

SCHULVERANSTALTUNGEN IM PLANETARIUM STUTTGART

Im Planetarium Stuttgart finden gegen Voranmeldung spezielle Sternenvorfürungen für Schulklassen statt, die für verschiedene Altersstufen konzipiert sind.

Darüber hinaus bieten wir auch Programme der öffentlichen Vorfürungen für Schulen an. Diese Vorfürungen richten sich an ein heterogenes Publikum und erfordern je nach Thematik eine entsprechende Vor- oder Nachbereitung im Unterricht.

Willy-Brandt-Straße 25
Mittlerer Schloßgarten
70173 Stuttgart | Germany

Telefon 0711/1 62 92 15
Telefax 0711/216-39 12

E-Mail: info@planetarium-stuttgart.de
www.planetarium-stuttgart.de

Allgemeine Hinweise

Die beste didaktische Wirkung eines Planetariumsbesuches wird erzielt, wenn er im Schulunterricht vorbereitet wird. Das hier beschriebene Programm lässt sich auch als Einstieg in ein Unterrichtsthema verwenden. Die Schulvorfürungen verwenden zwar moderne Darstellungsformen und unterhaltende Elemente, sind aber grundsätzlich als Unterrichtsveranstaltungen konzipiert. Ein angemessenes Verhalten aller Teilnehmer und eine entsprechende Aufsicht durch die begleitenden Lehrkräfte werden erwartet. Dies gilt auch für Schulklassen, die an öffentlichen Sternenvorfürungen teilnehmen.

Planetariumsprogramm

Ferne Welten – Fremdes Leben?

Dauer: ca. 1 Stunde

Kurzer Abriss der Veranstaltung:

Zu Beginn der Veranstaltung werfen wir einen Blick auf den Sternenhimmel. Exemplarisch für die fantasievolle Aufteilung des Himmels durch die Menschen der Antike betrachten wir die Sternbilder der Andromeda-Sage mit dem Königspaar *Kepheus* und *Kassiopeia*, der Prinzessin *Andromeda*, dem Seeungeheuer *Cetus* und dem Helden *Perseus*. Auch der berühmte Himmelsjäger *Orion* und der *Große Hund* mit dem hellsten Fixstern des Himmels, *Sirius*, wird gezeigt.

Anschließend betrachten wir die Ursprünge des Lebens auf der Erde vor über drei Milliarden Jahren und nutzen diese Erkenntnisse für die Suche nach lebensfreundlichen Orten außerhalb der Erde.

Der rote Planet Mars findet eine ausführliche Erläuterung. Er ist der interessanteste Ort im Sonnensystem für die Suche nach außerirdischem Leben in Form von Mikroorganismen. Mehrere Raumsonden sind im Marsorbit aktiv und auf seiner Oberfläche fahren Rover, um unter anderem nach Leben oder dessen Überreste in Form versteineter Fossilien zu suchen.

Die größten Erwartungen werden jedoch von Planeten außerhalb des Sonnensystems geweckt. Die Methoden zur Entdeckung von Exoplaneten werden erläutert und einigen stellen wir einen Besuch ab. Mit einer guten Portion wissenschaftlicher Fantasie versetzen wir uns in die Atmosphären und auf die Oberflächen dieser fernen Welten und begegnen bizarren Lebensformen, deren Existenz zwar bislang nicht nachgewiesen wurde, jedoch aufgrund heutiger Kenntnisse als möglich angesehen wird.

Das letzte Kapitel der Vorführung handelt von höher entwickeltem, intelligentem Leben im All. Viele interessante Fragen werden hierzu beantwortet, z.B. ob wir mit ihnen Kontakt aufnehmen können. Beim Blick auf das riesige Sternsystem unserer Milchstraße entstehen weitere Überlegungen zur Ausbreitung von Lebensformen im All, der Gefahr durch Invasionen von feinseligen Aliens und die Frage nach der Einzigartigkeit unseres eigenen, blauen Planeten.

Folgende Themengebiete können zur Vertiefung im Unterricht abgeleitet werden:

Allgemeine Astronomie und Himmelskunde

• Orientierungssternbilder am Himmel

Die bekannteste Methode zum Auffinden der Himmelsrichtungen ist die Suche nach dem Polarstern mit Hilfe des Großen Wagens. Die Verbindungslinie der beiden hinteren Kastensterne führt in ihrer Verlängerung zum Polarstern am Ende der Deichsel des Kleinen Wagens. Der Polarstern befindet sich nahe beim nördlichen Himmelspol und wird auch „Nordstern“ genannt, weil er ständig im Norden steht.

