

Kurs 1 – Astronomen, Instrumente, Weltbilder

Der Kurs zum Jahr der Astronomie 2009



Einführung

OLAF FISCHER, CECILIA SCORZA,
LUKAS HEIZMANN

2009 ist das Internationale Jahr der Astronomie (IJA2009) – ein Jahr großer astronomischer Jubiläen. Vor 400 Jahren begann die Fernrohrastronomie, deren erste Resultate schon den göttlichen Geozentrismus in Frage stellten. Ihren 400. Geburtstag feiert auch die keplerische Beschreibung der Planetenbewegung. Das Dogma der göttlichen Kreise wurde überwunden.

Ein drittes Jubiläum soll noch erwähnt werden: Vor vierzig Jahren betrat erstmals ein Mensch einen anderen Himmelskörper.

Im Astronomiekurs spannten wir den Bogen vom Galileischen Fernrohr bis zu einem hochmodernen Flugzeugteleskop. Wir konnten sehen, wie sich die Vorstellungen von der Welt wandeln. Und wir konnten sie näher kennen lernen: Galileo Galilei, Johannes Kepler und heutige Astronomen, die am SOFIA-Projekt mitarbeiten. Wir betrachteten ihre Lebensumstände, ihre Biografien und ihre großen Leistungen.

Nach diesem Kurs können wir sagen, dass wir den Sternen ein Stück näher gekommen sind, und dass wir verstanden haben, wie sich unser Weltbild mit der Einführung und Weiterentwicklung von Fernrohren verändern und erweitern kann.

Galilei und der Beginn der Fernrohrastronomie

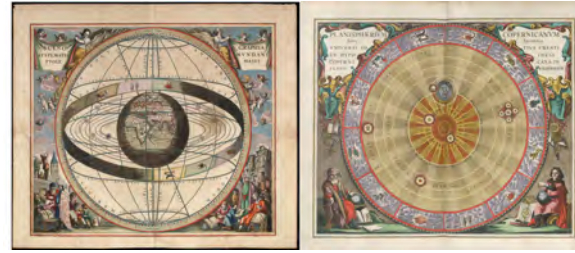
ANNIKA FÄHNLE, JONATHAN OLD,
MILA RÜDIGER

Galileo Galilei und seine Zeit

Als Gutenberg 1450 den Buchdruck erfand und Kolumbus 1492 Amerika entdeckte, ahnten sie nicht, dass sie damit das Ende eines 1000-jährigen Zeitalters einläuteten. Doch das Mittelalter endete nicht plötzlich. Vielmehr war das 15. Jahrhundert ein Übergang vom Mittelalter in die Neuzeit, geprägt von vielen Ereignissen und einer Entwicklung des Geistes, der Renaissance (zu Deutsch: Wiedergeburt).

Um 1400 herum begann in Norditalien ein Rumoren. Menschen begannen, sich dem strengen Regime des Mittelalters zu widersetzen. Denn damals war man sich sicher, dass alles nur durch Gott geschah: Man wurde wegen Gott geboren, lebte mit Gott und kam nach dem Tod wieder zu Gott. Doch Renaissance bedeutet nicht ohne Grund Wiedergeburt. Sie wird auch die Wiedergeburt der klassischen Antike genannt, d. h. die griechische Philosophie und der Humanismus wurden wieder populär. Der Mensch stand wieder im Mittelpunkt des Interesses und man begann erneut nach einem Sinn des Lebens zu forschen, der unabhängig von Gott ist. Auch gab es einen Aufschwung in den Künsten: Lieder waren jetzt nicht nur für den Gottesdienst da, sondern auch zur Unterhaltung, die Komponisten waren nicht mehr namenlose Gestalten hinter ihren Stücken; in der Malerei wurde die Aktmalerei populär und auch sonst war man plötzlich fasziniert vom Menschen, seinen Proportionen und seiner Anatomie.

Doch die Kirche sträubte sich gegen diesen Fortschritt. Schließlich galt bisher alles Unerklärte als göttlich, und man hatte Angst, dass das modern gewordene freie Denken Gottes uneingeschränkte Macht infrage stellen könnte. Denn schließlich gab es damals keinen Zweifel, dass die Erde Gottes Werk war und als solches auch das Zentrum unseres Sonnensystems, um das alle Planeten zu kreisen hatten (geozentrisches Weltbild).



Das geozentrische und das heliozentrische Weltbild
(Wikipedia)

An diesem geozentrischen Weltbild wurde während der Renaissance immer mehr gezweifelt: Nikolaus Kopernikus veröffentlichte 1543 in seinem Buch „De Revolutionibus Orbium Coelestium“ die Idee, dass sich die Erde und die anderen Planeten um die Sonne drehen (heliocentrisches Weltbild). Zwar wurde dieses heliozentrische Weltbild von der Kirche verhöhnt und als ketzerisch angesehen, doch es gab einige Astronomen, die dieses Weltbild guthießen und unterstützten. Einer dieser Astronomen war der Italiener Galileo Galilei.

Galilei wurde am 15. Februar 1564 in Pisa geboren. Sein Vater Vincenzo Galilei gehörte einem verarmten Patriziergeschlecht an und war von Beruf Komponist und Musiktheoretiker. Zwar wuchs Galilei im Kloster auf und wollte nach Beendigung seiner Ausbildung dem Benediktinerorden beitreten, doch sein Vater hatte andere Pläne. Er schickte seinen Sohn zurück nach Pisa, damit dieser dort Medizin studieren sollte.

Dieses Studium brach Galilei allerdings schon nach vier Jahren ab, da er seine Leidenschaft für die Mathematik und Naturwissenschaften entdeckte, und ging an die Universität in Florenz, um dort Mathematik zu studieren. 1589, also schon mit 25 Jahren, zog er wieder nach Pisa, um an der dortigen Universität als Lektor zu arbeiten. Da der Lohn dort kaum zum Überleben reichte, entwickelte und verkaufte er Instrumente, darunter auch ein noch ziemlich ungenaues Thermometer.

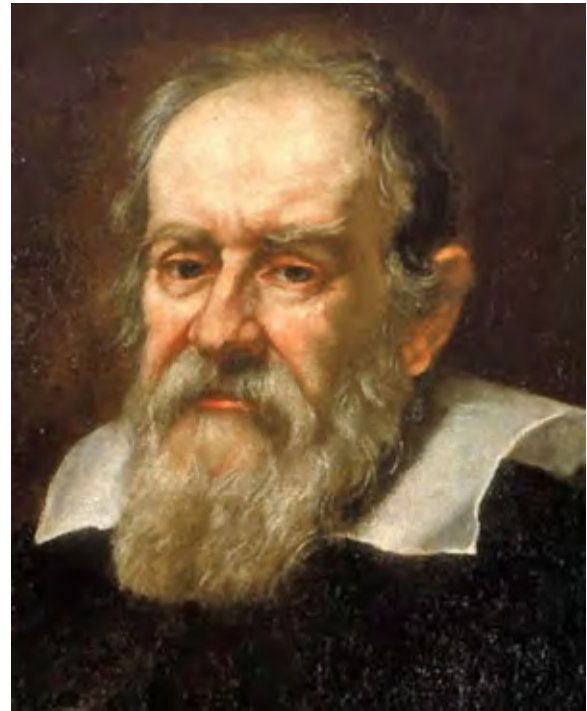
Wegen seiner wiederholten Angriffe auf den griechischen Philosophen Aristoteles, dessen Meinungen zu dieser Zeit von der Kirche sehr unterstützt wurden, verlängerte man seinen Arbeitsvertrag 1592 nicht mehr. Der Tod des

Vaters im Jahr zuvor verschlimmerte seine finanzielle Situation. Doch aufgrund seines guten Rufes wurde er noch im selben Jahre an die Universität von Padua, das zur reichen und liberalen Republik Venedig gehörte, gerufen und blieb dort 18 Jahre lang. 1600, mit 36 Jahren, wurde Galilei zum ersten Mal Vater. Er hatte drei Kinder, die alle unehelich waren. Wegen der schlechten Heiratsaussichten für Bastarde schickte er seine beiden Töchter ins Kloster. Obwohl sie weit von einander getrennt waren, führten er und seine älteste Tochter Maria Celeste regen Briefkontakt und standen sich sehr nahe.

Das Jahr 1609 gilt für uns Astronomen als ein Beginn der modernen Astronomie. Galilei erfuhr von einem Fernrohr, das von dem Niederländer Hans Lipperhey erfunden wurde und fand bald heraus, wie es zu verbessern sei. Er erlernte selbst das Linsenschleifen, erreichte so eine bis zu 33-fache Vergrößerung und richtete als einer der ersten Menschen das Fernrohr zum Himmel. Er entdeckte Dinge, die noch nie jemand zuvor gesehen hatte. Galilei war sich der Einmaligkeit dieser Entdeckungen durchaus bewusst und veröffentlichte diese im März 1610 unter größtem Zeitdruck, zwei Monate nachdem er zum ersten Mal den Himmel durch das Teleskop betrachtet hatte, im „Sidereus Nuncius“.

Diese Veröffentlichung machte Galilei so berühmt, dass er im Dezember des gleichen Jahres vom Großherzog der Toskana, Cosimo de Medici, welchem er den „Sidereus Nuncius“ gewidmet hatte, zum Hofmathematiker von Florenz ernannt wurde. Dort konnte er, da er keine Lehrverpflichtung hatte, so viel forschen, wie es ihm beliebte. Dabei entdeckte er u. a., dass die Venus ähnlich wie der Mond Phasen aufweist und fühlte sich damit bestätigt, dass das geozentrische Weltbild nicht stimmen kann.

1623 wurde ein früherer Gönner Galileis zu Papst Urban VIII. gewählt, was ihm zunächst Unterstützung im Vatikan verschaffte. Doch mit diesem sehr wichtigen Gönner verscherzte er es sich, als er sich über ihn und seine Ansichten, wenn auch nicht namentlich, in seinem 1632 veröffentlichten Buch „Dialogo“ lustig machte. Der Papst ging nun radikal gegen



Galileo Galilei im Jahre 1636 (Wikipedia)

Galilei vor. Im nunmehr zweiten Inquisitionsprozess am 22. Juni 1633 zwang man ihn, seinen Lehren, die er im „Dialogo“ aufgeschrieben hatte, abzuschwören und verurteilte ihn schließlich zu lebenslangem Hausarrest in seinem Anwesen in Arcetri. Nach einigen Jahren wurde ihm erlaubt, Besucher zu empfangen und nicht anstößige Forschungen zu betreiben. 1638 erblindete Galilei nach jahrelangen Augenproblemen vollständig. Sein Gnadengesuch, welches er daraufhin nach Rom sendete, wurde ihm nicht gewährt. Er verbrachte seine letzten Jahre in der Villa in Arcetri, wo er am 8. Januar 1642 mit 77 Jahren starb.

1992, also 379 Jahre nach dem Prozess gegen Galilei, rehabilitierte Papst Johannes Paul II. dessen Ruf und entschuldigte sich im Namen der katholischen Kirche. Galileo Galilei veränderte unseren Blick zum Himmel grundlegend. 400 Jahre nach seinem ersten Blick zum Himmel feiern wir deshalb das Internationale Jahr der Astronomie.

Das Galilei-Teleskop

Das erste große Jubiläum, das wir dieses Jahr feiern, ist die erste aufgezeichnete Himmelsbe-

obachtung mit einem Fernrohr durch Galileo Galilei. In diesem Abschnitt geht es vor allem um die Geschichte des Fernrohres und seine Bedeutung für unseren Kurs. Im Kapitel „Fernrohre“ wird die Technik des Fernrohres genauer beschrieben.



Das historische Galilei-Fernrohr im Naturkundemuseum Florenz. (IJA2009)

Etwas Fernrohrgeschichte

Obwohl man bereits Mitte des 14. Jahrhunderts die ersten Brillen gefertigt hatte und die Menschen genügend Wissen besaßen, ein Teleskop zu bauen, wurde das nach dem Weiterentwickler benannte Galilei-Teleskop erst 1608, also gut 250 Jahre später, in Holland von einem Brillenmacher namens Hans Lipperhey erfunden. Diese Erfindung hat so lange gedauert, weil sich die Technik der Linsenherstellung und die Qualität der Linsen nur langsam verbesserten. Lipperhey baute schließlich ein Fernrohr mit ungefähr 3-facher Vergrößerung.

