

## Argumente für bedeutende astronomische Projekte

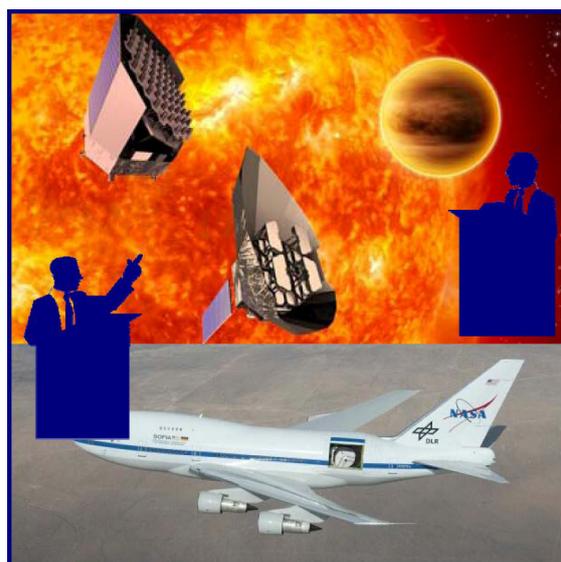
in Bezug zu den Beiträgen "Steht die fliegende Sternwarte SOFIA vor dem Aus?" und "Plato sucht nach dem Zwilling der Erde" in der Zeitschrift Sterne und Weltraum (Heft 05/2014, Blick in die Forschung, Nachrichten)

Uwe Herbstmeier

Es gibt in der Astronomie eine Menge spannender Projekte. Doch wie in vielen Bereichen, die an die Grenzen des Machbaren gehen, müssen auch hier die Instrumente, Hilfsmittel und arbeitenden Astronomen und Techniker bezahlt werden.

So ist es wichtig, sich die Ziele und Methoden genau zu überlegen und mit Argumenten die Geldgeber von der Bedeutung des eigenen Projekts zu überzeugen. Ausgehend von Finanzierungsproblemen aktueller Projekte soll die Argumentation für die Finanzierung der Erforschung der grundlegenden Fragen der Menschen im Bereich der Astronomie geübt werden. Dies ist als Kooperation mit dem Fach Deutsch ausgearbeitet. In der Mittelstufe ist die **Auseinandersetzung mit Argumentationen** Inhaltsstoff vieler Lehrpläne.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Raumfahrt, Astropraxis	IR-Observatorium, <a href="#">SOFIA</a> , <a href="#">PLATO</a> , extrasolare Planetensysteme
Physik	Optik	Spektrum, Infrarot
Fächer- verknüpfung	Astro-Deutsch	<a href="#">Argumentation</a>
Lehre allgemein	Kompetenzen	Sammlung wichtiger Informationen, Verständnis und Fähigkeit zur Auswahl von Fachinformationen teils in englischer Sprache, Auseinandersetzung mit komplexen Fragestellungen, Argumentationsbildung
	Unterrichtsform	Kleingruppenarbeit, Präsentation, Referat
	Unterrichtsmittel	Arbeitsblätter, Texte, Projektionsmöglichkeit



PLATO oder SOFIA? Argumentieren für das bessere Projekt. Links oben: ESTEC(ESA), Entwicklungsort vieler neuer wissenschaftlicher Raumfahrtprojekte, so auch von PLATO (Quelle: ESA). Links unten: Die fliegende Sternwarte SOFIA (Quelle: NASA).

(Bildquelle für Logos: [http://benns.columbiastate.edu/argument/Debate\\_Logo.png](http://benns.columbiastate.edu/argument/Debate_Logo.png))

## **Ziel dieser Unterrichtseinheit - Ziele erfordern Argumentationen**

[\[zurück zum Titel\]](#)

Die vorgeschlagene Unterrichtseinheit soll sowohl

- die Fähigkeit ausbilden, wichtige Inhalte wissenschaftlicher Fragestellungen herauszuarbeiten,
- als auch ausgehend von den erarbeiteten Informationen die prinzipiellen Ansätze einer Argumentation für eine Idee zu üben.

Alternativ können zum einen die Schüler im Rahmen von Referaten (z.B. in Baden-Württemberg: Gleichwertige Feststellung von Schülerleistungen - GFS) oder andererseits bei Gruppenarbeiten zu Beginn der Stunde die Projektgrundlagen zusammenstellen.

Dabei wird zur abschließenden Präsentation die **Methode der Argumentation** (Rede, Gegenrede und Fazit der Gruppe) angewendet. Ergänzend kann eine Schülergruppe am Ende bewerten, wie überzeugend die Argumentation vorgebracht worden ist.

## **Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen**

[\[zurück zum Titel\]](#)

Basierend auf den Artikeln "Steht die fliegende Sternwarte SOFIA vor dem Aus?" und "Plato sucht nach dem Zwilling der Erde" in der Zeitschrift *Sterne und Weltraum* 05/2014, die auch als Hintergrundinformationen im Vorfeld den Schülern ausgehändigt werden sollten, wird zunächst das grundsätzliche Thema aufgezeigt. Wir haben es mit zwei Missionen zu tun, die aus unterschiedlichen Gründen nach Finanzierungsmitteln suchen. **SOFIA** ist bereits in Betrieb, und die laufenden Kosten sollen auch in Zukunft weiterhin gedeckt werden. **PLATO** ist eine neue Raumfahrtmission und erfordert für die Entwicklung und den Betrieb ausreichend Geld.

