

Hilfsmittel zur Orientierung am Sternenhimmel

Im folgenden soll über eine Reihe einfacher Geräte aus Karton berichtet werden, die den Einstieg in die Himmelskunde erleichtern können, und zwar meiner Erfahrung nach sowohl Erwachsenen wie Kindern. Sie sind nach und nach in den vergangenen 16 Jahren entstanden, zunächst aus meinem Bedürfnis, selbst in diesem für mich noch fremden Gebiet Fuß zu fassen, zum Teil auch als Antwort auf Wünsche, die von Kollegen geäußert wurden. Die Modelle kommen an vielen Waldorfschulen und seit einigen Jahren vermehrt auch an staatlichen Schulen zum Einsatz.

Das Interesse der breiteren Öffentlichkeit für alles, was mit Sternen zu tun hat, ist in letzter Zeit deutlich gestiegen. Gefördert wurde dieses Interesse besonders von dem Erscheinen der Kometen Hyakutake und Hale-Bopp, der partiellen Sonnenfinsternis im Oktober 1996 und der amerikanischen Mars-Erkundungsmission – alles Ereignisse, denen die Medien große Aufmerksamkeit gewidmet haben. Planetarien verzeichnen lebhaften Besucherstrom, der Buchmarkt boomt mit immer spektakuläreren Fotobänden, Filme wie *Star Wars* und Fernsehserien wie *Raumschiff Enterprise* faszinieren Millionen Menschen.¹

Es ist bemerkenswert, daß diese Faszination begleitet wird von einer nur sehr bescheidenen Kenntnis desjenigen Sternenhimmels, wie er sich dem Blick des Betrachters hier auf der Erde tatsächlich darbietet. Über Schwarze Löcher, Mikrolebewesen auf dem Mars oder den Urknall zu fachsimpeln fällt vielen Menschen heute leichter, als Sternbilder am

Himmel aufzufinden. Dazu kommt, daß die weitverbreitete Lichtverschmutzung es schwer macht, überhaupt noch einen klaren Sternenhimmel zu erleben.

Aus diesem Grund sind die hier vorgestellten Modelle so konzipiert, daß sie vom geozentrischen, genauer gesagt: beobachter-zentrierten Standpunkt ausgehen und darüber hinaus dem Benutzer immer auch etwas Eigentätigkeit abverlangen, so daß er sich nicht nur vorstellungsmäßig, sondern auch tätig mit diesem Feld verbindet. Einige Modelle lassen auch Gerätschaften wieder auferstehen, über welche die technische Entwicklung schon hinweggegangen ist, die aber in der Geschichte der Menschheit eine große Rolle gespielt haben und ohne deren Verständnis unsere modernen Errungenschaften nicht richtig verstanden oder eingeordnet werden können.

Abbildende Orientierungshilfen

Der den Betrachter umgebende Sternenhimmel hat die Form einer Kugel. Seine Abbildung in der Fläche führt unweigerlich zu Verzerrungen, die im Extremfall einzelne Sternbilder völlig unkenntlich und eine Gesamtdarstellung des ganzen Sternenhimmels unmöglich machen. Man kennt das Problem aus den Versuchen der Kartographie, die Oberfläche der gesamten Erde auf einer einzigen Karte darzustellen. Deshalb ist es für die meisten Menschen so schwer, sich mit Hilfe einer zweidimensionalen, scheibenförmigen Sternkarte am dreidimensionalen, kugelförmigen Sternenhimmel zu orientieren.

Der Sternglobus, schon seit dem Altertum bekannt, bietet zwar eine verzerrungsfreie Lösung, zeigt aber zwangsläufig

1 Vgl. Georg Kniebe: Auf der Suche nach dem Geist im Kosmos. Ein Streifzug durch die Science-fiction-Welt, Stuttgart 1997

fig den Sternenhimmel seitenverkehrt und »von außen«, was natürlich ein Unding ist. Die in unserem Jahrhundert erfundenen großen Projektionsplanetarien ermöglichen dagegen eine fast perfekte Nachbildung – nur schade, daß die Vorstellungen immer so schnell vorbei sind und man das Ganze nicht mal mit nach Hause auf den Balkon mitnehmen kann.

