

Gottfried Groschopf und Hermann Zeuner

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN DES BAADER PLANETARIUM

Diese Zusammenstellung von Möglichkeiten, das Baader-Planetarium (BaPI) zur Veranschaulichung und Erklärung von astronomischen Sachverhalten zu verwenden, kann nicht erschöpfend sein. Sie bringt Beispiele für den Einsatz des BaPI's im Astronomieunterricht und bei anderen Gelegenheiten.

(1) DIE VERANSCHAULICHUNG VON GROSSENVERHÄLTNISSEN

Im BaPI beträgt die Entfernung Sonnenlampe – Erdkugel 150 mm; in Wirklichkeit sind dies 150 Millionen Kilometer. Das ist eine Abbildung im Maßstab 1 : 10¹².

a) Maßstab 1 : 10¹².

1 mm $\hat{=}$ Million km

	Wirklichkeit	1 : 10 ¹²	im BaPI
Astronomische Einheit 1 AE	150 • 10 ⁶ km	150 mm	150 mm
Entfernung Sonne – Mars	225 • 10 ⁶ km	225 mm	225 mm
Größe des Planetensystems (Entfernung Sonne – Pluto)	5.000 • 10 ⁶ km	6 m	—
Entfernung naher Fixsterne	≥ 4 • 10 ¹³ km	≥ 40 km	250 mm
1 Lichtjahr	9,5 • 10 ¹² km	10 km	—
1 Parsec	3,1 • 10 ¹² km	30 km	—
Durchmesser der Sonne	1,4 • 10 ⁶ km	1,4 mm	1mm x 3 mm (Wendel)
Durchmesser der Erde 12.800 km ≈	0,01 • 10 ⁶ km	$\frac{1}{100}$ mm	35 mm
Durchmesser des Mondes	3.500 km	3 μm	11 mm
mittlere Entfernung Erde – Mond	0,384 • 10 ⁶ km	0,4 mm	55 mm

a) Maßstab 1 : 10¹⁷.

$$1 \text{ AE} \hat{=} 1,5 \mu\text{m}; \quad 1 \text{ Lichtjahr} \hat{\approx} 10 \text{ cm}$$

Für die Betrachtung der Fixsterne von der Planetariums-Erde aus sollte die Planetariumskugel wenigstens den Halbmesser 50 km haben. Sie hat aber nur 25 cm Halbmesser. Zu einer solchen Kugel würde eine Astronomische Einheit gehören, die etwa der 100.000te Teil von 150 mm, also 1,5 μm groß wäre. Das entspricht dem Maßstab 1:10¹⁷. Die Betrachtung der Fixsterne des BaPI's müsste daher von einer winzig kleinen Erdbahn aus – also vom Mittelpunkt der Planetariumskugel aus – erfolgen. Die Erdachse würde dann auch zu den Himmelspolen (zum Polarstern) zeigen.

Man sieht, dass es unmöglich ist, sowohl die Entfernungen, als auch die Größen der Himmelskörper in einem einzigen Maßstab darzustellen. Die kosmischen Entfernungen sind riesig, und die Größe des Planetensystems oder die Durchmesser von Planeten und Fixsternen sind im Vergleich dazu sehr klein. Siehe hierzu Hermann Zeuner, „Überlegungen zur Himmelskunde an Hand des Baader-Planetariums“ in „Sterne und Weltraum“, Heft 3 / 1977, S.95 ff.

(2) „RICHTIGE“ ORIENTIERUNG DES BAADER PLANETARIUM IM RAUM

- a) Man legt die Planetariumsachse (bzw. die Erdachse) in die Meridianebene des Beobachtungsortes.
- b) Man stellt die Planetariumsachse parallel zur wirklichen Erdachse, indem man die Polhöhe gleich der geographischen Breite des Beobachtungsortes macht.

(3) DIE SCHEINBARE TÄGLICHE BEWEGUNG DER GESTIRNE

Der angenommene Beobachtungsort auf der Modellerde wird durch Drehen der Planetariumskugel um die Himmelsachse nach oben, d.h. in den höchsten Punkt der Modellerde gebracht. Das gelingt nur, wenn die richtige geographische Breite nach (2) eingestellt worden ist. Das Lot des Beobachters im Modell (Radius der Modellerde) stimmt mit dem wirklichen Lot überein. Man lässt nun die Erde um einen kleinen Winkel rotieren; die Drehrichtung erfolgt von oben (Norden) aus gesehen in Gegenuhrzeigersinn. Danach steht der Beobachter „schief“; das Modell-Lot und das wirkliche Lot stimmen nicht mehr überein. Um den Beobachter wieder nach oben zu bringen, muss man die Planetariumskugel um einen entsprechenden Winkel in der Richtung von Osten über Süden nach Westen um die Himmelsachse drehen.

