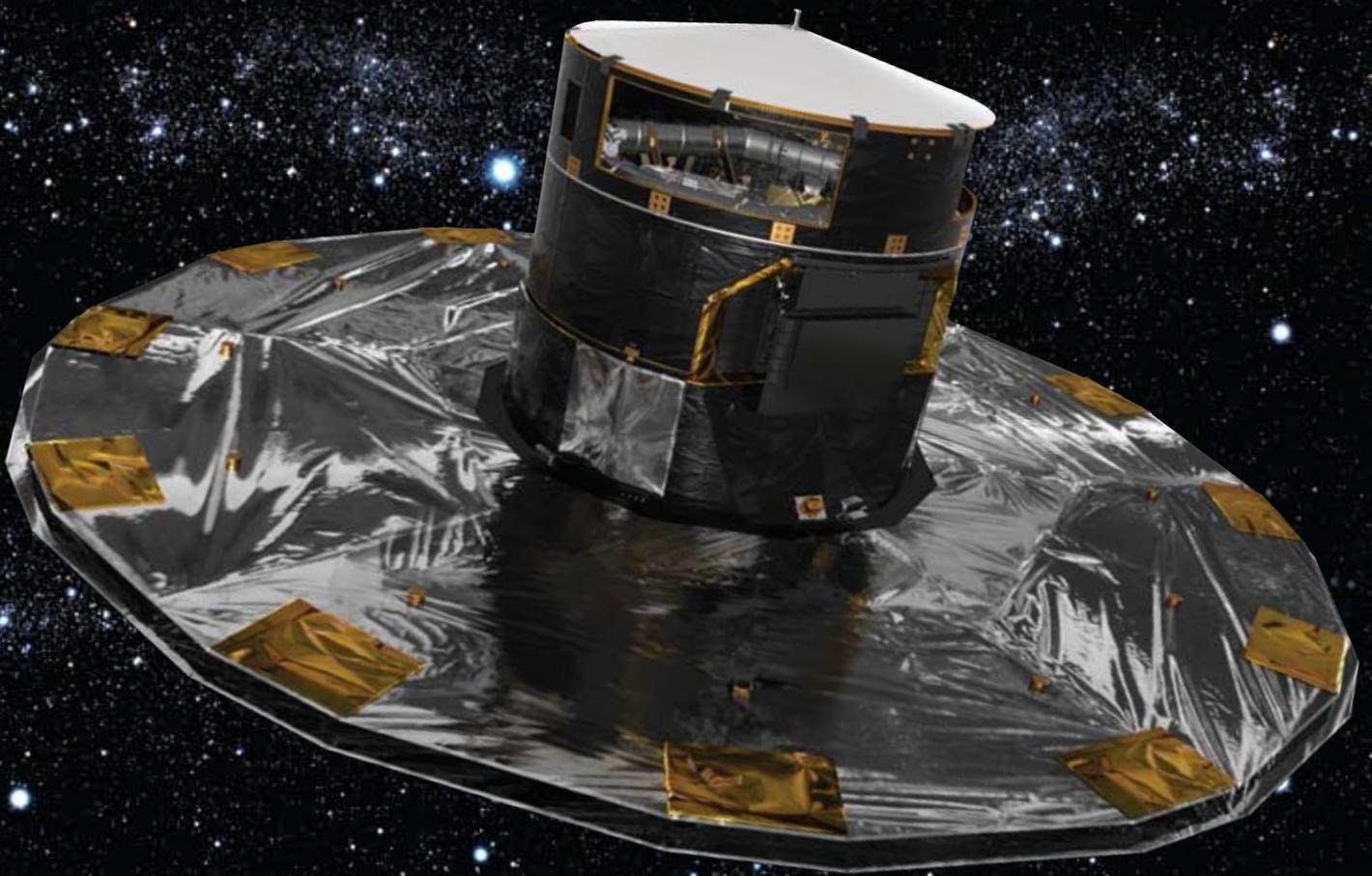


**gaia**

**→ DER GALAKTISCHE ZENSUS  
DER ESA**



# DIE WISSENSCHAFTSMISSIONEN DER ESA

## sonnensystem



### bepicolombo

Die Ergründung des kleinsten und am wenigsten verstandenen Planeten unseres Sonnensystems, um seinen geheimnisvollen Ursprung aufzudecken.



### cassini-huygens

Nach einer sieben Jahre andauernden Reise begann der Cassini-Orbiter das Saturn-System aus der Umlaufbahn heraus zu untersuchen und setzte die ESA-Sonde Huygens auf dem riesigen Saturnmond Titan ab.



### cluster

Eine Mission von vier Satelliten, um die Wechselwirkung der Sonne mit der Erdmagnetosphäre mit vorher noch nie erreichter Genauigkeit zu untersuchen.



### mars express

Europas erste Mission zum Mars, die ein globales Bild der Atmosphäre, der Oberfläche und des Untergrundes des roten Planeten geliefert hat.



### rosetta

Europas Kometenjäger, der auf dem Weg dazu ist, zum ersten Mal einen Kometen zu begleiten und auf ihm zu landen, um die Bausteine unseres Sonnensystems zu untersuchen.



### soho

Ermöglicht neue Einblicke in die Atmosphäre und das Innere der Sonne, zeigt solare Tornados und erforscht die möglichen Auslöser des überschallschnellen Sonnenwindes.



### venus express

Erforscht die Geheimnisse der Venusatmosphäre mit bisher unerreichter Genauigkeit.

## astronomie



### gaia

Katalogisiert den Sternenhimmel und geht Hinweisen zu Ursprung, Struktur und Entwicklung unserer Milchstraße nach.



### herschel

Beobachtet im Infraroten Spektralbereich, um die Geheimnisse der Geburt der Sterne und der Bildung und Entwicklung von Galaxien zu entschlüsseln.



### hubble space telescope

Eine Zusammenarbeit mit der NASA beim erfolgreichsten Weltraumobservatorium der Welt.



### integral

Das erste Weltraumobservatorium, welches Himmelskörper gleichzeitig im Bereich der Gammastrahlung, der Röntgenstrahlung und im Optischen beobachten kann.



### just

Beobachtung der ersten Galaxien, der Geburt von Sternen und Planeten und die Suche nach Planeten mit Potenzial für Leben.



