

*Simon Marius und seine Forschung, S.
H. Gaab, P. Leich (Hrsg.). © Akademische Verlagsanstalt, Leipzig 2016*

Planetenmodell 1: 50 Milliarden

Rudolf Pausenberger, Lauf a. d. Pegnitz

Die Beobachtungseindrücke von Galilei und Marius lassen sich in einem Modell im Maßstab 1:50 Mrd. nachvollziehen. Es wurde als Teil einer Wanderausstellung im Rahmen eines Schulprojekts mit Hands-on-Exponaten zur Geschichte der Astronomie gebaut: Sind alle astronomischen Abmessungen um den gleichen Faktor verkleinert, so bleiben die Winkel und damit auch der optische Eindruck gleich. Jupiter und seine Monde werden aus der Position der Erde, das heißt aus 13 Metern Abstand, mit einem Fernrohr betrachtet.

Die Himmelskörper, insbesondere die bis zu 0,06 mm kleinen Monde, stellen von hinten beleuchtete Löcher in Tonpapier dar, die mit einem Lasercutter geschnitten sind. Im Exponat ist die Konstellation der Himmelskörper in mehreren Phasen im Verlauf der historischen Woche ab dem 7.1.1610 dargestellt, so dass sich die entscheidenden Veränderungen erkennen lassen, die letztlich den Schluss auf kreisende Trabanten nahelegten.

Galilei's and Marius' impressions are simulated by a model in the scale of 1:50 billion. It is one of several hands-on exhibits that were built within a mobile exhibition about the history of astronomy in a school project.

Jupiter and his moons are observed through a telescope from the position of the Earth, which is from a distance of 13 m. The celestial bodies, especially the small moons (0,06 mm in diameter) are represented by holes in construction paper, engraved by a laser cutter. They are illuminated from the back. The exhibits shows the constellations during some historical nights after the 7th of January 1610 that led to the conclusion of orbiting satellites.

Schulprojekt Wanderausstellung

In den Jahren 2010 bis 2013 entwarfen und bauten Schülerinnen und Schüler am Gymnasium in Lauf a. d. Pegnitz zwei Wanderausstellungen zur Geschichte der Astronomie und zu naturwissenschaftlichen Entdeckungen in Nürnberg an der

Wende vom Mittelalter zur Neuzeit.¹ Ziel war es, Besuchern die Möglichkeit zu verschaffen, anhand von Mitmachexponaten selbst die Ideen großer Entdecker nachvollziehen und damit tatsächlich „be-greifen“ zu können. Im Rahmen dieser Projekte sind auch die Ausstellungsstücke entstanden, die die Entdeckung der Jupitermonde illustrieren.



Bild 1. Ein Stereobild der Wanderausstellung, aufgebaut in der *Phänomena* in Flensburg: Vorne das Fernrohr, hinten die Leuchttafel. Zum 3D-Betrachten bitte überkreuz schielen!

Simon Marius und die Entdeckung der Jupitermonde

Seit alters her ist der Planet Jupiter bekannt und mit bloßem Auge deutlich am Nachthimmel zu sehen. Seine Monde scheinen dagegen zu schwach dafür und bedürfen eines Fernrohrs. Und kaum war dieses erfunden, entdeckten Galileo Galilei und Simon Marius unabhängig voneinander die vier großen Monde im Januar 1610. Der optische Eindruck, den die beiden hatten, soll in einem Modell nachempfunden werden.

Für Ausstellungsräume ist ein Abstand von der Erde bzw. dem Betrachter zum Jupiter von 13 Metern geeignet, das entspricht einem Maßstab von 1 : 50 Milliarden. Der Bahnradius von Kallisto beträgt dann 38 mm, der von Io 8 mm. Sind alle astronomischen Abmessungen um den gleichen Faktor verkleinert, so bleiben die Winkel und damit auch der optische Eindruck gleich. Besucher können also den Anblick bei unbewehrtem Auge mit dem Bild durch das Teleskop realistisch ver-

¹ Vgl. Pausenberger 2014. Eine umfassende Darstellung des Projekts finden Sie auch auf der Seite www.physik.de.rs.

gleichem: Sieht man im einen Fall bei bestem Willen nur das Scheibchen des großen Planeten, so zeichnen sich im anderen auch seine Monde ab.

