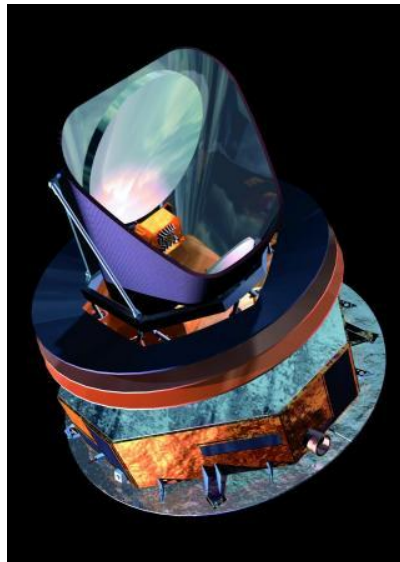




## Zusammenfassung

**Planck** ist Europas erste Mission zur Untersuchung der Strahlung, die bereits kurz nach dem Urknall das Universum erfüllt hat – die kosmische Hintergrundstrahlung (Cosmic Microwave Background, **CMB**). Damit trägt dieses Satelliten-Observatorium dazu bei, Schlüsselfragen der Menschheit zu beantworten: Wie entstand das Universum? Woraus besteht es? Wie wird es sich entwickeln?

Dank seiner höheren Winkelauflösung und Empfindlichkeit sowie seiner Abdeckung eines breiten Frequenzbereichs von etwa 25 – 1000 GHz, ermöglicht **Planck** wesentlich genauere Untersuchungen des **CMB** als jegliche Mission zuvor. Im Jahre 1992 zeigte **NASA**s **COBE** Satellit, dass die kosmische Hintergrundstrahlung nicht völlig gleichmäßig verteilt ist, sondern dass ihre Temperatur Schwankungen aufweist. Den Regionen, in denen die Temperatur des **CMB** abweicht, entsprechen Gebiete des frühen Universums, wo die Materie dichter bzw. weniger dicht verteilt war. Die dichteren Gebiete werden als Keimzellen der großen, massereichen Objekte im Weltall verstanden, die wir heute beobachten. Der amerikanische **WMAP**-Satellit hat inzwischen die **COBE**-Messungen bestätigt und verfeinert. **Planck** wird eine Sehschärfe von bis zu einem zehntel Grad haben, und daher die Temperaturschwankungen bis zu diesen kleinen Skalen nachweisen können. Besondere Fortschritte erwarten die Wissenschaftler durch die Messung der Polarisation der Hintergrundstrahlung. Durch den weiten Frequenzbereich lassen sich galaktische und extragalaktische Vordergrundquellen gut vom **CMB**-Signal trennen. Für die kosmologische Auswertung treten diese als Störquellen auf, doch sind die Daten auch für die Untersuchung dieser Objekte selbst wissenschaftlich hochinteressant.



**Planck** begann seine Mission im Jahre 2009 zusammen mit **ESA**s Infrarot-Observatorium

**Herschel**. Eine **Ariane 5**-Trägerrakete brachte beide Satelliten auf eine Transferbahn, die **Planck** innerhalb von vier Monaten zu seinem Orbit um den zweiten Lagrange-Punkt **L2** des Erde-Sonne-Systems führte. Dort hat das Teleskop, 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt, die störenden Wärmequellen Sonne, Erde und Mond ständig im Rücken, während es um seine Drehachse rotiert und dabei den Himmel abscannt.