Schaltet man in die Zuleitung zum Netzgerät einen Thyristorregler, so lässt sich die Erdrotation so verlangsamen, dass man die Drehung der Kugel kontinuierlich ausführen und den Beobachtungsort immer oben halten kann. Der Beobachter auf der Modellerde sieht dann, wie die Gestirne sich stetig (als Folge der Rotation der Erde von 77 über S nach 0) an der Sphäre von 0 über S nach W bewegen. Damit demonstriert man die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne.

(4) EINSTELLUNG DES BAADER PLANETARIUM AUF ORT, DATUM UND UHRZEIT; PROJEKTION DES STERNHIMMELS

- a) Orientierung des Baader Planetariums im Raum siehe (2).
- b) Auf der Innenseite der Planetariumskugel sind an der Ekliptik die Monatsabschnitte angezeichnet, in denen sich die Erde bei ihrem jährlichen Umlauf um die Sonne jeweils befindet. Man lässt die Erde zum gewünschten Datum laufen.
Arbeitet man mit geöffneter Planetariumskugel, so sind die auf der nördlichen Halbkugel liegenden Monate Oktober bis März nicht greifbar. Dann stellt man – wenn nötig – die Sonnenprojektion auf das um 6 Monate spätere Datum ein.
- c) Einstellung auf die Uhrzeit: Man denkt sich eine Gerade von der Sonne zur Erde gezogen. Befindet sich der Beobachtungsort auf dieser Geraden zwischen Sonne und Erdachse, so ist es für ihn Mittag; liegt er auf dieser Geraden jenseits der Erdachse, so ist es Mitternacht; liegt er querab, so ist es 6 Uhr oder 18 Uhr. Danach lassen sich andere Zeiten mit genügender Genauigkeit einstellen. Jetzt stellt man den Beobachtungsort nach oben.
- d) Mit Hilfe der Sonnenprojektion lässt sich die Einstellung der Uhrzeit leichter bewerkstelligen: Steht das Sonnenbild (nachdem der angenommene Beobachtungsort oben steht) in der oberen Kulmination, so ist es für den angenommenen Beobachter Mittag; bei der unteren Kulmination ist es Mitternacht; querab liegen 6 Uhr und 18 Uhr. Zwischenwerte lassen sich leicht schätzen. Das Sonnenbild muss also im Modell so stehen, wie man es in der Wirklichkeit am Himmel sehen würde.
- e) Projiziert man nun den Modellhimmel an Decke und Wände des Klassenzimmers oder noch besser auf die Baader-Projektionskuppel, so stimmt die Projektion mit dem wirklichen Fixsternhimmel für die eingestellten Werte von Ort, Datum und Zeit überein. Man versäume nicht, das zu vergleichen wenn eine Beobachtungsmöglichkeit gegeben ist. Die Schüler finden sich draußen viel leichter zurecht wenn man ihnen zuvor in der Projektion den Polarstern, den Großen und Kleinen Wagen, die Kassiopeia und die gerade besonders auffälligen Sternbilder gezeigt hat. Ist eine Himmelsbeobachtung nicht möglich, so sollte man wenigstens die Projektion mit dem Bild einer richtig eingestellten drehbaren Sternkarte vergleichen.

(5) DER WECHSELNDE ANBLICK DES HIMMELS WÄHREND DER NACHTSTUNDEN

Dreht man bei der Projektion die Planetariumskugel im Sinne der täglichen Bewegung um die Himmelsachse, so lässt sich der wechselnde Anblick des Himmels während der Nachtstunden zeigen. Einer Drehung z.B. um 90° entspricht eine um 6 Stunden spätere Zeit.

Hierbei sollte man einen Horizont verwenden, damit das Auf- und Untergehen der Gestirne deutlich sichtbar wird. Auch die Begriffe Kulmination, Tagbogen und Nachtbogen, Morgen- und Abendweite, sowie Zirkumpolarsterne und nie sichtbare Sterne kann man dabei demonstrieren.