Im Exponat ist die Konstellation der Himmelskörper in mehreren Phasen im Verlauf der historischen Woche ab dem 7. Januar 1610 dargestellt, so dass sich die entscheidenden Veränderungen erkennen lassen, die letztlich den Schluss auf kreisende Monde nahelegten.

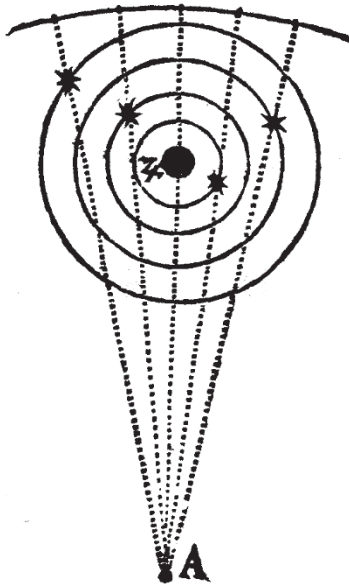


Bild 2. Simon Marius folgert im *Mundus Iovialis* aus seinen Beobachtungen, dass und wie die vier Monde um den Jupiter kreisen. Bei A sitzt das Auge des Astronomen.

Prognosticon Astrologicum auf das Jahr 1612

[StB Nürnberg: Will VIII. 267d(2). 4°] (Flecken retuschiert)

Technische Umsetzung

Im gewählten Maßstab liegen die Radien der vier Monde zwischen 0,03 und 0,05 Millimetern. Wir erprobten Möglichkeiten, Löcher dieser Größe von hinten zu beleuchten. Mit einer dünnen Nadel durch Alufolie stießen Schülerinnen selbst auf einer harten Unterlage schnell an die Grenzen der handwerklichen Reproduzierbarkeit, insbesondere im Hinblick auf einen kreisförmigen Rand. Alternativ dazu wurde eine fotografische Verkleinerung auf Negativen nicht kontrastreich genug für einen hell leuchtenden Planeten vor dem schwarzen Nachthimmel.