Eine bekannte Geschichte, die sich in Form mehrerer Sternbilder am Herbsthimmel wiederfindet, ist die Andromedasage. Sie besitzt eine Art „Kultstatus“ unter den Himmelsmythologien. Hier die Geschichte in Kurzform:

Kassiopeia war der Sage nach eine äthiopische Königin mit einer übertriebenen Eitelkeit. Ständig verglich sie ihr Spiegelbild mit dem anderer Frauen und versteifte sich eines Tages in der Meinung, dass sie weitaus hübscher sei als die *Nereiden*. Das sind die Töchter des mächtigen Meeresherrn *Poseidon*. Als Strafe für die übergroße Arroganz der Königin schickte Poseidon ein furchtbares Seeungeheuer namens *Cetus*, welches das Land bedrohte.

Das Ungeheuer belagerte und verwüstete die Küste des antiken Äthiopiens, wo heute Eritrea liegt. König *Kepheus* wandte sich an die *Pythia*, dem berühmten Orakel von Delphi, die in einer okkulten Zeremonie zum Ergebnis kam, dass nur ein Menschenopfer das Ungeheuer abziehen ließe. Um es wieder loszuwerden, musste die Königsfamilie ihre einzige Tochter *Andromeda* opfern. Andromeda wurde an einen Meeressfels gekettet und dem Monster ausgeliefert.

Beinahe wäre es beinahe um die hübsche Andromeda geschehen, doch in letzter Minute tauchte der Held *Perseus* auf. Mit der für Heroen der Sagenwelt üblichen Mischung aus Brutalität und Intelligenz hatte Perseus bereits allerlei Abenteuer überstanden. So war es ihm gelungen, die furchteinflößende *Medusa* zu erledigen - einem Wesen, dessen grauenhafter Anblick jeden sofort zu Stein erstarren ließ.

Perseus war es gelungen, den Kopf der Medusa abzuschlagen, ohne in ihr Gesicht zu blicken. Nun machte er sich die Tatsache zu Nutze, dass der Schrecken der Medusa auch noch funktioniert, wenn Kopf und Körper nicht mehr zusammenhängen. Er hielt dem Seeungeheuer das Medusenhaupt entgegen, worauf es zu Stein erstarrte und im Meer versank. So kam es zum Happyend: Andromeda wurde befreit und heiratete ihren Retter.

• Planeten des Sonnensystems

Das Sonnensystem besteht neben der Sonne aus 8 Planeten (*Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus* und *Neptun*), einigen Zwergplaneten (z.B. *Ceres, Pluto* und *Eris*) sowie Kleinkörpern (Planetoiden und Kometen). Als Maßstab für die Entfernungen im Sonnensystem verwendet man die sogenannte *Astronomische Einheit* (AE). Es ist die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne: 149,6 Millionen km. *Neptun*, der fernste Planet, ist rund 30 AE von der Sonne entfernt. *Pluto* im Mittel 40 AE und *Eris* zurzeit mehr als 90 AE.

• Bewegung der Planeten am Himmel

Alle Planeten laufen in derselben Richtung um die Sonne. Je nach Entfernung sind ihre Bahngeschwindigkeiten unterschiedlich hoch. Von der Erde betrachtet überlagern sich die Eigenbewegungen der Planeten mit der Bewegung der Erde und man sieht, wie die Planeten scheinbar komplizierte Schleifenbahnen durch den Tierkreis ziehen.

• Entfernungen der Sterne

Ein anschauliches Maß zur Darstellung der Sterndistanzen ist das *Lichtjahr* (Lj). Es handelt sich um jene Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt: ca. 9,46 Billionen km. (1 Billion = 10^{12}).

Diese Strecke ist weit mehr als die Entfernungen der Planeten im Sonnensystem.

Erst 63240 Astronomische Einheiten ergeben die Länge eines Lichtjahres.

In der professionellen Astronomie verwendet man als Einheit für stellare Entfernungen das *Parsec* (pc). Es ist definiert als jene Entfernung, in welcher der Erdbahnradius (1 AE) unter einem Winkel von 1 Bogensekunde erscheint. $1 \text{ pc} = 3,26 \text{ Lj} = 206265 \text{ AE} = 3,1 \cdot 10^{13} \text{ km}$.