(6) DER HIMMELSANBLICK FÜR VERSCHIEDENE GEOGRAPHISCHE BREITEN

Man verschiebt die Himmelsachse des BaPI's in ihrer Halterung und stellt die gewünschten geographischen Breiten ein, z.B. ($\varphi = 90^\circ$ (Nordpol), $\varphi = 0^\circ$ (Äquator), $\varphi < 0^\circ$ (südliche Breiten)). Dreht man die Planetariumskugel um die Himmelsachse, so erkennt man die gegenüber unseren Breiten veränderten Sternbahnen. An den Polen bewegen sich alle Sterne auf Kreisen parallel zum Horizont; Horizont und Äquator fallen zusammen. Am Äquator steigen alle Sterne am Osthorizont senkrecht hoch und gehen am Westhorizont senkrecht unter; der Polarstern liegt beim Nordpunkt des Horizonts. In südlichen geographischen Breiten gehen die Sterne auch im Osten auf und im Westen unter, aber ihre obere Kulmination erfolgt nördlich des Himmelssüdpols und sie bewegen sich (beim Blick nach Norden) von rechts nach links.

Verändert man die Polhöhe, so ändert sich auch die Anzahl der Zirkumpolarsterne und diejenige der Sterne, die nie zu sehen sind.

(7) DIE SCHEINBARE JÄHRLICHE BEWEGUNG DER GESTIRNE

Man stellt den angenommenen Beobachtungsort auf der Modellerde auf eine bestimmte Uhrzeit ein, z.B. auf Mitternacht, also auf die von der Sonne abgekehrte Seite der Erde (siehe (4c,d)) und dreht die Himmelskugel so, dass er oben steht. Nun lässt man die Erde solange laufen, bis es für den Beobachtungsort wieder Mitternacht ist. Nach dieser Zeit ist ein Sonnentag vergangen (siehe (8)). Aber nun steht der angenommene Beobachter nicht mehr oben, da die Modellerde sich ein Stück weit auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne bewegt hat. Um ihn wieder nach oben zu bringen, um also sein Lot wieder mit dem wirklichen Lot in Übereinstimmung zu bringen, muss man die Planetariumskugel in Richtung der täglichen Bewegung von O über S nach W um die Himmelsachse drehen – und zwar beim BaPI um 30° ; in Wirklichkeit beträgt diese Drehung etwa 1° je Tag.

Beobachtet man also jeweils zur gleichen Tageszeit, so stellt man von Tag zu Tag als Folge der Umlaufbewegung der Erde um die Sonne ein langsames Wandern der Sternbilder von Osten über Süden nach Westen fest. Dies ist die scheinbare jährliche Bewegung der Gestirne.

(8) STERNTAG UND SONNENTAG

Man lässt die Modellerde soweit umlaufen, bis die Ebene der Satellitenbahn durch die Sonne geht und setzt auf die Erdachse einen Papierzeiger auf, der ebenfalls zur Sonne zeigt. Lässt man jetzt die Erde rotieren, so stimmen Satellitenbahn und Zeiger (nach innen) dann wieder überein, wenn ein Sterntag vergangen ist (siderische Rotation; Drehung um 360° bezüglich des Fixsternsystems). Erst nach einer weiteren Drehung um 30° (in Wirklichkeit um rund 1°) ist ein Sonnentag beendet (synodische Rotation bezüglich der Sonne).

Bringt man zu Beginn auf dem Rand der Südhalbkugel des BaPI's eine Wäscheklammer als Marke für die Ausgangsstellung der Erde an, so kann ein Schüler die Zahl der Sterntage, ein anderer die Zahl der Sonnentage während eines (BaPI-)Jahres abzählen. Es sind 13 Sterntage und 12 Sonnentage. Dies entspricht der Beziehung

$$\frac{1}{T_{\text{syn}}} = \frac{1}{T_{\text{sid}}} = \frac{1}{T_{\text{Erde}}} \quad \text{mit} \quad T_{\text{Erde}} = 1 \text{ a (BaPI)}$$
$$T_{\text{sid}} = \frac{1}{13} \text{ a (BaPI)}$$
$$T_{\text{syn}} = \frac{1}{12} \text{ a (BaPI) .}$$

(9) SONNENPROJEKTION

Die Sonnenprojektion dient dazu, die Sonnenlampe so auf die Planetariumskugel oder an die Wand zu projizieren, wie ein Beobachter auf der Modellerde die Sonne am Firmament sehen würde. Durch diese Projektion wird das geozentrische Bild der Sonne im BaPI sichtbar und damit wird das BaPI auch für die geozentrische Betrachtung des Sonnenlaufs verwendbar.