Zunächst geht es darum, dass sich die Schülerinnen und Schüler in zwei Gruppen mit den wissenschaftlichen Zielsetzungen auseinandersetzen. Welche Objekte werden von den jeweiligen Observatorien beobachtet? Wie erfolgt dies? Welche neuen Erkenntnisse sind zu erwarten? Die Ergebnisse sollen dann in je einem Referat zusammengefasst werden. Je nach Umfang der Aufgabe kann dies zum einen als Hausarbeit 2-3 Schülerinnen und Schülern zur Aufgabe gestellt oder alternativ innerhalb einer Unterrichtsstunde von Teams mit 4 bis 5 Schülerinnen und Schülern an Hand von beigegebenem Material innerhalb von 15-20 Minuten erarbeitet werden.

Bei einer eigenständigen Betrachtung im häuslichen Rahmen soll auf die im Internet zur Verfügung gestellten Materialien zurückgegriffen werden (siehe Adressen auf den Arbeitsblatt-Seiten). Ggf. kann auch entsprechendes Material von den federführenden Institutionen der Projekte angefragt werden. Für das SOFIA-Projekt kann weitestgehend auf deutschsprachige Seiten zurückgegriffen werden, da das Deutsche SOFIA-Institut an der Universität Stuttgart Partner des Forschungsprojekts ist. Die Materialien für das Projekt PLATO sind von der ESA herausgegeben und somit auf Englisch.

Daher und um Material für eine Gruppenarbeit in einer Unterrichtsstunde zur Verfügung zu haben, werden in den angehängten **3 Arbeitsblättern** die wichtigsten Informationen zusammengestellt.

Ebenfalls von den Schülergruppen aufgegriffen werden kann eine weitere Fragestellung: In wie weit werden die Projekte auch für Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit genutzt? Insbesondere das SOFIA-Observatorium bietet hier einige weitere interessante Argumente.

[Arbeitsblatt 1](#): SOFIA - die fliegende Sternwarte

[Arbeitsblatt 2](#): PLATO auf der Suche nach der zweiten Erde

### **Ergänzendes Material aus der WIS-Sammlung**

**zu SOFIA:** Guldlegende Betrachtungen des Infrarot-Spektralbereichs sind in [[WiS!-01](#)] und [[WiS!-02](#)] dargestellt und sollten hier für die Optik im Infraroten als Grundlage verwendet werden. Der Aufbau des Teleskops ist erfasst im WIS-Beitrag [[WiS!-03](#)].

**Zu PLATO / Extrasolare Planeten:** Um die Methoden zu veranschaulichen, die von den verschiedenen Gruppen eingesetzt werden, um Sterne mit Planetensystemen zu finden, empfehlen sich die Artikel [[WiS!-04](#), bis [WiS!-07](#)].

## Argumentation und Überzeugung für die Zielsetzungen

[\[zurück zum Titel\]](#)

Sind die wissenschaftlichen Grundlagen zusammengestellt, gilt es in Zusammenarbeit mit dem Fach Deutsch die gesammelten Ideen in Argumente für das entsprechende Projekt zu wandeln. Dafür sollen bereits von vornherein die Gruppen so strukturiert sein, dass diese jeweils mit der Beschäftigung mit nur einem Projekt sich auch für dieses entsprechend engagieren. Dabei sollen die Argumente zusammen mit den Begründungen herausgearbeitet werden. Um hierbei Hilfestellung zu leisten, werden im [Arbeitsblatt 3](#) eine Reihe von Fragen aufgelistet, denen sich die Gruppen bei der Vorbereitung der Präsentation stellen sollten. Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler ist es, im Wettstreit mit anderen Projekten die Geldgeber von ihrem Vorhaben zu überzeugen. Anschließend sollten durch die entsprechenden Vorträge (10-15 Minuten pro Projekt) diese Argumente vor dem Rest der Klasse bzw. einem Team dargelegt werden, dass die Aufgabe hat, die Argumente zu bewerten und zu entscheiden, wofür die Gelder eingesetzt werden sollten.

Nach Präsentation der Projekte und der Argumente für ihre Finanzierung sollen dann die Schüler die spezielle Schülergruppe im Rahmen einer 10-15-minütigen Diskussion die Ergebnisse bewerten und auch für die letztendliche Entscheidung Argumentationen finden.