Spezielle Themen zur Suche nach Leben im All

• Astrobiologie

Unter *Astrobiologie* versteht man ein interdisziplinäres Forschungsfeld, das sich der Frage nach Leben außerhalb der Erde widmet. Im englischsprachigen Raum wird auch der Begriff *Bioastronomy* verwendet. Im Wesentlichen konzentrieren sich die Untersuchungen auf die Erforschung von Planeten – auch jenseits unseres Sonnensystems – und der Suche nach Leben auf deren Oberflächen.

• Was ist Leben?

Bei genauer Betrachtung ist es nicht so einfach, eine eindeutige Definition von „Leben“ zu formulieren. Wann ist etwas „lebendig“ und wie unterscheidet es sich von der sogenannten „toten“ Materie?

Wesentliche Merkmale von Leben sind:

- Ein geordnetes System aus reproduzierbaren Strukturen. Bei irdischem Leben sind es Zellen.
- Die Fähigkeit der Wechselwirkung mit der Umwelt, z.B. Nutzung von Energiequellen durch Nahrungsaufnahme und Abgabe von Stoffwechselprodukten.
- Die Fähigkeit, sich zu vervielfältigen und Nachkommen zu erzeugen.
- Die Fähigkeit, sich an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen, z.B. durch Mutationen im Erbgut, um die Überlebenschancen zu verbessern.

Gerne werden Viren als Grenzfälle von Leben bezeichnet, weil sie nur Teile der oben genannten Kriterien erfüllen. Sie vermehren sich, nehmen jedoch keine Nahrung auf.

• Sind „organische Verbindungen“ lebendig?

Unter *organischen Verbindungen* versteht man in der Chemie keine Lebewesen, sondern chemische Verbindungen, an denen Kohlenstoff (chem. Kurzzeichen C) beteiligt ist. Sie sind der Gegenstand der *organischen Chemie*. Kohlenwasserstoffe wie in Feuerzeugen in Form von Butan (C_4H_{10}) oder Propan (C_3H_8) sind Moleküle der organischen Chemie, obwohl sie keinerlei Lebensaktivität zeigen. Sie können jedoch den Aufbau wesentlich komplexerer Moleküle wie Aminosäuren und Eiweißstoffe bis hin zur DNS ermöglichen, mit der Erbinformationen in Genen gespeichert wird.

Alle uns bekannten Lebewesen sind aus komplexen, großen Molekülen zusammengesetzt, in denen Kohlenstoff vorkommt. Dies liegt an der Fähigkeit des Kohlenstoff-Atoms, zahllose Verbindungen mit

anderen Elementen einzugehen. Weil die Elektronenhülle des Kohlenstoff-Atoms eine große Vielfalt von Bindungsstrukturen mit anderen Atomen ermöglicht, kann kein anderes bekanntes Element so viele chemische Verbindungen erzeugen wie Kohlenstoff. Mehr als 40 Millionen Kohlenstoffverbindungen wurden bislang entdeckt oder erzeugt, ohne dass eine Grenze absehbar ist. Weitere Elemente, aus denen sich lebende Wesen zusammensetzen, sind Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Schwefel (S) und Phosphor (P).

Überlegungen, wonach auch Silizium eine große Menge von chemischen Verbindungen eingehen kann und es deshalb Lebensformen auf Silizium-Basis geben könne, waren schon oft Gegenstand von Science-Fiction-Geschichten. Es gibt jedoch auf der Erde keine Lebensformen auf der Grundlage der Silizium-Chemie. Ob es auf anderen Planeten möglicherweise „Silizium-Wesen“ geben könnte, ist sehr spekulativ.

• Folge dem Wasser!

Wasser (H₂O) spielt eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und dem Erhalt von Leben. Von allen geeigneten Flüssigkeiten ist es die bei weitem häufigste. Lebensformen, die auf ganz anderen Grundstoffen basieren sind vermutlich eher selten. Die Eigenschaften des Wassermoleküls sind der Entwicklung des Lebens sehr zuträglich und die meisten Wissenschaftler nehmen an, dass flüssiges Wasser eine unverzichtbare Voraussetzung für Leben ist.