Begünstigt durch eine wichtige Friedenskonferenz in Den Haag verbreitete sich die Kunde des Fernrohres rasch über ganz Europa und gelangte so auch nach Padua.

Galilei und sein Fernrohr

Dort lehrte Galileo Galilei. Von der sensationellen Meldung gepackt, machte er sich an den Nachbau des Teleskops und hatte nach kurzer Zeit eine verbesserte Version mit ungefähr 9-facher Vergrößerung erreicht.

Zuerst hatte er das Fernrohr nur gebaut, um sein niedriges Gehalt durch den Verkauf an Politiker, die daraus militärischen Nutzen ziehen wollten, aufzubessern. Dennoch richtete Galilei sein Fernrohr bald aus Neugierde gen Himmel.

Weil er mit seinem Fernrohr fantastische Beobachtungen machte und weitere machen wollte, verbesserte Galilei sein Fernrohr immer wei-

ter und entwickelte neue Teleskope mit bis zu 33-facher Vergrößerung.

Selbstbau und Beobachtungen

Eines dieser Fernrohre haben wir während des Kurses mit einem Kartonbausatz aus dem AstroMedia-Verlag nachgebaut. Dieses fast originalgetreue Modell hat eine 12-fache Vergrößerung, was ungefähr vergleichbar mit der eines Opernglases ist.



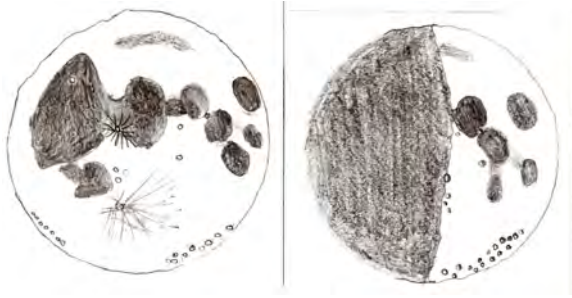
Unser Kurs beim Fernrohrbau.

Mit diesem Nachbau sind wir an mehreren Abenden auf Galileis Spuren gewandelt und haben seine wichtigsten Beobachtungsobjekte betrachtet: den Mond und seine Oberfläche, Jupiter und seine Monde und die Fixsterne.

Diese Himmelskörper konnte er um einiges besser beobachten als die anderen Astronomen seiner Zeit, weil seine Teleskope wesentlich stärker vergrößerten als die anderen Fernrohre auf dem Markt und zudem über Linsenblenden und eine Art Stativ verfügten, wodurch die Beobachtungen einfacher und besser wurden.

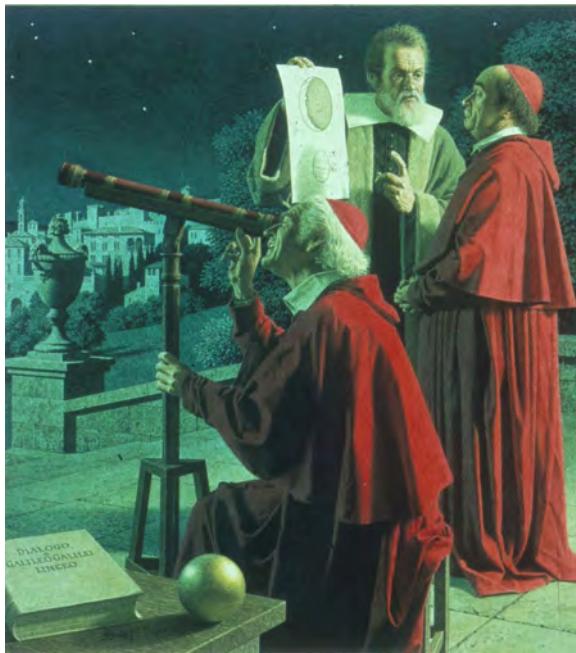
Der „Sidereus Nuncius“ und Galileis aufregende Himmelsbeobachtungen

Die Beobachtungen und neuen Erkenntnisse über den Mond, die Fixsterne bzw. die Milchstraße und seine Entdeckung der vier Jupitermonde, die Galilei mit seinem Teleskop Anfang des Jahres 1610 machte, hielt er in seinem Werk „Sidereus Nuncius“ fest. Wie man schon am Titel erkennen kann, ist der Originaltext auf Latein verfasst – „Sidereus Nuncius“ bedeutet auf Deutsch so viel wie „Nachricht von



Der Mond als Voll- und Halbmond am 4. 8. 2009 und 26. 8. 2009; Zeichnungen aus eigenen Beobachtungen mit dem historischen Galilei-Teleskop. (Jonathan Old)

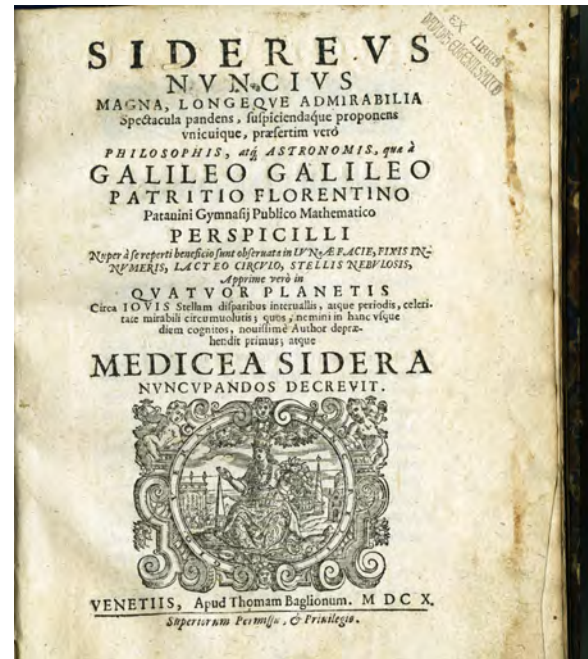
den Sternen“. Das Werk ist Cosimo von Medici II. gewidmet, zu dessen Ehren Galilei auch die vier Jupitermonde „Mediceische Gestirne“ nannte. Damit sicherte er sich einen mächtigen Schutzherrn.



So könnte eine Himmelsbeobachtung von Galilei ausgesehen haben. (Armagh Observatory)

Der erste Teil des „Sidereus Nuncius“ handelt vom Mond. Galilei schloss aus seinen Beobachtungen z. B., dass der Mond rau, uneben und von Bergen und Vertiefungen bedeckt ist. Bisher war man von einem perfekt runden Mond ausgegangen.

Andere alte Ansichten aus der Antike besag-

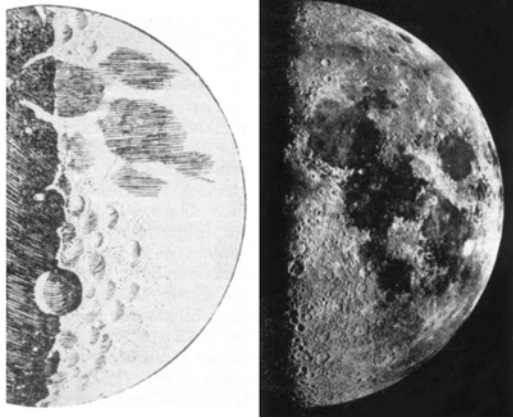


Titelseite des „Sidereus Nuncius“. (Wikipedia)

ten, dass der Mond gleichsam eine zweite Erde sei: Der hellere Teil die Landoberfläche, der dunklere, also die großen Flecken, die Wasseroberfläche. Diese Theorie hielt Galilei für plausibel. Er verglich den Mond mit der Erde. Das herkömmliche, aristotelische System besagte aber eine grundsätzliche Verschiedenheit der himmlischen und irdischen Sphäre. Im heliozentrischen Weltbild war auch die Erde ein Planet; diese Unterscheidung hatte also keinen Sinn mehr.

Als nächstes schrieb Galilei über seine Beobachtungen der Fixsterne. Ihm fiel auf, dass man durch das Fernrohr unglaublich viele weitere Sterne erkennen kann, die sonst wegen ihrer sehr geringen Helligkeit nicht sichtbar sind. Er erkannte nun auch, dass die früher als „Nebel“ bezeichnete Milchstraße in Wirklichkeit eine Ansammlung von unzähligen, in Haufen gruppierten Sternen ist.

Was Galilei als letztes beschrieb, hielt er selbst für den wichtigsten Gegenstand seines Buches, nämlich die Entdeckung der vier Jupitermonde. Als er zum ersten Mal zufällig sein Fernrohr auf Jupiter richtete, sah er nahe bei diesem „drei Sternchen“, die auf einer geraden Linie mit Jupiter lagen. Am nächsten Tag bemerkte Galilei die veränderte Konstellation der drei Sterne,



Skizze des Mondes im „Sidereus Nuncius“ im Vergleich zu einer Fotografie des zunehmenden Halbmondes (Wikipedia)

die er noch in Bezug zu Jupiter zu den Fixsternen zählte. Aus in weiteren Nächten folgenden Beobachtungen von Positionsänderungen der drei Sterne schloss Galilei, dass diese um Jupiter kreisen, es sich also um Wandelsterne handelt. Einige Nächte später musste er feststellen, dass es in Wirklichkeit vier Wandelsterne sind. Rund zwei Wochen später beschloss er, Jupiter samt den vier um ihn kreisenden Monden in Bezug auf einen bestimmten Fixstern zu beobachten. Dadurch konnte er deren Bewegung gemeinsam mit Jupiter deutlich wahrnehmen. Galilei nahm die Tatsache, dass es auch noch andere Planeten außer der Erde gibt, um die Monde kreisen, als wesentlichen Hinweis für die Richtigkeit des heliozentrischen Systems. Obwohl er die vier Monde zu Cosimos Ehren „Mediceische Gestirn“ nannte, sind diese heute unter dem Namen Galileische Monde bekannt.

Quellen

- [1] Galileo Galilei: „Sidereus Nuncius“, (Herausgeber: Hans Blumenberg) suhrkamp taschenbuch wissenschaft Nr. 337
- [2] DVD-Video „Galilei Galilei. Der Kampf um die Sterne“, Nova Produktion von Green Umbrella, LTD, für WGBH Boston in Zusammenarbeit mit Channel 4
- [3] Matthias Schemmel: „Wie entstehen neue Weltbilder“, SuW 12/2008, S. 48–58
- [4] Richard Panek: „Das Auge Gottes. Das Teleskop und die lange Entdeckung der Unendlichkeit“, Stuttgart 2001

Mond und Jupiter heute

ROBIN LOCHBAUM, MARKUS
SCHLIFFKA

Mond und Jupiter faszinieren uns schon seit Menschengedenken. Seit Galileis Beobachtungen konnte man viele neue Erkenntnisse über diese beiden Himmelskörper gewinnen. Im Folgenden wollen wir etwas davon vorstellen.

Der Ursprung des Mondes

Die Frage nach dem Ursprung der Dinge gehört zu den Grundfragen der Naturwissenschaft. Zum Ursprung des Mondes diskutierte man vier unterschiedliche Theorien:

Die **Abspaltungstheorie** besagt, dass sich Erde und Mond aus einem Körper bildeten, der sich durch schnelle Rotation trennte. Die **Einfangtheorie** geht davon aus, dass der Mond irgendwo im Sonnensystem entstand und dann durch das Gravitationsfeld der Erde eingefangen wurde. Die **Akkretionstheorie** unterscheidet sich von der Theorie zuvor, dass der Mond gleich in der Nähe der Erde entstand und folglich um sie rotierte. Die **Kollisionstheorie**, die durch Mondproben heute anerkannt ist, erklärt den Ursprung des Mondes aus einer Kollision der jungen Erde mit einem Himmelskörper von der Größe des Planeten Mars. Dabei wurde die Oberfläche beider Körper zertrümmert und verdampfte teilweise, wobei weitere Bruchstücke in das Weltall geschleudert wurden. Diese fügten sich schließlich zu unserem heutigen Mond zusammen.