Für solche Demonstrationen empfiehlt sich die Verwendung eines Horizontes, der die sichtbare Hälfte der Sphäre von der unsichtbaren trennt (ringförmige Sperrholzscheibe, deren Ebene durch die Wendel der Sonnenlampe geht).

- a) Die tägliche Sonnenbahn. Man bewegt die Erde längs der Ekliptik z.B. zum 21. März (Frühlingsanfang) und dreht die Planetariumskugel um ihre Achse. Das Sonnenbild steht im Frühlingspunkt (die Erde im Herbstpunkt); die Sonne geht genau im Osten auf, wandert längs des Himmelsäquators und geht im Westen unter. An der Modellerde lassen sich die Tag- und Nachtseite, der Sonnenaufgang usw. zeigen.

Lässt man die Erde auf ihrer Umlaufbahn ein Stück weiter laufen, so rücken Auf- und Untergangspunkt der Sonne gegen den Nord-Punkt des Horizontes; der Tagbogen wird größer, der Nachtbogen kleiner und die Kulminationshöhe wächst. Am 21. Juni (Sommersonnenwende) erreichen Morgen- und Abendweite, Tagbogen und Kulminationshöhe ihr Maximum. Danach nehmen sie wieder ab. Am 23. September (Herbst-, Tag- und Nachtgleiche) liegen die Verhältnisse ähnlich wie am Frühlingsanfang. Später werden die Deklinationen der Sonne negativ; Die Auf- und Untergangspunkte rücken gegen Süden, die Tagbogen sind kleiner als die Nachtbogen. Die kleinste Kulminationshöhe und der kleinste Tagbogen werden am 22. Dezember erreicht usw.

Gleichzeitig kann man hier auch die Schraubenbahn der Sonne nördlich und südlich des Himmelsäquators zwischen den Wendekreisen des Krebses und des Steinbocks zeigen.

- b) Die Jahreszeiten. In diesem Zusammenhang erklärt man auch das Entstehen der Jahreszeiten und die unterschiedlichen Jahreszeiten auf der Nord- bzw. auf der Südhalbkugel der Erde.
- c) Die Sonnenbahn in verschiedenen geographischen Breiten. Stellt man die Planetariumskugel mit ihrer Achse auf verschiedene geographische Breiten ein, so kann man, wenn man einen Horizont verwendet, die Erscheinungen von Mitternachtsonne und Polarnacht vorführen (für $|\varphi| > 66,5^\circ$).

Für Punkte auf dem Äquator sieht man, dass die Sonne um Mittag im Süden oder im Norden kulminieren kann und dass sie an den Tag- und Nachtgleichen im Zenit kulminiert.

Für geographische Breiten $\varphi < -23,5^\circ$ kulminiert die Sonne im Norden; sie läuft während des Tages beim Blick nach Norden von rechts nach links über den Himmel.

- d) Dämmerungserscheinungen. Dreht man die Planetariumskugel so um die Himmelsachse, dass das Sonnenbild in einer bestimmten Tiefe unter dem Horizont erscheint und betrachtet den Drehwinkel, der nötig ist, um es von dort zum Aufgangs- oder Untergangspunkt zu bringen, so lassen sich Aussagen machen über die Länge der Dämmerung und über deren Abhängigkeit von der Jahreszeit bzw. von der geographischen Breite.

Der bürgerlichen Dämmerung ($\Delta h = -6$) entsprechen an der Planetariumskugel eine Tiefe von etwa 2,5 cm unter dem Horizont, der nautischen Dämmerung ($\Delta h = -12$) etwa 5 cm und der astronomischen Dämmerung ($\Delta h = -18$) etwa 8 cm.

