

WISSENSCHAFTSGESCHICHTE

Verzeihlicher Fehler

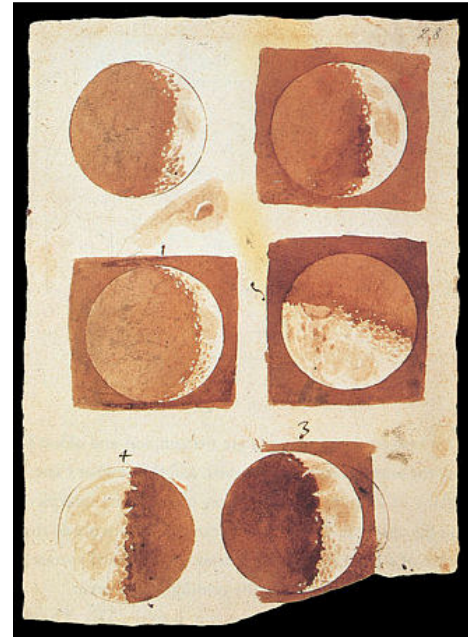
Galileo fiel auf das Phänomen der Beugung rein
[www.wissenschaft-online.de/artikel/966574]

Galileo Galilei war seiner Zeit weit voraus, doch mitunter lag er auch daneben. So unterschätzte er die Abstände der Sterne - obwohl er völlig richtig gerechnet hatte.

Nicht eben und gleichmäßig, sondern rau, zerklüftet, voller riesige Erhebungen und Krater - so präsentierte sich der Mond dem menschlichen Auge. Galileo Galilei (1564-1642), damals Mathematikprofessor an der Universität Padua, war tief beeindruckt von dem Anblick, den ihm zum ersten Mal eine neue technische Errungenschaft ermöglicht hatte.

1609 hatte er von der Erfindung des Fernrohres gehörte - und sofort nachgebaut. Allerdings wollte er damit nicht nur in die irdische Ferne schauen, sondern richtete es gen Himmel. Galilei sah, dass die Milchstraße aus Myriaden Sternen besteht und entdeckte vier - heute nach ihm benannte - Jupitermonde, die ihm seine Zeitgenossen oftmals als Sinnestäuschung unterstellten, weil ihre eigenen Fernrohre nicht gut genug waren.

Sehen allein genügte Galilei bald nicht mehr, und ganz Mathematiker, begann er, die Bewegungen und Entfernungen der Sterne zu berechnen. Er nahm an, dass sie alle unserer Sonne glichen, sich allerdings in einem enormen Abstand zur Erde befänden. Indem er unterstellte, je kleiner die Sterne in seinem Teleskop erschienen, umso weiter müssten sie entfernt sein, versuchte er, ihre Abstände geometrisch zu ermitteln. Als Maß wählte er die Distanz von der Erde zur Sonne, die noch heute als "Astronomische Einheit" mit ungefähr 150 Millionen Kilometern als Entfernungsangabe verwendet wird.

**Mondphasen**

1616 erstellte Galileo Galilei diese Zeichnungen der Phasen des Mondes.

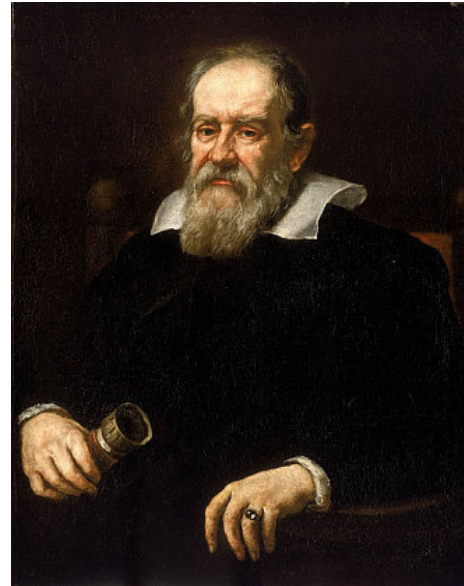
So errechnete Galilei für die hellsten Sterne eine Entfernung von etwa 360 Astronomischen Einheiten. Nach weiteren Beobachtungen von nur schwach leuchtenden Sternen, kam er zu dem Schluss, alle mit bloßem Auge sichtbaren Sterne könnten höchstens einige hundert bis ein paar tausend Astronomische Einheiten entfernt sein. Wie heutige Astronomen allerdings wissen, sind die uns nächsten Sterne mit etwa 300 000 Astronomische Einheiten wesentlich weiter weg. Sollte der Meister sich hier verrechnet haben?

Natürlich lag Galilei mit seiner Hypothese falsch, alle Sterne hätten dieselbe Größe wie unsere Sonne. Aber lässt man dies außer Acht, ist der Fehler immer noch zu groß. Und seine Berechnungen bestätigten sich als richtig, wie Christopher Graney, Physiker am Jefferson Community College in Louisville nun überprüft hat. Er bestätigt damit die Vermutung von Historikern, dass die Ursache wohl in den Bildern der Sterne liegt, die Galilei vermaß.

