

# Geschichte der Astronomie

**Präsentation der Professoren**

[Geschichte der Astronomie](#) 

## **Inhaltsverzeichnis**

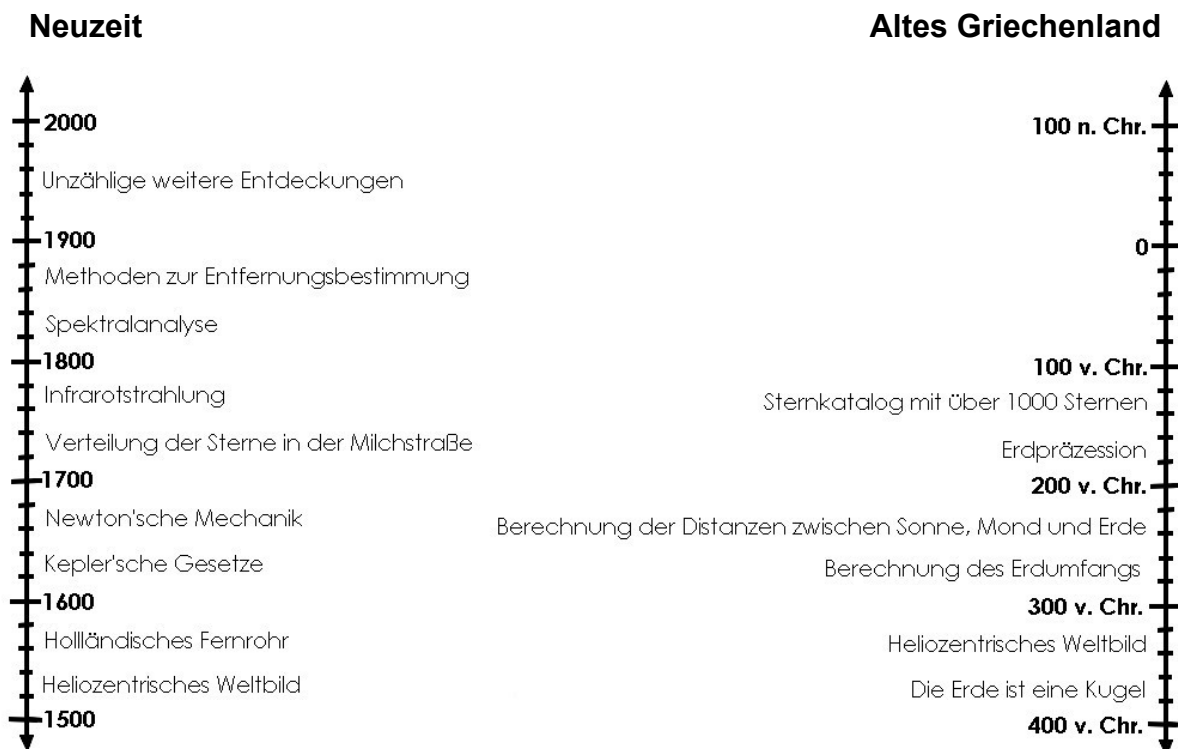
Überblick.....	1
Altsteinzeit.....	2
Jungsteinzeit.....	3
Frühe Hochkulturen.....	3
Alte Griechen.....	4
Mittelalter.....	8
Neuzeit.....	8
Pioniere in der Astronomie.....	10
Psychologische Effekte.....	18
Die Zukunft der Astronomie.....	19

## Überblick

Dieses Skriptum beschäftigt sich ausschließlich mit der Geschichte der Astronomie. Wenn eine Theorie entwickelt worden ist, wird in diesem Skriptum nur beschrieben, wie es dazu kam. Die Erklärung der Theorie folgt dann im thematisch dazu passenden Skriptum.

In den meisten Kulturen wurde die Astronomie vor allem für die Zeitmessung und die Orientierung (Himmelsrichtungen) verwendet. Sonst wurde der Nachthimmel vor allem mystisch interpretiert. Für diesen Zweck wurden auch Sternbahnen erforscht, um die Gräber danach auszurichten.

Exaktere Forschung gab es nur bei den alten Griechen und in der heutigen Kultur. Die alten Griechen konnten dank geometrischer Überlegungen Aufbau, Bewegungen und Maßstäbe innerhalb des Sonnensystems schon recht gut abschätzen. In der heutigen Kultur kann man durch Messung aller elektromagnetischen Wellen, Neutrinos und Gravitationswellen, dank Weltraummissionen und dank fundierter physikalischer Theorien zu einem noch genaueren Wissensstand kommen.



**Abb.1.1.: Die Entwicklungen im alten Griechenland und in der Neuzeit zum Vergleich**

Man erkennt, dass sich die Astronomie schon am Anfang in der Neuzeit viel schneller entwickelt hat. Am Ende hört die Entwicklung der Astronomie im alten Griechenland auf, während sie bei uns immer schneller voranschreitet.

## Altsteinzeit

### Anfänge der wissenschaftlichen Forschung

Der Homo sapiens war am Anfang ein ganz normales Tier wie jedes andere. Er hat sich aber aufgrund einer ganz wesentlichen Eigenschaft von allen anderen Tierarten unterschieden: Er war neugierig. Er hat versucht herauszufinden, wieso die Dinge so sind, wie sie sind und nachdem er das herausgefunden hat, konnte er sie zu seinem Vorteil nutzen. Zum Beispiel hat sich der Homo sapiens dafür interessiert, wie das Feuer funktioniert. Dabei hat er entdeckt, dass es Licht und Wärme liefert. Das hat ihm geholfen, die Eiszeit zu überstehen. Diese Eigenschaft, durch die sich der Mensch so sehr von den anderen Arten abhebt, ist der wissenschaftliche Forschungsdrang.

### Anfänge der Astronomie

Der Mensch hat sich auch schon in der Altsteinzeit für die Vorgänge am Himmel interessiert. Das erkennt man daran, dass man es damals schon geschafft hat, die Gräber exakt in Ost-West-Richtung auszurichten. Der Mensch hat wohl schon in der Altsteinzeit festgestellt, dass die Sonne regelmäßig auf- und untergeht und dass man aus der Bahn der Sonne erkennen kann, ob es wärmer oder kälter wird. Am Anfang schienen viele Informationen unnötig, die aber später das Weiterleben der Menschen stark verbesserten.

## Jungsteinzeit

Der erste große Nutzen der Astronomie war die Zeitmessung. Nur dank der Zeitmessung war es möglich, dass sich die Menschen zu Ackerbauern und Viehzüchtern entwickelten. Woher sonst sollten die Menschen wissen, wann die beste Zeit für die Aussaat oder für die Jagd ist? Dank Ackerbau und Viehzucht mussten die Menschen nicht mehr so viel Zeit für die Nahrungsbeschaffung verwenden und konnten viele andere nützliche Dinge tun. Aufgrund der Erfindung der Zeitmessung konnte es zu jeder Menge anderer Erfindungen kommen.

[Fast alle Kalender basierten auf den Lauf von Sonne und Mond ↗](#)

## Frühe Hochkulturen

Da die Sterne so unfassbar weit weg waren, taten sich alte Kulturen sehr schwer damit, etwas über die Sterne herauszufinden. Sie konnten zwar die Bahnen der sichtbaren Sterne und einiger Planeten schon sehr genau vorhersagen (das war auch beispielsweise für die Orientierung bei der Schifffahrt sehr praktisch), über die Ursachen war aber kaum etwas bekannt. Immer, wenn die Menschen wenig wissen, regt das ihre Fantasie an. So interpretierten sie bald in sämtliche Himmelsereignisse irgendwelche Gottheiten hinein. Es gab in den meisten alten Kulturen irgendeinen Sonnengott und irgendeinen Mondgott und in die zufälligen Konstellationen der Sterne wurden Figuren hineininterpretiert, die sich auf die Zukunft auswirken sollten. Manche Menschen konnten damals schon Sonnen- und Mondfinsternisse vorausberechnen, die breite Masse hatte davon aber keine Ahnung. Auf diese Art und Weise konnten sie ihren Mitmenschen vorgaukeln, dass sie Hellseher wären und damit viel Macht und Einfluss erlangen. Ausläufer dieses Aberglaubens finden sich noch heute in den Horoskopen.



