

Claus Baader

DIE VORFÜHRUNG DES BAADER PLANETARIUM

Durch Weltraumforschung und Fernsehen wissen in unseren Tagen schon Kinder in den Grundschulklassen, dass unsere Erde um die Sonne wandert und dass wir also in **einem „heliozentrischen“** Sonnensystem leben. Kinder und Erwachsene aller Altersstufen wissen auch, dass die Erde sich gleichzeitig um ihre eigene Achse dreht und dass zudem der Mond wiederum unsere Erde umkreist. Bei weiteren Fragen spüren wir allerdings schnell, dass unsere Kenntnisse über das Sonnensystem und über den Weltraum im allgemeinen doch recht gering sind. Als besondere Schwierigkeit, die einem vollkommenen Verständnis der Erd-, Planeten- und Mondbewegungen um die Sonne entgegensteht, erweist sich die Tatsache, dass wir unsere Himmelsbeobachtungen immer nur von der Erde aus machen. Wir haben deswegen noch heute das falsche Gefühl, dass die Sonne, aber auch die Sterne und der Mond, um die Erde herum über den Himmel wandern. Trotzdem wir also wissen, dass sich in Wahrheit die Erde um ihre eigene Achse dreht und dass hauptsächlich dadurch die scheinbaren Bewegungen von Sonne und Gestirnen entstehen, reicht unsere Vorstellungskraft nicht aus, uns die Bewegungen der Erde im Weltraum wirklich vorzustellen. Wir benötigen ein Modell, um aus den **beiden Bewegungen der Erde**, nämlich der Jahreswanderung um die Sonne und der **gleichzeitigen** Erddrehung um die eigene Achse, Beobachtungen wie Tag und Nacht oder die Jahreszeiten richtig herleiten zu können.

Das BAADER PLANETARIUM ist nun ein solches Modell. Es hat die Besonderheit, dass die Bewegungen der Erde und des Mondes im Weltraum gezeigt werden, wobei der Sternglobus den Weltraum symbolisiert. Dabei entstehen durch die Kombination von Sternglobus und Sonnensystem noch viele zusätzliche Beobachtungsmöglichkeiten.

Es gibt heute erste Farbphotographien der amerikanischen Raumsonde Voyager 1, die Erde und Mond gemeinsam aus sehr weiter Entfernung vom Weltraum her zeigen. Auf diesen Photos können wir sehen, dass „unser blauer Planet Erde“ mit seinem Mond tatsächlich so aussieht, wie im BAADER PLANETARIUM dargestellt. Insbesondere wenn es möglich ist, ein solches Planetarium in einem verdunkelten Raum zu betrachten, entsteht deutlich die Illusion, dass Erde und Mond im Weltraum schweben. Bei längerer Beobachtung lassen sich dann von den verschiedenen Bewegungszusammenhängen ganz intensive Eindrücke gewinnen.

GRÖSSEN UND ENTFERNUNGEN

Die Tatsache, dass ein solches Planetarium die natürlichen Bewegungen der Himmelskörper in hoher Vollkommenheit nachahmt ist die Ursache dafür, dass das Planetarium grundsätzlich richtige Eindrücke vermittelt. Schwierigkeiten entstehen lediglich bei Größenverhältnissen und Entfernungen. Besonders das wirkliche Größenverhältnis zwischen Sonne und Erde muss beachtet werden, weil die Sonne in der Natur ja etwa den 108-fachen Erddurchmesser hat. Im Verhältnis zu der Modellerde mit 35 mm Durchmesser müsste die Modellsonne ca. 3,75 m Durchmesser haben, und hier zeigt sich, dass die Größenverhältnisse im Weltraum in einem Modell nicht richtig dargestellt werden können. Bei den Entfernungen ist das Missverhältnis zwischen der Entfernung **ERDE – SONNE** und im Vergleich dazu der Entfernung **ERDE – FIXSTERNE** besonders gravierend. Während wir nämlich im Falle der planetarischen Entfernung Erde – Sonne noch in Millionen Kilometern (ca. 150 Mill. Kilometer) rechnen können, lässt sich die kosmische Entfernung Sonne – Fixsterne vernünftigerweise nur noch in Lichtjahren ausdrücken.