## WIS-Artikel mit Bezug auf diesen Beitrag

[\[zum Titel\]](#)

[WiS!-01]	<a href="#">Wie das unsichtbare Infrarotweltall seine Geheimnisse Preis gibt</a>	Cecilia Scorza
<a href="#">[zum 1. Zitat]</a>	Eine kurze Darstellung des infraroten Spektralbereichs und dessen grundlegende Vorteile für die Astronomie	
[WiS!-02]	<a href="#">Der kleine praktische Einstieg in die infrarote Welt</a>	Cecilia Scorza, Olaf Fischer
<a href="#">[zum 1. Zitat]</a>	An Hand einfacher Experimente wird die Welt des Infraroten erarbeitet.	
[WiS!-03]	<a href="#">Das SOFIA-Teleskop aus Sicht des Ingenieurs</a>	Olaf Fischer
<a href="#">[zum 1. Zitat]</a>	Die Beschreibung des Aufbaus des Teleskops auf SOFIA	
[WiS!-04]	<a href="#">Schattenspiel mit fremden Welten: Exoplaneten-Lichtkurven einfach simulieren</a>	Markus Pössel
<a href="#">[zum 1. Zitat]</a>	Simulation von Lichtkurven, die durch unterschiedliche Abschattungen von Sternen durch ihre Planeten hervorgerufen werden.	
[WiS!-05]	<a href="#">Wie findet man erdähnliche Exoplaneten?</a>	Olaf Hofschulz
	Verschiedene Methoden zum Finden von Exoplaneten	
[WiS!-06]	<a href="#">Die Suche nach der zweiten Erde</a>	Oliver Debus
	Versuche zur Vermittlung der Transitmethode für die Entdeckung von Exoplaneten	
[WiS!-07]	<a href="#">Erleuchtender Schatten aus dem Sternsystem CV Serpentis</a>	Uwe Herbstmeier
	Einfache Veranschaulichung für die Mittelstufe zur Wirkung unterschiedlicher Phänomene auf die beobachtete Helligkeitsschwankung	

## Arbeitsblätter

Auf den folgenden Seiten werden alle Arbeitsblätter angehängt. Zum Arbeitsblatt 1 sollten auch eine Beschreibung der Besonderheiten der Infrarot-Strahlung z.B. aus [\[WiS!-01\]](#) oder [\[WiS!-02\]](#) bzw. eigenen bzw. Lehrbuch-Darstellungen dazugenommen werden. Für die Methodik der Entdeckung von Exoplaneten an Hand der Lichtkurven von Sternen ist es gut, die wesentlichen Erläuterungen aus den Artikeln [\[WiS!-04, bis WiS!-07\]](#) zu nehmen.

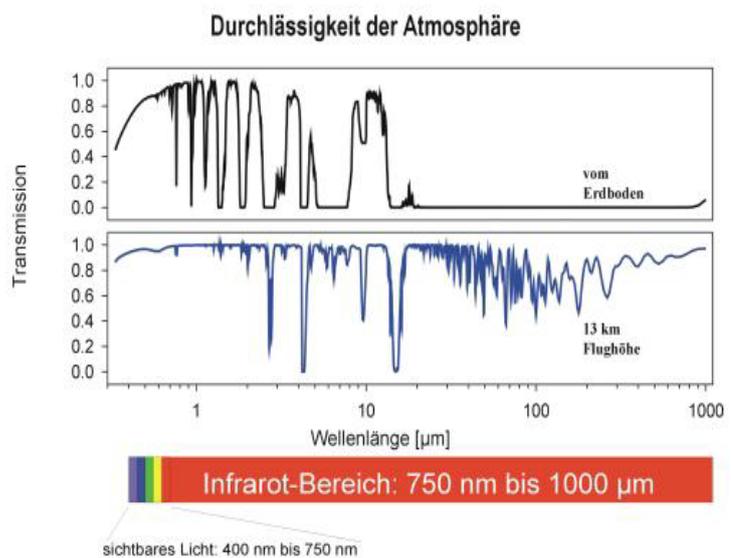
## Arbeitsblatt 1: SOFIA

### SOFIA - die fliegende Sternwarte

(Diese Zusammenfassung baut auf dem Artikel "Steht die fliegende Sternwarte SOFIA vor dem Aus?" in der Zeitschrift *Sterne und Weltraum* 05/2014 auf. Die Informationen sind im Wesentlichen von den Internet-Seiten des Deutschen SOFIA-Instituts (DSI) an der Universität Stuttgart entnommen. Quelle siehe am Ende der Zusammenfassung.)

### Überwindung der Erdatmosphäre

In Bild 1 ist zu erkennen, dass im infraroten Spektralbereich die Durchlässigkeit der Erdatmosphäre für Strahlung aus dem Weltall in großen Bereichen auf Null absinkt. Im nahen Infrarot bis ca. 12  $\mu\text{m}$  gibt es einige undurchsichtige Bereiche. Jenseits von 12  $\mu\text{m}$  im mittleren und fernen Infrarot ist die Durchlässigkeit so gut wie nicht vorhanden. Dies ändert sich in Höhen ab ca. 13 km über dem Erdboden. Von dort aus gesehen befindet sich der meiste Wasserdampf unterhalb des Beobachtungsortes. Damit fällt die Wirkung des  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküls als Strahlungsabsorber weg. Es ist daher sinnvoll, in diese Höhen und darüber vorzustoßen, um Himmelskörper zu beobachten, die Infrarotstrahlung aussenden.



**Bild 1:** Transmission (Durchlässigkeit) der Erdatmosphäre für Strahlung von 300 nm bis 1 mm Wellenlänge. Der Bereich des sichtbaren Lichts und der des Infraroten sind angegeben. (Quelle: DLR / DSI).