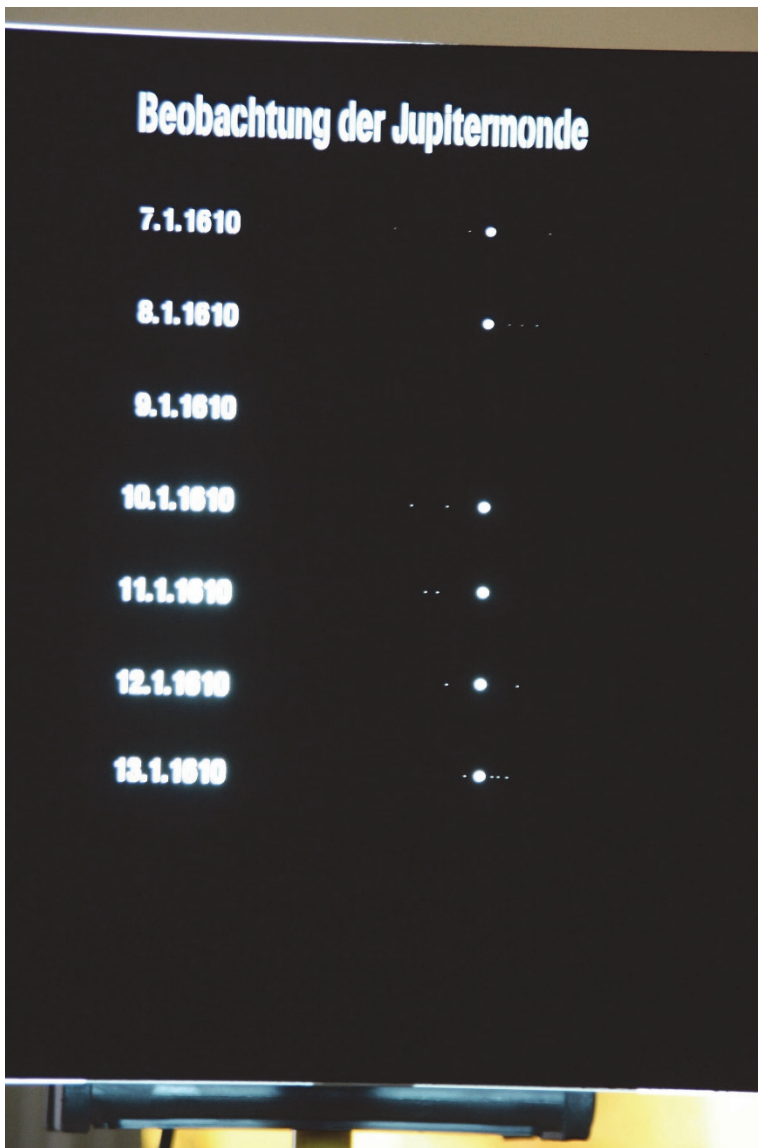


Bild 3. Die Schablone aus Tonpapier vor einem Scheinwerfer.
Diese Schablone wird von hinten durch eine matte Acrylplatte als Streuscheibe mit einem Scheinwerfer beleuchtet und durch ein Fernrohr betrachtet.

Keine Schwierigkeiten macht Schülern dagegen der Gebrauch eines Lasercutters; hier ist lediglich eine Vektorgraphik in den richtigen Abmessungen zu zeichnen. In schwarzes Tonpapier schneidet es das Gerät einfach mit dem gewohnten Treiberbefehl „drucken“ – in geradezu perfekter Qualität. Lasercutter sind der Öffentlichkeit in einem Fablab zugänglich,² einer meist als Verein organisierten Hochtechnologie-Werkstatt mit computergesteuerten Maschinen.

Wie tief der Besucher in den geschichtlichen Hintergrund einsteigen will, entscheidet er selbst. Eine mehrstufige Anleitung nach Art der Tafeln im Turm der Sinne in Nürnberg³ bietet ihm Informationen zum Gebrauch, zur Geschichte und zum Hintergrund des Versuchs an.

So geht's:
13 Meter von hier steht eine beleuchtete Schablone. Sie zeigt ganz klein die Stellungen der Jupitermonde im Januar 1610. Betrachten Sie sie durch das Teleskop!

Nanu!?
So sah die Konstellation aus, die Simon Marius ab dem 29.12.1609^{ud} und Galileo Galilei ab dem 7.1.1610²¹⁰⁹ erblickten; Jupiters helles Scheibchen ist gut zu erkennen, seine Monde kaum. Dabei waren die kurz vorher erfundenen Fernrohre schlechter als dieses!

Jupitermonde Ansbach entdeckt?
Simon Marius

so!
Wer von beiden war nun der erste? Während man in Ansbach noch nach dem alten julianischen Kalender rechnete, verwendete man in Italien bereits unseren gregorianischen. Nach diesem hat Marius die Jupitermonde am 8.1.1610¹⁰⁹ entdeckt, einen Tag nach Galilei. Von Simon Marius stammen die Namen der Monde: Io, Europa, Ganymed und Kallisto.

Na und?
Die Erkenntnis, dass um den Jupiter vier Monde kreisen, war revolutionär. Sie half, das über tausend Jahre lang gültige Weltbild von Ptolemaios zum Einsturz zu bringen: Es kreist nicht alles um die Erde! Dann steht die Erde nicht im Zentrum der Welt? Und es kann keine kristallinen Sphären geben, an denen die Planeten befestigt sind, die Jupitermonde würden sie sonst bei jedem Umlauf zerschlagen!