Der *Große Sternenhimmel* kann dieses Dilemma teilweise lösen: Die etwa 50 Zentimeter messende Halbkugel zeigt im Inneren fast ohne Verzerrung alle bei uns sichtbaren Sterne und Sternbilder und ordnet sie mit Hilfe von Monats- und Uhrzeitangaben dem Himmelsanblick eines bestimmten Augenblickes zu. Die Sterne können mit Nadeln punktiert werden. Sie funkeln dann richtig und können sogar an die Zimmerdecke projiziert werden. Die erforderliche Bauzeit von einigen Stunden macht diese Sternkuppel eher für Projektunternehmungen oder Klassenfahrten geeignet. Für Transportzwecke kann man sie gut stapeln.

Der *Kleine Sternenhimmel* ist wesentlich kleiner (22 cm) und mit weniger Aufwand zu bauen. Der Zusammenbau ist gut im laufenden Unterricht möglich. Die Sternkuppel ist sehr stabil und kann deshalb problemlos auch auf Spaziergängen mitgenommen werden.

Während der *Sternenhimmel* nur die Fixsterne zeigt, sind auf den jeden Herbst neu erscheinenden *Planetenbahnen* die jährlichen Bewegungsfiguren eingezeichnet, die Sonne, Mond und Planeten auf dem Hintergrund der Fixsterne beschreiben. Mit Farbstiften, Markierungsnadeln oder -magneten kann man gut das tägliche Vorrücken der Wandelsterne verfolgen.

Das *Große Tischplanetarium*, auch Armillarsphäre genannt, im alten Griechenland und wahrscheinlich parallel dazu in China erfunden, war bis ins ausgehende



19. Jh. das wichtigste Lehr- und Demonstrationsgerät für die geozentrischen Himmelsbewegungen, ist aber dann in Vergessenheit geraten. Sie ist im wesentlichen eine Art Himmelsglobus aus versetzt ineinandergesteckten Ringen, die drehbar in einem Horizontgestell gelagert sind und es ermöglichen, die tägliche und jahreszeitliche Bewegung von Sternenhimmel, Sonne und Mond für jeden Ort und jede Jahreszeit darzustellen. Der Betrachter muß sich dabei gedanklich ins Innere der Kugel versetzen. Dieses Gerät ist so groß bemessen, daß seine Bewegungen auch noch vom Ende eines Klassenraumes her verfolgt werden können. Es wird schon seit längerem mit gutem Erfolg ab Ende Mittelstufe/Anfang Oberstufe und in der Erwachsenenbildung eingesetzt.

Das *Kleine Tischplanetarium* ist ein exaktes verkleinertes Abbild (Höhe: 16 cm) des *Großen Tischplanetariums*. Es ist einfach zusammenzubauen, flach zerlegbar und damit auch für den Transport in der Büchertasche geeignet.

Zeitmesser

Sonnenuhren (Karton-Sonnenuhr oder Lebende Sonnenuhr): Unsere mechanischen Uhren sind Nachbildungen der Sonnenuhr, wie man an der Drehrichtung ihrer Zeiger sehen kann. Noch bis zum

Armillararsphäre

Ende des letzten Jahrhunderts hatte jeder Ort seine eigene Zeit und jeder Kirchturm seine Sonnenuhr, damit man die mechanische Turmuhr danach stellen konnte. Diese »Wahre Ortszeit« (oder Sonnenzeit) ist nur identisch für Orte, die genau nördlich oder südlich voneinander liegen. Für jeden Längengrad, um den ein Ort weiter östlich liegt, tritt die Kulmination der Sonne am Mittag um 4 Minuten früher ein, für jeden westlichen Längengrad 4 Minuten später, wie man sich an einem Globus leicht verdeutlichen kann. Erst die Notwendigkeit, Eisenbahnen mit Fahrplänen verkehren zu lassen, die großräumig Gültigkeit haben, führte zu den heute üblichen Zeitzonen. Damit gaukeln wir uns aber eine Uniformität der Zeit vor, welcher die Sonne als Tages-Taktgeber nicht folgt: Sie steht z. B. in Polen um bis zu 52 Minuten früher und in Spanien um bis zu 110 Minuten später in ihrer mittäglichen Südposition, als es uns die in beiden Ländern gültigen 12 Uhr MEZ vormachen wollen – vom Unsinn der Sommerzeitver-

schiebung ganz zu schweigen. Im Laufe der Geschichte sind viele verschiedene Sonnenuhren-Typen entstanden: horizontale, vertikale, zum Himmelsäquator ausgerichtete oder auch solche, bei welchen die Zeit nicht an der Richtung, sondern an der Länge des Schattens gemessen wird.