**Bild 2:** SOFIA mit geöffneter Teleskoptür in einer Flughöhe von etwa fünf km über der Mojave-Wüste (Quelle: DSI).

Auf Bergen ist diese Höhe nicht erreichbar. Daher helfen hier nur Satelliten oder Flugzeuge weiter. Für das Observatorium SOFIA (Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie) hat man den zweiten Weg gewählt. Es handelt sich um eine umgebaute Boeing 747 (siehe Bild 2), die in etwa 13 km Höhe fliegt.

### Himmelsobjekte, die von SOFIA beobachtet werden

Das Observatorium bietet die Möglichkeit eine Vielzahl unterschiedlicher Objekte im Infraroten zu beobachten und somit zu einer tieferen Erkenntnis zur Natur dieser Gebilde wesentlich beizutragen.

## Galaxien

Galaxien sind Ansammlungen von Milliarden von Sternen (Beispiel NGC 1300 - siehe Bild 3). Unser Milchstraßensystem ist eine davon.

Nicht nur die Sterne in jeder Galaxie entwickeln sich und haben eine Geschichte, auch die Galaxien selbst durchlaufen verschiedene Entwicklungsstadien und altern.

Um mehr über die Entwicklung und Bildung von Galaxien herauszufinden, ist es erforderlich, Bilder aus ihrer Kinderstube zu erhalten. Dazu muss man aber in die kosmische Vergangenheit und damit zu Galaxien zurückschauen, deren Licht sich vor etwa 10 bis 13 Milliarden Jahren sich auf den Weg gemacht hat.

Dieses Licht ist auf Grund der Ausdehnung des Universums in Folge des Urknalls so stark verändert, dass diese Galaxien besonders hell im Infraroten leuchten.

In diesen frühen Phasen kam es häufig zu Kollisionen zweier Galaxien (Bild 4). In diesen Kollisionszonen werden die Teilchen der Materie zwischen den Sternen (Interstellares Medium, kurz: ISM) so stark aufgeheizt, dass auch sie Strahlung im Infraroten (Wellenlänge 50 bis 100  $\mu\text{m}$ ) abgeben. Beides kann von SOFIA perfekt beobachtet werden (siehe Bild 1).

## Sternentstehung

Der infrarote Spektralbereich ist besonders wichtig, um die Regionen zu erkunden, in denen neue Sterne entstehen. Dort sammelt sich viel Gas und Staub, der das sichtbare Licht der jungen Sterne völlig verschluckt.

Um hier einen Blick zu den Sternen zu gewinnen, blickt man im nahen Infrarot (NIR) auf diese Bereiche. Dort wird der Staub dann durchlässig für die NIR-Strahlung der jungen heißen Sterne.

Außerdem zeigt das ferne Infrarot die Verteilung der Staubmassen um diese Geburtsorte herum an. Damit wächst unser Verständnis für die Entstehung von Sternen, Planeten und somit auch unseres Sonnensystems. Im großen Maßstab ist dies im Bild 5 zu erkennen (rote Bereiche: Staubmassen, blaue Bereiche: Sternentstehungsgebiete). Einzelne Gebiete können vollständig aufgelöst insbesondere in unserem Milchstraßensystem beobachtet werden (siehe Bild 6: eine SOFIA-Aufnahme des Zentrums unserer Milchstraße).



**Bild 3:** Die Galaxie NGC 1300 (eine Balkenspiralgalaxie) im sichtbaren Licht (Quelle: NASA, ESA, und The Hubble Heritage Team STScI/AURA).



**Bild 4:** Die kollidierenden Galaxien NGC 4038 und 4039 (Antennen) im sichtbaren Licht. Im Zusammenstoßpunkt der Galaxien sammelt sich viel aufgeheiztes Material, aus dem sich gerade neue Sterne bilden, zu sehen an der rosa Farbe der Wasserstoffstrahlung (Quelle: NASA, ESA, und The Hubble Heritage Team STScI/AURA).



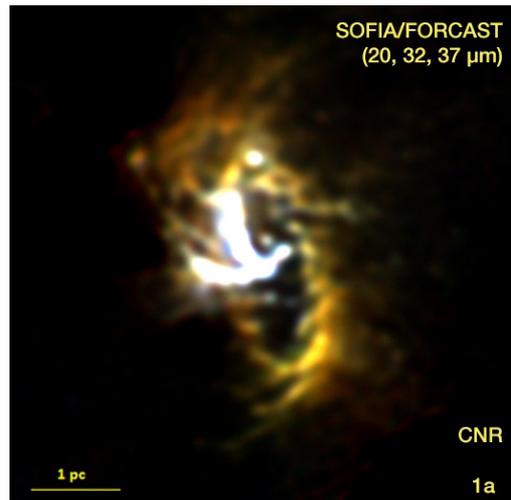
**Bild 5:** Die Galaxie M51 im fernen Infrarot (rot 160  $\mu\text{m}$ , grün 100  $\mu\text{m}$ , blau 70  $\mu\text{m}$ ). Die Aufnahme stammt vom Infrarot-Satelliten Herschel (Quelle: ESA / PACS-Konsortium)

## ISM

Der Raum zwischen den Sternen ist nicht leer, sondern mit sogenannter "interstellarer Materie" (ISM) angefüllt. Obwohl sie nur einige Prozent der Masse einer Galaxie ausmacht, kann man durch ihre Beobachtung sehr viel über die Entwicklungsgeschichte ihrer Umgebung lernen.