Dieses Missverhältnis zwischen Wirklichkeit und Modell im Hinblick auf die Entfernungen spielt besonders bei der Demonstration des täglichen und des jahreszeitlichen Nachthimmels-Anblicks eine wesentliche Rolle, und der Betrachter muss sich darüber klar sein, dass das ganze Modell-Sonnensystem (Tellurium) bei richtigen Größenverhältnissen eigentlich nur ein punktförmiges Staubkorn im Zentrum des Globus sein würde.

WICHTIG ! – Es ist zweckmäßig, das Gerät zunächst immer so vorzuführen, dass die Erdbahn waagrecht liegt. Die Endbahn bildet so eine waagrechte Bezugsebene für die Beobachtungen.

DER HIMMELSGLOBUS

Bei der Vorführung des Planetariums ist es zweckmäßig, dem Betrachter zuerst zu zeigen, dass der Plexiglas-Globus in geschlossenem Zustand **bei auffallendem Licht** nahezu undurchsichtig ist. Der Betrachter hat also zunächst einen Himmelsglobus herkömmlicher Art von sich, auf dem er bereits Sternbilder suchen und die Betrachtungen anstellen kann, die mit einem normalen Himmelsglobus möglich sind. Dabei sollte darauf hingewiesen werden, dass **jeder Himmelsglobus** – von aussen betrachtet – die Sterne **seitenverkehrt** zeigen muss. Dieses Problem rührt daher, dass der Mensch von der Erde aus in ein scheinbar gewölbtes Firmament hineinschaut, während er bei einem Sternglobus von aussen auf eine kartographische Sterndarstellung blickt und deswegen ein spiegelverkehrtes Bild sehen muss.

DIE SONNE ALS LICHTQUELLE

Wenn nun das Licht im BAADER PLANETARIUM angeschaltet wird, wenn also die kleine Sonne leuchtet, ergibt sich in einem etwas dunkleren Raum die Möglichkeit, plötzlich von allen Seiten in diesen vorher undurchsichtigen Sternglobus hineinzusehen. Dabei bleibt die dem Betrachter gegenüber liegende Globus-Innenseite undurchsichtig und erscheint als schwarzer Nachthimmel mit weissen Sternen. Wenn der Raum, in dem das Gerät vorgeführt wird, für diesen Effekt zu hell ist, kann der Betrachter mit den Augen ganz nahe an den Globus herangehen und das seitlich einfallende Licht mit beiden Händen abdecken. Entscheidend für den optischen Effekt ist immer das Verhältnis von Aussenlicht zur Innenbeleuchtung, also zur Leuchtkraft der Sonnenlampe. Der Effekt ist generell am besten mit der Wirkung einer Sonnenbrille zu vergleichen. Der Brillenträger sieht durch seine dunklen Gläser die helle Umgebung normal. Seine Brille wird aber von anderen Menschen als dunkel gesehen. Wir können also sagen, dass der optische Effekt des dunklen Nachthimmels, an dem der Beobachter beim Hineinblicken die Sterne seitenrichtig sieht, durch die starke Tönung des verwendeten Glases bewirkt wird.

DER GEÖFFNETE GLOBUS

Jetzt wird es Zeit, die sichtbare Darstellung im einzelnen zu erklären, und hierzu ist es zunächst zweckmäßig, die obere Globushälfte – also die Nordhälfte – abzunehmen. Der Betrachter blickt nun frei auf das Sonnensystem, und es sollte jetzt noch einmal kurz erklärt werden, dass die leuchtende Kugel im Zentrum die Sonne darstellt, während die beiden inneren Drahtringe von innen nach aussen die Planeten MERKUR (88 Tage Umlaufzeit um die Sonne) und VENUS (225 Tage) darstellen. Als auf den dritten Planeten soll auf die Erde hingewiesen werden, um die gleichzeitig unser MOND läuft. Die folgende Drahtbahn, die in der unteren Kugelhälfte befestigt ist, ist die Marsbahn (687 Tage Sonnenumlaufzeit), als vierte Bahn um die Sonne (nicht bei P 2000).