Dieser rotiert nun heute mit einem Abstand von 384.000 km um die Erde herum und hat einen Durchmesser von 3476 km. Da der Mond etwa ein Viertel des Erddurchmessers (12.700 km) besitzt, hat die Erde den größten Mond im Vergleich zur Planetengröße, und somit bezeichnet man Erde und Mond auch als Doppelplanet. Jedoch kann man den Mond selten in voller Größe beobachten, da er unterschiedliche Phasen zeigt, die durch seinen Eigenschatten entstehen.



Entstehung des Mondes nach der Kollisionstheorie.
(ESA)

Selenographie

Selena, so hieß die Mondgöttin bei den antiken Griechen und Luna bei den Römern. Die Worte haben sich erhalten bzw. mit anderen Worten verbunden, ihre Bedeutungen sind andere. Heute verwenden wir das Wort Selenographie und meinen damit ein Teilgebiet der Mondforschung, und zwar die Lehre von der Mondoberfläche.

Der Mond weist wie die Erde unterschiedliche Oberflächenmerkmale auf: Schon mit bloßem Auge kann man schwarze Flecken erkennen, die Maria. Sie wurden von Plutarch so genannt, weil er dachte, es seien richtige Meere (Mare, lat. Meer, Pl. Maria). Sie entstanden beim Impakt (Einschlag) von gewaltigen Körpern, worauf sich die Krater mit dunkler Lava füllten. Die hellen Gebiete nennt man Terrae (lat. Kontinente), welche zerklüftet sind. Auf ihnen befinden sich auch Gebirge, die meist nach irdischen Gebirgen benannt sind (z. B. Alpen, Apenninen). Mit Hilfe ihres Schattenwurfs konnten Mondforscher die Höhen der Berge berechnen und herausfinden, dass manche über 4000 Meter hoch sind. Die Hauptmerkmale des Mondes sind jedoch seine Krater. Sie entstanden auch durch einstürzende Körper, die jedoch nicht mehr die Mondkruste durchschlagen konnten, wie es bei den Maria der Fall war.

Einige Krater weisen Strahlen auf. Diese Strahlen bestehen aus hellem Material, das beim

Impakt herausgeschleudert wurde und sich nun vom dunkleren Boden abhebt.

„Wandern“ auf dem Mond

Ausgestattet mit dem Vorwissen wollen wir nun eine Anleitung zur Beobachtung des Mondes geben.

Um zu wissen, wo sich der Osten des Mondes befindet, sucht man nach den dunklen Flecken, die eine Art „Hummerschere“ darstellen. Sie wird gebildet aus vier verschiedenen Maria. Wenn man nun weiter in Richtung Osten schaut, sieht man ein weiteres Mare, das Mare Crisium (im Bild unten). Zwischen den beiden Scheren befindet sich ein Gebirge, die Pyrenäen. Um zwischen Norden und Süden zu unterscheiden, geht man im Bild vom unteren Teil der Schere weiter nach links unten und stößt auf einen markanten Strahlenkrater, Tycho. Er befindet sich im Süden des Mondes.



Bei Vollmond kann man Maria und Strahlenkrater besonders gut sehen (unten: Strahlenkrater Tycho).
(Wikipedia)

So findet man die Himmelsrichtungen auf dem Mond. Ganz im Nordwesten des Mondes liegt das große Mare Imbrium. Im Norden dieses Mare befinden sich die Alpen mit dem dunklen Krater Plato. Wenn man nun dem Verlauf der Alpen folgt, kommt man zum Kaukasus und den Apenninen, Gebirgen rund um das Mare

Imbrium. Nun erkennt man am westlichsten Zipfel der Apenninen schon die Strahlen des Kraters Kopernikus.

Der Planet Jupiter

„Es bleibt noch, darzulegen und der Welt mitzuteilen, was man meines Erachtens für das Wichtigste in der vorliegenden Arbeit ansehen muss“. Mit diesen Worten leitete Galileo Galilei vor knapp 400 Jahren in seinem Werk *Sidereus Nuncius* seine Beobachtungen über den Jupiter und dessen von ihm selbst entdeckten Monde ein. Wegen der enormen Wichtigkeit dieser Entdeckung für die neuzeitliche Astronomie waren Jupiter und seine Monde ein weiteres Thema, dem wir uns im Astronomiekurs widmeten.

Jupiter ist von der Sonne aus gesehen der fünfte Planet des Sonnensystems. Er umkreist unser Zentralgestirn in einem Abstand von fünf Astronomischen Einheiten (Astronomische Einheit: Abstand Sonne-Erde). Für einen vollen Umlauf um die Sonne benötigt er ca. 12 Jahre.

Jupiter ist mit Abstand der größte Planet des Sonnensystems. Er vereinigt in sich 70% der Masse aller Planeten des Sonnensystems, dies entspricht 318 Erdmassen. Doch obwohl er der größte Planet ist, rotiert er sehr schnell: Ein Jupitertag dauert nur ca. 10 Stunden.

Jupiter zählt zu der Familie der sogenannten Gasriesen. Er besteht zu über 90% aus Wasserstoff und Helium, jedoch nicht ausschließlich im gasförmigen Zustand: Im Inneren von Jupiter werden die Gase wegen des hohen Drucks zuerst flüssig, dann fest. In den oberen, noch gasförmigen Schichten entstehen wegen seiner schnellen Rotation und einer heftigen Konvektionsströmung stark verwirbelte Wolkenbänder. Auf rechtsstehender Abbildung, einer Nahaufnahme Jupiters, kann man sehr gut zwischen den weißen Wolkenbändern, in denen Gas aufsteigt, und den rötlichen Wolkenbändern, in denen Gas wieder in tiefere Schichten absinkt, unterscheiden.

An den Grenzen, an denen sich diese Konvektionsströmungen schneiden, entstehen durch Verwirbelungen viele kleine und mitunter sehr große Wirbelstürme, von denen das Extrembeispiel der Große Rote Fleck ist. Dieser ge-

waltige Wirbelsturm hat das Ausmaß von zwei Erddurchmessern und besteht schon seit ca. 300 Jahren. Er wird uns wohl aufgrund seiner immensen Energie noch einige Jahrhunderte erhalten bleiben.



Der Planet Jupiter: Auffällig sind seine Wolkenbänder, der Große Rote Fleck und der Schatten, den ein Mond auf Jupiter wirft.

Die Monde Jupiters

Während der irdische Himmel nur von einem Mond geschmückt ist, umkreisen Jupiter viele Monde (63 sind bisher bekannt).

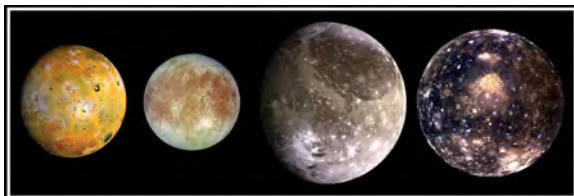
Von besonderem Interesse waren für uns im Astronomiekurs die vier größten Jupitermonde, die vor knapp 400 Jahren von Galilei entdeckt wurden und ihm zu Ehren Galileische Monde genannt werden. Sie gehören zu den größten Monden des Sonnensystems. Ihre Namen, Io, Europa, Ganymed und Kallisto, entstammen der griechischen Mythologie und bezeichnen Frauen – in Ganymeds Fall einen Mann – zu denen der Gott Zeus (römisch: Jupiter) der Sage nach eine Beziehung hatte.

Der Innerste der vier Monde ist Io, sie ist nur 2,9 Jupiterradien von ihrem Planeten entfernt. Aus diesem geringen Abstand resultiert auch ihre geringe Umlaufzeit: Sie umkreist Jupiter in nur 1,8 Tagen. Io ist das Objekt mit dem höchsten Vorkommen an Vulkanismus im Sonnensystem. Die große vulkanische Aktivität resultiert



Markus stellt mittels eines selbst gebauten Modells dar, wie die Galileischen Monde aus irdischer Sicht ihre Stellung in Bezug auf Jupiter verändern. Dabei kommt es z. B. zu Schattendurchgängen, wie einer im vorigen Bild zu sehen ist.

aus den Gezeitenkräften und der Induktionsenergie des Magnetfeldes von Jupiter, die Io „durchkneten“ und so ihr Inneres verflüssigen. Seit ihrer Entstehung vor 3,5 Mrd. Jahren hat sich Io durch ihren Vulkanismus einmal von innen nach außen und zurück gestülpt.



Die vier Galileischen Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto (von links nach rechts). (DLR)

Der zweite und kleinste der Galileischen Monde ist Europa. Für einen Umlauf um Jupiter benötigt sie das Doppelte von Ios Umlaufzeit: 3,6 Tage. Wenn wir Europa betrachten, erblicken wir eine bizarre Welt. Ihre Oberfläche besteht komplett aus Wasser – durch die Kälte des Alls zu Eis gefroren. Unter diesem Eispanzer jedoch befindet sich ein durch den Druck des Eises flüssig gebliebener Ozean aus Wasser mit einer Tiefe von 100 km. Dann stößt er auf den Gesteinskern Europas.

Die beiden äußeren Monde Ganymed und Kallisto stellen sich uns sehr ähnlich dar. Beide bestehen größtenteils aus Gestein, jedoch erkennt man auf ihnen weiße Stellen: Einschlagkrater von Himmelskörpern, durch die Wassereis aus dem Inneren der Monde an die Oberfläche gewirbelt wurde. Mit Ganymed erblicken wir den größten Mond im Sonnensystem. Er übertrifft mit seinem Durchmesser sogar den Planeten Merkur.

Quellen

- [1] Bernhard Machowiak: „Die Kosmos Sternenkunde“, Kosmos, Stuttgart 2006
- [2] Heather Couper und Nigel Henbest: „Bildatlas des Weltalls“, Weltbild, Augsburg, 1997

Johannes Kepler und die Theorie

AYLIN HANNE, LEONIE SPITZ

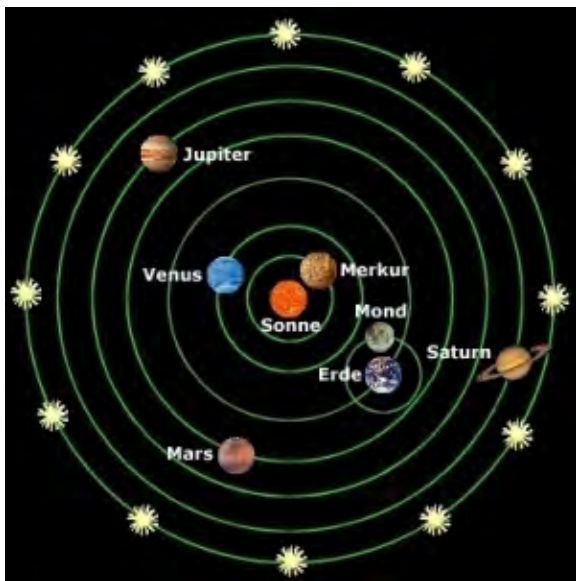


Portrait von Johannes Kepler. (Maristen-Gymnasium)

Johannes Kepler ist einer der bedeutendsten Astronomen, Mathematiker und Physiker für unsere Zeit. Er wurde am 27. Dezember 1571 in Weil der Stadt in Baden-Württemberg geboren.

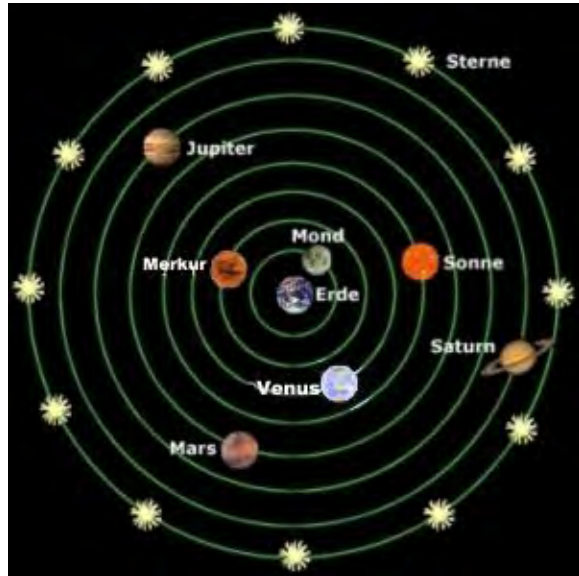
In dieser Zeit endete eine neue Zeitepoche, die Renaissance, in der die eigenen Erfahrungen und Erkenntnisse jedes einzelnen Menschen im Mittelpunkt standen. Im Mittelalter dagegen drehte sich die gesamte Philosophie, Kunst und Literatur nur um Gott. Gott hatte die Welt geschaffen. Deswegen musste sie auch im Mittelpunkt unseres Sonnensystem stehen und alle anderen Planeten mussten sich um die Erde bewegen. So entstand das geozentrische Weltbild, welches die Kirche sehr stark verbreiten ließ.