Diese Materie ist im Sichtbaren nur zu erkennen, wenn sie vor ausgedehnten Sternfeldern steht. Dort verschluckt sie das Licht der Hintergrundobjekte und erscheint im Form dunkler Wolken.

Im Infraroten jedoch kann man die schwache Wärmestrahlung dieser Gas- und Staubwolken deutlich erkennen. Siehe auch die Bilder oben. Daher ist SOFIA bestens geeignet, eine genaue Untersuchung dieser Materie durchzuführen.



**Bild 6:** Der zentrale Bereich (1 pc entspricht ca. 3,1 Lichtjahren) unseres Milchstraßensystems bei den angegebenen Infrarot-Wellenlängen. Diese Aufnahme stammt von dem Flugzeug-Observatorium SOFIA und zeigt im Wesentlichen den zentralen Gas- und Staubring mit einem Haufen neugebildeter massereicher Sterne (Quelle: DSI).

## Sonnensysteme

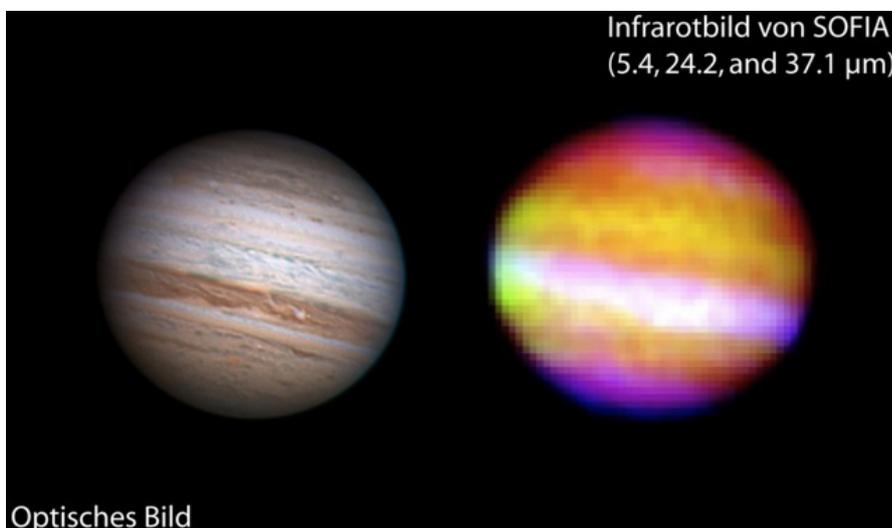
Staubhüllen und Staubringe um Sterne sind die Bausteine eines Sonnensystems und nach heutiger Vorstellung eng mit der Entstehung der Planeten und damit von Leben verknüpft.

Unser Sonnensystem ist offensichtlich der geeignete Ort, um die Bedingungen und Vorgänge zu untersuchen, die zur Entstehung von Planeten und der Entwicklung ihrer Oberflächen und Atmosphären geführt haben und nach Spuren von Leben bildenden Molekülen zu suchen.

Kometen und Asteroiden stammen aus der Frühzeit unseres Sonnensystems und sind seither unverändert geblieben. Sie sind daher neben den entwickelten Planeten und ihren Satelliten ein ideales Beobachtungsziel, um Informationen über die Ursprünge unseres Sonnensystems zu erhalten.

## Planeten

Die Planeten sind Spiegelbild der Verhältnisse während der Bildung unseres Sonnensystems. SOFIA kann sowohl die Bestandteile der Atmosphären näher untersuchen als auch - wegen seiner hohen räumlichen Auflösung - die Transportwege der Atmosphärgase und die Wetterbedingungen.



**Bild 7:** Jupiter im sichtbaren (links) und infraroten (rechts) Spektralbereich aufgenommen (Quelle: DSI, optisch: Anthony Wesley, infrarot: SOFIA).

## **Kometen**

Die Zusammensetzung eines Kometen entspricht dem Urnebel, aus dem sich die Sonne und die Planeten gebildet haben. Kommt ein Komet in die Nähe der Sonne, so verdampfen seine Bestandteile, die mehrere Milliarden Jahre unberührt waren.

Der Nachweis von Wasser, Kohlenstoffdioxid und anderen, organischen Kohlenstoffverbindungen kann nur durch Beobachtung der infraroten Strahlung erfolgen. Dies ist daher wiederum nur möglich mit Hilfe der Instrumente an Bord von SOFIA.

## **SOFIA - was zeichnet das Observatorium aus?**

Um im Infrarot-Bereich sehr flexibel über alle möglichen Wellenlängen beobachten zu können, ist SOFIA derzeitig beinahe das einzige Observatorium, das dies möglich macht. Nach Abschalten des ESA-Satelliten Herschel, der ähnliche Ziele hatte (das Kühlmittel Helium war aufgebraucht) sind nur noch einige ältere Satelliten im Einsatz (z.B. Spitzer), die allerdings auf Grund ihrer Eigenschaften nur noch einen eingeschränkten Wellenlängenbereich abdecken können.