DIE LAGE DER BAHNEN

Bei geöffnetem Zustand der Kugel ist es jetzt günstig, auf die Lage der Planetenbahnen im Sonnensystem einzugehen. Es ist also darauf hinzuweisen, dass die **Planetenbahnen** im Raum **alle in einer scheibenförmigen Ebene beieinanderliegen**. Dies ist im Planetarium gut zu beobachten. Nun folgt der für den Betrachter neue Hinweis, dass die Bahnen der äusseren Planeten **Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun und Pluto** sowie der Planetoiden- oder **Asteroidengürtel auf die Innenseite des Sternglobus als ringförmige Bahnen aufgedruckt sind**. Wir beobachten dabei, dass diese Bahnen sich auch in der abgenommenen nördlichen Globushälfte fortsetzen und dass auch diese Bahnen zeigen, dass alle Planeten etwa in einer Ebene um die Sonne laufen. Ausnahme: Der Pluto, dessen Bahn stark geneigt und exzentrisch liegt. Die Wissenschaft nimmt hierzu an, dass auf den Pluto noch weitere, bisher unbekannte Gravitationskräfte einwirken, die seine Bahnlage beeinflusst haben.

DREHRICHTUNGEN IM SONNENSYSTEM

Nachdem zu unserem Sonnensystem neun Planeten gehören, die alle –gleich der Erde – um die Sonne wandern und sich dabei – wie die Erde – auch noch um ihre eigene Achse drehen, folgt jetzt der Hinweis, dass bei allen Planeten von Merkur bis Pluto die Richtung ihrer Wanderung um die Sonne gleich ist und dass sich alle **auch in der gleichen Richtung** um die eigene Achse drehen.

Zur Kontrolle dieser Behauptung im Planetarium wählen wir uns dafür **den Blick von Norden**, schauen also von oben auf das Modell-Sonnensystem. Wir lassen die Erde in Richtung der Monatsnamen entlang der Ekliptik laufen und bemerken, dass sich die Erde **entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn** um ihre eigene Achse dreht. Ebenso wandert aber auch der Mond in seinem Umlauf um die **Erde entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn**, und er zeigt dabei – wie in der Natur – der Erde immer die gleiche Seite. Ausserdem wandert die Erde mitsamt unserem Mond – von Norden gesehen – **entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn** in ihrer Jahresbewegung um die Sonne.

Bei dieser Beobachtung lässt sich auch deutlich der Unterschied zwischen **scheinbarer und wirklicher Bewegung** der Himmelskörper zeigen. Am Beispiel unseres Erdmondes lässt sich beobachten, dass der Mond eine **wirkliche Bewegung** entgegen dem Uhrzeigersinn ausführt. Wir können aber auch sehen, dass ein Beobachter auf der Erde den Mond in einer Bewegung mit dem Uhrzeigersinn sehen würde, weil die **Winkelgeschwindigkeit der Erddrehung** um die eigene **Achse sehr schnell im Vergleich zur Winkelgeschwindigkeit des Mondumlaufes** ist.

DIE SONNE BELEUCHTET DIE ERDE

Als nächstes ist es zweckmäßig, auf die Beleuchtung der Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne, also auf die Lichtphasen der Erde im Verlaufe des Jahres, aufmerksam zu machen. Je nach der Helligkeit des Vorführ-raumes ist es richtig, weiter bei geöffnetem Globus zu erklären, oder den Globus zu schließen. Bei geschlossenem Globus wird wieder das Aussenlicht weitgehend abgeschirmt, so dass der Betrachter die Lichtphasen im Sternglobus gut studieren kann. Er muss dazu allerdings näher an den Globus herantreten. Wir verweisen darauf, dass wir auf die Bedeutung der Erdbeleuchtung durch die Sonne später zurückkommen.

Für den folgenden Abschnitt achten wir noch einmal besonders darauf, dass die Erdbahn waagrecht liegt.