Erst Nikolaus Kopernikus entwickelte ein mathematisches Modell, das einfacher und schöner war als das ptolemäische. In diesem Weltbild stand nicht mehr die Erde, sondern die Sonne im Mittelpunkt unseres Sonnensystems. Das so genannte heliozentrische Weltbild wurde populär und später durch die Erfindung des Teleskops und die Erkenntnisse der Renaissance weiter bestätigt und entwickelt, obgleich sich die Kirche massiv dagegen sträubte.



Das geozentrische Weltbild. (Uni München)

Nachdem Johannes Kepler von Galileo Galilei gehört hatte, dass dieser mit einem Teleskop die Mondoberfläche beobachtet hatte, entwickelte er sein eigenes Teleskop. Im Gegensatz zu Galilei verstand Kepler, wie der Strahlengang im Teleskop verläuft. Er verwendete dafür zwei Sammellinsen. Daraus ergab sich, dass er ein größeres Gesichtsfeld als Galilei hatte und



Das heliozentrische Weltbild. (Uni München)

somit den Mond als Ganzes beobachten konnte. Allerdings waren seine Beobachtungsobjekte punktgespiegelt.

Durch die Einflüsse seines Lehrers Michael Maestlin und seine eigenen Berechnungen wurde Kepler zu einem starken Verfechter des heliozentrischen Weltbildes. Aus diesem Grund kam er oft in Konflikt mit der Kirche und wurde sogar des Abendmahls verwiesen, was für ihn eine Katastrophe darstellte, da er ursprünglich den Beruf des Predigers angestrebt und auch als Student einen Stift besucht hatte, an dem begabte Schüler zu Pfarrern ausgebildet wurden. Nach dieser Ausbildung berief man ihn an die Stiftsschule in Graz, an der er eine Stelle als Mathematiker und Physiker annahm. Durch seine schlechte finanzielle Situation war er zusätzlich gezwungen, als Landschaftsmathematiker zu arbeiten. Auch als Kind hatte er schon als Tagelöhner auf Feldern arbeiten müssen.

Der Dreißigjährige Krieg

Diese schwierige Zeit wurde von Kämpfen um Glaube und Macht dominiert.

Im Jahre 1517 spaltete sich die Kirche in zwei verschiedene Konfessionen, in Katholiken und Protestanten. Auslöser für dieses war die Reformation, die mit dem Thesenanschlag Mar-

tin Luthers in Wittenberg begann. Viele Fürsten schlossen sich den neuen Ideen der Protestanten an, da sie sich dadurch politische und wirtschaftliche Vorteile erhofften. Während des Dreißigjährigen Krieges kam es immer wieder zu gewaltsamen Auseinandersetzungen. Zudem wurde festgelegt, dass der Landesherr über die Konfession seiner Untertanen bestimmen durfte. Wer die Konfession nicht annehmen wollte, musste auswandern. Als überzeugter Protestant musste Johannes Kepler oft umherziehen und verlor immer wieder seine Arbeitsstelle.

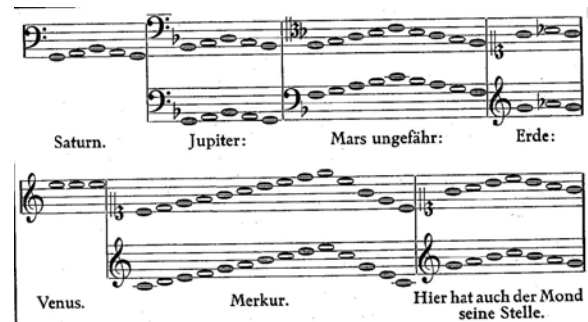
Aber es war nicht nur eine Zeit mit Kämpfen um Glaube und Macht, sondern auch eine Zeit des Hexenwahns und der Hexenverfolgung. Nachdem Keplers Großtante bereits als Hexe verbrannt worden war, wurde auch seine Mutter der Hexerei bezichtigt. Eine Nachbarin behauptete, dass sie sich, nachdem sie bei seiner Mutter etwas getrunken hatte, sehr schlecht gefühlt hätte. Kepler reiste in dieser Zeit oft zu seiner Mutter, um diese zu verteidigen. Er bekam nun noch weniger Gehalt ausbezahlt, weil er der Sohn einer angeklagten Hexe war. Nach sechs Jahren wurde Katharina, seine Mutter, dann unerwartet freigesprochen, starb jedoch schon ein Jahr darauf.

1625 wurden alle protestantischen Lehrer und Prediger aus Linz verwiesen, weshalb Kepler die Einladung Tycho Brahes annahm, ihm bei der Veröffentlichung seiner Schriften zu helfen. Zu diesem Entschluss sagte Kepler:

„Warum ich dies tat, dazu bewegte mich vor allem die Einsicht, dass ich meinen schon lange gehegten Plan zu einer Weltharmonik nur mit Hilfe der Neugestaltung der Astronomie durch Tycho sowie durch Heranziehen seiner Beobachtung ausführen kann.“

Wegen ihrer unterschiedlichen Meinungen über das Weltbild standen Brahe und Kepler in ständigem Konflikt zueinander. Jedoch war Kepler nicht der typische Sternenschauer, wie wir ihn uns heute vorstellen, sondern er beschäftigte sich mehr mit Rechnungen. Dadurch war er auf den Beobachter Brahe und Brahe auf den Theoretiker Kepler angewiesen. Allerdings verstarb Brahe nach einem Jahr Zusammenarbeit überraschend. Kepler erbte Brahes gesamten astronomischen Nachlass mit all seinen

Beobachtungsdaten. Nach Brahes Tod verließ er Prag und zog nach Linz. Dort arbeitete er weiter an den Rudolphinischen Tafeln und seinem bedeutenden Werk „Harmonices Mundi“, in welchem auch das dritte Keplersche Gesetz geschrieben steht. In einem der fünf Bücher der „Harmonices Mundi“ nahm Kepler den Begriff Harmonie wörtlich und entwickelte für jeden Planeten eine eigene Melodie.



Harmonien im Planetensystem. (Kepler)

20 Jahre später, nach der Vollendung der Rudolphinischen Tafeln, ließ Kepler diese in Ulm drucken. Es wurden jedoch alle Arbeitsstellen gestrichen, die an Protestanten vergeben worden waren, und deshalb beschloss Kepler nun nach Prag zu reisen, um dort dem Kaiser die ihm gewidmeten Rudolphinischen Tafeln vorzulegen. Dort machte er die Bekanntschaft mit dem katholischen Heeresführer Albrecht von Wallenstein. Dieser unterbreitete Kepler ein sehr gutes Arbeitsangebot, welches Kepler annahm und zu ihm nach Sagan reiste.

Johannes Kepler starb am 15. November 1630 in Regensburg, als er auf einer Reise nach Österreich war, um dort deponiertes Geld abzuholen. Sein Grab wurde noch im Dreißigjährigen Krieg zerstört.

Johannes Keplers Entdeckungen sind für uns heute noch von großer Bedeutung. Sein Werk „Astronomia Nova“ hat die Theorie der Planetenbewegung grundlegend verändert. Er überwand die Grundsätze der Antike und des Mittelalters und vereinte die Astronomie und die Physik zu einer Himmelsmechanik. Kepler begründete das Denken der Neuzeit und schuf den Übergang zum neuzeitlichen Denken.

„Mir kommen die Wege, auf denen die Menschen zur Erkenntnis der himmlischen Dinge

gelangen, fast ebenso bewunderungswürdig vor, wie die Natur der Dinge selber“ (Johannes Kepler).

Keplers drei Gesetze

Seine wohl wichtigsten Entdeckungen, die drei Keplerschen Gesetze, schrieb Johannes Kepler in den beiden Werken „Astronomia Nova“ (1. und 2. Gesetz) und „Harmonices Mundi“ (3. Gesetz) nieder. Sie beschreiben den Lauf der Planeten um die Sonne. Herausgefunden hat er sie allein mit Hilfe des umfangreichen Datenschatzes, bestehend aus genauesten Beobachtungen seines einstigen Arbeitgebers, des Astronomen Tycho Brahe. Auffällig erschienen die Beobachtungen der Bahn des Planeten Mars, der immer an einem bestimmten Punkt eine Schleife zu machen scheint, indem er sich für den Beobachter innerhalb weniger Zeit erst ein Stückchen westwärts und dann wieder nach Osten bewegt. Dieses Phänomen versuchten schon frühere Astronomen zu erklären, doch erst Kepler fand die Lösung, welche er in sein **erstes Gesetz** fasste:

Die Planeten bewegen sich auf Ellipsen, in deren gemeinsamen einen Brennpunkt die Sonne steht.

Er selbst formulierte dies folgendermaßen:

„Die Sache liegt daher einfach so: Die Planetenbahn ist kein Kreis; sie geht auf beiden Seiten allmählich herein und dann wieder bis zum Umfang des Kreises im Perigäum (erdnächster Punkt der Mondbahn) hinaus. Eine solche Bahnform nennt man ein Oval.“

Die Sonne steht hierbei in einem der beiden Brennpunkte der Ellipse.

Das **zweite Keplersche Gesetz**, auch Flächensatz genannt, bezieht sich auf die sich während seines Laufes um die Sonne verändernde Geschwindigkeit des Planeten. Es lautet folgendermaßen:

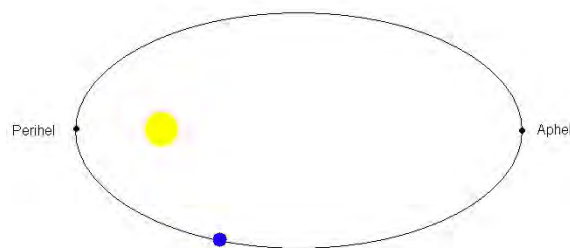
Der Fahrstrahl von der Sonne zum Planeten (Radiusvektor) überstreicht in gleicher Zeit gleiche Flächen;

und so drückte Kepler diese Entdeckung aus:

„Unvollkommenes, jedoch für die Sonnen- oder Erdbahn ausreichendes Verfahren zur Berech-

nung der Gleichungen auf Grund der physikalischen Hypothese. Da ich mir bewusst war, dass es unendlich viele Punkte auf dem Exzenter (außerhalb des Mittelpunktes liegende angebrachte Steuerungsscheibe) und entsprechend unendlich viele Abstände gibt, kam mir der Gedanke, dass in der Fläche des Exzentes alle diese Abstände enthalten seien.“

Dieser Satz sagt aus, dass die Flächen, die der Radiusvektor in gleicher Zeit überstreicht, gleich groß sind.



Ellipse: die Bahn eines Planeten. (Leonie Spitz)

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Strecke, die der Planet in Sonnennähe (Perihel) überwindet, wesentlich größer ist als die in Sonnenferne (Aphel). Daraus folgt, dass der Planet sich beschleunigt, je weiter er sich der Sonne nähert. Seine Geschwindigkeit nimmt wieder ab, wenn er sich von der Sonne entfernt. Erklären lässt sich dies durch die sich durch Näherkommen verstärkende Anziehungskraft der Sonne, welche sich über die entgegengesetzte Zentrifugalkraft wieder „ausgleicht“, die bewirkt, dass der Planet nicht in die Sonne fällt.

Das **dritte Keplersche Gesetz** befasst sich mit dem Verhältnis der Größen große Halbachse a und Umlaufzeit T zweier Planeten.

Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer mittleren Entfernung zur Sonne:

wobei $T^2 : a^3$ für jeden Planeten konstant ist.

Kepler drückte dies auf diese Weise aus:

„Allein es ist ganz sicher und stimmt vollkommen, daß die Proportion, die zwischen den Umlaufzeiten irgendzweier Planeten besteht, genau das Anderthalbe der Proportion der mittleren Abstände, d. h. der Bahnen selber, ist.“

Durch dieses Gesetz stellte Kepler eine Beziehung zwischen Umlaufzeit und Entfernung zur Sonne her.

Man kann daraus die Folgerung ziehen, dass ein Planet mehr Zeit für einen Umlauf benötigt, je weiter er von der Sonne entfernt ist. Sonnenfernere Planeten haben daraufhin geringere mittlere Bahngeschwindigkeiten als sonnennähere Planeten. Mit seinem Gesetz hat Kepler eine Möglichkeit gefunden, mit Hilfe der leicht zu ermittelnden Umlaufzeit die relative Entfernung zur Sonne zu berechnen.

Berücksichtigt man auch die Gravitationswirkung des Planeten, so lautet die exakte Formulierung des dritten Keplerschen Gesetzes:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{\gamma}{4\pi^2} \cdot (M + m),$$

(γ : Gravitationskonstante, M : Masse der Sonne, m : Masse des Planeten).

Die Keplerschen Gesetze heute

Mit diesen Gesetzen entkräftete Kepler die frühere Vorstellung der Planetenbewegung und leitete ein neues Zeitalter für die Astronomie ein. Noch heute sind sie sehr wichtig für die Forschung, wie z. B. bei der Bestimmung der Masse Schwarzer Löcher oder von extrasolaren Planeten.

Quellen

- [1] Anna Maria Lombardi: „Johannes Kepler“, Biografie, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, 2000
- [2] <http://leifi.physik.uni-muenchen.de>
- [3] DVD-Video „Wallenstein und der Krieg“, Teil 5 der ZDF-Dokumentation „Die Deutschen“ (2008)

Fernrohre früher und heute

DOMINIC PARGA, SVEN BODENSTEDT

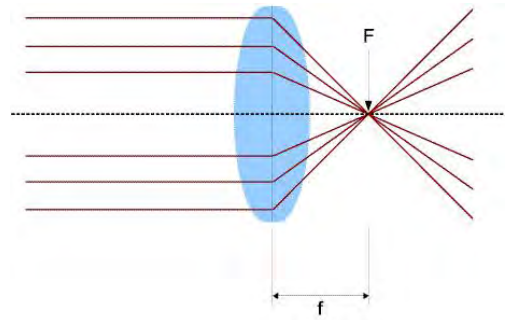
Am Beginn der Neuzeit standen einige „Schlüsselerfindungen“, eine von ihnen war das Fernrohr. Im Folgenden werden einige Grundlagen und Entwicklungen im Fernrohrbau angesprochen.

Linsenteleskope

Der Begriff Teleskop kommt aus dem Altgriechischen. „Téle“ bedeutet soviel wie fern und

„skopéin“ lässt sich übersetzen zu beobachten bzw. ausspähen. Ein Teleskop stellt Objekte vergrößert und heller dar.

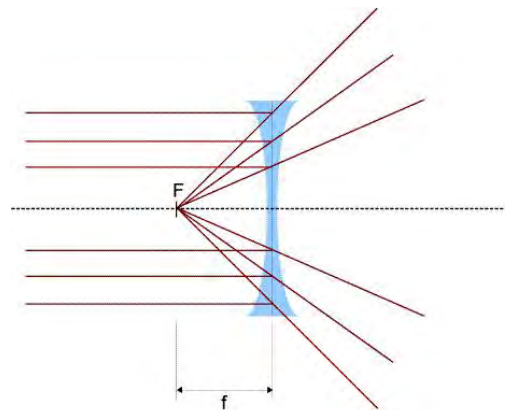
Ein Linsenteleskop ist ein optisches Teleskop, das das einfallende Licht durch ein Objektiv sammelt. Das gebündelte Licht wird durch das Okular betrachtet. Objektiv und Okular bestehen jeweils aus einer oder mehreren Linsen.



Konvexe Linse mit ihrem Brennpunkt F .

Konvexe Linse (Sammellinse)

Sie dient zum Sammeln bzw. Fokussieren des einfallenden Lichts und besitzt eine positive Brennweite f (Abstand zwischen der Linsenmitte (bei dünnen Linsen) und ihrem Brennpunkt F).



Konkave Linse mit virtuellem Brennpunkt.

Konkave Linse (Zerstreuungslinse)

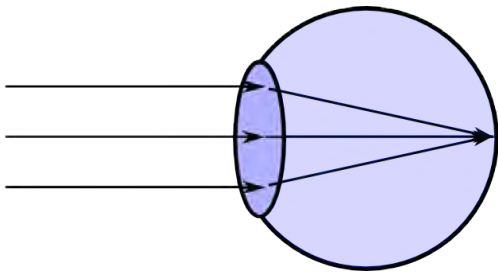
Die konkave Linse ist im Gegenteil zur konvexen Linse zur Zerstreuung des einfallenden Lichtes zuständig. Sie besitzt eine negative Brennweite f , da der Brennpunkt F nicht real existiert, sondern nur virtuell dargestellt werden kann.

Das Auge – auch eine Linse

Zum Verstehen der Wirkungsweise eines Teleskops muss man zunächst wissen, wie das Auge funktioniert.

Das Auge besitzt eine konvexe Linse, mit der das Licht gesammelt wird, welches dann auf die Netzhaut trifft. Dadurch entsteht ein punktgespiegeltes Bild eines Gegenstands. Dieses Bild dreht das Gehirn wieder um. Von einem quasi unendlich entfernten Gegenstand (z. B. dem Mond) fallen von jedem Gegenstandspunkt in sehr guter Näherung nur parallele Strahlen ins Auge, die dann als Bildpunkt auf der Netzhaut abgebildet werden. Wenn wir jetzt eine Sammellinse vor das Auge halten, dann können die Lichtstrahlen nicht mehr parallel ins Auge treffen.

Durch Einbau eines Okulars werden die Strahlen wieder parallel zur Augenlinse geleitet.



Strahlengang im Auge

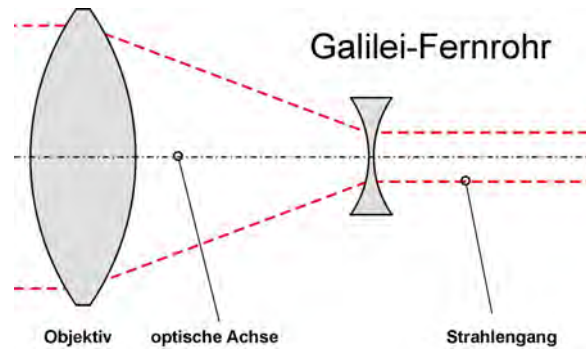
Galilei-Teleskop

Beim Galilei-Teleskop werden die Brennpunktstrahlen der konkaven Objektivlinse(n) durch eine oder mehrere sammelnde Okularlinsen parallel und damit für das Auge gut abbildbar gemacht. Es existiert jedoch kein reelles Zwischenbild in der Brennebene des Objektivs.

Der Einfallswinkel der Lichtstrahlen ins Auge wird vergrößert, wodurch man auf der Netzhaut ein vergrößertes Bild des Objektes erhält.

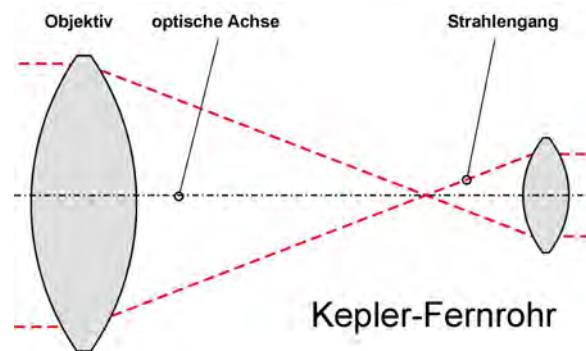
Kepler-Teleskop

Beim Kepler-Teleskop geschieht die Parallelisierung der durch das Objektiv „geknickten“ Strahlen eines unendlich weit entfernten Gegenstandes durch eine konvexe Okularlinse, die sich hinter dem Brennpunkt des Objektivs befindet. Da der Einfallswinkel der Strahlen ins Auge wieder durch die Linsen vergrößert



Gang der Strahlen von einem sehr weit entfernten Punkt im Galilei-Fernrohr. (Wikipedia)

wird, ist auf der Netzhaut erneut ein vergrößertes Bild abgebildet. Allerdings wird das Bild des Objektes umgedreht, da sich die Strahlen kreuzen. Man sieht alles punktgespiegelt.



Strahlengang im Kepler-Fernrohr. Gezeigt wird nur der Verlauf zweier Parallelstrahlen, die sich im Brennpunkt schneiden. (Wikipedia)

Vergleich der Teleskope

Galilei-Teleskop	Kepler-Teleskop
+ Kurze Bauweise	– Lange Bauweise
+ Bildlage wie Gegenstandslage	– Bild punktgespiegelt
– Kleines Sehfeld	+ Großes Sehfeld
– Fadenkreuz nicht einbaubar	+ Fadenkreuz einbaubar

Das Galilei-Teleskop hat ein kleineres Sehfeld als das Kepler-Teleskop, weil die aus dem konkaven Okular austretenden Strahlenbündel der verschiedenen Bildpunkte auseinander streben und so nur in einem eng begrenzten Bereich durch die Pupille ins Auge eintreten können.

Erfindung des Spiegelteleskops

Spiegelteleskope, oft auch Reflektoren genannt, sammeln im Gegensatz zu Linsenteleskopen das Licht mit einem Hohlspiegel. Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass Spiegel viel größer hergestellt werden können als Linsen (Glas ist ein zähflüssiger Werkstoff).

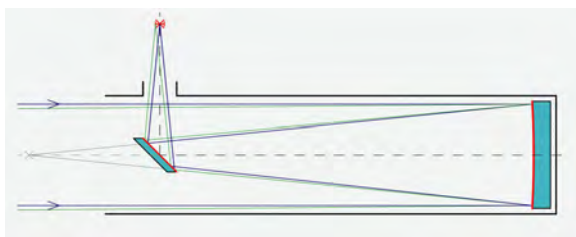
Reflektoren können außerdem viel kompakter als Linsenfernrohre gebaut werden.

Der Erste, der den Versuch unternahm, eine Art Spiegelteleskop zu bauen, war der Jesuit Nicolas Zucchi im 17. Jahrhundert. Er benutzte einen konkaven (also nach innen gewölbten) Spiegel und ein Okular.

Im Jahre 1663 beschrieb James Gregory die Konstruktion eines Spiegelteleskops, das große Verbreitung an allen Sternwarten fand. Sein Teleskop lieferte – als eines der wenigen – ein aufrechtes Bild. Deswegen wird es auch heute noch z. B. für die Naturbeobachtung eingesetzt.

Ferner konstruierte Laurent Cassegrain im Jahre 1672 ein Spiegelteleskop, das allerdings erst im 20. Jahrhundert große Wirkung entfaltete.

Auch Isaac Newton ging im Jahre 1668 auf das Problem der Teleskopherstellung ein. Ihn störten die farbigen Ränder, die bei einem Linsenteleskop mit einfachen Linsen unvermeidlich entstehen. Da er zu der falschen Annahme kam, dass Linsenteleskope ohne diese farbigen Ränder nicht herstellbar seien, baute er im Jahre 1672 das nach ihm benannte Spiegelteleskop. Er benutzte dafür einen kugelförmigen (sphärischen) Hauptspiegel (zum Lichtsammeln und Abbilden) und einen ebenen Zweitspiegel (zum Umlenken).