- e) Die jährliche Sonnenbahn (ohne Berücksichtigung der täglichen Erddrehung). Man lässt die Erde umlaufen und stellt fest, dass sich das Sonnenbild längs der Ekliptik von 7 nach S und O durch die Sternbilder des Tierkreises bewegt. Diese Bewegung heißt rechtläufig. Sie führt dazu, dass die Sternbilder sich von Tag zu Tag langsam in Richtung der täglichen Bewegung verschieben,

wenn man sie immer zur gleichen Uhrzeit beobachtet (siehe auch (7))

- f) Die Änderung der Auf- und Untergangspunkte der Sonne während eines Jahres. Man bringt auf dem Horizont einen lotrechten Schirm aus durchscheinendem Papier an, der längs der Planetariumskugel bis etwa 45° nördlich und südlich des Ost- bzw. Westpunktes des Horizonts reicht. Dann lässt man die Modellerde langsam umlaufen und sorgt durch Drehen der Kugel um die Himmelsachse dafür, dass das Sonnenbild immer knapp über dem Horizont liegt.

Man beobachtet eine schnelle Wanderung der Auf-(Unter-)gangspunkte in der Nähe der Äquinoktien und eine langsame Änderung ihrer Lage in der Nähe der Sonnenwenden.

(10) DER MOND

- a) Die Mondphasen. Eine Beobachtung und Erklärung der Mondphasen lässt sich erreichen, wenn man über die Erde weg nach dem Mond blickt. Das kann allerdings jeweils nur ein einziger Beobachter machen. Dieser bemerkt, dass vom Mond immer die der Sonne zugekehrte Seite beleuchtet ist, während von der Erde aus wechselnde Stücke dieses beleuchteten Teils sichtbar sind.
- b) Die Bewegung des Mondes. Die Bewegung des Mondes lässt sich im BP1 direkt beobachten. Es ist jedoch nicht ganz leicht, von der Bewegung des um die Modellerde umlaufenden Mondes auf die jeweilige Lage der Mondbahnebene zu schließen. Hier hilft der verchromte Ring, an dem der Haltearm des Mondes befestigt ist. Dessen Ebene ist nämlich immer parallel zur augenblicklichen Mondbahnebene. Bei Betrachtung dieses Ringes erkennt man, dass die Mondbahnebene ihre Orientierung im Raum dauernd ändert (und zwar abgesehen von einer Verschiebung infolge des Erdumlaufs).

Die Schnittgerade von Mondbahnebene und Ekliptikebene heißt Knotenlinie; die Knoten der Mondbahn sind die Schnittpunkte von Ekliptik und Mondbahn an der Sphäre. Hält man ein Papierblatt in die Ebene des verchromten Rings und verschiebt es parallel zur Modellsonne, so kann man auf der Ekliptik die ungefähre Lage der Knoten angeben. Macht man dies für zwei zeitlich getrennte Stellungen des Mondes, so erkennt man, dass die Knoten sich entgegen der Umlaufrichtung des Mondes (also rückläufig) verschieben. Ein voller Umlauf der Knoten dauert beim BaPl etwa 5,5 (BaPl-)Jahre, in Wirklichkeit 18,6 Jahre.

Die Änderung der Orientierung des verchromten Rings kann man bei geschlossener Planetariumskugel sehr gut an dem Schatten sehen, den der Ring auf die Wandung der Kugel wirft. Dabei stellt man die Ekliptik waagrecht. Für einen größeren Zuschauerkreis lässt sich die Bewegung des verchromten Rings sichtbar machen, wenn man die Ekliptik waagrecht stellt und die Planetariumskugel so um die lotrechte Ekliptikachse dreht, dass der Schatten, den Erde, Mond und Ring auf eine Wand werfen, immer an derselben Stelle stehen bleibt.

(11) DIE FINSTERNISSE

Sonnen- und Mondfinsternisse sind besonders deutlich zu beobachten, wenn man die Sonnenlampe zunächst ohne die Milchglaskappe verwendet. Die Erscheinungen sind allerdings mit Sonnenkappe naturgetreuer; man kann dann partielle und totale Sonnenfinsternisse bzw. Kern- und Halbschattenfinsternisse des Mondes zeigen.

Die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik sorgt dafür, dass Sonnenfinsternisse über verschiedenen Gebieten in verschiedenen geographischen Breiten auftreten.

Hält man bei 3 Mondfinsternissen ein Blatt Papier hinter der Mond, so bemerkt man, dass der Mond in unterschiedlichen Höhen in den Erdschatten eintritt.

Stellt man sich vor, dass zu der Entfernung Erde - Mond von 55 mm, wie sie im Modell vorliegt, eine Modellerde von weniger als 2 mm Durchmesser und ein etwa $\frac{1}{2}$ mm großer Mond gehören würden, so leuchtet ein, dass man nicht jeden Monat eine Sonnen- und eine Mondfinsternis sehen kann, sondern dass Finsternisse seltene Ereignisse sind.