NEIGUNG UND RICHTUNG DER ERDACHSE

Wir müssen jetzt zeigen, dass die **Erde** durch ihre Rotation **um die eigene Achse** wie **ein Kreisel** wirkt und dass die Erdachse ihre Lage und Richtung im Raum deswegen beibehält. Wenn der Betrachter die kleine Erde genau beobachtet, wird er sehen, dass die **Erdachse im Raum** aber **schräg steht**. Das heisst, die Erdachse ist relativ zur Bahn, in der die Erde um die Sonne läuft (Ekliptik), in einem Winkel von $23,5^\circ$ geneigt. Dieser Winkel ist in unserem Planetarium richtig dargestellt, und wir können also die schräge Stellung der Erdachse bei ihrem Lauf um die Sonne genau beobachten. Es ist jetzt vielleicht zweckmäßig, dem Betrachter noch einmal mit einer kreisenden Handbewegung vorzuführen, wie die Erdachse schräg im Raum liegt und bei ihrem Umlauf um die Sonne diese Lage ständig beibehält. Wenn der Betrachter nun auf die kleine Erde des Planetariums schaut, sieht er ganz deutlich, dass **sich aus dieser schrägen Stellung der Erdachse** wechselnde Lichterscheinungen auf der Erde ergeben.

JAHRESZEITEN

Wenn wir schon darauf hingewiesen haben, dass sich die Entfernung Erde-Sonne im Verlaufe eines Jahres durch die etwas elliptische Form der Erdbahn geringfügig ändert, dann müssen wir jetzt zeigen, dass aber **die Jahreszeiten nur dadurch entstehen**, dass die Erdachse **schräg zu der Umlaufbahn der Erde im Raum steht**. Sommer und Winter haben also absolut nichts zu tun mit der sich ändernden Entfernung zwischen Erde und Sonne.

Wir lassen die Erde nun langsam in ihrer richtigen Bewegung um die Sonne laufen, das heisst also von Norden gesehen gegen den Uhrzeigersinn, und können dann ganz genau beobachten, wie einmal der Nordpol der kleinen Erde **voll im Licht liegt** (Nordhalbkugel – Sommer), wie am Nordpol der Polartag und die Mittsommernächte erscheinen, während auf der anderen Seite des Weges der Erde um die Sonne der **Nordpol im Schatten liegt**, und damit die lange Polarnacht eingetreten ist (Nordhalbkugel – Winter).

Wir müssen jetzt den Betrachter darauf aufmerksam machen, wie sich auf unserer kleinen Modellerde der Kontinent **Europa im Winter nur ganz kurz** durch die von der Sonne beleuchteten **Tageslicht-Zone** dreht, während der Weg durch die **Nachtzone lang ist**.

Andererseits sind die Verhältnisse auf der anderen Seite der Sonne, also nach einem halben Jahr **umgekehrt**. Der Weg, den der kleine Kontinent Europa jetzt durch die Nachtzone zurückzulegen hat, ist nur kurz (eine kurze Sommernacht), während schon morgens um vier Uhr die Sonne wieder sichtbar wird und der Weg, den der Kontinent durch die Tagzone zurücklegt, in dieser Jahreszeit viel länger ist.

Es ist in diesem Zusammenhang dann auch interessant, den Betrachter darauf hinzuweisen, dass nicht so sehr **die Länge oder die Kürze** des Tages für sommerliche oder winterliche Temperaturen auf der Erde entscheidend sind, sondern **vielmehr der Strahlungswinkel der Sonnenstrahlen auf die Erde eine große Rolle spielt**. Wenn wir also die Stellung der Erde zur Sonne im Winter (Nordhalbkugel) betrachten, sehen wir genau, dass die Strahlen der Sonne jetzt in einem flachen Winkel auf die nördliche Halbkugel fallen und deswegen ihre Wärme nicht so intensiv abgeben können wie im Hochsommer, wo sie in einem steilen Winkel auch auf unsere Breiten in Europa fallen.

Auf die Erde bezogen bedeutet das, dass wir aus Erfahrung wissen, dass die Sonne im Winter nur sehr tief am Horizont steht und deswegen nur eine viel geringere Strahlungskraft besitzt als im Sommer, wo sie fast senkrecht vom Zenith auf uns herabstrahlt. Als Referenzlinie für die Jahreszeiten dient immer die gedruckte Monatslinie (Ekliptik), wobei diese Lichterscheinungen nur dann in der richtigen Art auftreten, wenn nicht vergessen wurde, das Sonnensystem von vornherein richtig nach der Gebrauchsanweisung zu justieren.