**Planck** verfügt über ein Teleskop mit einem Primärspiegel von ca. 1,5 m Durchmesser. Die ankommende Mikrowellenstrahlung wird auf zwei hochempfindliche Instrumente fokussiert: das **LFI** (Low Frequency Instrument), das bei 20 K arbeitet, und das **HFI** (High Frequency Instrument), das sogar auf 0,1 K heruntergekühlt werden muss. Über 40 europäische und 10 amerikanische Institute wirken an der Entwicklung und Konstruktion der Instrumente sowie der Aufbereitung der Rohdaten mit. In Deutschland beteiligt sich das **Max-Planck-Institut für Astrophysik (MPA)** in Garching an diesem Projekt. Wissenschaftler des **MPA** entwickeln Software für die Datenverarbeitung und den Informationsaustausch innerhalb der Instrument-Konsortien, sie schreiben Simulationsprogramme, die zum Testen der Datenverarbeitungsroutinen und später zur Analyse der Beobachtungsdaten benötigt werden, und sie liefern Beiträge für ein Datenzentrum, das die aufbereiteten Daten für die astronomische Gemeinschaft zur Verfügung stellt.

Für den Satellitenbus von **ESA**s **Herschel/Planck** Mission wurde **Alcatel Space** in Frankreich als Hauptauftragnehmer zusammen mit **Astrium GmbH**, Deutschland, und **Alenia Aerospazio** ausgewählt. Der Kontrakt beinhaltet den Entwurf, die Entwicklung, den Bau, das Testen sowie die Inbetriebnahme beider Satelliten.

## Wissenschaftliche Ziele

Die mit **Planck** beobachtete Strahlung stammt aus einer Zeit, als das Universum nur einige Hunderttausend Jahre alt war. Vorher war die Temperatur noch so hoch, dass Elektronen und Protonen als freie Teilchen die Photonen der Strahlung mit hohem Wirkungsquerschnitt streuten, sie wirkten wie ein dichter Nebel. Als die Temperatur unter einen kritischen Wert von einigen Tausend Grad sank, bildeten Elektronen und Protonen neutrale Wasserstoffatome, der Nebel löste sich auf. Die Strahlung konnte sich nun ungehindert ausbreiten. Sie erfüllt heute als kosmische Hintergrundstrahlung das Universum und wir können an ihr Eigenschaften des „Nebels“ untersuchen. Allerdings wurde ihre Wellenlänge mit der kosmischen Expansion gedehnt, so dass wir heute die **CMB** als energiearme Strahlung im Mikrowellenbereich mit einer Temperatur von nur noch ca. 2,7 K messen.

**Planck**s Detektoren sind so konstruiert, dass sie über einen weiten Frequenzbereich die kosmologischen Temperaturunterschiede, die erst auf der fünften, sechsten Nachkommastelle auftreten, in Abhängigkeit von der Winkelskala messen können. Da die Strahlung vorher in Wechselwirkung mit der Materie (Proto-

nen, Elektronen) stand, können Rückschlüsse auf die frühe Materieverteilung gezogen und die Parameter, die die kosmische Entwicklung beschreiben, mit großer Genauigkeit bestimmt werden. Dadurch lassen sich Fragen beantworten wie:

- Wie alt ist das Universum?
- Wie groß ist die Gesamtdichte und -masse des Universums?
- Wie groß sind die Anteile der normalen Materie, der dunklen Materie und der dunklen Energie?
- Warum ist das Universum so gleichförmig?
- Was ist der Grund für die Fluktuationen in der kosmischen Hintergrundstrahlung?
- Wie schnell expandiert das Universum? Was ist der Wert der Hubble-Konstante?
- Wie sieht die Zukunft des Universums aus?

Aber auch astronomische Vordergrundquellen sind Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Kalter Staub, Galaxienhaufen und viele andere Objekte lassen sich mit **Planck** untersuchen.

## Kenndaten der Planck-Mission

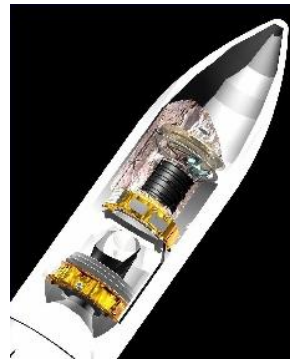
---

- Auswahl des Projekts: 1996
- Start der Mission: 2009
- Trägerrakete: Ariane 5
- Startort: Kourou (Franz. Guayana)
- Umlaufbahn: Lissajous-Orbit um den zweiten Lagrange-Punkt (L2), 1,5 Millionen km von der Erde entfernt
- Missionskontrollzentrum: ESOC, Darmstadt
- Bodenstation: Perth (Australien)
- Bodenempfangszeit: 2 bis 3 Stunden pro Tag
- Missionsdauer: Nach 30 Monaten Messezeit und fünf Himmelsdurchmusterungen wurde das HFI, dessen Kühlmittel verbraucht war, im Januar 2012 abgeschaltet. Das LFI wird noch ca. ein Jahr länger messen.