**Abb. 1.2.: Sternbilder**

Viele alte Kulturen sahen in der zufälligen Anordnung der Sterne Figuren, in die sie Gottheiten hineininterpretierten, die Auswirkung auf das Schicksal haben. Wie man in der Abbildung sieht, sind die Abbildungen nur mit viel Fantasie zu erkennen.

## Alte Griechen

Die alten Griechen wussten bereits vor mehr als 2000 Jahren Dinge, von denen die Menschen im Mittelalter nur träumen konnten.

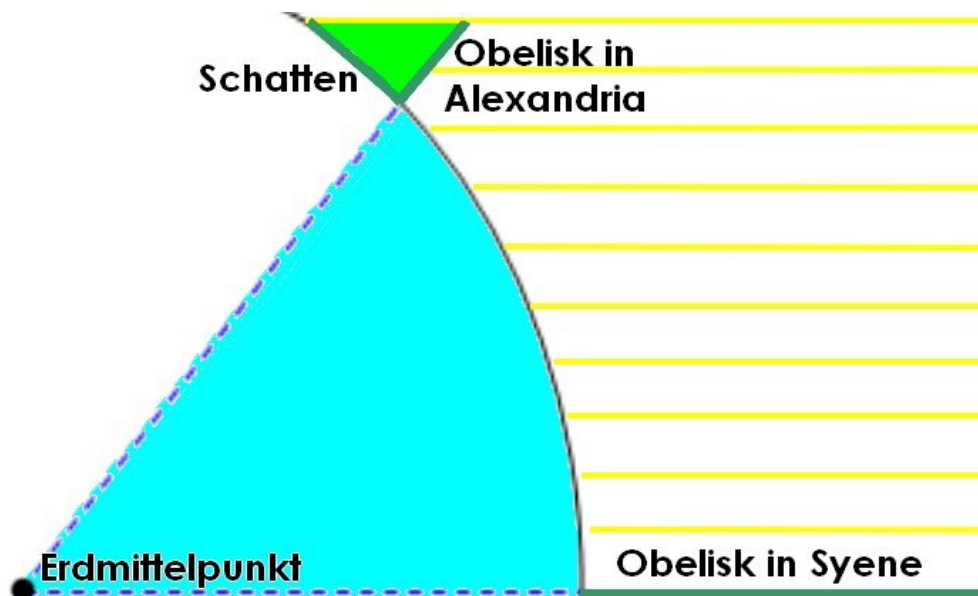
### Die Erde als Kugel

Aristoteles konnte schon im 4. Jahrhundert vor Christus feststellen, dass die Erde eine Kugel sein muss und zwar aus den unterschiedlichsten Gründen:

- Der Horizont bildet einen Kreis. Je höher man steht, desto weiter wird er.
- Steht man am Meer und es taucht ein Schiff auf, sieht man zuerst den Mast, viel später den Schiffsrumpf.
- Bei einer Mondfinsternis bildet sich ein gerundeter Erdschatten auf dem Mond ab.
- Weiter südlich sieht man andere Sterne am Himmel als weiter nördlich.

### Berechnung des Erdumfangs

Nur ein Jahrhundert später kam Eratosthenes sogar noch weiter. Er konnte sich nur aufgrund der Schattenlänge von Obelisken in Alexandria und Syene den Umfang der Erde ausrechnen. Wenn Kolumbus das gewusst hätte, hätte er sich vielleicht gar nicht auf die Suche nach dem Seeweg nach Indien gemacht!

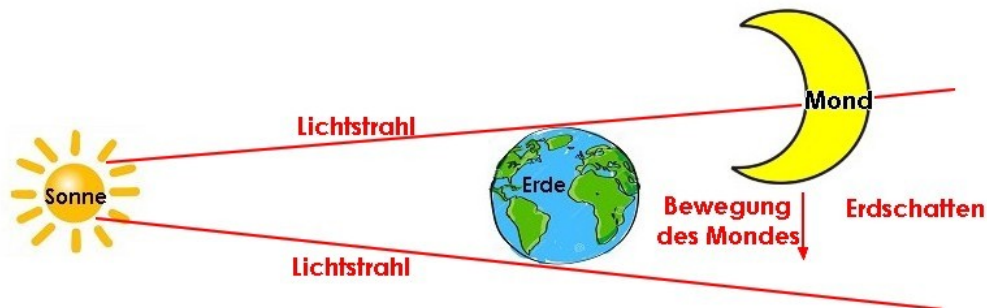


**Abb. 1.3.: Berechnung des Erdumfangs nach Eratosthenes**

Da die Sonne sehr viel größer als die Erde ist, können die Sonnenstrahlen näherungsweise als parallel betrachtet werden. Aus der Höhe des Obelisken und der Länge des Schattens in Syene kann sich Eratosthenes den Winkel der einfallenden Sonnenstrahlen ausrechnen (grünes Dreieck). Da der Obelisk in Alexandria zu Mittag keinen Schatten wirft, weil er parallel zu den Sonnenstrahlen steht, ist das derselbe Winkel wie jener der Obelisken zueinander. Wenn Eratosthenes die Obelisken fiktiv ins Erdinnere verlängert, treffen sie sich im Erdmittelpunkt (blaues Dreieck). Aus dem Radius oder dem inneren Winkel des Dreiecks kann sich Eratosthenes den Erdumfang ausrechnen.

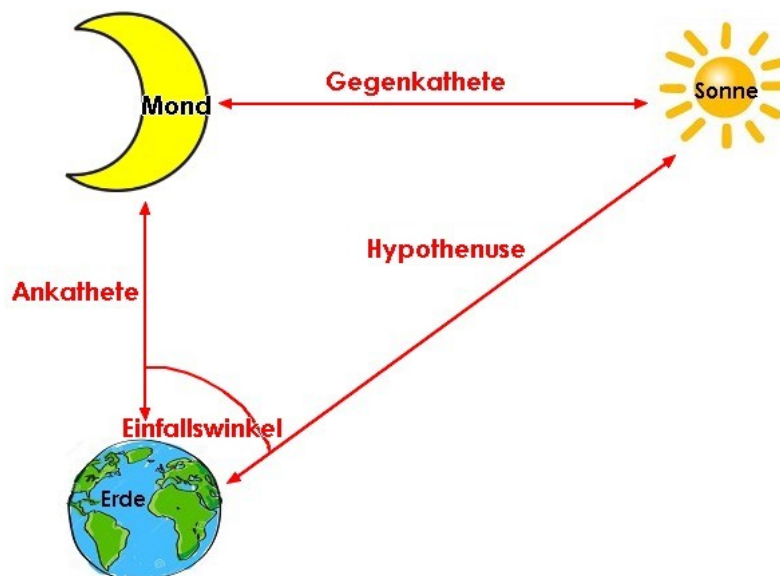
### Berechnung des Abstands zwischen Sonne, Mond und Erde

Noch im selben Jahrhundert brachte Aristarch von Samos die Wissenschaft noch ein Stück weiter: Er schaffte es, die Größen und Entfernungen von Sonne und Mond zu berechnen.