Ein Vorteil von SOFIA gegenüber Satelliten ist auch, dass die Beobachtungsinstrumente jederzeit erneuert, überarbeitet oder durch anders geartete neue Geräte ganz ersetzt werden können. So kann Kühlmittel jederzeit nachgefüllt werden, was bei Satelliten nicht mehr der Fall ist. Auch ist bei einem Defekt eines Instruments eine Reparatur möglich, nicht jedoch bei einem Satelliten. Die Landung der Maschinen auf dem Boden macht dies möglich, während im Weltall mit Verbrauch des Kühlmittels etc. auch das Ende der Beobachtung mit dem Satelliten-Observatorium verbunden ist.

## **Ein weiterer bedeutender Aspekt**

Neben den rein wissenschaftlichen Fragestellungen ist beim SOFIA-Projekt auch zum ersten Mal das Thema Bildungsarbeit als ein wesentliches Element definiert worden. So sind in Deutschland über dreißig Partnerschulen verteilt über dem gesamten Bundesgebiet in einem Netzwerk zusammengeschlossen, das die Möglichkeiten und Ergebnisse des Observatoriums auch für die Bildung der Schülerinnen und Schüler nutzt, um ihnen die verschiedenen Aspekte der Himmelskunde und Physik nahezubringen. Auch besteht die Möglichkeit, dass Lehrer an Flügen des SOFIA-Flugzeugs teilnehmen können, um so einen direkten Eindruck an ihre Schüler weiterzugeben.

## **Weitere Informationen**

Homepage des DSI: <http://www.dsi.uni-stuttgart.de/index.html>.

Dort finden sich auch Verknüpfungen zu den Seiten der Partner (NASA / USA) und dem Lehrernetzwerk.

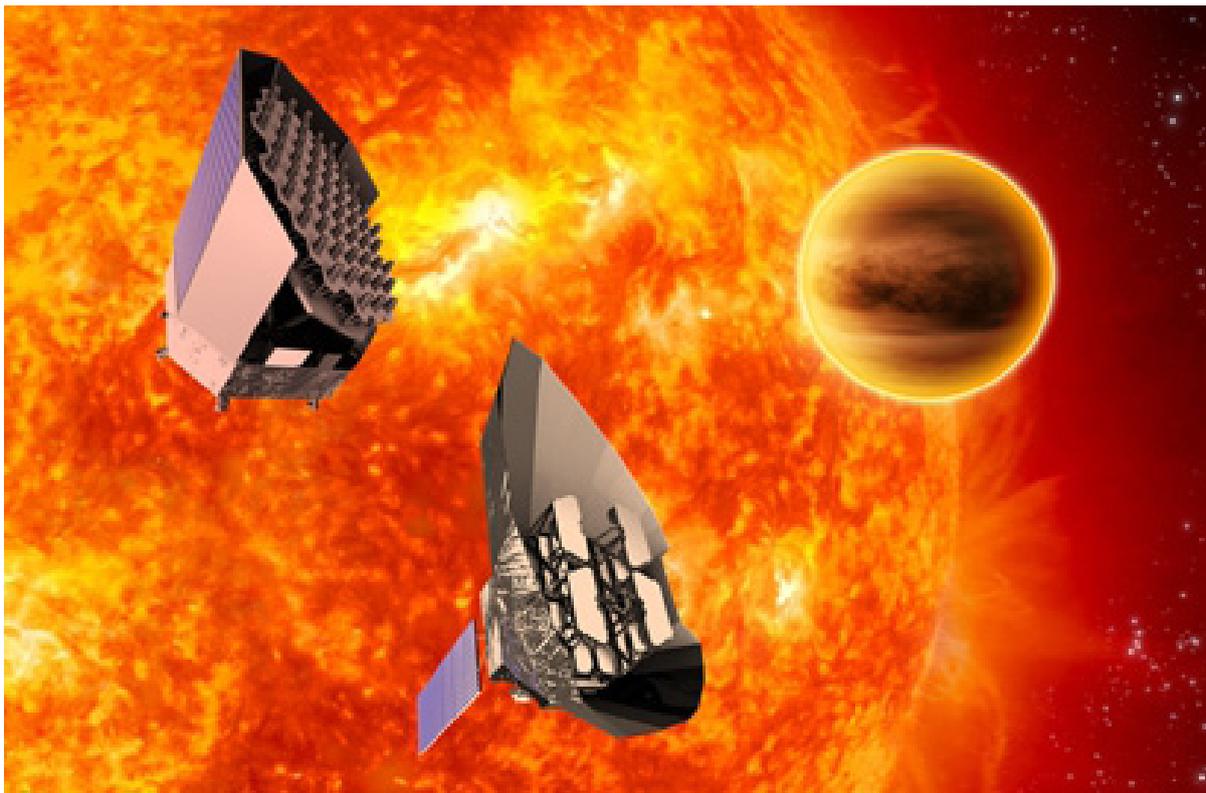
## Arbeitsblatt 2: PLATO

### **PLATO - auf der Suche nach der zweiten Erde**

(Diese Zusammenfassung baut auf dem Artikel "Plato sucht nach dem Zwilling der Erde" in der Zeitschrift *Sterne und Weltraum* 05/2014 auf. Die Informationen sind im Wesentlichen von den ESA-Internet-Seiten zum PLATO-Projekt entnommen. Quelle siehe am Ende der Zusammenfassung.)