Wir wiederholen:

WICHTIG ! Es muss die Gradeinteilung der kleinen Erde mit der Gradeinteilung der Himmelskugel parallel laufen – der Himmelsäquator und der Äquator der kleinen Erde müssen während eines ganzen Jahresumlaufes der Erde um die Sonne ständig in parallelen Ebenen liegen.

Bei all diesen Beobachtungen ist es unwesentlich, dass die Erdbahn im Planetarium keine Ellipsenform zeigt. Die Abweichung von der Kreisform würde bei der vorliegenden Verkleinerung auf 150 mm Bahnradius nur $\pm 2,5$ mm betragen und deswegen fast nicht feststellbar sein.

DIE LICHTPHASEN DES MONDES

Wir können dann als nächstes auf die Entstehung und die Sichtbarkeit der Mondphasen hinweisen. Beim Vergleich zwischen Modell und wirklichem Anblick muss der Betrachter sich vorstellen, dass er auf der kleinen Erde lebt und zum Himmel schaut. Der Betrachter kann dabei den Blickwinkel des „Standpunktes auf der Erde“ nachvollziehen und deutlich **die Mondphasen sehen**, indem er jeweils über die Erde weg visiert und in einer geraden Linie zum Mond schaut. Bei diesen Beobachtung der Mondphasen sind die Phasen von zunehmendem Mond und abnehmendem Mond dann besonders instruktiv, wenn sie jeweils in der Mittelstellung zwischen Neumond und Vollmond studiert werden (erstes und letztes Viertel). Ganz von selbst ergibt sich bei der Betrachtung dieser Mondphasen auch die Möglichkeit, **den Sternglobus als Ganzes zu drehen**, um dem Betrachter jeweils den günstigsten Blick auf den Mond zu geben. Bei längerer Beobachtung der Lichtphasen des Mondes ergeben sich durch die Mondumläufe um die Erde auch die Erscheinungen von **Vollmond und Mondfinsternis**. Im Anschluss an eine Mondfinsternis ist es dann zweckmäßig, die Neumondstellung zu erklären. **Neumond heisst, dass der Mond auf einer Linie zwischen Erde und Sonne steht**, dass nun seine Rückseite von der Sonne beleuchtet wird und er deswegen eine ganze Nacht lang von der Erde aus nicht beobachtet werden kann.

DIE SONNENFINSTERNIS

Wenn wir nun dem Betrachter den Begriff Neumond erklärt haben, dann ergibt sich auch eine sehr schöne andere Demonstration, nämlich die Wanderung des Mondschattens über die Erde, die Sonnenfinsternis. Schon der Name Sonnenfinsternis sagt, dass die Sonne „verfinstert“ wird, also von der Erde aus nicht mehr gesehen werden kann. Hier können wir nun dem Betrachter sehr schön zeigen, dass der kegelförmige Mondschatten jeweils nur Teilbereiche der Erde linienförmig überstreicht und dass die Verfinsterung daher **nur im Bereich des Mondschattens** beobachtet wird.

Wir können auch genau die **Entstehung einer Sonnenfinsternis** auf der Erde demonstrieren, und wir können bei aufgesetzter Sonnenkappe zeigen, dass diese Sonnenfinsternis einen Kern- und einen Halbschatten hat, und dass also auf der Erde immer Zonen **einer totalen Sonnenverfinsterung** neben Zonen **einer teilweisen Verfinsterung** liegen. Aus den komplizierten Bewegungsabläufen des BAADER PLANETARIUM lässt sich auch darstellen, warum manche Sonnenfinsternisse sehr große Flächen der Erde überstreichen, während manche Sonnenfinsternisse nur relativ kleine Gebiete berühren. Auch für diese Naturerscheinungen gibt das BAADER PLANETARIUM eine einleuchtende Erklärung dadurch, dass die Lage der Mondbahn (verchromter Ring) relativ zur Erde sichtbar ist. (Knotenwanderung – siehe Gebrauchsanweisung)