### lisa pathfinder

Ein völlig neuer Pfad, Raum und Zeit zu verstehen: Das Universum, gesehen durch Gravitationswellen.



### planck

Die Vermessung des ersten Lichtes des Universums, um einen Blick auf den Anbeginn der Zeit zu werfen.



### xmm-newton

Leistungsfähige Spiegel helfen, die Geheimnisse des turbulenten Röntgen-Universums aufzuklären, von geheimnisvollen Schwarzen Löchern bis hin zur Bildung von Galaxien.

#### Eine Veröffentlichung der ESA Communications

BR-296/DE August 2013

Autor S. Clark, EJR-Quartz (EN)

Production Editor K. Fletcher

Designer Taua

Deutsche Übersetzung S. Jordan

ISBN 978-92-9221-033-5

ISSN 0250-1589

Copyright © 2013 European Space Agency



# GAIA DER GALAKTISCHE ZENSUS DER ESA

## INHALT

<b>Die Entdeckungsmaschine.....</b>	<b>2</b>
<b>Sterne als Individuen und in Gemeinschaften... </b>	<b>4</b>
<b>Unser eigenes und fremde Sonnensysteme.....</b>	<b>6</b>
<b>Wie funktioniert Gaia?.....</b>	<b>8</b>
<b>Der Bau von Gaia.....</b>	<b>10</b>
<b>Der Start.....</b>	<b>12</b>
<b>Die Datenflut.....</b>	<b>13</b>

# → DIE ENTDECKUNGSMASCHINE



Die Milchstraße und das Kreuz des Südens



Abfolge der Entfaltung des Gaia-Satelliten

Den nächtlichen Himmel zu katalogisieren, ist eine der wichtigsten Aufgaben der Astronomie. Bevor Astronomen einen Himmelskörper untersuchen können, müssen sie wissen, wo sich dieser befindet. Ohne diese Kenntnis würden Astronomen in einem „dunklen Labyrinth“ umherirren, wie es Galileo Galilei einmal ausgedrückt hat.

Die Gaia-Mission der ESA wird eine detaillierte Karte dieses Labyrinths erstellen und wichtige Hinweise auf den Ursprung, den Aufbau und die Entwicklung unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße, liefern.

Gaia wird eine Durchmusterung von einer Milliarde Sternen durchführen, also von rund einem Prozent aller Sterne unserer Galaxis. Während seiner voraussichtlichen Lebensdauer von fünf Jahren, wird der Satellit jeden Stern etwa 70 Mal beobachten und dabei dessen Helligkeit, Farbe und vor allem Position bestimmen. Die genaue Vermessung der Position eines Himmelsobjektes ist als Astrometrie bekannt. Seit die ersten Menschen den Himmel untersucht haben, widmen Astronomen dieser Kunst einen großen Teil ihrer Zeit. Gaia wird dies jedoch mit einer außergewöhnlichen Genauigkeit tun, die

jenseits des Vorstellungsvermögens der Astronomen des Altertums war.

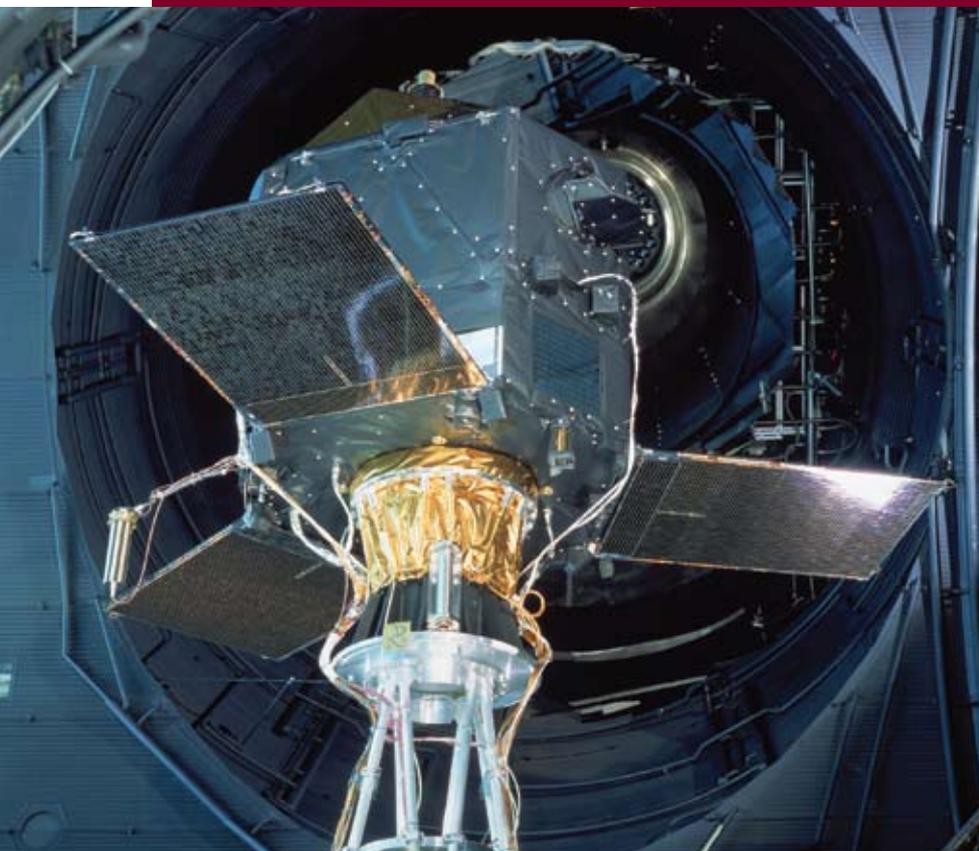
Aus der Abfolge der einzelnen genauen Beobachtungen werden die heutigen Astronomen bald präzise die Positionsveränderungen eines Sternes am Himmel vermessen können und daraus dessen Entfernung und räumliche Bewegung bestimmen können. Die daraus entstehende Datenbank wird den Astronomen Aufschluss über die Geschichte unserer Milchstraße liefern.