Bild 4. Ein Ausschnitt aus der Versuchsanleitung

Allerdings würden die maßstäblich gezeichneten Löchlein nach dem Ausschneiden etwas zu groß, denn der Laser ist nicht unendlich schmal fokussiert und die Schnittbreite abhängig von der Laserleistung. Wird aber an einem geraden Testschnitt der Strahl eines normalen Laserpointers gebeugt, so lässt sich mit Hilfe der Interferenzfigur die (halbe) Breite der Schnittlinie ermitteln und dann in der Vektorgraphik der Lochradius entsprechend vermindern.

² Internetseite des Fablab Nürnberg: <http://www.fablab-nuernberg.de>.

³ Erlebnismuseum Turm der Sinne in Nürnberg: www.turmdersinne.de.

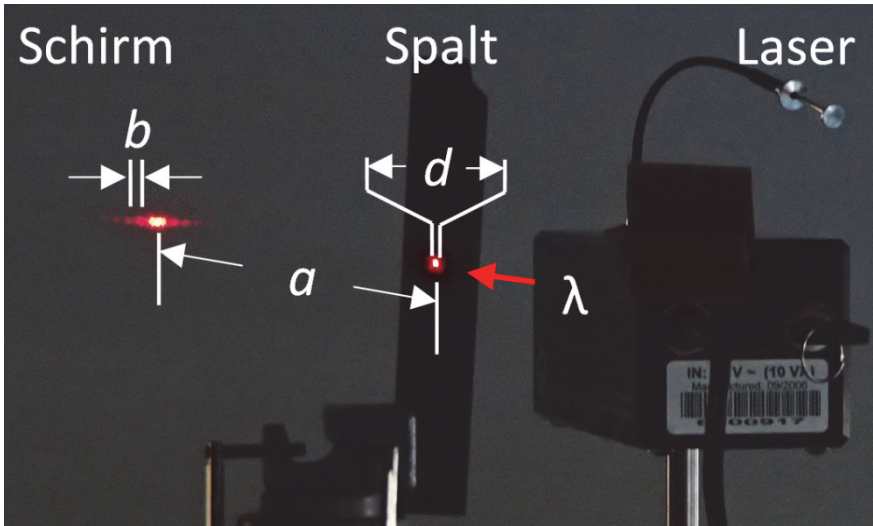


Bild 5. Aus der Wellenlänge $\lambda = 633 \text{ nm}$ sowie den Abmessungen $a = 100 \text{ cm}$ und $b = 11 \text{ mm}$ ergibt sich die Spaltbreite $d = \lambda a : b = 2 \cdot 0,029 \text{ mm}$.

Modell des Sonnensystems

Auf diese Weise lässt sich nicht nur die Welt des Jupiters illustrieren, sondern unser gesamtes Sonnensystem: So hat die Erde hier einen Durchmesser von 0,25 mm und ist 3,0 m von der Sonne entfernt. 8 mm neben ihr steht unser Mond.

Wie hoch wäre in diesem Maßstab die deutsche Staatsverschuldung,⁴ aufgetürmt in 2,3 mm dicken Ein-Euro-Münzen? Beispielsweise 2 Billionen Euro kämen dann auf etwa 10 cm. Was das Modell zeigt, gilt auch in Wirklichkeit: Es ist ein Berg, 12 mal so hoch wie zum Mond!