Strahlengang im Newton-Teleskop. (Wikipedia)

Der Vorteil von Reflektoren gegenüber Refraktoren (Linsenfernrohren) war vor allem ihre sehr hohe Lichtstärke, d. h. das Verhältnis von

Öffnung zu Brennweite. Je größer die Öffnung im Vergleich zu der Brennweite ist, desto höher ist auch die Lichtstärke eines Teleskops. Außerdem konnte man höhere Vergrößerungen als bei Linsenfernrohren erzielen, die allein hinsichtlich der Bildschärfe im Vorteil waren.

Im Jahr 1730 gelang es dem Engländer Chester Moor Hall, den Farbfehler von Linsenfernrohren durch Kombination von Linsen aus verschiedenen Glassorten wesentlich zu verringern. Bis zur Jahrhundertwende waren wieder die Linsenteleskope ins Zentrum für astronomische Beobachtungen gerückt.

Bei den ersten Spiegelteleskopen bestanden die Spiegel aus poliertem Metall, das allerdings schnell trüb wurde. Insbesondere deshalb setzten sie sich zunächst nicht durch. Erst als Justus von Liebig 1835 das chemische Versilberungsverfahren erfand, änderte sich dies wieder zugunsten der Reflektoren. Nach anfänglichen Schwierigkeiten setzten sich die versilberten Glasspiegel nach und nach in den Sternwarten durch.

Heute verwendet man glaskeramisches Spiegelmaterial, das auf Temperaturänderung nicht mit Verformung reagiert. Zudem hat man diverse Techniken entwickelt, um die Qualität der Bilder zu erhöhen. So z. B. ermöglicht die aktive Optik das Ausgleichen von Abweichungen des Hauptspiegels von der Idealform in Echtzeit. Dabei ist der Spiegel auf prozessorgesteuerten Stempeln, sog. Aktuatoren, gelagert.

Einige moderne Großteleskope

Ein sehr großes optisches Teleskop (vor allem für den sichtbaren Wellenbereich) ist das Very Large Telescope (VLT). Das Besondere an diesem Teleskop ist, dass es aus vier einzelnen Teleskopen besteht, die entweder zusammen (als Interferometer) oder einzeln eingesetzt werden.

Jedes der vier VLT-Teleskope hat einen Hauptspiegel von 8,2 Meter Durchmesser. Durch das Zusammenschalten der Teleskope kann eine bedeutend höhere Lichtstärke und eine höhere Auflösung erreicht werden.

Eines der größten Radioteleskope der Welt ist das Very Large Array (VLA) in New Mexico



Das Very Large Telescope (VLT) auf dem Paranal im Norden Chiles. Es wird von der ESO betrieben. Die vier Großteleskope und einige kleinere bewegliche Teleskope lassen sich zu einem Interferometer („Lichtwellenaddierer“) verbinden. (ESO)

in den USA. Es besteht aus 27 einzelnen Radioteleskopen, die auf Schienen zueinander bewegt werden können. Jedes Teleskop hat einen Durchmesser von 25 Metern und wiegt 230 Tonnen.

Eine immer größer werdende Gruppe sind die Weltraumteleskope. Ein aktuelles Projekt ist das Spitzer Space Telescope (SST), welches im Jahr 2003 gestartet wurde und bis Mitte 2009 in Betrieb war. Das SST ist ein Infrarotweltraumteleskop, für das eine Lebensdauer von fünf Jahren geplant wurde. Das Kühlmittel für die auf -271°C gekühlten Detektoren war Mitte 2009 aufgebraucht. Seitdem stieg die Temperatur auf -242°C an. Es können aber noch zwei kurzwellige IR-Kameras benutzt werden. Das SST ist mit einem 0,85-m-Spiegel ausgestattet und folgt der Bahn der Erde in einem Abstand.

Quellen

[1] „Europas neue Teleskope“, SuW Special 3/2003

[2] <http://www.eso.org>

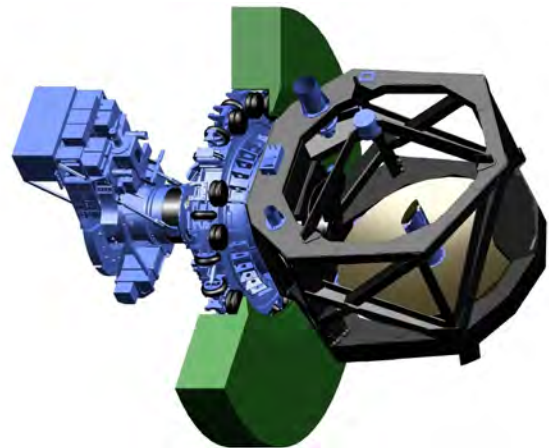
SOFIA

PATRICIA KEPPLER, LUKAS BUSCHLE,
SIMON KLENK

Ein sehr aktuelles Projekt, das die Benutzung eines modernen Teleskops erfordert, ist das SOFIA-Projekt. Dieses stellen wir im Folgenden vor. Voraussichtlich ab November 2009 wird es zeigen, zu welchen Leistungen es fähig ist.

Das SOFIA-Teleskop

Das SOFIA-Teleskop ist ein Nasmyth-Spiegelteleskop, das vor allem im Infrarotbereich beobachtet. Es ist 17 t schwer und befindet sich in einer Boeing 747 SP (ein etwas verkürzter Jumbo-Jet). Das Teleskop besitzt drei Spiegel, welche die elektromagnetische Strahlung sammeln und ins Flugzeuginnere leiten.



SOFIA-Teleskop: Man sieht den Gittertubus (schwarz) mit Primär-, Sekundär- und Tertiärspiegel. Ebenso erkennt man die Teleskoplagerung (blau), die Schottwand (grün) und den Nasmythtubus mit dem Flansch zur Anbringung der Instrumente. (DSI Stuttgart)

Primärspiegel:

Der Primärspiegel hat einen Durchmesser von 2,7 m, wiegt 850 kg und besteht aus Zerodur, einer Glaskeramik. Dieser Parabolspiegel sammelt das Licht und reflektiert es auf den Sekundärspiegel.

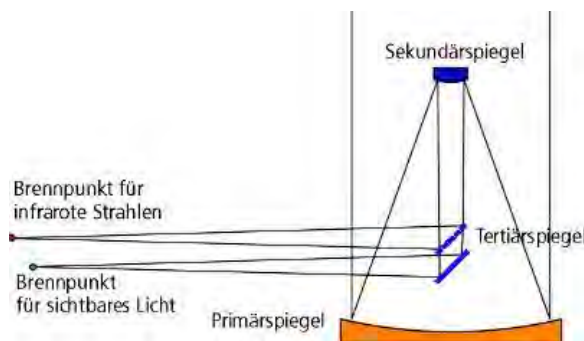
Sekundärspiegel:

Der Sekundärspiegel hat einen Durchmesser von 35 cm, ist ungefähr 3 m über dem Primär-

spiegel angebracht und besteht aus Silizium-Karbid (SiC). Er leitet die Strahlen weiter zum dritten Spiegel und ermöglicht das sog. Choppen, eine Methode zur Reduzierung des Himmelshintergrundsignals. Durch seine hyperbolische Form wird eine Verlängerung der Brennweite erreicht.

Tertiärspiegel:

Über den planen Tertiärspiegel wird das Licht ins Innere des Flugzeuges zu den Instrumenten gelenkt. Er arbeitet als sog. dichroitischer Strahlenteiler. Das bedeutet, er „teilt“ das Licht (je nach Wellenlänge) auf. Das infrarote Licht wird an der Goldschicht des Spiegels sofort reflektiert. Das sichtbare Licht wird hier noch durchgelassen und erst an der nächsten Schicht (aus Aluminium) abgelenkt. Dadurch erhält man zwei verschiedene Brennpunkte: einen für das IR-Licht und einen für das sichtbare Licht. Das sichtbare Licht wird im Nasmythtubus erneut im rechten Winkel abgelenkt. Hier befindet sich eine Kamera (Focal Plane Imager), welche für die Orientierung und die Nachführung vom Teleskop eine wichtige Rolle spielt.



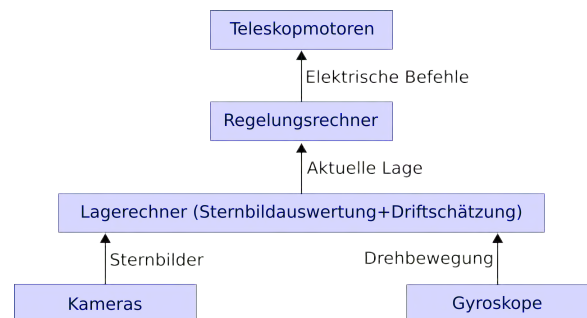
Strahlengang im SOFIA-Teleskop. (DSI Stuttgart)

Lageregelung

Man kann sich leicht vorstellen, dass ein Teleskop in einem Flugzeug, das dazu noch bei offenem Tor den Turbulenzen in ca. 14 km Flughöhe ausgesetzt ist, vielerlei Bewegungseinflüsse erfährt. Für eine dauerhaft stabile Ausrichtung benötigt man ein Lageregelungssystem und die Kompensation von Erschütterungen, die dafür sorgen, dass sich das Flugzeug „um das Teleskop bewegt“. Die Lageregelung ermittelt die aktuelle Lage des Teleskops mit Hilfe von Kameras und von Gyroskopen.

Am Gittertubus befinden sich vorne zwei visuelle Kameras, die Bilder vom Sternenhimmel aufnehmen und damit zur Orientierung, sowie der dann folgenden Ausrichtung und Nachführung des Teleskops dienen. Eine dritte visuelle Kamera befindet sich im Innenraum und ermöglicht die genaue Objekteinstellung.

Die Gyroskope sind drei zueinander senkrecht angeordnete Glasfaserkreisel (in jedem befindet sich ein 3 km langes aufgerolltes Glasfaserkabel). Sie registrieren jede Drehbewegung des Teleskops.



Schema der Lageregelung des Teleskops. Hier sieht man das Verfahren, welches im Text zuvor beschrieben wird. (Simon Klenk)

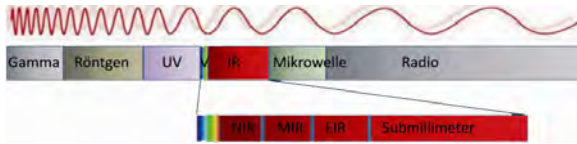
Die Lageregelung funktioniert wie folgt:

Die Kameras senden ihre Bilder vom Sternenhimmel an den Lagerrechner, wo die aktuelle Ausrichtung des Teleskops bestimmt wird. Auch alle möglichen von den Gyroskopen registrierten Drehbewegungen des Teleskops werden an den Lagerrechner geschickt und dort ausgewertet, um das Teleskop entsprechend entgegen zu drehen. Dadurch behält das Teleskop seine Ausrichtung bei.

Infrarotastronomie

Was ist Infrarotstrahlung?

Infrarotstrahlung ist elektromagnetische Strahlung jenseits des roten Bereichs und hat somit größere Wellenlängen als der sichtbare Bereich (Wellenlängen des sichtbaren Bereichs ca. 0,4–0,8 μm). Man unterscheidet zwischen nahem (0,8–5 μm), mittlerem (5–30 μm) und fernem (30–350 μm) Infrarot (IR). Dann kommt der Submillimeterbereich, der zum Mikrowellenbereich überleitet.



Elektromagnetisches Spektrum mit vergrößertem Infrarotbereich (unterer Bildteil). (Cecilia Scorza)

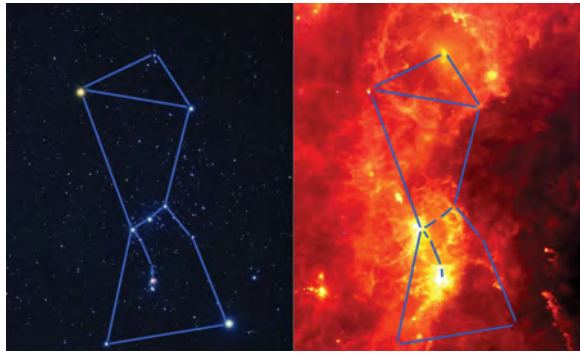
Den verschiedenen Bereichen des IR lassen sich unterschiedliche Temperaturen zuordnen (man denke an die Wärmestrahlung). Diese Temperaturbereiche liegen im fernen Infrarot (FIR) bei 10–150 K, im mittlerem Infrarot (MIR) bei 150–600 K und im nahen Infrarot (NIR) bei 600–3000 K. Die Objekte werden also vom NIR zum FIR immer kälter.

