoren verbaut, die jeweils acht Prozessorkerne haben und pro Kern 2,66 GHz leisten. Diese Prozessoren sind auf Doppel-Sockel-Mainboards verbaut, die, wie der Name schon sagt, zwei Prozessoren auf einer Hauptplatine besitzen können. Zusammen genommen besitzt der Korrelator 480 Kerne und hat damit ordentlich viel Leistung, um die gewaltigen Datenmengen zu verarbeiten.

Warum kein GPU-Korrelator?

Grafikkartenrechner (GPU-Rechner) sind sehr leistungsstarke Computer, die mit Grafikkarten arbeiten. Diese ersetzen den Job der CPU. GPUs sind so konzipiert, dass sie die gesamte Rechenleistung auf eine bestimmte Arbeit konzentrieren. Im Vergleich dazu sind CPUs zur Verrechnung sehr verschiedener und vieler Prozesse gebaut. GPUs leisten so um einiges mehr, deshalb stellt sich die Frage: Warum ist der Korrelator kein GPU-Rechner? Die Antwort ist



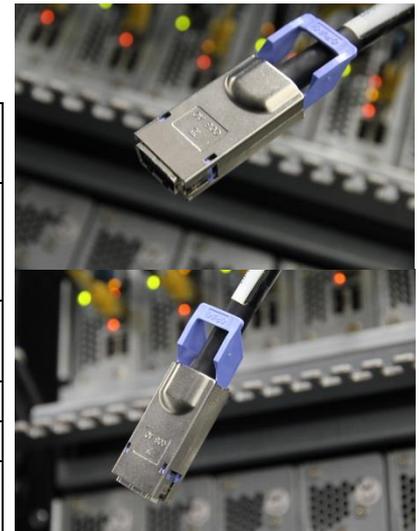
Quelle: Wikipedia (AMD/ATI)

ganz einfach. Und zwar liegt das am Cache-Speicher, dem internen Speicher, der im Chip verbaut ist. In dem werden Daten gespeichert, die immer wieder abrufbar sein müssen. CPUs haben einen deutlich größeren Cache-Speicher als GPUs und können außerdem viel schneller darauf zugreifen und mit ihm arbeiten. Da beim Korrelator neben der Rechenleistung auch der Cache eine wichtige Rolle spielt, sind in diesem Fall die langsameren CPUs klar im Vorteil gegenüber den so viel leistungsstärkeren Grafikkarten.

Datentabelle des Korrelators:

Version des Korrelators	Mark V (seit 2007)
Gesamtanzahl der Mainboards bzw. Computer	60
CPUs	2x Intel XEON E5430 (Quad-Core 2,66 GHz) [Insgesamt: 120 CPU's mit 480 Kernen]
RAM	16 GB DDR2 @ 667 MHz ECC
Festplatte	250 GB S-ATA-2 HDD, 7200 U/min
Netzwerk	4x Gbit Ethernet + 1x DDR InfiniBand HCA, Mellanox (20 Gbit)

Angaben beziehen sich auf Komponenten pro einzel-Computer bzw. Mainboard und auf die aktuelle Zeit



InfiniBand-Kabel (20 Gbit/s)
Bilder: Naci Özdimac

RadioAstron:



Bild: Lavochkin Association

RadioAstron (auch Spektr-R genannt) ist ein russisches Satelliten-Weltraumteleskop, welches für interferometrische Radio-beobachtungen verwendet wird. Das Projekt wurde durch das Moskauer Astrokosmische Zentrum am Lebedew-Institut für Physik der russischen Akademie der Wissenschaften geplant und zusammen mit internationalen Partnern verwirklicht. Die erste Messung erfolgte am 18. Juli 2011 und seitdem ist das

Weltraumteleskop für VLBI-Messungen ein begehrter Partner. Das Teleskop hat einen Reflektordurchmesser von 10 m und wiegt („federleichte“) 3.295 kg. Mit einer Entfernung von bis zu 350.000 km von der Erde braucht das Teleskop 9,5 Tage für eine komplette Umrundung. VLBI-Messungen führt das RadioAstron-Teleskop in Kooperation mit erdgebundenen Teleskopen durch und kann so ein virtuelles Riesenteleskop von fast 30-fachem Erddurchmesser simulieren. Es beobachtet bei Wellenlängen von 1,35, 6, 18 und 92 cm. Damit kann es eine maximale Auflösung von 7 Mikrobogensekunden (bei 1,35 cm Wellenlänge) liefern.