Besondere Erwähnung verdient noch eine ausgefallene, im 17. Jh. in Frankreich erfundene Sonnenuhr, bei welcher der Gnomon (Schattenstab) nicht wie sonst schräg nach dem Himmelsnordpol ausgerichtet ist, sondern aufrecht steht und je nach Jahreszeit auf einer Datumsgeraden verschoben wird (Analemmatische Sonnenuhr). Die Stunden

werden nicht mit Linien, sondern mit Punkten angegeben. Vergrößert auf 5 x 7 Meter und aufs Pflaster eines Schulhofes gemalt, kann so der Mensch selber zum Gnomon werden und die Zeit minutengenau am eigenen Schatten ablesen – vorausgesetzt, er kann kerzengerade stehen ...

Neben dem Tagesumschwung der Sonne wurde schon immer auch der nächtliche Umschwung des Sternenhimmels zur Zeitbestimmung verwendet, und da bot sich der *Große Wagen* an, den die sieben hellsten Sterne im Sternbild *Großer Bär* bilden, weil sie zirkumpolar sind und deshalb immer über dem Horizont stehen. Die *Sternenuhr* ist ein Bausatz für ein Nocturnal, wie man in der Renaissance jenes kleine Gerät nannte, mit dessen Hilfe man nachts an der Stellung des *Großen Wagen* zum Polarstern die Zeit messen und dann sogar, was im Dunkeln nicht unwichtig war, an einem Zackenkranz mit den Fingerspitzen abtasten kann.

Sanduhren waren früher sehr weit verbreitet, besonders in der Schifffahrt, wo sie

bis zur Erfindung des Chronometers für die astronomische Navigation eine wichtige Rolle spielten. Noch heute wird in der Seefahrt die Zeit nach »Gläsern« gemessen. Georg Hartmann² hat darauf hingewiesen, wie wichtig im Zeitalter der Entdeckungen die Sanduhr für die Längengradbestimmung und der Jakobsstab (s. u.) für die Breitengradbestimmung war, und dabei auch Hinweise gegeben, die sich gut in Unterrichtspraxis umsetzen lassen.

Die *Mondschatten-Uhr*: Auch der Schatten, den der Mond in klaren Nächten wirft, kann zur Zeitbestimmung herangezogen werden, vorausgesetzt, man kennt das Mondalter (die Zahl der Tage seit Neumond). Sie kann hilfreich sein, die im Vergleich zur Sonne 13 mal schnellere Wanderbewegung des Mondes über den Fixsternhimmel zu erleben und zu verstehen.

Geräte zum Vermessen von Winkeln

Die Entfernungen zwischen zwei Sternpositionen lassen sich naturgemäß nicht in Längenmaßen, sondern nur als Winkelabstände zwischen zwei Blickstrahlen angeben. Seit dem alten Babylon spielt deshalb die Vermessung und später auch die Umrechnung von Winkeln nach den Regeln der sphärischen Geometrie eine zentrale Rolle in der Astronomie.

2 Stundenglas und Jakobsstab, Sternkalender, Dornach 1961/62

Der Quadrant (d. h. Viertelkreis) ist eines der ältesten astronomischen Geräte. Er dient zur Bestimmung des Winkels zwischen den zwei Blickstrahlen, die z. B. zum Horizont und einem darüber stehenden Stern gehen. Der *Pendelquadrant* hat ein Lot (wie das Pendel eigentlich korrekt heißen müßte), das automatisch die Vertikale und damit auch die Horizontale vorgibt, so daß sich mit diesem sehr einfachen und rasch gebauten Gerät der senkrechte Horizontabstand eines angepeilten Punktes (Stern, Sonne, Bergspitze) direkt in Winkelgraden ablesen läßt. Die Ablesegenauigkeit der Skala beträgt immerhin 10 Minuten. Das verdankt sie der sog. Transversalteilung, einer Erfindung des großen dänischen Astronomen Tycho de Brahe, der noch keine optisch vergrößerten Hilfsmittel kannte und dessen Sternvermessungen von bis dahin unerreichter Genauigkeit waren. Mit seinen Beobachtungen wurde er der Wegbereiter Johannes Keplers.