(12) DIE JÄHRLICHE PARALLAXE DER FIXSTERNE UND DIE RÜCKLÄUFIGKEIT DER PLANETEN (PLANETENSCHLEIFEN)

Fixsternparallaxe und Planeten-Rückläufigkeit haben dieselbe Ursache, nämlich die Umlaufbewegung der Erde um die Sonne. Die Unterschiede im Erscheinungsbild rühren einerseits von den sehr verschiedenen großen Entfernungen von Planeten und Fixsternen und andererseits davon, dass die Fixsterne sich während des Erdumlaufs nicht merklich bewegen, während die Planeten so wie die Erde um die Sonne laufen.

Zur Demonstration setzt man die Südhalbkugel des BaPls in den Fuß mit Betriebsgerät. Die Ekliptik liegt zunächst waagrecht. Als Symbol des Fixsterns oder Planeten wird ein kurzer Stativstab in einem Dreifuß in etwa 1 m Entfernung von der Sonnenlampe auf den Tisch gestellt. Als Sehstrahl von der Erde zum Stern dient ein Rohr, das am Stativstab befestigt wird und ein Stab, der in dem Rohr gleitet und der bis zur Modellerde reicht. Am Rohr ist eine Taschenlampe befestigt, die das Bild des Sterns an die Wand (Wandtafel) projiziert.

- a) Die jährliche Parallaxe der Fixsterne. Während des Umlaufs der Erde hält man den Stab stets an die Erdachse. Dann führt das Projektionsbild des Fixsterns an der Wand eine hin und her gehende

Bewegung aus, wenn der Fixstern in der Erdbahnebene liegt. Neigt man die Halbkugel, so dass der Fixstern einmal nördlich, einmal südlich der Ekliptikebene steht, so erhält man Parallaxe-Ellipsen, die im Uhrzeigersinn bzw. im Gegenuhrzeigersinn durchlaufen werden. An der Wandtafel kann man diese Kurven direkt nachzeichnen.

Von der Größe einer Parallaxe-Ellipse bekommt man eine Vorstellung, wenn man sich klar macht, dass der Modell-Fixstern nicht 1 m, sondern wenigstens 40 km vom BaPI entfernt sein müsste.

b) Die Rückläufigkeit der oberen Planeten; Planetenschleifen.

Die Verhältnisse beim Jupiter ergeben sich, wenn man das Planetensymbol 80 cm von der Planetariumssonne entfernt aufstellt. Nun muss gleichzeitig mit dem Umlauf der Erde auch eine Verschiebung des Planeten vorgenommen werden. Wenn die Erde auf ihrer Bahn einen Monat durchlaufen hat, hat sich der Jupiter auf seiner Bahn um 3,5 cm weiterbewegt.

Die scheinbare Jupiter-Bewegung ist zumeist rechtläufig. Nur wenn die Erde in der Opposition den Jupiter überholt, gibt es eine Rückläufigkeit. Dabei treten wie bei a) Hin- und Hergänge oder Schleifen auf, die in verschiedenem Sinn durchlaufen werden, je nach dem der Planet in der Ekliptikebene, nördlich bzw. südlich von ihr steht. Eine S-Kurve kann auftreten, wenn Jupiter in der Opposition die Ekliptik kreuzt.

Rückt man den Planeten weiter von der Sonne weg, so wird die Oppositionsschleife kleiner und die Dauer der Rückläufigkeit größer.

(13) ASTRONOMISCHE KOORDINATEN

a) Die Äquatorialsysteme. Die Koordinaten Rektaszension und Deklination sind auf die Planetariumskugel aufgedruckt, sie lassen sich für bestimmte Sterne mit hinreichender Genauigkeit abschätzen. Die Rektaszension ist am Äquator sowohl im Zeit- als auch im Gradmaß angegeben.

Der Stundenkreis eines Gestirns ergibt sich als Differenz der auf dem Äquator angeschriebenen Rektaszensionswerte für den Stundenkreis des Gestirns und den Meridian.

b) Das Horizontsystem. Auf dem Horizont bringt man eine Gradeinteilung zur Ablesung der Azimute an. Nur die Messung der Höhe stellt man sich einen Viertelkreisbogen mit Gradeinteilung her, den man auf den Horizont stellen kann.

c) Ekliptikale Koordinaten. Man stellt die Ekliptik waagrecht in der Höhe des Horizontes. Dann kann man die ekliptikale Länge bestimmen; sie entspricht dem Azimut, jedoch erfolgt die Zählung in entgegengesetzter Richtung. Mit dem auf den Horizont gestellten Viertelkreisbogen von b) misst man die ekliptikale Breite.

