



## Ziele der Mission

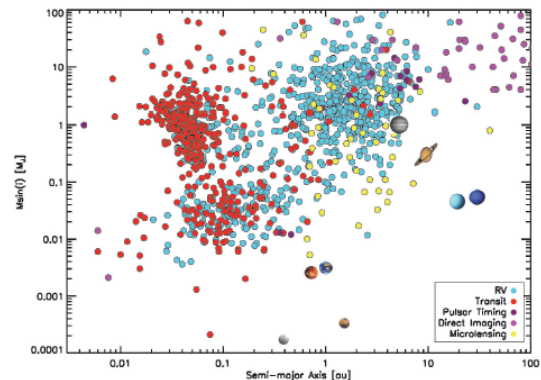
Die ESA-Mission **PLATO** (PLANetary Transits and Oscillations of stars) wird ab 2026 nach Exoplaneten bis herunter zur Größe der Erde und kleiner suchen und deren physikalische Parameter wie die Massen, Durchmesser und mittlere Dichten charakterisieren. Als dritte der mittelgroßen Wissenschaftsmissionen im Cosmic-Vision-Programm 2015 – 2025 der ESA (M3) verfolgt PLATO die folgenden wesentlichen Ziele:

- (1) **Nachweis von erdähnlichen Exoplaneten** in den habitablen, d.h. potenziell lebensfreundlichen Zonen sonnenähnlicher Sterne und die Bestimmung ihrer physikalischen Haupteigenschaften wie Bahnparameter, Durchmesser, Massen, mittlere Dichten und Alter, die notwendig sind, um die mögliche „Lebensfreundlichkeit“ der Planeten einzuschätzen.
- (2) **Charakterisierung tausender von Gesteins-, Eis- und Gas-(Riesen)planeten**, inklusive möglicher Zwillinge der Erde, und des Aufbaus ihrer Planetensysteme, um das Verständnis der Entstehung und der Entwicklung von Planetensystemen einschließlich des Sonnensystems fundamental zu erweitern.
- (3) Durchführung eines Beobachtungsprogrammes zur **Astro-seismologie** mit dem Ziel der genauen Ableitung von stellaren Massen, Radien und Altern aus der Modellierung von Sternschwingungen der hellen Muttersterne von Exoplaneten.



Um diese Ziele zu erreichen, wird PLATO, wie schon die Vorgängermissionen CoRoT (CNES, Frankreich) und Kepler (NASA) die **Methode der photometrischen Transitbeobachtungen** von Planeten vor ihren Muttersternen nutzen. Damit können Planeten erfasst werden, deren Bahnebenen von der Erde bzw. vom Beobachtungsort eines Satelliten aus gesehen vor dem jeweiligen Stern vorbeilaufen und diesen dabei ein wenig verdunkeln. Beobachtet man zudem mindestens zwei, aufeinanderfolgende Durchgänge des Planeten vor dem Stern, so lassen sich aus der Zeitdauer und dem Zeitabstand der Transits sowie dem Helligkeitseinbruch direkt die Bahnparameter der Planeten (Umlaufzeiten und Abstände vom Stern) und deren Durchmesser bestimmen. Kennt man außerdem aus hochempfindlichen **Radialgeschwindigkeitsbeobachtungen** des Sternes, gewonnen mit Großteleskopen von der Erde aus, den geringfügigen gravitativen Einfluss des Planeten auf den Stern, so kann schließlich auch die Planetenmasse und damit eine (mittlere) Massendichte des Planeten abgeleitet werden. Endlich erlaubt eine präzise photometrische Messung der oft nur winzigen Helligkeitsvariationen der Sterne, deren Schwingungsmoden mit Hilfe von Computermodellen nachzubilden, aus denen wiederum neben anderen Sternparametern dessen Alter bestimmt werden können. Damit ist schließlich auch das Alter des Planeten bekannt und die physika-

lische Charakterisierung der jeweiligen Planeten durch PLATO und mittels gezielter, erdgebundener Nachbeobachtungen vollständig.



Die Radien der neu gefundenen Exoplaneten werden mit einer Genauigkeit von etwa 3% aus photometrischen Transits bestimmt und deren Massen mit Unsicherheiten kleiner als 10% aus Radialgeschwindigkeitsmessungen mittels erdgebundener Teleskope. Die Nachbeobachtungen vom Boden sind ein wichtiger Bestandteil der Mission und erfordern ein koordiniertes Vorgehen mit astronomischen Observatorien und Institutionen weltweit, wie der Europäischen Südsternwarte (ESO). Darüber hinaus sollen mit Hilfe der Astroseismologie Sternmassen, -radien und Alter mit etwa 10% Genauigkeit bestimmt sowie schließlich aussichtsreiche Ziele für eine (bodengebundene) spektroskopische Nachfolgebeobachtung exoplanetarer Atmosphären identifiziert werden.