#### Abb. 1.4.: Berechnung des Abstands zwischen Erde und Mond

Bei einer Mondfinsternis, geht der Mond durch den Erdschatten, so dass er das weiße Licht, das direkt von der Sonne kommt, nicht mehr reflektieren kann. Der Erdschatten ist ungefähr so groß wie die Erde. Aus der Dauer, wie lange der Mond benötigt, um zur Gänze von der Erde verdeckt zu sein (Mond Durchmesser) und der Zeitdauer für die Durchquerung des Erdschattens, kann Eratosthenes auf die Größe des Mondes schließen. Aus dem Verhältnis zwischen scheinbarer und tatsächlicher Mondgröße kann Eratosthenes auf die Entfernung des Mondes schließen.

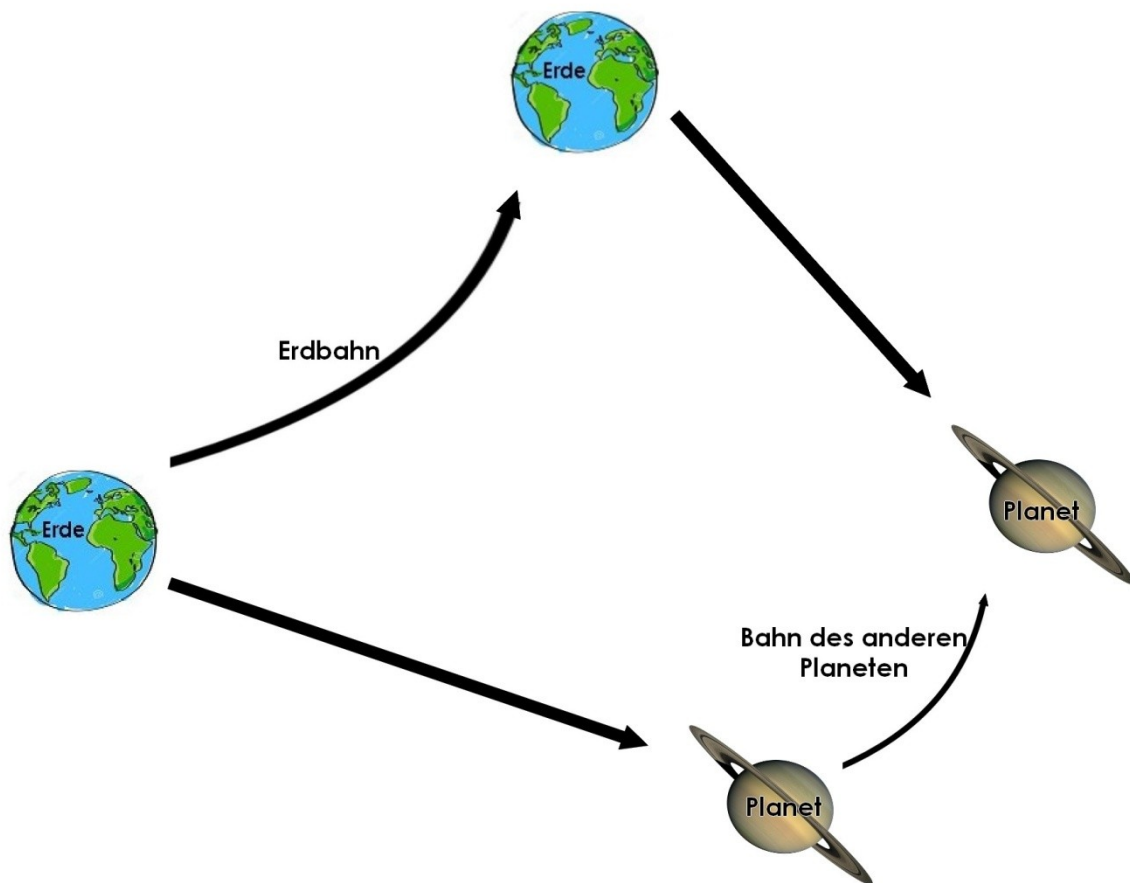


#### Abb. 1.5.: Berechnung des Abstands zwischen Erde und Sonne

Bei Halbmond wird der Teil des Mondes, der von der Erde aus sichtbar ist, genau zur Hälfte beleuchtet, weil die Sonne im rechten Winkel zum Abstand der Erde ist. Eratosthenes misst den Einfallswinkel der Sonnenstrahlen (zum Beispiel wieder mit den Obelisken) und kennt den Abstand zwischen Sonne und Mond. Daraus kann er sich mit Hilfe der Winkelfunktionen die Länge der Hypotenuse ausrechnen. Aus Entfernung und scheinbarer Größe der Sonne berechnete Eratosthenes die tatsächliche Größe der Sonne.

## Entwicklung von geozentrischem und heliozentrischem Weltbild

Im alten Griechenland beobachtete man auch schon sehr genau die Sterne. Man erkannte, dass fast alle Sterne dieselbe Bahn am Himmel haben (das liegt daran, dass sich die Erde in Bezug auf den Fixsternhimmel dreht). Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn hatten jedoch andere Bahnen und wurden deshalb als Planeten bezeichnet. Nach den 7 Planeten wurden auch die 7 Wochentage festgelegt, die wir noch heute verwenden. So war zum Beispiel der Sonntag der Tag der Sonne, der Montag der Tag des Mondes und so weiter.



### Abb. 1.6.: Zustandekommen der Epizykel

Wenn die Erde einen anderen Planeten überholt, sieht das so aus, als würde sich der Planet nach hinten bewegen, weil sich der Planet zuerst in Blickrichtung vorne und dann in Blickrichtung hinten befindet. Glaubt man an ein geozentrisches Weltbild, muss man eine Erklärung dafür finden: Die Epizykel. Das sollten kleine Kreise sein, die die Planeten auf ihrer Umlaufbahn um die Erde einlegen.

Erst als man erkannte, dass die Sonne in der Mitte steht und die Umlaufbahnen der Planeten leicht elliptisch sind, konnte man auf die Epizykel-Theorie verzichten. Daher wurde schon im alten Griechenland das heliozentrische Weltbild populär.

## Weitere Entdeckungen

Hipparchos und Archimedes arbeiteten im Jahr 150 vor Christus zusammen. Sie beobachteten die Bahnen von mehr als 1000 Sternen. Durch minimale Abweichungen dieser Sterne konnten sie feststellen, dass die Erde eine Präzessionsbewegung durchführt.

## **Richtige, aber unbewiesene Ideen**

Auch Demokrit hatte schon einige zutreffende Ideen, die er jedoch nicht beweisen konnte. So vermutete er beispielsweise, dass die anderen Sterne - genauso wie die Sonne - von Planeten umkreist werden und dass alle Elemente aus Atomen bestehen. Er hatte aber auch einige falsche Vermutungen, wie zum Beispiel, dass sich Elektronen genauso verhalten, wie Planeten.

## **Mittelalter**

Im Mittelalter hatte die Kirche die Vorherrschaft. Alle Meinungen, die der Bibel widersprachen, wurden im Mittelalter unterdrückt. Dadurch konnten sich wissenschaftliche Erkenntnisse nicht so gut ausbreiten und speziell in der Astronomie ging nichts weiter. Die Menschen hatten sich natürlich trotzdem wissenschaftliche Gedanken - auch über die Astronomie - gemacht. Zum Beispiel war es einigen mittelalterlichen Gelehrten schon klar, dass die Erde rund ist, aus denselben offensichtlichen Gründen aus denen es auch die Griechen schon herausgefunden hatten. Allerdings sind solche Meinungen kaum an die Öffentlichkeit gedrungen, weil die Kirche sie unterdrückt hat und Leute, die solche Meinungen äußerten, als Ketzer umgebracht worden sind.