Denn in seinem Teleskop sah der Astronom nicht die Sterne selbst, sondern nur deren Beugungsmuster. Durch die Beugung des Lichts am Rand der Linse entsteht ein Muster aus konzentrischen Kreisen mit einer hellen Scheibe in der Mitte - nach George Airy (1801-1892), dem Entdecker dieses Phänomens, auch Airy-Scheibchen genannt.

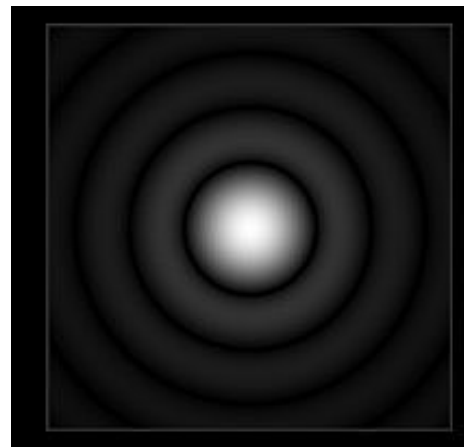
Bei schwächer leuchtenden Objekten sind die Kanten der Scheibe kaum zu erkennen, so dass die Sterne kleiner erscheinen, während helle Himmelskörper umfangreichere Beugungsmuster hervorrufen. Größere Beugungsscheiben deutete Galilei nicht als hellere, sondern als näher liegende Objekte - und lag damit um den Faktor 1000 daneben. Erst 1838 gelang es dem deutschen Astronomen Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) mit der noch heute verwendeten Parallaxenmessung, die wirkliche Entfernung zu den Sternen zu bestimmen.

Graney berechnete jetzt die Größen der Beugungsscheibe, die jeder Stern in Galileis Teleskop produziert haben müsste. Die Helligkeit des Sterns



Galileo Galilei

Während Galileo Galilei wegen Differenzen mit der kirchlichen Lehrmeinung unter Hausarrest stand, fertigte Justus Sustermans 1636 dieses Portrait an.



Beugungsscheibe

Der englische Astronom George Biddell Airy entdeckte, dass sich das Bild eines Lichtstrahls in eine helle Scheibe in der Mitte und mehrere Ringe außerhalb auftrennt, weil sich das Licht an dem Rand einer Linse bricht. Das Phänomen entsteht nicht nur bei der Beobachtung von Sternen, sondern bereits, wenn man eine Taschenlampe auf eine Wand richtet.

©Sakurambo

aufgetragen gegen seinen wahrgenommenen Durchmesser ergab einen schönen, linearen Zusammenhang. Kein Wunder, dass sich Galilei von diesem glatten Ergebnis täuschen ließ, kommentiert Noel Swerdlow, Wissenschaftshistoriker von der Universität of Chicargo.

Das Phänomen der Beugung wurde erst 200 Jahre später wirklich verstanden. insofern sei Galileis Fehler verzeihlich für den Stand des Wissens im 17. Jahrhundert, meint Graney. "Er hat nichts gesehen, was seiner Sichtweise widersprach."

Sandra Czaja

Graney, C.: *Objects in telescope are farther than they appear. How diffraction tricked Galileo into mismeasuring the distances to the stars.* In: arXiv:0808.3411v1, 2008.

© spektrumdirekt

HISTORY OF SCIENCE

Pardonable Error

Galileo fooled by the phenomenon of diffraction
[www.wissenschaft-online.de/artikel/966574]

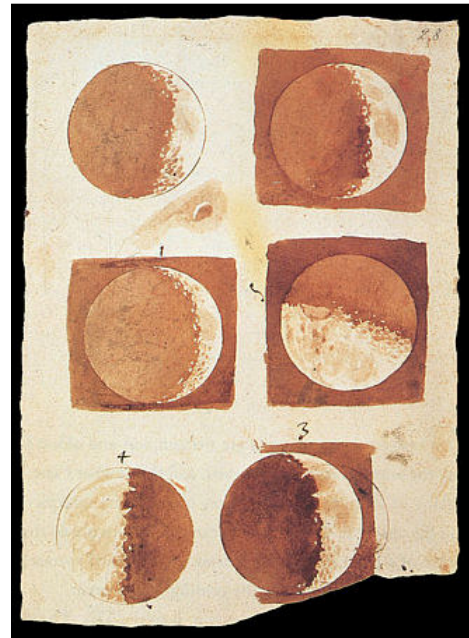
Galileo Galilei was way ahead of his time, but sometimes he could be wrong. He underestimated the distances of stars - even though he had reasoned correctly.

Not flat and even, but rough and cratered – that was how the moon appeared. Galileo Galilei (1564-1642), former mathematics professor at the University of Padua, was deeply impressed by the sight, which he was able to see for the first time thanks to a recent technological breakthrough.