Infrarotkosmos

Die Infrarotastronomie begann, als Friedrich Wilhelm Herschel, ein deutsch-britischer Astronom (1738–1822), die Infrarotstrahlung der Sonne entdeckte. Mit „IR-Augen“ sehen die Astronomen viel Neues. So bekommen sie die Möglichkeit, in Gas- und Staubwolken „hineinzuschauen“. Oder sie können Strahlung empfangen, die vor Milliarden von Jahren von den noch jungen Galaxien ausgesendet wurde. Da unser Weltall expandiert, dehnt sich die Wellenlänge der ausgesandten Strahlung ebenfalls aus und verschiebt sich somit in Richtung des infraroten Bereichs. Je weiter also eine Galaxie von uns entfernt ist, umso stärker ist diese Rotverschiebung. Um diese Strahlung aufzunehmen und so die Entstehung der Galaxien zu erforschen, brauchen wir also die Beobachtung im Infraroten. Das IR kann auch sehr kalte Objekte „sichtbar“ machen. Am Beispiel des Sternbildes Orion kann man sehen, dass sich zwischen den Sternen eine Menge Gas und Staub befindet.

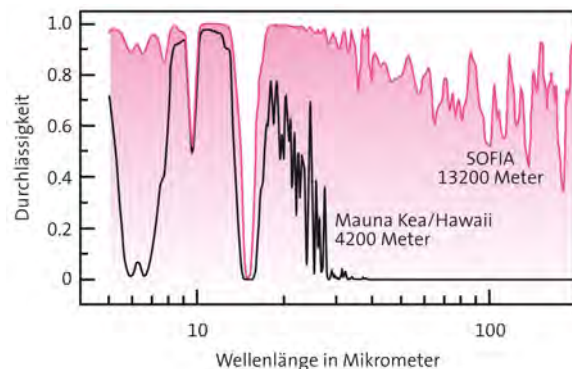
Warum Astronomen fliegen wollen

Die Beobachtung im infraroten Bereich hat einen gravierenden Nachteil. Sie lässt sich von der Erde aus kaum ausüben. Wo sichtbares Licht ungehindert passieren kann, trifft das infrarote Licht auf ein sehr großes Hindernis, unsere Atmosphäre. Sie besteht zu 0,4% aus Wasserdampf, und genau dieser verschluckt den größten Teil der Infrarotstrahlung. Es gibt IR-Observatorien auf der Erde, wie z. B. auf dem



Das Sternbild Orion im Visuellen (für das Auge sichtbar) im Vergleich zum „Anblick“ im fernen Infrarot. Die orange-rotten Gebiete im IR-Bild machen Staub und Gas im Sternbild sichtbar. Diese Materie hat eine Temperatur zwischen 10 K und 150 K. Das sind -263°C bis -123°C . (DSI Stuttgart)

Mauna Kea auf Hawaii, doch öffnen sich auch dort nur begrenzte Wellenlängenfenster im IR-Bereich.



Durchlässigkeit der Erdatmosphäre für Infrarotstrahlung auf dem Mauna Kea im Vergleich zu SOFIA (1.0 bedeutet völlig durchlässig, bei 0 kommt nichts durch). (DSI Stuttgart)

Auf dem Mauna Kea haben wir schon einen deutlich geringeren Wasserdampfgehalt zwischen dem Teleskop und den zu beobachtenden Objekten, doch Wellenlängen mit mehr als $20\text{ }\mu\text{m}$ bleiben nach wie vor für die Teleskope unsichtbar. SOFIA hat in dieser Hinsicht große Vorteile. Bei einer Flughöhe von 13.2 km lässt man 99% des atmosphärischen Wasserdampfs unter sich, und die Infrarotstrahlung kann fast ungehindert beobachtet werden. Im Diagramm ist ein starker Einbruch bei $15\text{ }\mu\text{m}$ zu sehen. Dieser wird durch das atmosphärische Kohlendioxid verursacht.

Vergleich Flugzeug – Satellit

Satelliten mit Infrarotteleskopen haben viele Vorteile, aber auch Nachteile. Sie haben fast keine Sichteinschränkung und können deshalb sehr tief und bei allen IR-Wellenlängen ins Weltall schauen.

Doch ihre Instrumente sind meist „veraltet“. Bis ein Satellit ins All geschossen wird, dauert es ca. 20 Jahre. In dieser Zeit schreitet die Technik voran. Somit gibt es schon wieder neue und bessere Möglichkeiten zur Beobachtung, die aber nicht angewandt werden können. Bei SOFIA kann ständig alte gegen neue Technik ausgewechselt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit der Reparatur, wenn etwas kaputt ist. Ein Satellit dagegen kann nicht repariert werden.

Das SOFIA-Projekt

Flugzeugobservatorien: Geschichte

Nach der Entdeckung der Infrarotstrahlung vergingen über 150 Jahre, bis sie für die Astronomie nutzbar gemacht werden konnte. Erst die Erfindung des Bolometers (Strahlungsempfänger, der für alle Wellenlängen empfindlich ist) machte es sinnvoll, den Sternenhimmel auch im infraroten Bereich zu untersuchen. Um im IR kosmische Objekte zu beobachten, war es nötig, die Teleskope in große Höhe (über den atmosphärischen Wasserdampf) zu bringen. Nach Versuchen, Ballons mit Teleskopen bestückt in die richtige Höhe zu schicken, kam der Gedanke auf, ein Flugzeug mit einem Teleskop auszustatten. Die Idee der Flugzeugobservatorien war geboren. Die erste Flugzeugsternwarte befand sich an Bord des Forschungsflugzeugs Galileo. Leider wurde dieses Flugzeug bei einem Zusammenstoß mit einem anderen Flugzeug zerstört. Es folgte der Lear-Jet, bei dem im Gegensatz zu Galileo ohne Fenster beobachtet wurde. Problematisch war nur, dass dieses Flugzeug keine Druckkabine hatte und somit die Wissenschaftler mit Atemgeräten arbeiten mussten.

1974 wurde dann mit KAO (Kuiper Airborne Observatory) ein Flugzeugobservatorium in Betrieb genommen, das ein deutlich größeres Teleskop (Spiegeldurchmesser 91,5 cm) an Bord hatte. 1995 wurde schließlich auch KAO in den

Ruhestand versetzt. Seit diesem Moment arbeiten die Astronomen auf das „First Light“ Bild (die allererste Aufnahme) des SOFIA-Teleskops hin, welches nach derzeitigem Stand im November 2009 aufgenommen werden soll.

Einige Projekthintergründe

Der Name SOFIA steht für Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie. Dieses gewaltige Projekt wird zu 80% von der NASA, also amerikanischer Seite, und zu 20% von deutscher Seite finanziert. Die Aufgabe der deutschen Seite ist es, das 2,8-m-Spiegelteleskop zu entwickeln und zu bauen.

Die Abbildung unten zeigt das Flugzeug und das Teleskop. Besonders auffällig ist dort das ca. 3 m große Loch, durch das das Teleskop seine Bilder macht. Es musste viel Arbeit investiert werden, um das Eindringen von starken Luftwirbeln zu verhindern. Die Teleskopöffnung im Flugzeug wird durch ein „Rolltor“ verdeckt, das erst in der Flughöhe von 13–14 km geöffnet wird.



Illustration von SOFIA-Flugzeug und -Teleskop. Wahrscheinlich wird im Nov. 2009 das „First Light“-Bild gemacht werden. (DSI Stuttgart)

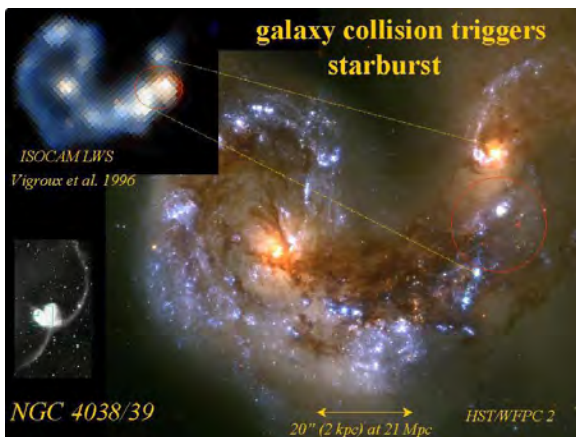
SOFIA kann voraussichtlich 7–8 h in der Flughöhe von 13–14 km bleiben. Diese Zeit ist stark vom Gesamtgewicht des Flugzeugs abhängig. Wenn das Flugzeug eine Tonne weniger wiegen würde, könnte es ca. 7 min länger in der Luft bleiben. Einen großen Anteil dabei hat das Teleskop. Damit das Flugzeug nicht in Schiefelage gerät, muss die Masse des Teleskops durch weitere Gewichte ausgeglichen werden. Deshalb

wurde das Teleskop sehr leicht gebaut.

SOFIA soll mehrmals pro Woche fliegen und auch ab und zu in Stuttgart landen.

SOFIAs Beobachtungsziele

SOFIA wird mit unterschiedlichen Instrumenten verschiedene Beobachtungen durchführen können. Es wird dabei in die Vergangenheit unseres Universums und in die Ursprünge von Galaxien schauen können. Das Licht, das wir von solchen Urgalaxien empfangen, ist ca. 13 Mrd. Jahre alt und somit im IR-Bereich beobachtbar. Eine weitere Hoffnung von Astronomen ist, mit SOFIA mehr über Kollisionen von Galaxien zu erfahren, die nach Modellrechnungen jeder Galaxie bereits ein- oder mehrmals widerfahren sind.



Antennengalaxie, die durch Zusammenstoß zweier Galaxien entstanden ist. Ein Teil der Galaxie ist durch eine Dunkelwolke verdeckt, wird aber in der IR-Strahlung sichtbar. (DSI Stuttgart)

In obenstehender Abbildung ist die Antennengalaxie zu sehen, die bei solch einem Zusammenstoß entstanden ist. Dabei treffen selten Sterne direkt aufeinander. Allerdings treffen öfters Gas- und Molekülwolken zusammen, wobei IR-Strahlung entsteht. Außerdem verlieren manche dieser Wolken ihren Drehimpuls um den Mittelpunkt ihrer Galaxie und stürzen zu ihm hin. Dort entstehen dann innerhalb kurzer Zeit viele neue Sterne und auch ein oder mehrere Schwarze Löcher. Dieser sog. aktive galaktische Kern sendet ebenfalls IR-Strahlung aus, die mit SOFIA gemessen werden soll.

Außer Galaxien wird SOFIA u. a. Sternentstehungsgebiete beobachten. Diese Gebiete sind

relativ kalt, sodass sie ideal für die Infrarot-Beobachtung sind. Um entstehende Sterne bilden sich oft zirkumstellare Staubscheiben, die der Geburtsort von Planeten sind.

Zusätzlich wird SOFIA auch Planeten in unserem Sonnensystem beobachten, um Informationen über ihre Oberflächen und Atmosphären zu gewinnen. Hierbei wird auch erhofft, dass SOFIA das Rätsel löst, wieso der Große Rote Fleck, ein Wirbelsturm auf dem Jupiter, rot ist.

SOFIA wird nicht nur große, sondern auch kleine Objekte wie Kometen und Asteroiden beobachten können. Durch die Beobachtung von Kometen, die aus Eis und Staub bestehen, bekommen wir einen Einblick in die Urmaterie aus der Entstehungszeit unseres Sonnensystems. Auch durch die Beobachtung von Asteroiden erhofft man sich, neue Informationen über jene Zeit zu erlangen. Außerdem sind Asteroiden Ziel für kommende Missionen.