Im Laufe der Kartographierung des Himmels werden Gaias einzigartige Instrumente nicht nur normale und bekannte Sterne studieren, sondern auch eine riesige Anzahl bisher unbekannter Himmelsobjekte entdecken. Die Ausbeute wird so unterschiedliche Dinge umfassen wie Asteroiden unseres Sonnensystems, eisige Brocken im äußeren Sonnensystem, gescheiterte Sterne, gerade geborene Sterne, Planeten um andere Sterne, weit entfernte Sternexplosionen, materievereschlingende Schwarze Löcher und gigantische Schwarze Löcher in den Zentren anderer Galaxien.

Gaia wird eine Entdeckungsmaschine sein!



ESA-C. Garreau



Test des Hipparcos-Satelliten der ESA

## Eine große Tradition

Gaia setzt die große europäische Tradition der Kartographierung des Sternenhimmels fort, die sich bis zu dem griechischen Astronomen Hipparch zurückverfolgen lässt, der ungefähr von 190 bis 120 v. Chr. lebte.

Im August 1989, mehr als 2000 Jahre nach Hipparch, startete ESA den Satelliten Hipparcos, den HIGH Precision PARallax COLlecting Satellite (Satellit zur Sammlung hochgenauer Parallaxen), und damit die erste Weltraummission, die sich der Astrometrie widmete. Die Daten wurden zwischen 1989 und 1993 aufgenommen und der daraus resultierende Hipparcos Katalog wurde 1997 veröffentlicht. Er enthält die Positionen, Entfernungen und Bewegungen von 120.000 Sternen mit einer Genauigkeit, die 200 Mal größer war, als alle vorherigen Messungen.

Zusätzlich wurde noch ein zweiter, größerer Katalog aus den Beobachtungsdaten des Satelliten erzeugt, der 2,5 Millionen Sterne mit etwas geringerer Genauigkeit enthält. Dieser Tycho-Katalog wurde nach dem großen dänischen Astronomen Tycho Brahe benannt, der im 16. Jahrhundert lebte.

# → STERNE ALS INDIVIDUEN UND IN GEMEINSCHAFTEN



Die Milchstraße und das Sternbild Orion

Um die Physik eines Sterns vollständig zu verstehen, muss man seine Entfernung von der Erde kennen. Dies ist schwieriger als es sich anhört, weil sich die Sterne in so großer Distanz befinden. Selbst der nächste Stern ist bereits 40 Billionen Kilometer entfernt, so dass wir nicht einfach ein Raumschiff dorthin schicken können, um die zurückgelegte Strecke zu messen. Auch können wir nicht, wie in unserem Sonnensystem, die Reflexion eines Radarstrahls benutzen. Stattdessen haben Astronomen andere Methoden entwickelt, um Entfernungen zu messen und zu schätzen. Das zuverlässigste und einzige direkte Verfahren besteht in der Bestimmung der Parallaxe eines Sternes (siehe Kasten). Durch extrem präzise Messungen der Positionen der Sterne wird Gaia die Parallaxen von einer Milliarde Sterne bestimmen; von 99 % dieser Sterne wurden solche Entfernungsmessungen niemals zuvor vorgenommen. Gaia wird darüber hinaus genaue Messungen anderer wichtiger Sternparameter durchführen, darunter der Helligkeit, der Temperatur, der chemischen Zusammensetzung und der Masse. Die Beobachtungen werden viele unterschiedliche Typen von Sternen in vielen verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung umfassen.

## Raumkrümmung

In unserem Sonnensystem ist der Raum selber nicht flach. Stattdessen enthält er eine Vielzahl von Krümmungen und Senkungen, die das Licht der Sterne ablenken. Diese Verformungen werden durch die Schwerkraft der einzelnen Körper – Planeten und Monde eingeschlossen – unseres Sonnensystems verursacht, wobei die Sonne die größte Auswirkung hat. Anders als die meisten anderen Weltraumobservatorien besitzt Gaia ein so präzises Messinstrumentarium, dass man diese Ablenkung des Sternenlichtes durch Gravitationsfelder direkt sehen kann.

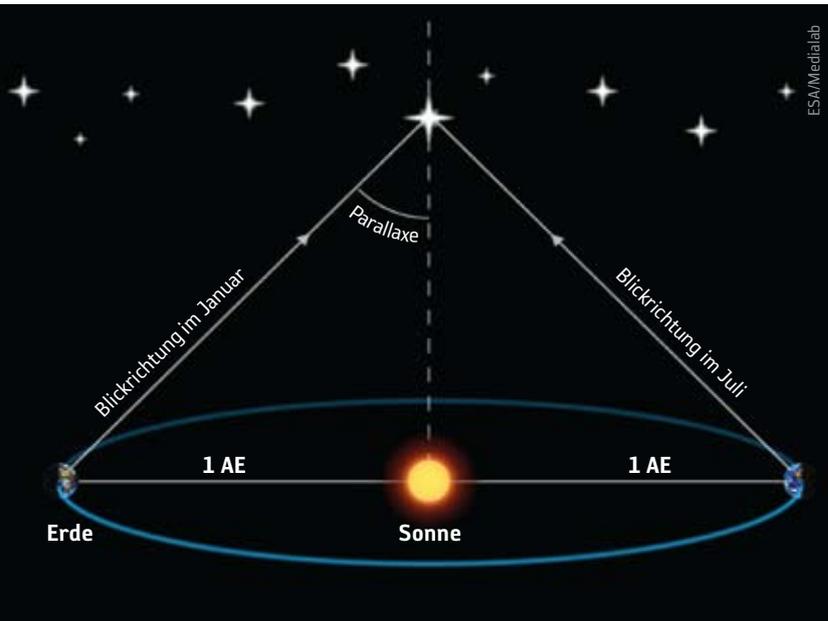
Albert Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie beschreibt diese Verzerrungen des Raumes und gibt vor, wie sie bei der Interpretation der Daten von Gaia berücksichtigt werden müssen. Umgekehrt werden es die präzisen Messungen von Gaia erlauben, einige Kernstücke der Einsteinschen Gleichungen mit bisher unerreichter Genauigkeit zu überprüfen.