## **Neuzeit**

### **Die Stärkung der Wissenschaft gegenüber der Kirche**

Die Lage besserte sich erst, als Galilei die 4 Galilei'schen Monde entdeckte. Die gängige Lehre der Kirche war, dass sich alle Himmelskörper um die Erde drehen. Dadurch, dass jeder durch das Fernrohr die Monde selber beobachten konnte, vermochte die Kirche die Wahrheit nicht weiter zu unterdrücken. Das führte dazu, dass viele neue wissenschaftliche Entdeckungen gemacht wurden. Viele Erkenntnisse, die die Griechen schon gemacht hatten, mussten mühsam wieder errungen werden. So war zum Beispiel die Entdeckung Amerikas, mit der die Neuzeit offiziell begonnen hat, eigentlich ein Rückschritt. Eratosthenes hatte ja schon längst ausgerechnet, dass der Weg in der anderen Richtung um die Erde herum nach Indien viel länger sein müsste. Manche Erkenntnisse der alten Griechen wurden auch durch archäologische Ausgrabungen wiederentdeckt oder durch die Araber überliefert, die damals weniger wissenschaftsfeindlich als die Europäer gewesen sind.

### **Die Verbesserung der Astronomie durch bessere Instrumente**

Einen großen Aufschwung gab es dadurch, dass immer bessere Instrumente gebaut wurden. Nicht nur, dass die Genauigkeit im sichtbaren Wellenlängenbereich erhöht wurde, man fing auch an, elektromagnetische Wellen zu messen, die sich weit außerhalb des sichtbaren Wellenlängenbereichs befinden. Nachdem Herschel 1800 die unsichtbaren Wellenlängen entdeckt hatte, benutzte Stokes 1852 erstmals die ultravioletten Wellenlängen zur Forschung. Eine weitere wichtige Verbesserung war die Entdeckung der Fraunhoferlinien, mit denen man etwas über die Stoffe herausfinden kann, aus denen ein Stern entsteht. 1838 konnten Bessel, Struve und Hendersson dank der verbesserten Instrumente die ersten Sternparallaxen

messen und damit die Distanz zu einigen nahen Sternen herauszufinden. Die Erfindung des Photomultipliers war wichtig, um etwas über die Helligkeit der Sterne aussagen zu können. Ende des 20. Jahrhunderts kam man auf die Idee, nicht nur elektromagnetische Wellen für die astronomische Forschung zu benutzen. Man begann mit zwei neuen Beobachtungsmethoden, der Neutrino- und der Gravitationswellendetektion. Da das sehr neue Forschungsgebiete sind, kann der Erfolg dieser Methoden noch nicht abgeschätzt werden. Ein weiterer großer Vorteil war es, Instrumente im Weltall zu positionieren. Die Erdatmosphäre behindert nämlich den Großteil der elektromagnetischen Strahlung. Dieses Problem kann man umgehen, indem man die Instrumente aus der Erdatmosphäre herausbringt. Viele dieser Sonden konnten das Universum viel genauer unter die Lupe nehmen. So schaffte es die Raumsonde Hipparcos erstmals die Position und Entfernung von 118.000 Sternen anzugeben. Für die Erforschung von Exoplaneten ist eine hohe Genauigkeit unerlässlich. Die Raumsonde Kepler konnte bis 2016 mehr als 5000 Exoplaneten beobachten. COBE und W-Map betrachteten die kosmische Hintergrundstrahlung genauer, wobei COBE erstmals geringfügige Temperaturunterschiede von nur einem zehntausendstel Kelvin messen konnte. SOHO, MOST, COROT und Kepler betrachteten die Pulsationen der Sonne genauer. Auch Instrumente, die nicht in die Umlaufbahn geschickt worden sind, können diese Effekte zumindest teilweise ausgleichen, indem sie die Ablenkung der Strahlen wegrechnen. Dieses System nennt man adaptive Optik. Das funktioniert allerdings nur für die Strahlen, die von der Atmosphäre abgelenkt werden und nicht für die, die von der Atmosphäre ganz verschluckt werden.

[Das Skriptum über astronomische Instrumente](#) ⓘ

### **Die Verbesserung der Astronomie durch physikalische Theorien**

Mit der Newton'schen Gravitationstheorie konnten die Bahnen der Himmelskörper besser verstanden werden. Durch diese Theorie konnte man Neptun finden, weil man seine Bahn aus der Abweichung der Uranusbahn vorausberechnen konnte. Auch der Planet 9 wurde auf diese Art vorhergesagt. Neben den Planeten unseres Sonnensystems kann man auch Planeten in anderen Sonnensystemen aufgrund ihrer gravitativen Wechselwirkung entdecken. Mit dieser Methode konnten Mayor und Queloz 1995 erstmals die Existenz eines Exoplaneten beweisen. Seitdem wurden mehr als 5000 Exoplaneten entdeckt.

Eine weitere wichtige Theorie ist die Relativitätstheorie, die vor allem Eigenschaften von sehr schnellen und sehr massereichen Teilchen erklärt. Die Aussagen dieser Theorie ermöglichten erst die Erforschung des Weltalls mittels Neutrinos (aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit) und Gravitationswellen (ohne Relativitätstheorie wüsste man nicht einmal von ihrer Existenz). Außerdem lässt sich nur durch die Relativitätstheorie der Aufbau der Sterne (aufgrund ihrer Masse) verstehen.

### **Die Finanzierung der Wissenschaft durch Wettrüsten**

Nach dem zweiten Weltkrieg begann der sogenannte kalte Krieg zwischen Russland und den USA. Kriegerische Auseinandersetzungen gab es höchstens in Vertreterländern (z.B. Vietnam) einen direkten Krieg trauten sich beide Kriegsparteien nicht anzufangen, weil beide über Atombomben verfügten. Sie kauften allerdings teure Militärtechnik um dem jeweils anderen Staat zu zeigen, dass man militärisch überlegen wäre und der andere Staat besser nicht angreifen soll. Diese Überlegenheit versuchten die Nationen auch durch einen Wettlauf in der Weltraumfahrt zu beweisen. Dabei ging es nicht um neue wissenschaftliche Erkenntnisse, sondern nur darum, mit neuen Rekorden die eigene Überlegenheit zu demonstrieren. Auch

auf die Sicherheit der Astronauten wurde wenig Wert gelegt: Fast alle Raummissionen scheiterten damals. Russland schickte den ersten Menschen ins All und das erste Raumfahrzeug zum Mond, die USA konnten mit dem ersten Menschen, der am Mond landete punkten.

### **Die Weiterentwicklung der Raumfahrt**

Nach der ersten Mondlandung schickten die USA noch weitere Menschen ins All. Auch die weiteren Landungen dienten hauptsächlich zur Demonstration der Überlegenheit. Nach 10 Jahren wurden die bemannten Mondmissionen eingestellt. Dafür konzentrierte man sich auf unbemannte Missionen. Die sind viel billiger (Atemluftmitnahme und Nahrungsmittelnahme entfallen) und können auch mehr erforschen (Die Astronauten mussten schnell wieder zurückkehren, bevor ihr Vorrat an Luft und Nahrungsmitteln aufgebraucht war). Mit solchen unbemannten Raummissionen wurden bereits alle Planeten und auch einige Kometen, Asteroiden und Zwergplaneten angeflogen. Besondere Bedeutung hat die Raumfahrt im Erdorbit gewonnen. Aus astronomischer Sicht ist es für astronomische Instrumente sehr sinnvoll, sie im Orbit zu positionieren, weil die Auflösung besser ist, wenn die Atmosphäre nicht die Sicht versperrt. Außerdem gibt es viele praktische Anwendungen von Satelliten: So ist zum Beispiel ein Navigationssystem (GPS/Galileo) nur durch Satelliten möglich. Die menschliche Raumfahrt geht derzeit nicht weiter, als bis zur internationalen Raumstation ISS, die sich ebenfalls in der Erdumlaufbahn befindet.