Der *Jakobsstab* ist seit dem Mittelalter bekannt und war bis zum Siegeszug des

Magnetkompaß

Sextanten ein unverzichtbares Hilfsmittel zur Navigation und auch zur Landvermessung. In England hieß es *cross staff*. So wichtig war es den Seeleuten, daß sie die Gürtelsterne des Orion nach ihm benannten, weil die fünf Hauptsterne dieses Sternbilds aussehen wie ein Jakobsstab. Das Prinzip ist einfach und erlaubt teilweise Messungen von hoher Genauigkeit: Auf einem Längsstab, dessen eines Ende zum Peilen ans Auge gesetzt wird, wird ein kürzerer Querstab so lange vor und zurück geschoben, bis seine beiden Enden genau zwischen die zwei Punkte passen, deren Winkelabstand gemessen werden soll. Auf einer Skala des Längsstabes kann dann der Winkel direkt in Form einer Tangens-Funktion abgelesen werden. Das Kartonmodell ähnelt zwar eher einem modernen Rechenschieber als einem mittelalterlichen Jakobsstab, es erlaubt aber kontinuierliche Messungen von 40° bis $1/2^\circ$ Winkelabstand, teilweise mit Minutengenauigkeit.

Der *Magnetkompaß* war und ist ein wichtiges Gerät zur Orientierung am Horizont, insbesondere auf See, und damit ist seine Verbindung zur Astronomie gegeben. Dieser Bausatz ermöglicht es, alle Schritte selbständig zu gehen, bis hin zur Magnetisierung der Kompaßnadel (und

gegebenenfalls auch ihrer Umpolung, weil man einem Magneten nicht ansehen kann, wo sein N-Pol ist: ein wichtiger, durch Erfahrung erworbener Lernschritt).

Von den Astronomen des alten Indien ist eine beobachtend-geometrische Methode überliefert, nach welcher sich die Himmelsrichtungen mit guter Genauigkeit aus dem Tagesgang der Sonne, genauer: aus der Tagesbewegung einer Schattenspitze über ein Feld konzentrischer Kreise hin bestimmen läßt. Im großen läßt sich diese Methode sehr schön auf ganztägig besonnten, ebenen Flächen (z. B. einem Schulhof) anwenden, im kleinen ermöglicht der *Sonnen-Kompaß* daselbe fürs Fensterbrett.

Der von Isaac Newton erdachte und von Hadley zu Ende erfundene *Spiegel-sextant* revolutionierte die Navigation durch die Präzision und Schnelligkeit, mit welcher sich Gestirns- und Sonnenhöhen bestimmen ließen. Es ist nicht zu viel gesagt, daß der Siegeszug des britischen Empires nicht zuletzt einer überlegenen Navigationskunst und damit dem Sextanten zu verdanken ist. Seine Behandlung sollte deshalb eigentlich in keinem Physik- oder Geschichtsunterricht fehlen, zumal sein Funktionsprinzip die optischen Spiegelgesetze in klassischer, fast schon ästhetischer Weise zur Anwendung bringt: Der Winkelabstand zwischen zwei Objekten wird gemessen, indem das eine für das Auge durch einen beweglichen Spiegel auf Höhe des anderen geholt wird.

Optische Beobachtungshilfen

Gute Binokulare und einfache Teleskope sind heute so billig geworden, daß sie sich jeder Interessierte leisten kann. Trotzdem sollte der vergrößerte Blick in die Tiefen des Weltalls oder auf die Details der Mondoberfläche immer von dem Gefühl

begleitet sein, daß sich damit so viel und so wenig über den Sternenhimmel erfahren läßt wie über das Wesen einer Pflanze beim Blick durchs Mikroskop. Der Sprung in den anderen Maßstab benötigt zum Ausgleich immer auch den durch kein Instrument veränderten Blick auf die Phänomene selber.

Geschliffene vergrößernde Linsen waren schon im Altertum bekannt. Das Fernrohr wurde aber erst Anfang des 17. Jhs. von den Kindern des holländischen Brillenmachers Jan Lippershey erfunden, als sie beim Spielen eine Zerstreuungslinse (konkav) vors Auge und in einiger Entfernung davor eine Sammellinse (konvex) hielten. Galileo Galilei hörte gegen 1609 davon, durchschaute das Prinzip und baute sich in der Folge Fernrohre mit bis zu 80facher Vergrößerung. Als erster richtete er ein Teleskop auf den Himmel, wo er zahlreiche umwälzende Entdeckungen machte, u. a. daß der Jupiter von Monden umkreist wird. Die holländische bzw. galileische Linsenordnung erlaubt zwar keine hohen Vergrößerungen, sie zeigt aber ein aufrecht stehendes, wenn auch nicht sehr großes Bild.

Der Kartonbausatz *Galileo-Teleskop* hat zwei Acrylglaslinsen und ist wie das gleich große *Kepler-Teleskop* (s. u.) einfach zu bauen. Mit seiner 10fachen Vergrößerung entspricht es in etwa den ersten Teleskopen Galileos und zeigt schon Krater auf der Mondoberfläche.