Das letzte hier zu nennende Objekt ist die interstellare Materie (ISM). Sie befindet sich zwischen den Sternen und besteht hauptsächlich aus Gas und Staub. Ihre Gasdichte beträgt im Mittel 1 H-Atom pro cm^3 (auf der Erde kann ein derartiges Vakuum noch nicht erzeugt werden). Durch die Selbstgravitation können sich im Laufe von Millionen Jahren dichtere Wolken bilden, in denen dann neue Sterne entstehen. Die UV-Strahlungsenergie einiger Sterne löst chemische Reaktionen innerhalb der ISM aus. Bei einer Supernova wird die ISM durch schwere Elemente angereichert, die dann in die Chemie der Wolken einbezogen werden. Die Aufgabe von SOFIA wird sein, die unterschiedlichen Bestandteile der ISM und ihre chemischen Netzwerke zu ergründen.

Quellen

- [1] Alfred Krabbe, Ruth Titz, Hans-Peter Röser: „SOFIA oder: Warum Astronomen in die Luft gehen“, SuW 12/1999
- [2] Cecilia Scorza de Appl: „Astronomie in luftigen Höhen – Flugzeugsternwarten“, SuW 7/2008
- [3] Gespräche mit Dr. Thomas Keilig (DSI) und Ulrich Lampater (DSI)

Die Astro-Exkursion

PATRICIA KEPPLER, LUKAS BUSCHLE

Besuch im Kepler-Museum

Der 11. Tag der Science Academy war unser Exkursionstag. Nachdem wir uns überwunden hatten, früh aufzustehen, fuhren wir mit dem Zug nach Weil der Stadt zum Kepler-Museum. Dieses befindet sich im Geburtshaus von Johannes Kepler, was dem Museum einen zusätzlichen Reiz verleiht. Bei einer Führung durch das Museum wurden uns das Leben von Johannes Kepler, seine vielen Reisen, seine Entdeckungen und viele weitere Dinge sehr interessant dargestellt.



Mittagessen am Fuße des Kepler-Denkmal auf dem Marktplatz in Weil der Stadt.

Einige von diesen Informationen waren für uns anschauliche Wiederholungen, doch über viele Dinge staunten wir und sie versetzten uns zurück in die Zeit Keplers. Besonders faszinierten uns die alten, teils originalen Bücher, in denen Kepler seine Überlegungen niederschrieb. Auch die Vorstellung, die Kepler hatte, dass das Universum strikt nach geometrischen Grundprinzipien aufgebaut sei, fanden wir sehr interessant. Zwischendurch wurden uns Akkorde des Sonnensystems vorgespielt, die Kepler „komponier-

te“, indem er die Winkelgeschwindigkeiten der Planeten mit den Intervallen gleichsetzte. Diese Methode erntete einige schmunzelnde Gesichter, die allerdings bei den Informationen über den Hexenprozess gegen Keplers Mutter schnell wieder vergingen. Kepler schaffte es nach langem Kampf, dass seine Mutter als eine von wenigen Frauen freigesprochen wurde. Ganz zum Schluss durften wir noch einen zusammenfassenden Film über Keplers Leben anschauen.

Nach dieser tollen Führung saßen wir auf dem Marktplatz unter der Statue von Kepler und aßen unser mitgebrachtes Essen. Im Anschluss fuhren wir mit dem Zug nach Stuttgart zum DSI.

Stippvisite beim DSI-Direktor

Im Deutschen SOFIA-Institut (DSI) wurden wir von Prof. Dr. Alfred Krabbe, dem Institutsdirektor, erwartet. Nach einigen Minuten, in denen wir uns am Informationsstand bedienten, wurden wir in sein Büro gebeten, in dem wir uns auf dem Teppich niederließen. In seiner Vorstellung betonte Prof. Krabbe, dass ihm seine Familie genau so wichtig ist wie seine Arbeit. Auf die Frage, ob er nicht manchmal das Beobachten vermisste, meinte er, er habe inzwischen einen guten Mittelweg zwischen Beobachtung und Büroarbeit gefunden. Nach anfänglichen Hemmungen stellten wir Fragen. So wollten wir zum Beispiel wissen, was denn sein Spezialgebiet sei. Die Antwort bekamen wir in Präsentationen zu Jets und Exoplaneten.

Jets entstehen, wenn ein kosmisches Objekt Gas anzieht, welches sich dann um das Objekt und auch zu dem Objekt hin bewegt. Allerdings erreicht von diesem Gas nicht alles das Objekt, sondern ein Teil strömt senkrecht zur Rotationsebene des Objekts von dieser weg. Exoplaneten sind Planeten, die, wie unsere Erde, um einen anderen Stern kreisen. Es sind also Planeten außerhalb unseres Sonnensystems.

Eine der Aufgaben von SOFIA wird es sein, diese Planeten zu entdecken und weiter zu untersuchen.

Nachdem wir uns ca. 2 Stunden mit Prof. Dr. Krabbe unterhalten durften, fuhren wir wieder, beladen mit sehr vielen neuen Informationen



Der Leiter des DSI, Prof. Dr. Alfred Krabbe, erzählt begeistert von der Zukunft der astronomischen Forschung mit SOFIA.

und erfüllt mit wahnsinnig vielen Erlebnissen, zurück nach Adelsheim.

Gestatten? Wir, der Astronomiekurs!

ANNIKA FÄHNLE, MILA RÜDIGER

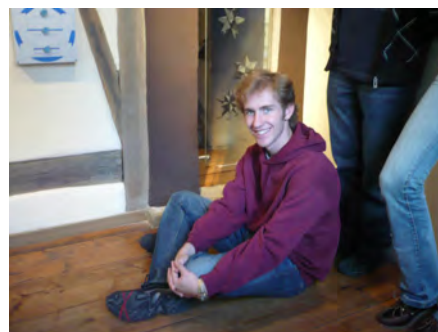
Cecilia: Unsere tolle und immer verständnisvolle Kursleiterin aus Venezuela, die uns die griechischen Mythen zu den Sternbildern wunderbar erzählen konnte. Mit ihrem sehr leckeren Kakao hat sie uns nach venezolanischer Tradition in ihr Herz aufgenommen.



Olaf: Unser Kursleiter war durch nichts aus der Ruhe zu bringen und sehr begeistert von seinem Fach. Er trank immer Keplerkaffee und war ein großer Fan der Flaschengloben. Jeden Abend zeigte er uns die Sterne mit seinem geliebten Laserpointer.



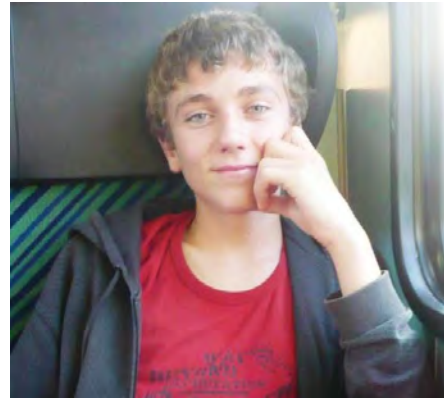
Lukas H.: Unser Schülermentor ist gar nicht so alt, wie er aussieht. Man kann ihn als die Ruhe in Person bezeichnen. Selbst wenn man einen Presslufthammer neben ihm laufen ließe, würde er vermutlich noch weiter „sein Ding durchziehen“. Er war ein gezwungenermaßen freiwilliger, sehr motivierter „Sternensänger“, der auch gerne einmal seine infantil gebliebene Seite zeigt und Unsinn macht.



Dominic: Er hatte während der Akademie den Spitznamen Spanier und lachte über so ziemlich alles, was man auch nur im Entferntesten als Witz verstehen konnte. Mit ihm konnte man sich sehr lange unterhalten und es war immer interessant.

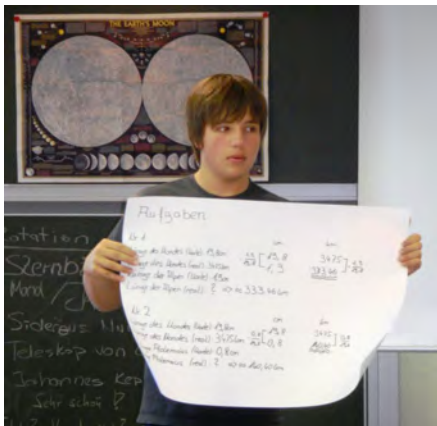


Simon: Der Oberschwoab aus dem „Ashtro-nomiekurs“ gehörte zur „SOFIA-Crew“ und weiß alles über dieses Teleskop. Simon ist bei so ziemlich allen Themen ein sehr interessanter Gesprächspartner und supernett noch dazu.



Robin: Er ist ein großer Mondexperte, was er auch bei der Nachtwanderung unter Beweis stellte, indem er andere Teilnehmer am Teleskop anleitete. Er war für jeden Spaß zu haben und sein Satz „... also dieser Galilei. Dein Referat ging doch über Galilei, oder?“ zeugt von seiner kurzzeitigen geistigen Abwesenheit.

Markus: Er konnte sein umfangreiches Fachwissen über Jupiter bei der Nachtwanderung preisgeben, wo er für das zweite Teleskop bzw. für die Anleitung der anderen Teilnehmer zuständig war. Neben seinen vielen konstruktiven Beiträgen machte er auch mit seinem überragenden Humor auf sich aufmerksam, der uns oft zu herzhaftem Lachen brachte.



Sven: Der Älteste unseres Kurses war der unangefochtene PowerPoint-Master. Wenn wir verzweifelten, sah Sven die Dinge gelassen und sorgte so für eine angenehme Arbeitsatmosphäre.



Jonathan: Er war zwar der Kleinste in unserem Kurs, aber ein großer Lehrer. Mit einer Engelsgeduld erklärte er uns Nachwuchsastronomen, wie man ein historisches Galilei-Teleskop bastelt. Außerdem versuchte er es mit seinen Gitarrenkünsten vergeblich, uns halbwegs saubere Töne singen zu lassen.



Aylin: Sie hat es während der Vorbereitung zur Abschlusspräsentation geschafft, unsere erhitzten Gemüter zu besänftigen und uns mit ihrer netten Art zu einer friedlichen Zusammenarbeit zu bewegen. Als Expertin für Kepler war für sie der Besuch in dessen Geburtshaus eine willkommene Ergänzung.



Leonie: Ist sie der verschollene Zwilling von Aylin? Wir wissen es nicht, doch die Bilder sprechen für sich. Sie liebt die Theorie sowie



die Logik und daher beschäftigte sie sich auch mit den Keplerschen Gesetzen. Außerdem war sie so vom „Sternensingen“ begeistert, dass sie sogar mit ihrem gebastelten Sternenstirnband in die Schule gegangen ist.

Mila: Bei der Nachtwanderung stellte sie ihr Wissen über die Sternbilder unter Beweis, als sie ein Herbstviereck zeigte, von dem ein Stern leider nicht an seinem Platz bleiben wollte, bzw. gar kein Stern war. Doch auch dies nahm sie mit Humor, da man mit ihr über alles lachen kann.



Annika: Auch sie gehörte bei der Nachtwanderung der super orientierten Gruppe 3 an und konnte dabei ihre Kenntnisse über die Geschichten der Sternbilder zeigen. Ihre allgemeine Verpeiltheit spiegelte sich häufig durch den Satz „Ich hab’ meine Brille oben gelassen, kann ich sie rasch holen?“ wieder. Außerdem war sie diejenige, die mit Abstand die meisten Fragen gestellt hat, oft auch zur allgemeinen Erheiterung. Auch über ihre Bemerkungen konnte der Kurs mit ihr viel lachen („Der Stern bewegt sich!“)



Lukas B.: Er war zu Beginn der Akademie Patricias ganz besonderer Freund, und ihre kurzweiligen Wortgefechte amüsierten uns alle. Lukas sagte einem immer ganz offen, was er zu einer Sache dachte, und man konnte mit ihm sehr gut debattieren. Außerdem stellte er seine Fähigkeiten im Präsentieren unter Beweis.



Patricia: Unsere Raupe Nimmersatt wusste immer, wann es was zu essen gibt. Sie trug viele Namen, nur nicht ihren eigenen: Paddy, Rebecca, Franzi u. v. m. Doch die temperamentvolle Patricia Keppler – ihr Stammbaum wird von uns noch untersucht werden müssen – ließ sich davon nicht beeinflussen. Mit ihrem stets fröhlichen Gemüt gab es immer viel zu lachen!