In 1609 Galileo had heard of the newly-invented telescope and quickly made one of his own. However, he did not just want to look at distant objects on earth – he wanted to turn the telescope towards the sky. With the telescope Galileo saw that the Milky Way consists of myriad stars and discovered four moons orbiting Jupiter (moons which are now named after him), objects whose existence his contemporaries often doubted because their own telescopes were not good enough to reveal them.

Soon Galileo, very much the mathematician, began to calculate the distances to stars. He assumed that all stars were like our sun, but were an enormous distance from Earth – the smaller the star appeared in his telescope, the further removed it was. He tried to determine the distances geometrically. He measured these distances in terms of the distance from Earth to the sun, a measurement still used today and called the "Astronomical Unit" (a distance of 150 million kilometers).

Galileo calculated the brightest stars to be at a distance of approximately 360 Astronomical Units, and



Moon phases

Galileo created these drawings in 1616.

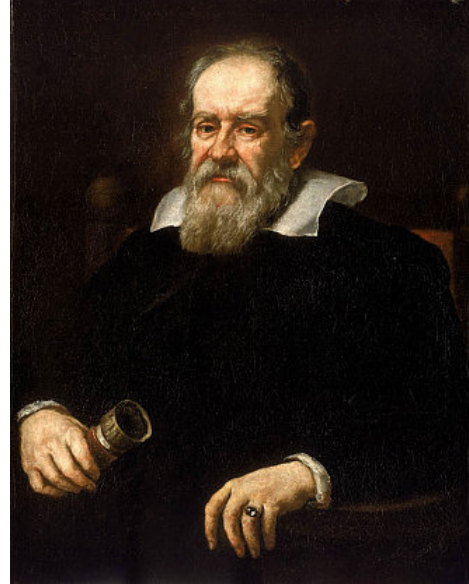
with further observations of dimmer stars came to the conclusion that all the stars visible to the naked eye were a few hundred to a few thousand Astronomical Units away. Today, however, astronomers know that even the closest stars are approximately 300,000 astronomical units away. Did the master make a mistake?

Of course Galilei was wrong with his assumption that all stars have the same size as our sun. But this is not enough to explain Galileo's thousand-fold error. Christopher Graney, a physicist at Jefferson Community College in Louisville has now review Galileo's calculations and confirmed the suspicions of historians that the cause of the error probably lay in the star images that Galileo measured.

This is because in his telescope the astronomer saw not the stars themselves, but their diffraction patterns. The diffraction of light at the edge of the lens creates a pattern of concentric circles with a bright disc in the middle – known as the Airy Disc after George Airy (1801-1892), the discoverer of this phenomenon.

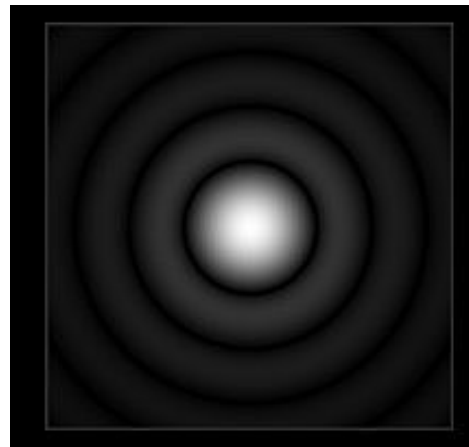
For less luminous objects the edges of the disc are hard to detect, so that the stars seem small, whereas bright celestial bodies cause a larger diffraction pattern. Galileo interpreted bigger diffraction discs as being closer stars – thus the error factor of 1000. Not until 1838 would the real distances of stars be measured; the German astronomer Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) determined their distances using parallax measurements – the method used to this day to measure the distance to stars.

Graney computed how large of a diffraction disk must have been produced by Galileo's telescope for different stars. The brightness of the star compared to its apparent diameter is a beautiful, linear connection. No wonder that Galileo was fooled, commented Noel Swerdlow, a historian of science at the University of Chicago.



Galileo Galilei

Justus Sustermans made this portrait in 1636, while Galileo Galilei was under house arrest because of disagreements with church doctrine.



Diffraction pattern

The English astronomer George Biddell Airy discovered that the image of a light source breaks into a bright disc in the middle and several outside rings because the light breaks at the edge of a lens. This phenomenon arises not only in the observation of stars, but even when a flashlight is directed towards a wall.

© Sakurambo

The phenomenon of diffraction was not fully understood until 200 years later. Thus Galileo's error was excusable, says Graney, given the state of knowledge in the 17th Century. "He would not have seen anything to contradict his views."

Sandra Czaja

Graney, C.: Objects in telescope are farther than they appear. How diffraction tricked Galileo into mismeasuring the distances to the stars. In: arXiv:0808.3411v1, 2008.

© spektrumdirekt