PLATO wird zu diesem Zweck eine große Anzahl von mehr als 245,000 hellen ( $< 13$  mag) und damit nahen Sternen über einen ununterbrochenen Zeitraum von bis zu mehreren Jahren photometrisch überwachen und deren Lichtwechselkurven mit höchster Präzision aufzeichnen. Darüber hinaus sollen bis zu 1 Mio. schwächere Sterne ( $< 16$  mag) beobachtet werden, um ein möglichst großes Spektrum an Stern- und Planetentypen zu erfassen. Dazu zählen bei den Sternen neben sonnenähnlichen Hauptreihensternen z.B. auch viele leuchtschwache, rote Zwergsterne, entwickelte rote Riesensterne, weiße Zwerge und einige wenige kurzlebige, massenreiche Hauptreihensterne. Erwartet wird die Entdeckung vieler tausend Gesteins-, Eis- und Gas- (Riesen)planeten, von Planeten in Doppelsternsystemen und um weiße Zwerge, und in günstigen Einzelfällen sogar die Entdeckung von Ringsystemen um Planeten sowie Monde und Kometen. Eine wesentliche Motivation zur Durchführung der Mission ist schließlich auch die Suche nach erdähnlichen (Gesteins-) **Planeten in den habitablen Zonen** ihrer Muttersterne. Innerhalb dieser Zone, dessen Abstand vom Stern von dessen Masse bzw. Oberflächentemperatur abhängt, kann flüssiges Wasser existieren und damit möglicherweise Leben, wie es von der Erde bekannt ist. Die große Zahl der vollständig charakterisierten Exoplaneten wird im Zusammenspiel mit Modellrechnungen schließlich auch statistische Aussagen über die Entstehung und Entwicklung der verschiedenen Planetentypen ermöglichen.

Die Langzeitbeobachtungen von PLATO werden voraussichtlich jeweils zwei Jahren dauern, um Planeten mit Umlaufzeit bis zu etwa einem Jahr und damit vielleicht auch Zwillinge der Erde zu finden. Anschließend sollen während einer möglichen Missionsverlängerung „Step-and-Stare-Beobachtungen“ durchgeführt werden, die über jeweils zwei bis vier Monate ausgewählte Felder am Himmel überwachen. Damit lässt sich während der Mission knapp die Hälfte des gesamten Himmels abdecken.

## Die PLATO Mission und ihre wissenschaftliche Nutzlast

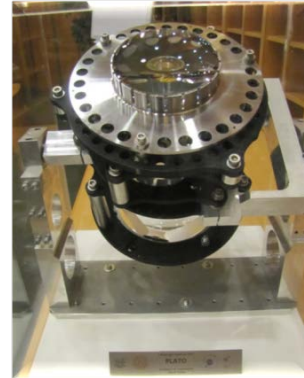
Das **Nutzlastkonzept** von PLATO sieht 24 separate Kameras mit jeweils überlappenden Gesichtsfeldern vor, die, montiert auf einer gemeinsamen optischen Bank, ohne eine Ausrichtungsänderung der Sonde zu erfordern, zugleich etwa 5% des gesamten Himmels photometrisch erfassen. Hinzu kommen zwei weitere „schnelle Kameras“, bestückt mit Farbfiltern, die mit kürzeren Belichtungen die hellsten Sterne (< 8 mag) im Feld beobachten. Darüber hinaus dienen diese Kameras der exakten Nachführung und Navigation der Sonde auf dessen Halobahn um den Lagrangepunkt L2 des Systems Sonne-Erde, etwa 1.5 Mio. km entfernt auf der sonnenabgewandten Seite der Erdbahn.



Jede der 26 Kameras ist mit einer Weitwinkeloptik (Bildfelddurchmesser etwa 38°) von 120 mm freier Öffnung und einem Öffnungsverhältnis von f/2.1 ausgerüstet. Die Fokalebene besteht aus jeweils vier großflächigen, aneinandergefügten CCDs mit jeweils 4510 x 4510 Bildelementen (Pixel), die im Full-Frame- („normale Kameras“) bzw. Frame-Transfer-Modus („schnelle Kameras“) betrieben werden. Das kombinierte Gesichtsfeld aller Einzelkameras am Himmel beträgt damit rund 2250 Quadratgrad. Durch die gegenseitige Ausrichtung der Kameras zueinander ergeben sich Mehrfachüberdeckungen ihrer Gesichtsfelder, die im zentralen Bereich bis zu 24 mal erreichen; damit wird eine hohe photometrische Messgenauigkeit sichergestellt. Die beiden „schnellen Kameras“ weisen im Vergleich mit den „normalen Kameras“ nur die Hälfte des Gesichtsfeldes auf und beobachten mit einer zehnfach kürzeren Belichtungszeit zur Vermeidung von Überbelichtungen.