[Genauere Beschreibung der Raumfahrt im Skriptum über die Erforschung der \(Exo\)planeten](#)



## **Pioniere in der Astronomie**

In der Geschichte der Astronomie ist auffällig, dass oft einige wenige Genies ganz viele neue Erkenntnisse brachten. Hier werden die wichtigsten Pioniere der Neuzeit und ihre Erkenntnisse kurz aufgezählt.

### **Nikolaus Kopernikus (1473 – 1543)**

Nikolaus Kopernikus ist erstmals seit den alten Griechen wieder auf die Idee gekommen, dass sich nicht die Sonne um die Erde, sondern umgekehrt, die Erde um die Sonne dreht. Die Lehre der Kirche hielt über Jahrhunderte an einem geozentrischen Weltbild fest, deshalb hielt man an einer dazupassenden Erklärung für die "unerklärliche" Rückwärtsbewegung der Planeten fest (Epizykeltheorie). Erst Kopernikus konnte berechnen, dass Epizykel für die Erklärung der Rückwärtsbewegung nicht erforderlich sind, wenn die Planeten um die Sonne, statt um die Erde kreisen. Die kleinen Restepizykel führte er auf die Messungenauigkeit zurück. Tatsächlich kamen sie aber daher, dass Kopernikus noch von exakten Kreisbahnen ausgegangen war, statt um fast kreisförmige Ellipsen.

### **Tycho Brahe (1546 – 1601)**

Tycho Brahe zeichnete sich dadurch aus, dass er besonders viel beobachtete. Er schrieb als erster einen Bericht über die Beobachtung einer Supernova. Außerdem widmete er sich sehr intensiv der Beobachtung des Mars. Auch einen Sternkatalog (die „Rudolfinischen Tafeln“)

wollte er anlegen, starb aber vor der Fertigstellung. Als er einmal auf der Uranienburg war, wo es kein Fernrohr zum Beobachten gab, erfand er das Visiergerät, um trotzdem mit der Forschung weiterzukommen. Tycho Brahe versuchte das geozentrische und das heliozentrische Weltbild zu vereinen. Er glaubte, dass Sonne und Mond um die Erde kreisen, während alle anderen Planeten um die Sonne kreisen. Seine Berechnungen scheiterten an der Realität.

### **Giordano Bruno (1548 – 1600)**

Giordano Bruno stellte viele Vermutungen an, die sich im Nachhinein als richtig erwiesen: Er war einer der ersten, die an das heliozentrische Weltbild glaubten. Außerdem vermutete er, dass das Universum unendlich wäre und aus unendlich vielen Sternen, Planeten und Lebewesen besteht.

### **Hans Lipperhey (1570 - 1619)**

Hans Lipperhey erfand das Holländische Fernrohr und ermöglichte damit eine Vielzahl von Entdeckungen. Allerdings konnte er davon nicht selber profitieren, weil Gallilei das Fernrohr nachbaute, und als seine eigene Erfindung vermarktete. Mithilfe dieses Fernrohrs konnte Gallilei als erster Mensch die Sonnenflecken, die Phasen der Venus und die Saturnringe beobachten. Besonders interessant war die Beobachtung der Krater auf dem Mond, weil davor die Kirche propagierte, dass die Planeten alle göttlich und somit perfekt rund wären. Gemeinsam mit der Entdeckung der Gallilei'schen Monde wurde die Ansicht populärer, dass die anderen Planeten ähnlich wie die Erde sind.

### **Johannes Kepler (1571 – 1630)**

Johannes Kepler beschäftigte sich mit den Bahnen von Planeten. 1602 stellte er fest, dass die Umlaufbahn der Planeten Ellipsen sein mussten. Damit funktionierte das heliozentrische Weltbild erstmals gänzlich ohne Epizykel. Er beschäftigte sich auch mit dem Zusammenhang zwischen Entfernung zur Sonne und der Umlaufbahn. Diesbezüglich veröffentlichte er 1609 den Flächensatz und 1619 das Gesetz von Umlaufzeit und Radius.

### **Simon Marius (1573 – 1624)**

Simon Marius beschrieb als erster den Andromedanebel.

### **Christoph Scheiner (1573 – 1650)**

Christoph Scheiner beschäftigte sich mit Sonnenflecken. Weil sich die Sonnenflecken alle in die gleiche Richtung bewegen, konnte er erkennen, dass sich die Sonne um ihre eigene Achse dreht.

### **Giovanni Domenico Cassini (1625 – 1712)**

Giovanni Domenico Cassini hat sich mit der Erforschung des Saturn beschäftigt. Dabei entdeckte er vier Saturnmonde und die Unterteilung der Saturnringe. Außerdem fiel ihm als erster auf, dass die Erde nicht komplett rund, sondern an den Polen leicht abgeflacht ist.

**Christian Huygens (1629 – 1695)**

Huygens ist ein bekannter Physiker, der viele physikalische Theorien erweitert und verbessert hat. Er hat sich auch mit Astronomie befasst und dabei erstmals die Saturnringe entdeckt.

**George Samuel Dörfel (1644 – 1688)**

George Dörfel stellte als erster fest, dass sich Kometen in der Form einer Parabel um die Sonne bewegen. Das ist deshalb interessant, weil eine Parabel nicht geschlossen ist, die Kometen sollten also laut seiner Theorie nicht wiederkehren.

**Isaac Newton (1643 – 1727)**

Isaac Newton war vor allem ein Physiker, aber seine Errungenschaften waren auch für die Astronomie interessant. Die Newton'sche Mechanik, insbesondere das Gravitationsgesetz, konnte die Bahnen der Planeten viel exakter erklären, als die Kepler'schen Gesetze. Besonders wichtig für die Astronomie ist auch die Weiterentwicklung der Optik gewesen. Mit den von Newton erfundenen Spiegelteleskopen konnte man viel genauere Beobachtungen machen. Außerdem erfand Newton die Infinitesimalrechnung.

**Ole Römer (1644 – 1710)**

Ole Römer wurde dafür bekannt, dass er als erster entdeckte, dass das Licht eine endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit hat. Das gelang ihm durch Zufall: Eigentlich wollte sich Römer mit dem Umlauf des Jupitermondes Io um den Jupiter beschäftigen. Dabei fiel ihm auf, dass Io mit der Zeit „nachging“. Der Grund: Weil sich der Jupiter auf der anderen Seite der Sonne befand, benötigte das Licht länger bis es ins Fernrohr von Ole Römer fällt. Römer hat dadurch den Umlauf des Io erst später wahrgenommen.

**Edmund Halley (1656 – 1741)**

Edmund Halley versuchte sich die Bahnen der Kometen mit der Newton'schen Gravitationstheorie auszurechnen. Dabei entdeckte er den nach ihm benannten Halley'schen Kometen. Das ist der erste entdeckte Komet, der periodisch wiederkehrt. Damit war bewiesen, dass die Kometen nicht alle in Form von Parabeln fliegen (weil die Kometen würden dann ja nicht wieder zurückkommen), sondern in einer langgestreckten elliptischen Bahn. Außerdem schaffte es Halley die Bewegungen der Fixsterne zu beschreiben.

**Johann Heinrich Lambert (1728 – 1777)**

Johann Heinrich Lambert fiel auf, dass sich die Sterne nicht gleichmäßig über den Himmel verteilen. Aus der Anordnung der Sterne konnte er erkennen, dass sich die Sterne in der Milchstraße in einer Scheibe anordnen.