(14) DIE PRÄZESSION DER ERDACHSE UND DES FRÜHLINGSPUNKTES

Die Erde ist ein großer Kreisel. Ihre Achsenrichtung wäre raumfest, wenn sie kugelsymmetrisch aufgebaut wäre. Wegen ihrer Abplattung erzeugen die Gravitationswirkungen von Mond und Sonne aber ein Drehmoment, das die Rotationsachse senkrecht zur Mondbahn- bzw. Ekliptikebene stellen will. Ein rotierender Kreisel weicht einem solchen Kippmoment durch eine Präzessionsbewegung aus. Die Erdachse durchläuft daher einen Kegelmantel mit dem halben Öffnungswinkel $23,5^\circ$. Die Präzessionsbewegung erfolgt rückläufig (von N aus gesehen im Uhrzeigersinn). Ein voller Umlauf dauert rund 26 000 Jahre; diese Zeit heißt ein Platonisches Jahr.

Beim BaPI wird die Richtung der Erdachse während des Umlaufs der Erde um die Sonne durch ein Getriebe raumfest gehalten; die Erdachse wird also während des Umlaufs parallelverschoben. Allerdings zeigt die Achse der Modellerde nicht, wie es sein sollte, zu "den Himmelspolen der Planetariumskugel. Zu einer Himmelskugel von 25 cm Halbmesser würde eine Erdbahn von 1,5 μ m Halbmesser gehören. Bei einer Erdbahn von 15 cm, wie sie hier vorliegt, tritt daher eine große Parallaxe auf. Bringt man an der Sonnenlampe oder an der Milchglas-Sonnenkappe einen dünnen Stab an, der parallel zur Achse der Modellerde steht, so zeigt dieser zu den Himmelspolen der Planetariumskugel. Er stellt also die Himmelsachse dar. Man muss sich aber immer daran erinnern, dass Erdachse und Himmelsachse in Wirklichkeit zusammenfallen.

Die Präzession der Erdachse lässt sich im BaPI wie folgt modellmäßig darstellen: Man löst die Überwurfmutter, mit der die Sonnenachse in der Planetariumskugel festgehalten wird so weit, dass die Sonnenachse sich leicht drehen lässt (eine eingelegte Gummischeibe wird gegebenenfalls entfernt). Dann setzt man die Kugel mit waagrecht liegender Ekliptik in den Fuß mit Betriebsgerät. Der Arm, auf dem die Erde sitzt, wird mit Bindfaden oder Draht an einer der Halterungen für die Marsbahn festge-

macht. Schaltet man nun den Motor des BaPIs ein, so kann die Erde zwar rotieren, aber nicht umlaufen. Dafür dreht sich jetzt der Fuß, auf dem die Sonne sitzt. Und man beobachtet, dass die beiden Achsen, nämlich die Achse der Modellerde und die an der Sonnenlampe angebrachte Himmelsachse, synchron und rückläufig je einen Präzessionskegel umlaufen, wobei sie einander immer parallel bleiben (in Wirklichkeit fallen sie zusammen).

Bei der Drehung der Sonnenachse verdrillt sich das Zuleitungskabel für Motor und Lampe. Es muss rechtzeitig wieder aufgedrillt werden.

Bei geschlossener Planetariumskugel zeigt die an der Sonne angebrachte Himmelsachse (oder eine Projektion der Sonnenlampe auf die Kugel mit Hilfe einer geeignet gehaltenen Linse) den rückläufigen Weg des Himmelspols während eines Platonischen Jahrs auf einem Kreis um den Ekliptikpol mit $23\frac{1}{2}$ Halbmesser. Man sieht, dass in etwa einem halben Platonischen Jahr die Wega (α Lyr) "Polarstern" sein wird.

Mit der Veränderung des Ortes der Himmelspole an der Sphäre verändert sich auch die Lage des Himmelsäquators. Das auf die Planetariumskugel aufgedruckte Koordinatensystem gilt deshalb nur für die heutige Lage der Himmelspole. Den ungefähren Verlauf des jeweiligen Äquators kann man mit einem Bindfaden zeigen, den man von Pol zu Pol spannt und in dessen Mitte ein Knoten ist.