Wasser gibt es an vielen Orten im Universum, aber meistens findet man es nur in Form von Eis oder als ganz dünn verteiltes Gas in der Umgebung von Sternen. Leben braucht jedoch *flüssiges* Wasser, und das ist sehr selten. So beginnt die Suche nach Leben im All mit der Suche nach flüssigem Wasser. Hierzu bedarf es passender Temperaturen und einer hinreichend dichten Atmosphäre, in der genügend Druck für den Bestand von flüssigem Wasser vorhanden ist. Auf dem roten Planeten Mars kann flüssiges Wasser kaum bestehen, weil es aufgrund der dünnen Atmosphäre sofort verdampft. Flüsse und Seen kommen deshalb auf dem Mars nicht vor. Der Planet ist weitgehend ausgetrocknet und Wasser existiert dort nur im gefrorenen Zustand als Eis an den Polen oder als Permafrost unter der Oberfläche.

• Die habitable Zone

Rings um die Sonne erstreckt sich eine gemäßigte Zone, innerhalb der die Temperaturen auf den Planeten zwischen 0° und 100°C betragen können. Dieser für das Leben günstige Bereich wird als *Ökosphäre* bezeichnet. Im englischen Sprachraum wurde der Begriff *habitable zone* geprägt, der in wörtlicher Übersetzung ins Deutsche übernommen wurde. Ökosphäre und habitable Zone sind synonyme Begriffe.

Im Sonnensystem liegt die Erdbahn geradezu ideal innerhalb der Ökosphäre. Venus ist am inneren, heißen Rand und Mars liegt an der äußeren, kalten Grenze. Bei der Venus sorgt der Treibhauseffekt der dichten Kohlendioxid-Atmosphäre für lebensfeindliche Oberflächentemperaturen bei ca. 500°C. Der Mars ist heute kalt und ausgetrocknet, hatte aber früher eine dichtere Atmosphäre, in der flüssiges Wasser reichlich vorkam.

Bei der Suche nach Leben auf Planeten von anderen Sternen betrachtet man zunächst die Eigenschaften des Sterns (Durchmesser, Temperatur, Leuchtkraft) und schätzt mit einfachen physikalischen Gesetzen die Lage der habitablen Zone ab. Nur wenn sich in dieser Zone Planeten befinden, ist eine Suche nach Leben aussichtsreich. Bei den Planeten selbst entscheiden die Rotation, der Zustand und die Zusammensetzung der Atmosphäre und das Reflexionsvermögen von Wolken oder des Bodens über die Ausbildung günstiger Verhältnisse, unter denen Leben entstehen und erhalten werden könnte.

• Extrasolare Planeten

Im Jahre 1995 erfolgte der erste Fund eines Planeten um einen Stern jenseits des Sonnensystems. Die Entdeckung geschah auf Grundlage einer sehr genauen Analyse periodischer Schwankungen von Spektrallinien des Sterns *51 Pegasi*. Gemessen wurde die Auslenkung des Sterns infolge der gemeinsamen Bewegung von Stern und Planet um den gemeinsamen Schwerpunkt. Das physikalische Prinzip hierzu ist der *Doppler-Effekt*.

Zwischenzeitlich wurden weitere Methoden entwickelt, um Planeten bei fernen Sternen zu finden, sodass mittlerweile Tausende „extrasolare“ Planeten (kurz: *Exoplaneten*) bekannt sind. Die Verfeinerung der Messverfahren hat mittlerweile sogar die Detektion von Planeten mit der Masse unserer Erde ermöglicht.

Exoplaneten zeigen ein unerwartet breites Repertoire an Eigenschaften. Man fand sehr viele Planeten, die weitaus größer und heißer sind als irgend ein Planet im Sonnensystem. Doch wir kennen auch einige Exoplaneten, die von ihrer Größe der Erde ähneln. Allerdings sind es keine Doppelgänger unseres blauen Planeten, denn die Umlaufbahnen um ihre Sterne sind nicht mit der Erdbahn vergleichbar. Es ist aber nur eine Frage der Zeit, bis man eine Art „zweite Erde“ findet und mit ganz neuen Untersuchungsverfahren die Existenz von Leben nachgeht.

• Intelligentes Leben im All?