### **Joseph Luis Lagrange (1736 – 1813)**

Die Lagrangepunkte sind die Orte, an denen sich die Gravitation von zwei Himmelskörpern (nahezu) ausgleicht, sodass insgesamt keine Anziehungskraft wirkt. Diese Punkte wurden nicht von Lagrange entdeckt, sondern waren schon vorher bekannt. Lagrange hat es als erster geschafft, solche Punkte auch auszurechnen, wenn mehr als zwei Objekte beteiligt sind, also wo sich die Gravitation von mehr als zwei Himmelskörpern ausgleichen muss. Allerdings war ihm das nur möglich, wenn die Masse der weiteren Himmelskörper vernachlässigbar klein war. Die Lösung der Gleichung für größere Himmelskörper ist bewiesenermaßen mathematisch gesehen unmöglich.

### **Wilhelm Herschel (1738 – 1822)**

Wilhelm Herschel erkannte als erster, dass es neben dem sichtbaren Licht noch andere, für uns nicht mehr sichtbare Wellenlängen, gibt. Da die meisten Lichtwellen nicht im sichtbaren Wellenlängenbereich sind, eröffneten sich damit ganz neue Möglichkeiten für die astronomische Forschung. Auch sonst machte er viele interessante Entdeckungen: Er erforschte den Aufbau der Milchstraße und schaffte es dabei, als erster zu bestimmen, wo sich die Erde in der Milchstraße befindet. Mit dem Uranus entdeckte er erstmals einen Planeten, der nicht mit freiem Auge sichtbar war. Außerdem verzeichnete er im Herschelkatalog so viele Sterne, wie noch niemand vor ihm, darunter zahlreiche Doppelsterne.

### **Johann Bode (1747 – 1826)**

Johann Bode stellte eine zufällige regelmäßige Verteilung der Planetenbahnen fest. Durch diese Reihe kam er zu der Annahme, dass sich zwischen Mars und Jupiter ein weiterer Planet befinden müsste. Daraufhin wurde in diesem Bereich Ceres, der erste Gesteinsbrocken des Asteroidengürtels, gefunden. Er wurde zuerst als Planet eingestuft, aber, als immer mehr Gesteinsbrocken in diesem Bereich entdeckt wurden, die zunächst alle als Planeten eingestuft worden waren, kam eine unübersichtlich große Zahl an Planeten heraus. Deshalb bezeichnete man alle Gesteinsbrocken in diesem Gebiet als Asteroiden.

### **Joseph Fraunhofer (1787 – 1826)**

Joseph Fraunhofer machte eine weitere wichtige Entdeckung: Er fand heraus, dass im Spektrum eines beobachteten Objekts einzelne Bereiche fehlen. Das liegt daran, dass bestimmte Stoffe bestimmte Wellenlängen verschlucken. Diese Bereiche wurden Fraunhoferlinien genannt. Für die Astronomie war diese Erkenntnis extrem wichtig, weil das die einzige Möglichkeit war, etwas über die Stoffe in anderen Sternen herauszufinden.

### **Samuel Heinrich Schwabe (1789 – 1875)**

Schwabe befasste sich mit Sonnenflecken. Dabei fiel ihm auf, dass sich die Anzahl der Sonnenflecken abwechselten, mal waren es weniger mal waren es mehr. Er nannte diesen Vorgang Sonnenfleckenzyklus, weil er sich dachte, dass sich die Zahl der Sonnenflecken zyklisch wiederholen. Tatsächlich stimmt die Zahl der Sonnenflecken nur ungefähr überein.

**Urban Le Verrier (1811 – 1877)**

Urban Le Verrier hat es geschafft, durch die Abweichungen der Uranusbahn die Position des Neptun vorherzusagen. Das war nur durch Anwendung der Newton'schen Gravitationstheorie möglich. Auf dieselbe Art und Weise wurde 2016 auch der Planet 9 vorhergesagt.

**Max Planck (1858 – 1947)**

Max Planck entdeckte das Planck'sche Wirkungsquantum. Das ist das Verhältnis zwischen der Energie eines Lichtteilchens und der Frequenz der Lichtwellenlänge. Das Besondere an dieser Überlegung ist, dass Licht darin sowohl als Welle, als auch als Teilchen aufgefasst werden kann. Somit führte diese Überlegung zur Quantenmechanik. Außerdem hat Planck damit erstmals herausgefunden, bei welcher Teilchengröße Atome stabil sind.

**Henrietta Swan Leavitt (1868 – 1921)**

Henrietta Swan Leavitt stellte als erste fest, dass es bei den Cepheiden einen Zusammenhang zwischen Periodendauer und Leuchtkraft gibt. Diese Entdeckung war sehr bedeutend für die Astronomie, weil man durch die abnehmende Helligkeit in größerer Entfernung auch große Entfernungen im Weltall messen kann.

**Karl Schwarzschild (1873 – 1916)**

Schwarzschild berechnete als erster den Schwarzschildradius. Das ist die Entfernung vom schwarzen Loch, ab der man nicht mehr mit Unterlichtgeschwindigkeit entkommen kann. Außerdem entwickelte er den Schwarzschildexponenten, auf den wird hier aber nicht eingegangen, weil er nichts mit Astronomie zu tun hat.

**Vesto Slipher (1875 – 1969)**

Vesto Slipher entdeckte als erster, dass sich Nebel mit sehr hohen Geschwindigkeiten bewegen. Die Nebel stellten sich später als Galaxien heraus und die schnelle Bewegung kommt durch die Ausdehnung des Universums zustande.

**James Hopwood Jeans (1877 – 1946)**

James Hopwood Jeans berechnete die größtmögliche Masse, die ein Stern haben kann. Diese Masse wird als Jeansmasse bezeichnet. Wenn ein Stern die Jeansmasse überschreitet, kollabiert er.

**Henry Norris Russel (1877 – 1957) und Ejnar Hertzsprung (1873 – 1964)**

Henry Norris Russel erstellte zusammen mit Ejnar Hertzsprung das Hertzsprung-Russel-Diagramm, in welchem er die Sterne in Bezug auf Farbe und Leuchtkraft eintrug. Dieses Diagramm ist in der Astronomie zum gängigen Standard der Sternklassifikation geworden, weil es sowohl über die Entwicklung, als auch über die Eigenschaften der Sterne einiges aussagt.

**Albert Einstein (1879 – 1955)**

Albert Einstein ist dafür bekannt, dass er die Relativitätstheorie entwickelt hat, er prägte aber auch unser Verständnis von Atomen und von der Quantenphysik. Besonders erstaunlich dabei ist, dass er alle drei Forschungszweige innerhalb von nur einem Jahr revolutionierte. Im Gegensatz zu anderen Physikern setzte er Alltagserfahrungen, wie, dass die Zeit immer gleich schnell vergeht, nicht voraus, sondern hinterfragte sie. Dabei war er sehr erfolgreich, weil diese Alltagserfahrungen nur bei alltäglichen Situationen gelten. Für hohe Geschwindigkeiten oder kleine Dimensionen gelten sie nicht. Diese neue Denkweise begründete die moderne Physik und brachte auch nach Einstein die Physik und die Astronomie voran.

**Arthur Stanley Eddington (1882 – 1944)**

Arthur Stanley Eddington entwickelte als erster eine Theorie über den inneren Aufbau der Sterne. Dabei bezog er als einer der ersten Astronomen auch die Relativitätstheorie ein, die sich bei diesem Forschungsgebiet stark auswirkt, weil die Masse der Sterne dafür sorgt, dass die Zeit schneller vergeht. Er berechnete auch die Eddingtongrenze, das ist die Leuchtkraft, die ein Stern maximal haben kann. Sie ist von der Masse des Sterns abhängig. Die Sonne könnte beispielsweise 33.000-fach heller als tatsächlich strahlen. Ein Stern von der Größe der Erde könnte maximal ein dreißigstel der Sonnenleuchtkraft haben.