## Was ist eine Parallaxe?

Halten Sie einen Finger vor Ihr Gesicht und schließen Sie ein Auge. Merken Sie sich, wo er sich befindet im Vergleich zu den Objekten, die sie dahinter sehen können. Jetzt öffnen Sie das andere Auge, wobei Sie das erste schließen. Der Finger scheint sich gegenüber dem Hintergrund verschoben zu haben. Dieses Phänomen nennt man Parallaxe. Wiederholen Sie das Experiment jetzt für unterschiedliche Entfernungen des Fingers vor Ihrem Gesicht. Wenn Sie zwischen Ihren beiden Augen hin und her wechseln, werden Sie beobachten, dass die Verschiebung umso größer ist, je näher der Finger ist. Daher kann man den Parallaxenwinkel zur Entfernungsmessung benutzen.

In der Astronomie nutzt man aus, dass sich die Erde um die Sonne bewegt. Alle sechs Monate vollführt die Erde einen halben Umlauf um die Sonne und erreicht damit einen anderen Standort für die Beobachtungen (zwei Astronomische Einheiten (AE) vom Ausgangspunkt entfernt, siehe Zeichnung), ähnlich wie beim Wechsel der beiden Augen. Das Ergebnis ist, dass die Sterne sich im Laufe eines Jahres scheinbar hin und her bewegen. Je näher ein Stern der Erde ist, desto größer ist die Bewegung. Allerdings ist diese selbst für die allernächsten Sterne winzig: weniger als eine Bogensekunde oder nur 0.05 % des Vollmonddurchmessers.

Parallaxen sind der einzige direkte Weg, um die Distanzen der Sterne zu messen. Andere Methoden können auch noch in sehr großen Entfernungen benutzt werden; sie stützen sich aber auf Modellannahmen und benötigen vorherige Kalibration. Die Messung der Parallaxen ist der erste entscheidende Schritt auf der kosmologischen Entfernungsleiter, die selbst eine Serie unterschiedlicher Methoden darstellt, die Astronomen benutzen, um immer weiter entfernte Objekte zu bestimmen.



Die Bestimmung der Entfernung eines Sterns mit Hilfe seiner Parallaxe



Galaxien wachsen durch Verschmelzung

## Die Entstehung unserer Milchstraße

Unsere Galaxie ist eine Scheibe, die aus ungefähr hundert Milliarden Sternen besteht und die um eine zentrale Verdickung eine spiralförmige Struktur bildet. Während die meisten Sterne in unserer Milchstraße geboren wurden, stammen viele andere aus kleinen außerhalb liegenden Galaxien, die inzwischen mit unserer Galaxie verschmolzen sind. Gaia wird es ermöglichen, Gruppen von Sternen zu entdecken, die sich auf außergewöhnliche Bahnen in unserer Galaxie bewegen oder eine vom Rest der Sterne abweichende chemische Zusammensetzung zeigen. Jede dieser Gruppen könnte ein Überbleibsel sein von einer früher eigenständigen Galaxie, die unsere Milchstraße in sich aufgenommen hat.

Um die Geschichte unserer Galaxis zu verstehen, benötigt man die Messung der Entfernungen und der Bewegungen von großen Stichproben von Sternen mit unterschiedlichen Massen, Altern und chemischen Zusammensetzungen. Genau eine solche Stichprobe mit bisher unerreichter Messgenauigkeit stellt Gaias Zensus des gesamten Sternenhimmels dar - bis hin zu äußerst lichtschwachen Objekten. Indem sie die Struktur und die Bewegung der Sterne in unserer Galaxis erkennen lässt, wird Gaia unser Verständnis von der Geschichte der Milchstraße revolutionieren.

# → UNSER EIGENES UND FREMDE SONNENSYSTEME



Der Asteroid Lutetia, aufgenommen 2010 von der Rosetta Sonde der ESA

Asteroiden sind Überreste aus der Zeit der Bildung der inneren Planeten unseres Sonnensystems. Deshalb sind sie ein Schlüssel zum Verständnis, wie diese Planeten – einschließlich unserer Erde – entstanden sind.

Gaia wird die Positionen und Geschwindigkeiten von mehr als 200 000 Asteroiden so genau messen, dass ihre Umlaufbahnen mit einer bisher noch nie erreichten Präzision bestimmt werden können. Die winzige Zusatzbewegung, die durch die gravitative Anziehung entsteht, wenn sich zwei Asteroiden sehr nahe kommen, kann ebenfalls gemessen werden; in diesen Fällen kann ihre Gesamtmasse bestimmt werden.

Gaia ist ideal dazu geeignet, auch Asteroiden nahe der Sonne aufzuspüren. Für erdgebundene Fernrohre befinden sich diese in einem blinden Fleck, weil sie dafür in den Tageshimmel blicken müssten. Mit Gaias Daten lassen sich die Eigenschaften der Asteroiden Oberfläche bestimmen, indem man misst, wie viel Licht in einer bestimmten Farbe reflektiert wird. Mit Hilfe der Helligkeitsänderungen der Asteroiden können Astronomen außerdem deren Rotationsperioden und Oberflächenformen ableiten. Weil Gaia den gesamten Himmel untersucht, ist es sehr wahrscheinlich, dass Asteroiden auf exotischen Umlaufbahnen entdeckt werden, die sie weit oberhalb oder unterhalb der Ebene der Planetenbahnen tragen.

## Trojaner

Besonders erwähnenswert unter den Asteroiden sind die sogenannten Trojaner, die sich in der Umlaufbahn eines Planeten verstecken. Die bekanntesten von ihnen sind die, die durch Jupiters Schwerkraft gefangen sind. Man findet sie in zwei Ansammlungen, beide in Jupiters Umlaufbahn: Eine Gruppe läuft dem Planeten voraus, die andere hinterher. Die ungefähr 5000 bekannten Trojaner stellen wahrscheinlich nur eine kleine Stichprobe aus einer viel größeren Population dar.

Gaia wird herausfinden, ob diese Asteroiden

aus allen Teilen des Sonnensystems zusammengezogen wurden oder ob sie sich direkt aus den Staubkörnern in Jupiters Umlaufbahn gebildet haben. Gaia wird nach Trojanern an entsprechenden Orten bei Venus, Mars und Erde suchen. Diese sind typischerweise kleiner als die Trojaner des Jupiters, weil diese Planeten kleiner sind; bisher wurde nur eine Handvoll von ihnen gefunden. Unter ihnen befindet sich auch der erste Trojaner auf der Umlaufbahn der Erde: ein kleiner Himmelskörper von nur 300 m Durchmesser, dessen Entdeckung am 27. Juli 2011 bekannt gegeben wurde.