Doch zurück von den astronomischen Schulden zum astronomischen Modell: Die kleinen Löcher für die Planeten werden von hinten jeweils mit einer weißen LED beleuchtet. Die Helligkeit, mit der uns die Himmelskörper in Wirklichkeit erscheinen, ist dafür jedoch nicht geeignet, denn im Ausstellungsraum wird es kaum so dunkel sein wie am Nachthimmel nach der astronomischen Dämmerung. Und selbst dann würde die Adaption der Besucher unangemessen lange dauern. Wenn für die Präsentation allerdings ein schummriger Ort gewählt wird, ist eine relativ große Helligkeit des Exponats selbst ansonsten unkritisch. Deswegen kann

⁴ Öffentliche Schulden: https://de.wikipedia.org/wiki/Staatsverschuldung_Deutschlands.

der Scheinwerfer hinter der Schablone der Jupitermonde einen praktischen Bezugswert für alle anderen Objekte ergeben: Saturn beispielsweise erscheint uns zum einen dunkler, weil er weiter von uns entfernt ist. Das ergibt sich im maßstäblichen Modell zwanglos ebenso. Zum anderen wird er wegen seines Abstands von der Sonne schwächer bestrahlt. Dies lässt sich durch einen geeigneten Vorwiderstand der Leuchtdiode oder durch eine passend grau bedruckte Folie als Filter erreichen. Für die entsprechende Folie beim Mars bietet sich ein rötlicher Anteil an.

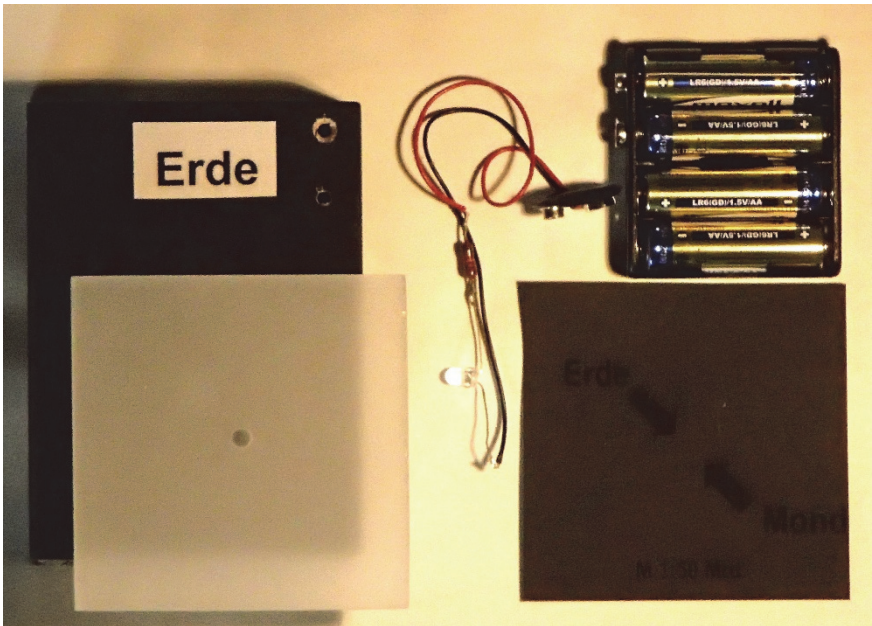


Bild 6. Die LED wird von hinten in die Bohrung in der matten Acrylscheibe gesteckt; obendrauf kommt die schwarze Schablone mit dem Motiv. Die Löchlein für Erde und Mond wären hier kleiner als ein Pixel, sie sind nicht erkennbar.

Dieses und weitere Exponate der Wanderausstellung können für solche Präsentationen oder für Fortbildungen gerne ausgeliehen werden.

Literatur

Pausenberger, Rudolf: Schüler bauen interaktive Wanderausstellungen: „Astronomie begreifen“ und „Renaissance trifft Physik“. In: Mittelalterliche astronomische Großuhren. Hrsg. von Schukowski, Manfred; Jahnke, Uta; Fehlberg, Wolfgang. Leipzig: AVA 2014 (Acta Historica Astronomiae; 49), S. 393–399

Anshr. d. Verf.: Rudolf Pausenberger, Lisztstraße 59, 91207 Lauf a. d. Pegnitz;
E-Mail: rpausenberger@online.de