## Kenndaten des Satelliten

---

- Startmasse: 1,8 t
- Abmessungen: 4,5 m x 4,5 m x 3,8 m
- Nutzlast: Mikrowellenteleskop, zwei Instrumente
- Teleskop: 1,5 m Durchmesser, Gregory-Teleskop
- Energiebedarf: 1,2 kW
- Datenübertragung: 270 kbit/s



Ariane 5

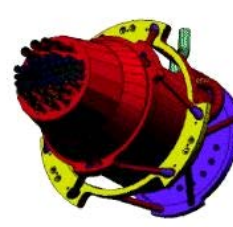
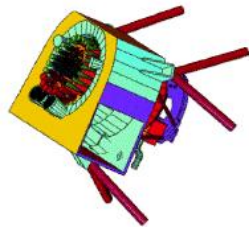
---Herschel

---Planck

## Wissenschaftliche Nutzlast

---

**LFI** (Low Frequency Instrument): ist eine Gruppe von 44 Radioempfängern, die bei 20 K arbeiten. Diese Empfänger werden in drei Frequenzkanälen gruppiert, die bei 30, 44 und 70 GHz messen. Ihre Technologie basiert auf HEMTs (High Electron Mobility Transistors) und funktioniert ähnlich wie Transistorradios: die Transistoren verstärken das empfangene Signal, das anschließend in eine Spannung umgewandelt wird. Das LFI wurde entwickelt und gebaut von einem Konsortium von mehr als 22 Instituten, unter Leitung von Nazzareno Mandolesi aus dem Istituto di Tecnologia e Studio delle Radiazioni Extraterrestri (CNR) in Bologna (Italien).



**HFI** (High Frequency Instrument): ist eine Gruppe von 48 bolometrischen Detektoren, die Strahlung in Wärme umwandeln. Die Wärmemenge wird dann mit einem winzigen Thermometer gemessen und von einem Computer aufgezeichnet. Die HFI -Detektoren messen in sechs Frequenzkanälen zwischen 100 und 857 GHz. Sie arbeiten bei einer Temperatur von nur 0,1 K. Dazu ist ein komplexes Kühlsystem an Bord notwendig. Das HFI wurde entwickelt und gebaut von einem Konsortium von mehr als 20 wissenschaftlichen Instituten, unter Leitung von Jean-Loup Puget des Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS) in Orsay (Frankreich).

Deutsche Wissenschaftler vom **Max-Planck-Institut für Astrophysik** in Garching sind in beiden Instrument-Konsortien vertreten. Sie entwickeln Software für die Bearbeitung der Daten und für den Austausch der großen Datenmengen und Informationen zwischen den vielen beteiligten Instituten. Simulationen der Datenprodukte dienen dem Testen der Datenverarbeitungsroutinen und der komplexen Analyse der Beobachtungsdaten. Sie liefern Beiträge zu den Datenzentren, in denen die Satellitendaten analysiert und für die wissenschaftliche Gemeinschaft aufbereitet werden.

## Kontakte

---

ESA / ESTEC  
P.O. Box 229  
2200 Noordwijk  
Niederlande  
[www.sci.esa.int](http://www.sci.esa.int)

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Raumfahrtmanagement Extraterrestrik  
Königswinterer Str. 522-524  
53227 Bonn  
<http://www.dlr.de/rd/fachprog/extraterrestrik>

Max-Planck-Institut für Astrophysik  
Karl-Schwarzschild-Str. 1  
85748 Garching  
<http://planck.mpa-garching.mpg.de/>