Der Planet Jupiter wird von Trojaner-Asteroiden begleitet. Auf diesem Bild sieht man, wie der Jupitermond Europa seinen Schatten auf den Planeten wirft

## Kometenschauer

Weit außerhalb der Bahn der äußeren Planeten vermutet man eine riesige Wolke aus eisigen Himmelskörpern, den Kometen, die unser Sonnensystem umgibt. Im Laufe riesiger Zeiträume können nahe vorbeilaufende Sterne die Bahn von einigen dieser Kometen gestört haben, so dass sie als gewaltige Kometenschauer im inneren Sonnensystem niedergingen und die Erde und andere Planeten mit zerstörerischen Einschlägen übersät haben.

Gaia wird eine vollständige Durchmusterung aller Sterne bis zu einer Entfernung von etwa 150 Lichtjahren durchführen und präzise deren Bewegungen vermessen. Lässt man diese Bewegungen im Computer rückwärts in der Zeit ablaufen, wird man solche Sterne finden, die dem Sonnensystem nahe gekommen sind und diese Kometenschauer ausgelöst haben könnten. Ebenso kann man aus den Gaia-Daten zukünftige nahe Begegnungen vorhersagen.



ESA/MPAe Lindau

Der Komet Halley, aufgenommen 1986 von der Giotto-Sonde der ESA

## Fremde Welten

Jenseits unseres eigenen Sonnensystems wird Gaia hunderttausende Sterne innerhalb von 500 Lichtjahren Entfernung von der Erde sorgfältig untersuchen, um Hinweise auf Planeten um diese Sterne zu finden.

Gaia wird nach Sternen Ausschau halten, die durch die Schwerkraft eines umlaufenden Begleiters hin und her wackeln. Die Art der Schwankungen erlaubt es, die Umlaufzeit und die Orientierung der gemeinsamen Umlaufbahn und, besonders wichtig, die Masse des Begleiters zu bestimmen. Wenn diese klein genug ist, handelt es sich um einen Planeten. Komplexere Bewegungen stellen Hinweise auf weitere Planeten im Sternensystem dar.

Bisher sind fast 700 Planeten bekannt, die sich um andere Sterne bewegen, und Gaia wird voraussichtlich 2000 weitere entdecken. Diese Informationen werden die Statistik der Eigenschaften der Planetenbahnen und der Massen der Planeten signifikant verbessern und damit zu einem besseren Verständnis darüber führen, wie sich Planetensysteme bilden.



G. Bacon (STScI/AVL)

Gaia wird Planeten um andere Sonnen entdecken

## → WIE FUNKTIONIERT GAIA?

Im Grunde genommen ist Gaia eine Kombination aus zwei Weltraumteleskopen, die gemeinsam arbeiten. Die zwei Teleskope umfassen insgesamt zehn Spiegel verschiedener Größe und Oberflächenformen, die das Licht sammeln, fokussieren und auf Gaias Instrumenten zur Registrierung abbilden. Das Hauptinstrument ist ein Astrometer, das präzise die Position der Sterne am Himmel ermittelt, während ein Photometer und das Spektrometer das Licht zur Analyse in die einzelnen Wellenlängen aufspalten.

Gaias Teleskope schauen in zwei verschiedene Richtungen am Himmel, die 106,5 Grad auseinanderliegen. Jedes der Teleskope hat einen großen Hauptspiegel mit einer Sammelfläche von circa 0,7 Quadratmetern. Auf der Erde sind wir runde Teleskopspiegel gewohnt. Gaias Spiegel sind jedoch rechteckig, um den Platz im Satelliten optimal auszunutzen. Die Spiegel sind nach heutigen astronomischen Maßstäben nicht besonders groß. Gaias großer Vorteil besteht aber darin, vom Weltraum aus zu beobachten, wo es keine atmosphärischen Störungen gibt, die die Bilder

verschwimmen lassen. Mit einem kleineren Teleskop im Weltraum kann man daher genauere Ergebnisse erzielen als mit einem großen Teleskop auf der Erde.

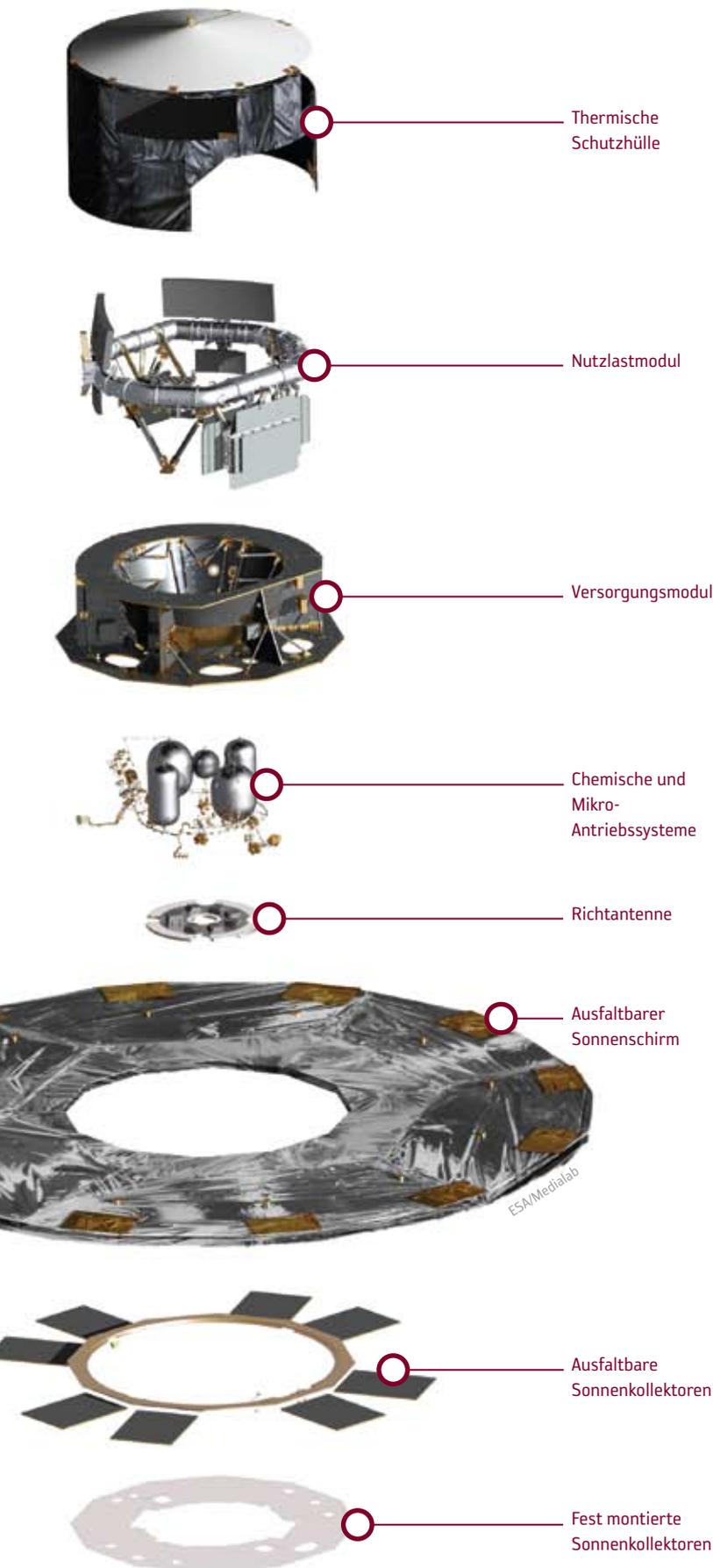
Gaia hat einen Durchmesser von nur 3,5 Metern, sodass drei gekrümmte und drei ebene Spiegel zum Fokussieren benötigt werden, um den Lichtstrahl über eine Gesamtlänge von 35 Metern mehrfach zu falten, bevor er auf die empfindlichen, speziell angefertigten Detektoren trifft. Zusammen sind Gaias Teleskope und Detektoren leistungsfähig genug, Sterne nachzuweisen, die 400 000 Mal lichtschwächer als diejenigen sind, die man gerade noch mit bloßem Auge erkennen kann.