### **Projekt PLATO**

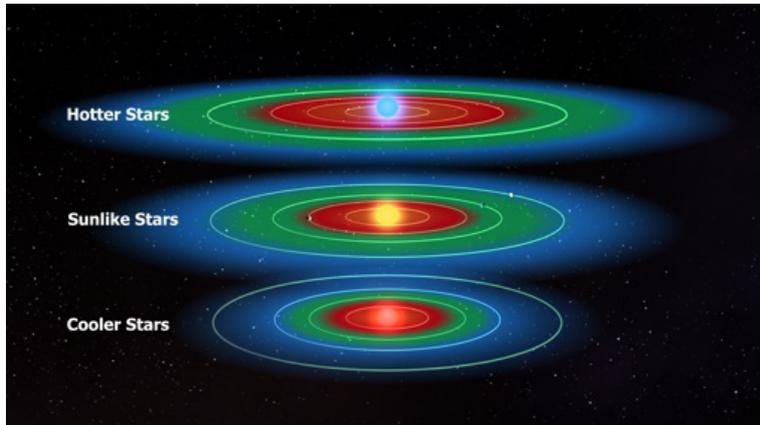
PLAnetary Transits and Oscillations of stars (PLATO) wurde in das ESA-Programm aufgenommen als ein Satellit, der für ein ausgewähltes Thema der Astronomie entworfen werden wird. Sein Ziel ist es eine Großzahl von Planetensystemen um ferne Sterne zu finden und zu beobachten mit der besonderen Zielsetzung Planeten zu finden die in ihren Eigenschaften der Erde ähneln. Dies soll eine Grundlage bilden, um eine zentrale Frage der Menschheit zu beantworten: Sind wir allein im Universum? Gibt es Planeten, deren Eigenschaften geeignet sind, Leben zu beherbergen?



**Bild 1: Konzeptvorstellungen des Satelliten PLATO vor einer künstlerischen Darstellung eines möglichen Szenarios: jupiterähnlicher Planet vor einem sonnenähnlichen Stern (Quelle: ESA)**

## Wissenschaftliche Zielsetzung

Um die Fähigkeit von Planeten, Leben zu tragen, zu verstehen, ist ein Ansatz aus verschiedenen Blickwinkeln erforderlich. Man benötigt dafür die Kenntnis der Zusammensetzung des Planeten. Dabei sollen Gesteinsplaneten ähnlich der Erde von den Gasplaneten (z.B. einem Mini-Neptun), auf denen vermutlich kein Leben existieren kann, unterschieden werden.



**Bild 2:** Darstellung der habitablen Zone (grüner Bereich) um Sterne unterschiedlicher Art (heißere, sonnenähnliche und kältere Sterne) (Quelle: PennState University)

Dazu kommt die Lage des Planeten relativ zu dessen Zentralstern. Liegt der Planet in der sog. habitablen Zone (Bild 2)? Das ist der Bahnbereich, der zum einen ausreichend Strahlung des Sterns erhält, um Oberflächentemperaturen oberhalb des Gefrierpunkts von Wasser zu erreichen.

Andererseits darf die Bahn des Planeten nicht so nahe am Stern liegen, dass das Wasser auf der Oberfläche vollständig verdunstet und somit es nicht in flüssiger Form halten kann. Daneben spielt auch die Zusammensetzung der Atmosphäre eine wichtige Rolle.

**PLATO** wird dazu

1. Planeten an Hand der Transit-Methode entdecken und dabei seinen Radius bestimmen
2. die Masse der Planeten durch eine genaue Analyse der Form der Spektren und damit der Bahngeschwindigkeit der Planeten ermitteln,
3. die Masse, den Radius und das Alter der Zentralsterne an Hand der Beobachtung ihres Schwingungszustands bestimmen und
4. die hellsten Objekte feststellen, die für eine genaue Spektralanalyse der Atmosphäre geeignet sein können.

Die Mission wird tausende Gesteinsplaneten und damit Zwillinge der Erde, Eis- bzw. große Planeten identifizieren und durch eine sehr genaue Bestimmung von Masse, Radius und Alter beschreiben. Es ist ein grundlegend neues Verständnis der Planeten und ihrer Entstehung zu erwarten. Damit wird durch PLATO der erste Katalog mit sicher beobachteten und beschriebenen Planeten in der habitablen Zone und deren Größen entstehen.