**Viktor Franz Hess (1883 – 1964)**

Viktor Franz Hess verließ als erster Mensch die Erde, um astronomische Forschung zu betreiben. Mithilfe eines Ballons hob er von der Erde ab, blieb aber innerhalb der Erdatmosphäre (der Ballon steigt ja nur deshalb auf, weil das Helium im Ballon leichter ist, als die umgebende Luft. Das ist nur innerhalb der Erdatmosphäre der Fall). Dort oben konnte er die Strahlung aus dem Weltall besser messen, weil die normalerweise von der Erdatmosphäre teilweise abgehalten wird. Je mehr Atmosphäre dazwischen ist, desto stärker hält sie die Strahlung ab.

**Erwin Schrödinger (1887 – 1961)**

Erwin Schrödinger hat viele Beiträge zur Quantenmechanik geleistet. Der wohl bekannteste davon ist die Schrödingergleichung. Mit dieser Gleichung schaffte er es erstmals, ein quantenmechanisches System zu beschreiben, das nicht gemessen wird (In der Quantenmechanik verhalten sich Systeme anders, sobald sie gemessen werden).

**Alexander Alexandrovitsch Friedmann (1888 – 1925)**

Friedmann verwendete als erster die allgemeine Relativitätstheorie zur Beschreibung des gesamten Universums. Dafür musste er einige Theorien abändern, weil sich die Relativitätstheorie auf massereiche und schnelle Körper sehr stark auswirkt.

**Edwin Hubble (1889 – 1953)**

Edwin Hubble wurde dafür bekannt, dass er als erster herausfand, dass es neben der Milchstraße noch andere Galaxien gibt. Er verwendete die Cepheiden als Standardkerzen

um herauszufinden, wie weit Spiralnebel von der Erde entfernt sind. Dabei kamen so große Distanzen heraus, dass sich diese Nebel gar nicht mehr in der Milchstraße befinden können. Teilweise waren sie sogar selber größer als die gesamte Milchstraße. Er stellte auch fest, dass mit zunehmender Entfernung die Rotverschiebung größer wird, das heißt je weiter ein Objekt entfernt ist, desto langwelliger sind die elektromagnetischen Wellen, die beim Beobachter ankommen. Um sich die Entfernung aus der Rotverschiebung auszurechnen, muss man nur durch die Hubblekonstante (der Ausdehnungsgeschwindigkeit des Universums) dividieren. Die Hubblekonstante wurde nicht von Hubble selber, sondern von seinem Assistenten Milton Humason berechnet.

### **Georges Lemaître (1894 – 1966)**

Georges Lemaître stellte fest, dass für große Entfernungen gilt: Je weiter ein Objekt entfernt ist, desto schneller bewegt es sich weg. Daraus schloss er, dass sich das Universum insgesamt ausbreitet. Um sich das anschaulich klar zu machen, kann man sich vorstellen, dass das Universum ein Luftballon ist, der aufgeblasen wird. Wenn seine Ausdehnung nach einer Sekunde doppelt so groß ist, haben sich zwei Punkte am Luftballon, die einen Meter voneinander entfernt sind, einen weiteren Meter voneinander entfernt. Dieser Punkt hat sich also mit 1m/s vom anderen Punkt entfernt. Ein Punkt der vorher zwei Meter entfernt ist, ist nachher 4 Meter entfernt. Er hat sich also mit 2m/s entfernt.

### **Fritz Zwicky (1898 – 1974)**

Fritz Zwicky sagte als erster voraus, dass es Neutronensterne gibt.

### **Jan Hendrik Oort (1900 – 1992)**

Jan Hendrik Oort befasste sich sehr genau mit der Beobachtung der Milchstraße. Er konnte sich erstmals die Entfernung des Zentrums der Milchstraße ausrechnen. Außerdem versuchte er, die Auswirkung der Masse auf die Bewegungen der Milchstraße auszurechnen. Das misslang ihm, weil die Geschwindigkeit viel höher war, als die Masse in der Milchstraße vermuten lässt. Um diese Differenz zu erklären, führte man später die dunkle Materie ein. Des weiteren hatte Oort erstmals die Idee, dass sich die Kometen in der so genannten Oort'schen Wolke rund um das Sonnensystem bewegen. Dort sollten die Kometen mit elliptischen Bahnen umdrehen und andere Kometen, die nicht in die Nähe der Sonne kommen, stillstehen. Diese Vermutung hat man bis heute, sie wurde allerdings bisher aufgrund der großen Entfernungen noch nie verifiziert.

### **Werner Heisenberg (1901 – 1976)**

Werner Heisenberg stellte die Heisenberg'sche Unschärferelation auf. Sie besagt, dass die Genauigkeit einer Messgröße von der Genauigkeit einer anderen Messgröße abhängt. Beispielsweise kann man den Ort nur dann beliebig genau bestimmen, wenn man den Impuls nur ungefähr kennt. Andersherum kann man den Impuls nur dann beliebig genau bestimmen, wenn man den Ort nur ungefähr kennt. Diese Unschärfe liegt nicht am Messinstrument, sondern es ist eine Eigenschaft des Teilchens selber. Wenn man den Impuls sehr genau misst, hat das Teilchen gar keinen genauen Aufenthaltsort. Die Eigenschaften des Teilchens hängen also auch von dessen Beobachtung ab.

### **George Gamow (1904 – 1968)**

George Gamow vermutete, dass das Universum einmal sehr heiß und dicht gewesen sein muss. Diese Vermutung schloss er aus der Ausdehnung des Universums: Wenn das Universum immer größer wird, bedeutet das, dass es früher kleiner war. Da die Materie gleich groß bleibt, muss es früher auch dichter und dadurch wärmer gewesen sein. 17 Jahre später interpretierte Dicke unabhängig davon eine Strahlung, die von jeder Seite des Universums kommt, als kosmische Hintergrundstrahlung, die beim Urknall ausgelöst wurde. Da das die einzige mögliche Erklärung für diese Strahlung war, war damit die Urknalltheorie bewiesen.

### **Clyde Tombaugh (1906 – 1997)**

Ähnlich wie Uranus wurde auch Neptun gravitativ aus seiner Bahn abgelenkt. Clyde Tombaugh vermutete auch dahinter einen Planeten und versuchte seine Position mit der Newton'schen Gravitationstheorie auszurechnen. Diesmal klappte das nicht so gut, weil kein Planet, sondern ein ganzer Gesteinsgürtel (der Kuipergürtel) dafür verantwortlich war. Tombaugh konnte mit Pluto nur **einen** Brocken dieses Gesteinsgürtels entdecken. Es war aber von Anfang an klar, dass er nicht allein für die Auslenkung des Neptun verantwortlich sein konnte. Deshalb sagten David C. Jewitt und Jane X. Luu 1995 erstmals den Kuipergürtel voraus. Pluto galt bis 2006 als Planet. Er wurde zurückgestuft, weil Brown, Trujillo und Rabinowitz Eris, einen Gesteinsbrocken im Kuipergürtel, der größer als der Pluto war, entdeckten.

### **Karl Gütze-Jansky (1905 – 1950)**

Karl Gütze-Jansky entdeckte als erster, dass sich innerhalb der Milchstraße Radioquellen befinden. Davor kam niemand auf die Idee, dass man Radiowellen auch zur astronomischen Forschung verwenden könnte. Damit begründete Jansky einen ganzen Forschungszweig.