Um den ganzen Himmel abzudecken, dreht sich Gaia viermal am Tag um ihre Achse und tastet dabei Streifen an der Himmelsphäre ab. Während Gaia um die Sonne läuft, werden verschiedene Teile des Himmels abgedeckt. Während der fünf Jahre andauernden Mission wird jeder Stern erfasst und durchschnittlich 70 Mal vermessen.



Endkontrolle eines der beiden Hauptspiegel von Gaia

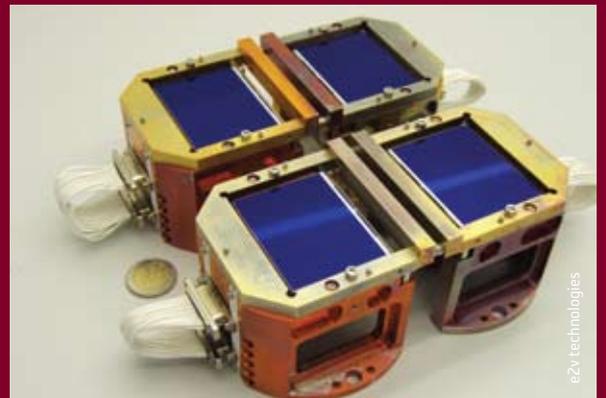




## Gaias Instrumente

Drei Instrumente dienen dazu, das von Gaia gesammelte Licht zu registrieren. Jedes von ihnen benutzt eine Anordnung von digitalen CCD-Detektoren, die das auf sie fallende Sternenlicht erfassen. CCD steht für Charge Coupled Device. Zusammengenommen bilden die CCDs von Gaia die größte jemals in den Weltraum gebrachte Fokalebene mit einer Milliarde Pixel die eine Fläche von ungefähr 0,38 Quadratmetern überdecken.

- Das astrometrische Instrument dient der Messung der Sternpositionen am Himmel. Indem man alle während der Messperiode von fünf Jahren gewonnenen Messungen eines Sternes kombiniert, kann man dessen Parallaxe und damit seine Entfernung bestimmen sowie dessen Bewegung an der Himmelskugel.
- Die dritte Dimension der Bewegung wird vom Radialgeschwindigkeits-Spektrometer geliefert, das die Geschwindigkeit eines Sternes entlang der Blickrichtung misst. Dies geschieht durch Messung der Doppler-Verschiebung der Absorptionslinien in einem hochaufgelösten Spektrum innerhalb eines engen Wellenlängenbereich.
- Das photometrische Instrument liefert Farbinformationen über Himmelsobjekte, indem es zwei niedrig aufgelöste Spektren, eins im blauen und eins im roten Bereich des optischen Spektralbereichs, aufnimmt. Mit Hilfe dieser Daten lassen sich grundlegende Eigenschaften der Sterne bestimmen, wie deren Temperatur, Masse und chemische Zusammensetzung.



Vier der 106 CCDs, die auf Gaias großer Fokalebene montiert sind



Gaias Fokalebene

## → DER BAU VON GAIA



Einbau des ersten Hauptspiegels im Nutzlastmodul



Zusammenbau des Versorgungsmoduls

Gaia besteht aus zwei Hauptteilen: Dem Nutzlast- und dem Versorgungsmodul. Das Nutzlastmodul befindet sich in einer Schutzhaube und enthält die zwei Teleskope und drei wissenschaftliche Instrumente. Sie alle sind an einem Torus befestigt, der aus einem keramischen Material namens Siliziumkarbid besteht. Die außergewöhnlich große Messgenauigkeit Gaias erfordert ein extrem stabiles Nutzlastmodul, das sich im Weltraum praktisch nicht bewegen oder verformen darf. Dies wird durch die umfangreiche Nutzung von Siliziumkarbid ermöglicht.

Unterhalb des Nutzlastmoduls befindet sich das Versorgungsmodul, das die Elektronik für die Instrumente, das Antriebssystem, die Kommunikationseinheit und weitere wichtige Komponenten enthält. Diese Komponenten sind auf einer kohlefaserverstärkten Plastikplatte in einer kegelförmigen Anordnung montiert.