Die Existenz von Leben im Weltraum bedeutet nicht zwingend, dass sich irgendwo „Aliens“, also intelligente und technisch hoch entwickelte Lebensformen entwickeln konnten. Es ist bis heute völlig unklar, ob die Entwicklung von einfachen Mikroorganismen zu Mehrzellern und weiter zu komplexen Lebensformen wie dem Menschen ein allgemein natürlicher Prozess darstellt oder ob es sich um einen höchst seltenen Vorgang handelt, der ausschließlich auf der Erde stattgefunden hat. Der amerikanische Astronom Frank Drake hat eine relativ einfache Gleichung aufgestellt, mit der man die Zahl N von Zivilisationen in einer Galaxis ausrechnen kann, die technisch in der Lage sind, interstellare Kommunikation zu betreiben.:

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_h \cdot f_L \cdot f_i \cdot f_c \cdot L \quad (\text{Drake-Gleichung})$$

Hierbei sind:

- R_* = mittlere Sternentstehungsrate pro Jahr in unserer Galaxis
- f_p = Anteil an Sternen mit Planeten
- n_h = Anzahl der Planeten in der habitablen Zone
- f_L = Anteil an Planeten mit Leben
- f_i = Anteil an Planeten mit intelligentem Leben
- f_c = Anteil an Planeten mit Interesse an interstellarer Kommunikation
- L = Lebensdauer einer technischen Zivilisation in Jahren

Während man für einige Faktoren dieser Gleichung bereits plausible Werte einsetzen kann, sind andere Parameter völlig unbekannt. So ist die Größe f_c nicht zu beziffern, und je nach Kombination der einzelnen Faktoren beträgt die Zahl der hoch entwickelten Zivilisationen in der Milchstraße zwischen 1 und einer Million. Unter Wissenschaftlern gilt die Drake-Formel als Zahlenspielerei, weil sie wegen der vielen Unbekannten keine belastbare Aussage ermöglicht. Dies kann sich jedoch ändern, wenn man mehr über die Exoplaneten herausgefunden hat.

• UFOs - Werden wir von Außerirdischen besucht?

Viele Menschen glauben, dass es UFOs gibt: Besucher aus dem Weltraum. Aber solche außerordentlichen Behauptungen erfordern klare Beweise. Unumstößliche Beweise für außerirdische Besucher gibt es jedoch nicht. Je genauer man einzelne UFO-Berichte untersucht, desto häufiger erklären sie sich durch natürliche Phänomene oder mutwillige Täuschungen.

Die meisten Wissenschaftler sind außerordentlich skeptisch, wenn es UFOs geht. Ihre Argumente sind leicht nachzuvollziehen:

Obwohl Nacht für Nacht hunderte von Astronomen auf Sternwarten zum Himmel schauen, hat noch kein angesehener Wissenschaftler ein Foto mit einer fliegenden Untertasse vorgelegt oder gar von einer näheren Begegnung mit Außerirdischen berichtet. Auf Fotos von Spezialkameras, die zur Meteorüberwachung oder zur Vermessung von Satellitenbahnen eingesetzt werden, tauchen keine fliegenden Untertassen auf. UFOs meiden offensichtlich Orte, an denen sich Personen aufhalten, die mit der Himmelsbeobachtung vertraut sind und sie bevorzugen Orte, an denen sich UFO-Gläubige befinden.

Seit über 50 Jahren werden im Zusammenhang mit den UFOs spektakuläre Erkenntnisse und Enthüllungen versprochen und nur Enttäuschungen geboten. Die Protagonisten des UFO-Glaubens locken seit Jahrzehnten mit wissenschaftlich revolutionären Erkenntnissen und der Aufdeckung verschwiegener Tatsachen. In ihren Publikationen findet man jedoch meistens die alten, längst aufgeklärten UFO-Stories, verschwommene Fotos, nacherzählte Geschichten, Legendenbildung, unüberprüfbare Zeugenaussagen, angebliche Geheimdokumente und haltlose physikalische Spekulationen. Der Eindruck, dass hier skurrile Thesen mit sich stets wiederholenden, dubiosen Argumenten verbreitet werden, ist der Glaubwürdigkeit nicht besonders förderlich.

Die alternativen Erklärungen der Wissenschaft beziehen sich demgegenüber auf bekannte Naturphänomene, künstliche (aber von Menschenhand gebaute) Flugobjekte oder das reichhaltige Spektrum von sinnesphysiologischen und psychologischen Täuschungen. Wissenschaftler wie Astronomen haben also keine Motivation, alle Berichte von UFO-Sichtungen als Hirngespinnste abzutun. Es zeigt sich nur, dass in vielen Fällen eine einfachere und naheliegende Erklärung für eine Beobachtung existiert, die nicht auf den Besuch fremder Raumschiffe zurückgreifen muss.

Es mag im Weltall von Leben wimmeln, aber die Abstände zwischen den Planetensystemen sind so groß, dass interstellare Reisen auch für sehr weit fortgeschrittene Zivilisationen eine seltene Ausnahme bleiben dürften.