Wichtige Ergebnisse aus neuerer Zeit:

[08.12.2011](#)

„First light“ des russischen Radioastron-Weltraumteleskops. Erste VLBI-Messung mit dem 100-m-Teleskop sowie weiteren russischen und ukrainischen Radioteleskopen.

[03.07.2012](#)

Ergebnis einer Interferometrie-Messung des Galaxienkerns BL Lacertae mit dem 100-m-Teleskop und dem Satelliten-Radioteleskop Spektr-R, die 350.000 km (Abstand zum Mond sind 384.000 km) voneinander entfernt sind.

[13.12.2012](#)

Messung von Alkohol vor sieben Milliarden Jahren: Mit dem 100-m-Teleskop haben Wissenschaftler der VU-Universität Amsterdam und des MPIfR Methanol in einer sieben Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxie untersucht und mit dem heutigen Proton-zu-Elektron-Massenverhältnis verglichen. Damit konnte Einsteins Äquivalenzprinzip auf eine riesige Zeitspanne in der Geschichte des Universums bestätigt werden.

[25.04.2013](#)

Bei einem von MPIfR-Wissenschaftlern geleiteten Projekt wurde in einem Doppelsternsystem ein Pulsar mit extremer Masse gefunden, der von einem Weißen Zwerg begleitet wird. Durch Untersuchungen der Umlaufperiode konnten die Voraussagen der Allgemeinen Relativitätstheorie bestätigt und ein Fallbeispiel für ihre Untersuchung unter Extrembedingungen gefunden werden.

[14.08.2013](#)

Ein Forscherteam des MPIfR fand nach systematischem Durchforsten des Zentralbereichs unserer Milchstraße einen Magnetar (Pulsar mit einem extrem starken Magnetfeld), mit dem daraufhin versucht wurde, das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße zu untersuchen und Neues darüber zu erfahren.

[29.08.2013](#)

Mit dem Projekt Einstein@Home, bei dem Computer freiwilliger Teilnehmer (Citizen Scientists) zu einem globalen Supercomputer zusammengeschaltet werden, konnte Dank der immensen Rechenleistung eine Reihe von neuen Pulsaren in der Milchstraße gefunden werden. Dieses Projekt, bei dem auch Forscher von zwei Max-Planck-Instituten (Gravitationsphysik und Radioastronomie) beteiligt waren, war ein Riesenerfolg für die Forschung.

[16.12.2013](#)

Die Hypothese zwei Bonner Astronomen zur Entstehung neuer Millisekunden-Pulsare liefert eine neue Möglichkeit, die Entwicklung von Sternen zu erforschen.

Für weitere Meilensteine aus der Arbeit mit dem 100-m-Teleskop in den ersten 40 Jahren seit der Inbetriebnahme (1971 -2011) s. Praktikumsprojekt [Jubiläumsweg](#) (dort Seite 2)

Zum Nachlesen:

- Spektroskopie – Entdeckung:
 - <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemeldungen/2008/11>
- Die drei astronomischen Wanderwege:
 - <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/effelsberg/besucher>
- Erweiterte Übersicht der technische Daten des Teleskops:
 - <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/231173/specs>
- Effelsberg Broschüre
 - http://www.mpifr-bonn.mpg.de/412638/christian_von_holt
- Aktueller Beobachtungsplan:
 - <https://eff100mwiki.mpifr-bonn.mpg.de/doku.php?id=schedules>
- Pressemeldungen des MPIfR
 - <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemeldungen>
- Interview zu Radioastron mit Kirill Sokolowski
 - <http://www.raumfahrer.net/news/astronomie/17042013190758.shtml>

Weitere Quellen:

- <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/>
- [Wikipedia.de](http://de.wikipedia.org/)

Danksagung:

Mein Dank geht an alle Personen, die zum Gelingen des vorliegenden Praktikum-Projekts beigetragen haben.

Insbesondere gilt mein Dank Norbert Junkes, der über die zwei Wochen Praktikum immer ein guter Ansprechpartner war, mich bei meinen Recherchen und der Arbeit am Projekt ausnahmslos unterstützt und mir einiges über die Astronomie beigebracht hat.

Außerdem geht mein Dank an die VLBI-Abteilung des MPIfR, wo mir Heinz Fuchs, Helge Rottmann und Rolf Märtens die Geheimnisse des Korrelator vermittelt haben und immer Zeit für mich hatten.