Eine umfangreiche Sensor- und Datenverarbeitungselektronik an Bord der Sonde liest die Bilddaten der CCDs aus und extrahiert zunächst für jeden beobachteten Stern ein kleines Bild („Imagette“). Zusammen mit den an Bord ebenfalls erstellten Licht-

kurven und weiteren Daten werden diese Bilder dann komprimiert, gepackt und zur Weiterverarbeitung übertragen. Auf diese Weise lässt sich bereits an Bord der Sonde die im Betrieb von PLATO anfallende Datenmenge soweit reduzieren, dass sie mit etwa 400 Gbit pro Tag die Möglichkeiten der Übertragungskanäle nicht überschreitet.



Das **Bodensegment** von PLATO besteht aus dem Missionskontrollzentrum (MOC) der ESA einschließlich der Sende- und Empfangsstationen und einem wissenschaftlichen Betriebszentrum (SOC), das für die Missionsplanung, die Weiterverarbeitung der wissenschaftlichen Daten und die Erstellung der Datenprodukte verantwortlich ist. Diese Datenprodukte werden schließlich den am Projekt beteiligten Wissenschaftlern und der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt. Ein auf verschiedene europäische Standorte verteiltes Datenzentrum (PLATO Data Center) stellt alle zur Verarbeitung der Daten notwendigen Algorithmen und Werkzeuge bereit, archiviert die Datenprodukte und macht sie verfügbar.

Entwickelt und gebaut wird die Nutzlast von PLATO durch ein **internationales Nutzlast-Konsortium** aus vielen Ländern, die jeweils Beistellungen zur Hard- und Software liefern (u.a. aus Deutschland, Großbritannien, Italien, Frankreich, Spanien, der Schweiz, Belgien, Ungarn, Portugal, den Niederlanden, Österreich, Schweden, Dänemark und Brasilien). Dieses Konsortium steht unter der Leitung des DLR Instituts für Planetenforschung in Berlin (Prof. H. Rauer). Die Gesamtmission, d.h. die Sonde, das Start und Trägersystem, das Bodensegment und der Betrieb der Sonde, wird durch die ESA verantwortet. Aufbau und Betrieb des PLATO Datenzentrums schließlich werden durch das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen (Prof. L. Gizon) geleitet. Die Entwicklung eines Teils der Nutzlast, des Datenzentrums sowie des Betriebs von PLATO wird durch das DLR Raumfahrtmanagement mit Mitteln des BMWi gefördert.

## Kenndaten von PLATO

- |                           |  |   |   |
|---------------------------|--|---|---|
| • Beginn der Entwicklung: | 2008   | • Kontrollzentren:                            | ESOC (Darmstadt; Mission)<br>ESAC (Madrid; wiss. Betrieb) |
| • Beginn der Mission:     | 2026   | • Masse der Sonde:                            | 2150 kg   |
| • Trägerfahrzeug:         | Soyuz-Fregat 2-1b  | • Abmessungen der Sonde:                      | ca. Ø 2.5 m x 5 m   |
| • Startort:               | Kourou   | • Masse der Nutzlast:                         | 540 kg (ohne optische Bank)                               |
| • Missionsdauer:          | min. 4 Jahre (4 Jahre nomineller Betrieb / Missionsverlängerung) | • El. Leistungsaufnahme (Sonde mit Nutzlast): | 1650 W (voller Nutzlastbetrieb)                           |
| • Bahncharakteristik:     | Halobahn / Libration um den L2 (Erdabstand etwa 1.5 Mio. km)     | • Telemetrierate (Sonde):                     | 36 Mbit/s (K-Band, Downlink)                              |

## Ansprechpartner

**DLR Institut für Planetenforschung**  
Rutherfordstraße 2  
D-12489 Berlin  
[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

**Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung**  
Justus-von-Liebig-Weg 3  
D-37077 Göttingen  
[www.mps.mpg.de](http://www.mps.mpg.de)

**DLR (Raumfahrtmanagement)**  
Königswinterer Str. 522 - 524  
D-53227 Bonn  
[www.dlr.de/rd](http://www.dlr.de/rd)

**ESA / ESTEC**  
Postbus 299  
NL-2200 Noordwijk  
Niederlande  
[www.sci.esa.int](http://www.sci.esa.int)

Stand: Juli 2017