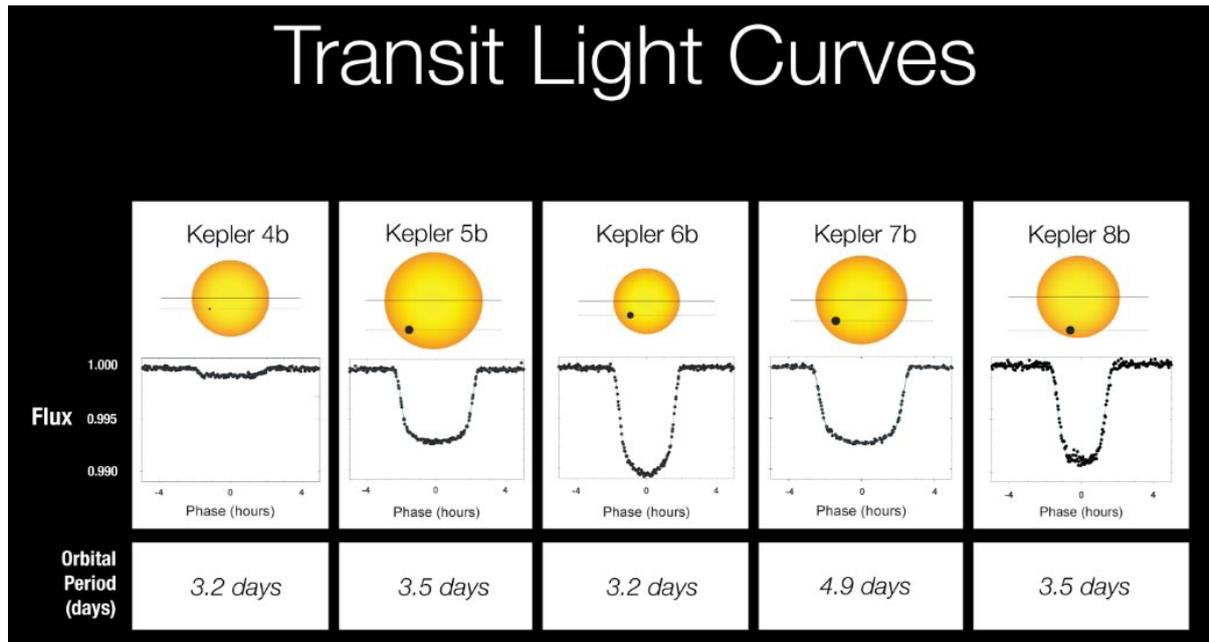
Insgesamt werden es tausende Planeten und 85000 beobachtete Sterne sein, die mit genauen Größen belegt sind plus etwa 1 Million weiterer Sterne mit hochgenau gemessenen Lichtkurven.

## Unser Sonnensystem im Vergleich

Unser Sonnensystem in seinem Aufbau und seiner Struktur ist recht gut bekannt, nicht jedoch wie es entstanden ist und sich zum heutigen Erscheinungsbild gewandelt hat. Um unsere Heimat in das Bild einzuordnen, das wir von der Vielzahl der Planetensysteme gewinnen, müssen wir diese genauer verstehen lernen. So zeigen sich die aktuell bekannten Systeme oft von einer ganz anderen Seite als unser eigenes Sonnensystem. Durch eine hochpräzise Bestimmung der Dichte und Zusammensetzung der Planeten um andere Sterne und durch eine genauere Charakterisierung der Eigenschaften der zentralen Sterne kann besser verstanden werden, ob unser Sonnensystem einzigartig in der Struktur ist oder ein Beispiel für eine Vielzahl ähnlicher Systeme.

## Beobachtungsmethode

Zur Entdeckung von Planeten um Sterne geht PLATO nach der sog. Transitmethode vor. Siehe dazu auch das nebenstehende Bild. Kurz zusammengefasst: Es werden die Planeten erfasst, die in der Sichtlinie Erde - Stern vor dem Stern direkt vorbeiziehen und dabei das Licht des Sterns teilweise abschatten. Diese Abschattung führt dazu, dass die Helligkeit des Sterns für die Zeit des Vorbeiziehens leicht abnimmt (untere Kurven stellen die Helligkeit des Sterns mit dem Zeitverlauf dar). Führt die Umlaufperiode des Planeten diesen im Beobachtungszeitraum mehrmals am Stern vorbei, so kann die erste Beobachtung durch weitere ähnliche Lichtschwankungen bestätigt werden und damit die Umlaufzeit des Planeten (das Planetenjahr) bestimmt werden.



(Quelle: Ausschnitt aus <http://kepler.nasa.gov/files/mws/aas2010-1wbLightCurves.jpg>)

## Technische Herausforderungen

Um die Ziele zu erreichen, die der Mission vorgegeben sind, müssen zunächst neue Instrumente optimal entwickelt werden. Um möglichst viele Sterne auf einmal zu beobachten (hoher Nutzungsgrad der Zeitspanne) soll das Teleskop ein großes Gesichtsfeld überschauen. Dabei soll der Satellit auf ein Himmelsfeld eingestellt werden und dort für eine gewisse Zeit die Lichtkurven der Sterne beobachten, bevor das Gesichtsfeld auf eine andere Stelle gerichtet wird, um dies zu wiederholen. Die Kameras des Satelliten müssen so konstruiert werden, dass sie feinste Lichtunterschiede bei hellen Sternen beobachten können. D.h. sie müssen gleichzeitig das helle Licht der Sterne aushalten und feinste (also schwächste) Abweichungen im Zeitverlauf erkennen können. Dazu werden ganz neue technische Entwicklungen erforderlich sein.

Innerhalb der Gesamtmissionsdauer von 6 Jahren soll der Satellit ca. 50 % des gesamten Himmels nach Planeten durchforsten. Der Start des Satelliten ist für das Jahr 2022 vorgesehen.

## Weitere Informationen

Homepage von PLATO bei ESA (Englisch): <http://sci.esa.int/plato/>