Schließlich befindet sich unterhalb des Versorgungsmoduls ein großer Sonnenschutzschirm, der den Satelliten vor der Sonne abschattet und eine fast konstante Temperatur von  $-110$  Grad Celsius im Nutzlastmodul aufrecht hält. Dies ist Voraussetzung für die präzisen und empfindlichen Messungen. Der Sonnenschutzschirm hat einen Durchmesser von 10 Metern und ist damit zu groß für die Nutzlastverkleidung der Startrakete. Daher besteht er aus einem Dutzend ausfaltbarer Teile, die nach dem Start geöffnet werden. Einige der Solarzellen für die Energieversorgung sind auf dem Sonnenschutzschirm angebracht, während der Rest am Boden des Raumfahrzeugs befestigt ist.



Das Raumfahrzeug nach der Entfaltung des Sonnenschutzschirmes im Reinraum

## An Gaia sind Firmen aus ganz Europa beteiligt

Großbritannien
ABSL
e2v Technologies
EADS Astrium
MSSL
Selex Systems
Irland
Mc Ginley
Frankreich
Boostec
EADS Astrium
Intespace
Latelec
Onera
Sagem
SESO
Spanien
Crisa
EADS Casa
Mier
Ryma
Sener
Thales Alenia Space
Portugal
Deimos
Ineti
Lusospace
Skysoft
Italien
Selex Galileo
SILO
Thales Alenia Space
USA
Arde
Barr
Maxwell



Niederlande
Dutch Space
SSBV
TNO
Norwegen
Kongsberg
Prototech
Finnland
Patria
SSF
Schweden
RUAG Space
Dänemark
Rovsing
Terma
Deutschland
EADS Astrium
IOF
Schunk GmbH
Zeiss
Belgien
AMOS
CSL
SpaceBel
Thales Alenia Space
Schweiz
APCO
RUAG Space
SpectraTime
Syderal
Österreich
RUAG Space
Siemens

©NASA/Goddard Space Flight Center. Scientific Visualization

### Beiträge der Industrie

Gaia ist ein außerordentlich komplexes Weltraumobservatorium. ESA hat Astrium SAS (Toulouse, Frankreich) im Mai 2006 den Zuschlag als Hauptauftragnehmer für die Entwicklung und den Bau des Satelliten

gegeben. Zusammen mit den deutschen und britischen Standorten von Astrium sind mehr als 50 industrielle Unterauftragnehmer aus vielen Teilen Europas am Bau dieser Entdeckungsmaschine beteiligt.

gaia



ESA/CNES/ARIANESPACE/Optique Vidéo Du CSG

## → DER START

Gaia wird voraussichtlich im Herbst 2013 vom europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guayana von einer Sojus-STB-Rakete mit einer Fregat-MT-Oberstufe in den Weltraum gebracht.

Diese Sojus-Variante ist die letzte in einer langen Reihe von Trägerraketen, die ihre Zuverlässigkeit durch mehr als 1700 Starts seit dem ersten Satelliten (Sputnik im Jahre 1957) und dem ersten Menschen im Weltraum (Juri Gagarin 1961) bewiesen haben. Die dreistufige Variante, die für Gaia benutzt wird, wurde vor 45 Jahren eingeführt und wurde mehr als 850 Mal gestartet. Sie ist die bei weitem am häufigsten benutzte Trägerrakete der Welt.

Im Jahre 2005 begannen ESA und Arianespace eine Zusammenarbeit mit ihren russischen Partnern, um einen Sojus-Startplatz am CSG (Centre Spatial Guyanais) zu bauen, ähnlich den anderen aktiven Startplätzen im kasachischen Baikonur und im russischen Plesetsk. Im Herbst 2011 war diese neue Einrichtung bereit für den ersten Sojus-Start am CSG, der dann am 21. Oktober 2011 stattfand.

Der erste Sojus-Raketenstart am CSG



ESA - S. Corvaja

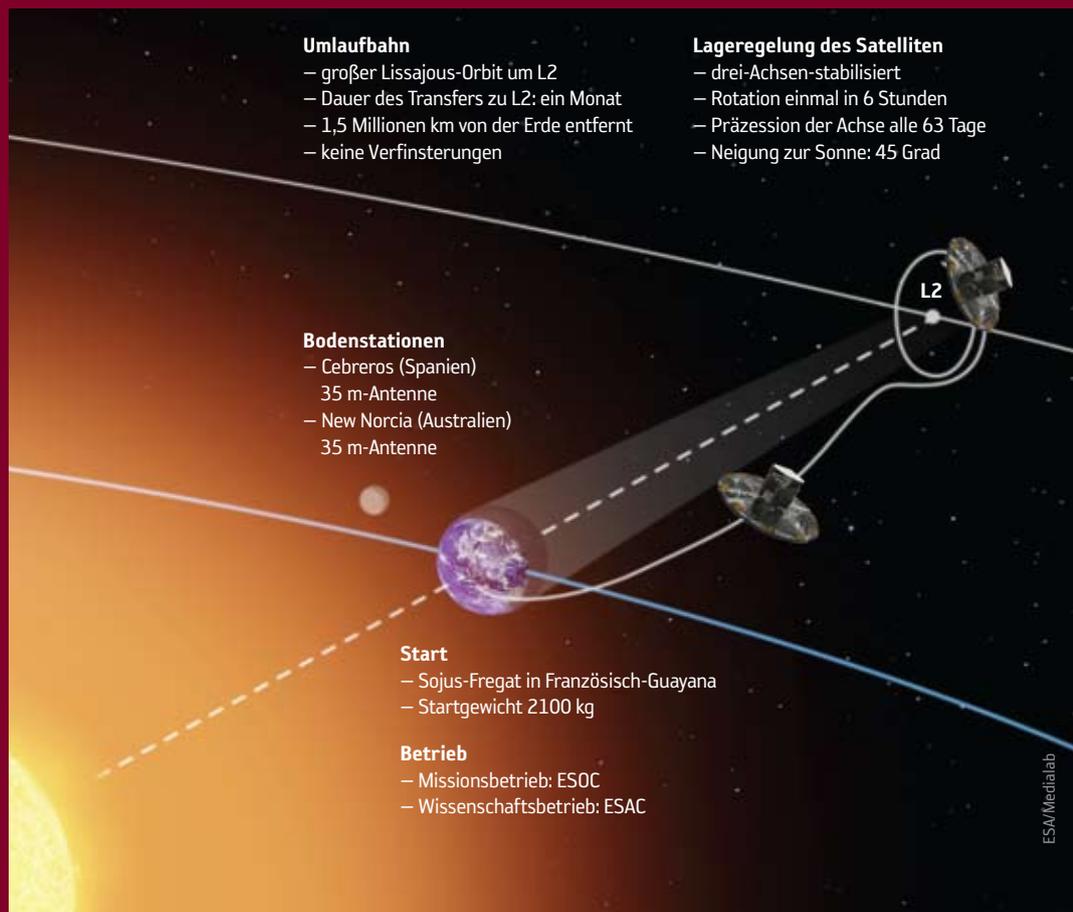
Die Sojus-Startrampe am CSG in Französisch-Guayana