### **Subrahmanyan Chandrasekhar (1910 – 1995)**

Subrahmanyan Chandrasekhar erstellte erstmals eine Theorie über weiße Zwerge. Besondere Bekanntheit erreichte er damit, dass er sich die Chandrasekhar-Grenzmasse, also die Masse, die ein weißer Zwerg normalerweise hat, ausrechnete.

### **Robert Leighton (1919 – 1997)**

Robert Leighton stellte als erster fest, dass auch die Sonne geringfügig pulsiert und zwar schon bevor Hewish und Bell die ersten Pulsare entdeckten.

### **Maarten Schmidt (\*1929)**

Schmidt entdeckte den ersten Quasar, das ist eine Leuchterscheinung, die so hell ist, dass sie ihre gesamte Galaxie überstrahlt. Lange Zeit fielen die Quasare niemandem auf, weil sie sich so weit von der Erde entfernt befanden, dass sie nicht heller als normale Sterne leuchteten. Erst Schmidt erkannte, dass sie im Vergleich zu ihrer Entfernung ungewöhnlich hell waren und schloss daraus, dass sie aus der Nähe gesehen noch viel heller sein müssten.

**Franz-Ludwig Deubner (\*1934)**

Deubner setzte die Forschung von Robert Leighton über die Pulsation der Sonne fort. Dabei entstand ein neues Forschungsgebiet, die Helioseismologie, die sich nur mit den Schwingungen der Sonne beschäftigt.

**Roy Kerr (\*1934)**

Nachdem Karl Schwarzschild eine Theorie über statische (nicht rotierende) schwarze Löcher entwickelt hat, gelang es Roy Kerr erstmals eine Theorie über rotierende schwarze Löcher zu entwickeln.

**Stephen Hawking (1942 - 2018)**

Hawking beschäftigte sich mit den quantenmechanischen Eigenschaften von schwarzen Löchern. In schwarzen Löchern widersprechen sich Quantenmechanik und Relativitätstheorie, ein Problem, das bis heute nicht gelöst wurde. Hawking sagte auch die nach ihm benannte Hawkingstrahlung vorher, die zum Ende der Materie im Universum führen soll.

**Paul Davies (\*1946)**

Paul Davies entdeckte kleine Teilchen namens Neutrinos, die in der Sonne entstehen. Diese Entdeckung ist vor allem deshalb interessant, weil es dadurch der Astronomie möglich wurde neben elektromagnetischen Wellen auch auf andere Art und Weise Objekte zu beobachten. Diese neue Beobachtungsmethode führte zu zahlreichen Erkenntnissen über den inneren Aufbau von Sternen.

**Reinhard Genzel (\*1952)**

Reinhard Genzel kam als erster Mensch auf die Idee, dass sich ein schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße befinden könnte. Das erkannte er anhand der gravitativen Auswirkungen des schwarzen Lochs auf die umliegenden Sterne: Sie bewegten sich um das schwarze Loch, ähnlich wie Planeten um die Sonne.

## Psychologische Effekte

Es ist auffallend, dass der Mensch (egal welcher Kultur) zu Beginn für astronomische Phänomäne immer mystische Erklärungen fand.

### Der Mensch als Mittelpunkt der Welt

Der Mensch geht, wenn keine gegenteiligen Annahmen vorliegen, immer davon aus, dass er sich im Mittelpunkt befindet. Deshalb hat sich in allen frühen Hochkulturen zuerst das geozentrische Weltbild entwickelt. In nur zwei Kulturen (im alten Griechenland und in der heutigen westlich geprägten Kultur) hat sich das heliozentrische Weltbild entwickelt. Im alten Griechenland konnte das heliozentrische Weltbild das geozentrische Weltbild trotz genauer Beweisführung nie ganz durchsetzen. Auch in der Neuzeit hielt sich das geozentrische Weltbild lange. Die Kirche tötete Galileo Galilei aufgrund des heliozentrischen Weltbildes und gestand ihren Fehler erst 1992 ein, als die Wissenschaftler das heliozentrische Weltbild schon längst nutzten, um Raumsonden zu anderen Planeten zu schicken. Als das geozentrische Weltbild schon längst eindeutig widerlegt war, suchte der Mensch neue Wege um sich in die Mitte zu setzen. Zuerst nahm er an, dass zumindest unser Stern, die Sonne, der Mittelpunkt des Universums sei. Derzeit sucht der Mensch in der Vermutung, dass er das einzige Leben im Universum ist, seine Befriedigung. Auch diese Vermutung ist sehr unrealistisch, wenn man sich die schiere Größe des Universums vor Augen führt.

### Das Universum endet am Ende unseres Blickfeldes

Eine weitere Annahme, die sich durch die gesamte Geschichte zieht, ist, dass das Universum dort endet, wo unser Blickfeld aufhört. Die meisten alten Kulturen vermuteten, dass der Himmel sehr nah bei der Erdoberfläche wäre und nur über die mit freiem Auge sichtbaren Objekte verfügt. Bei den alten Griechen wurden erstmals die unglaublichen Distanzen innerhalb des Sonnensystems empirisch nachgewiesen. Dennoch vermuteten die meisten Griechen, dass das Universum gleich hinter dem Sonnensystem aufhört. Auch in der Neuzeit, als die Distanzen gemessen worden sind, vermutete man zunächst, dass das Universum gleich nach dem Sonnensystem aufhört. Als man herausfand, dass das Sonnensystem nur eines von vielen Sonnensystemen in unserer Milchstraße ist, nahmen immer noch viele Leute an, dass die Milchstraße die einzige Galaxie wäre. Über die Möglichkeit von weiteren Galaxien wurde erstmals 1920 bei der Great Debate diskutiert. In dieser Diskussion vertrat Shapley die Meinung, dass das Universum nach der Milchstraße aufhört und Curtis glaubte an weitere Galaxien. Hubble konnte drei Jahre später die Entfernung zu Spiralnebeln messen und damit beweisen, dass Curtis Recht hatte. Inzwischen haben wir - soweit es möglich ist - (die Grenze ist der Weg, den das Licht seit der Entstehung des Universums zurückgelegt hat) ins Universum geschaut und kein Ende gefunden.

## **Die Zukunft der Astronomie**

Die zukünftigen Erkenntnisse der Astronomie lassen sich nur schwer vorhersagen. Es gibt mit der Neutrino- und Gravitationswellendetektion zwei ziemlich neue Forschungsmethoden und es ist nicht absehbar, was uns das noch alles für Erkenntnisse liefern wird. Außerdem sind für 2022 zwei riesige Teleskope geplant (das Thirty-Meter-Telescope und das Extremely-Large-Telescope), die alle bisher gebauten Instrumente größtmäßig in den Schatten stellen. Zusätzlich wird statt des Hubble-Weltraumteleskops das modernere James-Webb-Weltraumteleskop in eine Umlaufbahn um die Erde geschickt werden. Bei den unbemannten Raummissionen wird sich in nächster Zeit nicht viel tun. Nur die Raumsonde New Horizons soll 2019 bei einem weiteren Gesteinsbrocken im Kuipergürtel vorbeifliegen. Es ist geplant, die bemannte Raumfahrt wieder stärker voranzutreiben: Private Firmen versuchen mit Weltraumtourismus Geld zu verdienen. Buchen kann man derartige Weltraumflüge schon, eine private Mission wurde aber bisher noch nicht gestartet. Auch das Projekt, erstmals einen Menschen auf den Mars zu bringen, wird schon seit der ersten Mondlandung angekündigt. Aus heutiger Sicht soll es 2030 soweit sein.