Mit dem Äquator wandert auch der Frühlingspunkt als einer der Schnittpunkte von Äquator und Ekliptik in rückläufiger Richtung auf der Ekliptik. Man kann auch dies sichtbar machen durch einen Zeiger, den man an der Sonnenlampe anbringt und der bei Einstellung der Himmelsachse auf ihre heutige Richtung zum zugehörigen Frühlingspunkt ausgerichtet wird. Damit lässt sich demonstrieren, dass sich Rektaszension und Deklination eines Sterns ständig verändern und dass es nötig ist, anzugeben, auf welches Äquinoktium sich Koordinatenangaben beziehen.

Stellt man für einen bestimmten Zeitpunkt die Himmelsachse auf die entsprechende Stelle des Präzessionskegel ein und richtet die Planetariumskugel nach der Beziehung Polhöhe gleich geographische Breite aus (diese Beziehung gilt unabhängig vom Sternbild, in dem der Himmelspol sich gerade befindet), so lassen sich die veränderten Himmelsansichten am betreffenden Ort für weit in der Vergangenheit oder Zukunft liegende Zeiten darstellen. Man kann z.B. herausfinden, dass α Centauri (dritthellster Fixstern; Deklination -61°) in München im Jahr 10 000 zum erstenmal über dem Horizont sichtbar sein wird, und dass er etwa vom Jahr 25 000 an dort wieder nicht mehr beobachtbar sein wird.

(15) KOMETENBAHNEN

Auffällige Kometenerscheinungen sind selten. Wenn aber einmal ein heller Komet mit bloßem Auge zu sehen ist, dann sollte man die Gelegenheit nützen, um sich ein räumliches Bild der Kometenbahn zu verschaffen und um anschaulich zu zeigen, welche Bewegungen des Kometen am Himmel zu erwarten sind. Solche Probleme des Übergangs von einer heliozentrischen zu einer geozentrischen Betrachtungsweise lassen sich mit dem BaPI in hervorragender Weise anschaulich lösen.

Die Bahnelemente des Kometen entnimmt man z.B. den VdS Schnellmitteilungen. Die Periheldistanz benötigt man, um die Bahn des Kometen als Parabel im Maßstab $1 : 10^{12}$ (siehe (1 a)) zeichnen und aus Pappe oder dünnem Sperrholz ausschneiden zu können (auch elliptische Bahnen lassen sich für das innerhalb der Marsbahn liegende Stück genügend genau durch einen Parabelbogen annähern). An der Bahn werden einige Standorte mit Daten eingetragen. Auf die Bahnebene zeichnet man die Richtung zum aufsteigenden Knoten und befestigt die Bahn so, dass die Wendel der Sonnenlampe im Brennpunkt steht und die angegebene Bahnneigung gegen die Ekliptikebene vorhanden ist (z.B. indem man die Bahn an einer Hülse befestigt, die entsprechend schräg abgeschnitten ist und die man über die Sonnenlampe schiebt). Mit der Länge des aufsteigenden Knotens erhält die Bahn ihre Ausrichtung in der Ekliptikebene.

Nun wird das BaPI auf die geographische Breite des Beobachtungsortes eingestellt, die Erde an das Beobachtungsdatum geführt und die Uhrzeit eingestellt (siehe (4)). Legt man jetzt einen Zeiger von der Erde zum betreffenden Bahnpunkt und verschiebt ihn parallel zu sich zur Sonnenlampe, so zeigt er nach dem Punkt an der Planetariumskugel, an dem der Komet steht. Man kann die Weiterbewegung voraussagen oder die Richtung des Schweifs von der Bahn auf die Sphäre übertragen; auch die ungefähre Entfernung des Kometen von der Erde lässt sich abschätzen.

Anschrift des Verfassers:

Gymnasialprofessor Hermann Z e u n e r a.D.; Franz-Schubert-Straße 22, Aalen



BAADER PLANETARIUM G M B H

Zur Sternwarte • D-82291 Mammendorf • Tel. +49 (0) 8145 / 8089-0 • Fax +49 (0) 8145 / 8089-105
Baader-Planetarium.de • kontakt@baader-planetarium.de • Celestron-Deutschland.de