Das *Westentaschen-Teleskop* ist ein kleines,

Die Sonnenschutzbrille

3 1/2fach vergrößerndes Telesköpchen mit holländischer/galileischer Linsenordnung. Etwa diese Vergrößerung hatten die ersten »Fern-Seher« in Holland.

Kepler hat selber nie ein Teleskop gebaut und vielleicht auch nie durch eines hindurchgesehen, aber aus seiner Kenntnis der geometrischen Optik, als deren Begründer er gilt, hat er eine andere Fernrohrkonstruktion beschrieben, die sowohl für das Okular wie für das Objektiv eine Konvexlinse vorsieht. Das Ergebnis ist eine um ein Vielfaches höhere Vergrößerungsleistung und ein schärferes und größeres Bild als beim Holländischen Fernrohr. Einziger Nachteil, der aber bei Himmelsbetrachtungen kaum stört: Das Bild steht auf dem Kopf (man kann es aber durch Umkehrlinsen oder -prismen drehen). Heute basieren praktisch alle Linsenfernrohre auf dem Keplerschen Prinzip.

Das *Kepler-Teleskop* aus Karton hat noch eine zusätzliche sogenannte Feldlinse, die zwar die Vergrößerung etwas herabsetzt (ca. 10fach statt 12fach), dafür aber das Bild größer und vor allem heller macht. Der Zusammenbau ist unproblematisch und schon von Schülern der Mittelstufe zu schaffen.

Das *Newton-Teleskop*: Die Idee zu einem Spiegelteleskop wurde von Isaac Newton wenn nicht erfunden, dann doch publik gemacht. Da Linsen ab einer gewissen Größe zu schwer für ein Fernrohr werden, sind heute die meisten astronomischen Teleskope Spiegelteleskope, bei denen statt einer Sammellinse ein Sammelspiegel das Licht bündelt. Auch noch schwache und schwächste Lichtpunkte im All können so dem Auge sichtbar gemacht werden.

Galileo hat als einer der ersten die Son-

nenflecken und ihre Bewegung auf der Sonnenscheibe beschrieben. Daß er im Alter erblindete, wird auch auf einen unzureichenden Sonnenschutz seiner Augen zurückgeführt. Wer nach Sonnenflecken suchen oder eine Sonnenfinsternis beobachten will, sollte sich den Rat zu eigen machen, daß schon ein zu langer ungeschützter Blick direkt in die untergehende Sonne dem Auge schadet. Einen besseren Schutz als berußte Glasscheiben oder schwarze Filmstückchen bieten die für die Raumfahrt entwickelten Mylarfolien, deren Aluminiumbedampfung die Lichtstärke auf ein Hunderttausendstel reduziert. Die Sonne erscheint dann wie ein Vollmond auf schwarzem Himmel und kann beliebig lange betrachtet werden. Für die *Sonnen-Sicht-Brille* wird die Sonnenfilter-Folie eines namhaften Teleskopherstellers verwendet.

Die Möglichkeiten für Neuentwicklungen sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Es wäre schön, wenn durch diese Darstellung ein Arbeitsaustausch entstehen könnte, der zu Anregungen, Erweiterungen und Verbesserungen führt.

Klaus Hünig

Zum Autor: Klaus Hünig, Jahrgang 1945. Studium der Anglistik und Romanistik. Mitarbeit bei der Vorbereitung der Würzburger Waldorfschule. 1975 Besuch des Waldorflehrerseminars Stuttgart, seit 1976 erst Klassenlehrer, dann Sprachlehrer an der Würzburger Schule. Seit 1981 Entwicklung astronomischer Kartonmodelle und deren Vertrieb über den AstroMedia Verlag. Seit 1993 regelmäßige Fortbildungskurse in Himmelskunde und Dozententätigkeit an den Lehrerseminaren Stuttgart und Berlin.

Alle besprochenen Bausätze sind zu beziehen über AstroMediaVerlag, Pilziggrundstr. 67, 97076 Würzburg



Planetenscheibe

Die *Planetenscheibe* von Walter Kraul (siehe Abb. oben) aus bemaltem Holz ist 50 Zentimeter groß und kann vor der Klasse verwendet werden. Auf ihr werden die augenblicklichen Konstellationen von Sonne, Mond und den Planeten mit Magneten gekennzeichnet. Durch Drehen an der Scheibe erkennt man die Auf- und Untergänge der Gestirne sowie das tägliche Pilsieren des Tierkreises (zu beziehen über W. Kraul GmbH, 82057 Icking).

Red.