## Gaias Einsatzgebiet im Weltraum

Gaia wird die Sterne von einer günstigen Beobachtungsposition aus kartographieren. Diese befindet sich rund 1,5 Millionen km von der Erde entfernt und umläuft einen besonderen Ort, den man L2 nennt. L2 ist einer von fünf sogenannten Lagrangepunkten, an denen sich die Gravitationskräfte von Sonne, Erde und Mond im Gleichgewicht befinden. Mit nur minimalem Treibstoffverbrauch kann ein hier postiertes Raumfahrzeug mit der Erde Schritt halten, während beide sich um die Sonne bewegen.

L2 bietet außerdem thermisch stabile Bedingungen, weil der Sonnenschutzschirm Gaia gleichzeitig vor der Strahlung der Sonne, der Erde und des Mondes schützt. So bleibt der Satellit kühl und hat im Schatten des Schirms einen ungestörten Blick ins Universum. Darüber hinaus profitiert die Langlebigkeit der Detektoren an Bord davon, dass die Stärke der energiereichen Strahlung beim L2 nur mäßig ist. Mehrere andere Satelliten nutzen bereits die dortigen besonders günstigen Bedingungen, u.a. die ESA-Satelliten Herschel und Planck.

## Gaias Reise zu ihrem Einsatzgebiet



### Umlaufbahn

- großer Lissajous-Orbit um L2
- Dauer des Transfers zu L2: ein Monat
- 1,5 Millionen km von der Erde entfernt
- keine Verfinsterungen

### Lageregelung des Satelliten

- drei-Achsen-stabilisiert
- Rotation einmal in 6 Stunden
- Präzession der Achse alle 63 Tage
- Neigung zur Sonne: 45 Grad

### Bodenstationen

- Cebreros (Spanien)  
35 m-Antenne
- New Norcia (Australien)  
35 m-Antenne

### Start

- Sojus-Fregat in Französisch-Guayana
- Startgewicht 2100 kg

### Betrieb

- Missionsbetrieb: ESOC
- Wissenschaftsbetrieb: ESAC

ESAMediablab

# → DIE DATENFLUT

Um ihre wissenschaftlichen Ziele zu erreichen, muss Gaia fünf Jahre ununterbrochen in jeder Sekunde hunderte von Sternen erkennen, auswählen und vermessen. Auf diese Weise entsteht ein ungeheuer großes Datenvolumen. Jeden Tag werden ungefähr 50 Gigabyte an Daten produziert und zur Erde übermittelt.

Diese außerordentliche Leistung kann nur durch effiziente Datenverarbeitung und -kompression an Bord sowie durch einen schnellen Datentransfer zum Boden gewährleistet werden. Gaias Sendeeinrichtung erreicht eine Datenrate von 5 Megabit pro Sekunde, was mit vielen Breitband-Internetanschlüssen vergleichbar ist. Nur kommen die Daten aus einer Entfernung von 1,5 Millionen Kilometern. Um allerdings Gaias schwache Signale aufzufangen, werden die leistungsfähigsten Bodenstationen der ESA benötigt: die Antennen im spanischen Cebreros, und im australischen New Norcia mit jeweils 35 m Antennendurchmesser.

Gaia wird mit der Erde im Durchschnitt acht Stunden täglich kommunizieren. Während dieser Zeit werden nicht nur die komprimierten wissenschaftlichen Daten übermittelt, sondern auch Kontrolldaten des Satelliten, mit deren Hilfe er im bestmöglichen Zustand gehalten wird. Zu allen anderen Zeiten werden die Daten auf einem 1000 Gigabit großen Halbleiterspeicher gesammelt, um zu einem späteren Zeitpunkt übertragen zu werden.

Das Europäische Satellitenkontrollzentrum ESOC in Darmstadt wird den Betrieb des Satelliten vom Boden aus übernehmen. Dies umfasst auch die Planung der Mission, die Überwachung und Kontrolle des Raumfahrzeugs, sowie die Bestimmung und Steuerung der Umlaufbahn und der



Deep-Space-Bodenstation in Cebreros, Spanien

Ausrichtung des Satelliten. Das Europäische Weltraum Astronomiezentrum ESAC in Villanueva de la Cañada in Spanien wird die Prioritäten und den operativen Ablauf der Mission festlegen sowie die wissenschaftlichen Daten archivieren.

## Von den Rohdaten zu veröffentlichungsfähigen Ergebnissen

Das Datenverarbeitungs und -auswertungskonsortium DPAC wird alle Rohdaten des Satelliten verarbeiten und sie in wissenschaftlich verwendbare Messgrößen umwandeln. Wegen der Komplexität der Gaiadaten werden diese Rechnungen auf sechs verschiedene Datenzentren in Europa verteilt. Die dazu benutzen Computerprogramme und Algorithmen kommen von neun thematisch organisierten wissenschaftlichen DPAC Koordinationseinheiten.

Schon jetzt sind mehr als 450 Personen im Rahmen von DPAC an der Vorbereitung der Auswertung der riesigen Menge an Gaia Daten beteiligt. Am Ende der Mission wird das Archiv eine Größe von mehr als einem Petabyte umfassen. Das sind eine Million Gigabyte oder der Inhalt von mehr als 200.000 DVDs.

Die Endergebnisse der Gaiadaten werden weltweit frei zugänglich gemacht. Zwar werden diese nicht vor 2020 ausgeliefert, es gibt aber von Anfang an wissenschaftliche Eilmeldungen und ungefähr zwei Jahre nach dem Start den ersten Zwischenkatalog.