TAG UND NACHT - DER NÄCHTLICHE HIMMEL

Nach den vorangegangenen Erklärungen über die Lichtgestalten des Sonnenlichtes auf Mond und Erde sollten natürlich auch die Erscheinungen „Tag und Nacht“ nicht übersehen werden. Jeder Betrachter ist sich darüber im klaren, dass **Tag und Nacht** daraus entstehen, dass immer eine Hälfte der Erde von der Sonne beschienen wird, während die andere Hälfte im Schatten liegt. Wir können aber an der Modellerde auch ganz deutlich zeigen, wie ein beliebiger Ort durch die Drehung der Erde um die eigene Achse jeweils von der Tagseite in die Nachtzone und wieder auf die Tagseite gedreht wird. Wenn wir dem Betrachter diese Erklärung gegeben haben, dann müssen wir auch darauf hinweisen, dass sich durch die Jahreswanderung der Erde

um die Sonne nicht nur die Tageslängen je nach geographischer Breite ändern, sondern dass dadurch auch **die Nachtseite der Erde zu einer bestimmten Uhrzeit, z.B. um Mitternacht, ständig anderen Himmelsabschnitten gegenüber liegt**. Hier erhält der Betrachter die logische, sichtbare Erklärung dafür, warum wir im Verlaufe des Jahres ständig andere Nachthimmelsabschnitte sehen und warum der „**Winter-Nachthimmel**“ und der „**Sommer-Nachthimmel**“ **so verschieden sind**.

Der Betrachter kann gleichzeitig beobachten, wie die kleine Erde sich **durch Rotation um die eigene Achse** im Verlaufe einer Nacht an einem Abschnitt des Himmels vorbei dreht und dabei die Sterne zu wandern scheinen. Wegen der Länge von Tag und Nacht im Laufe der Jahreszeiten sollte dabei auch gezeigt werden, dass die Tages- und Nachtlängen **am Äquator durch das ganze Jahr hindurch gleich sind**, die Tageslängen-Änderungen aber um so größer werden, je mehr sich ein Beobachter vom Äquator entfernt und sich einem Pol der Erde nähert.

ALLE BEWEGUNGEN SIND RELATIV-BEWEGUNGEN

Die Astronomen sprechen beim Nachthimmel zwar von Fixsternen, also feststehenden Sternen, aber auch diese Fixsterne (andere Sonnen im Weltall) haben Bahnbewegungen, die von der Erde aus wegen der ungeheuren Entfernungen allerdings fast nicht beobachtbar sind. Es bewegen sich also nicht nur die Erde, der Mond und die Planeten, sondern alle uns bekannten Himmelskörper haben ihre oft unglaublich schnellen Eigenbewegungen, die meist um ein Zentrum von Anziehungskräften herum führen.

Wenn wir jetzt den Sternglobus (am Nordpol und Südpol) so fassen, dass er nicht aufspringen kann, dann können wir demonstrieren, dass sich neben all diesen Bewegungsvorgängen im **Weltraum auch unsere Sonne** mit dem gesamten Planetensystem (also auch zusammen mit unserer Erde und dem Mond) **auf einer Wanderung um das Zentrum unserer Milchstraße** befindet. Diese Wanderung vollzieht sich in einem Zyklus von etwa 200 Millionen Jahren. Wir brauchen zu dieser Demonstration nur den Globus hochzuheben und mit dem ganzen Globus eine Kreisbewegung zu beschreiben. Hieraus wird sehr schön einsehbar, dass **alle Bewegungen in unserem Sonnensystem weitergehen**, während auch die Sonne ihrer Bahn um ein gedachtes Zentrum der Milchstraße folgt.

Der Modellmond des Planetariums ist ebenfalls ein gutes Beispiel für die Relativität aller Aussagen über Bahnen von Himmelskörpern. Von der Erde aus gesehen wandert der Mond im Uhrzeigersinn über den Nachthimmel; vom Polarstern aus sehen wir eine Bewegung gegen den Uhrzeiger. **Von der Erde aus sehen wir nur die Vorderseite des Mondes**, aber wir sehen seine Lichtphasen; **von der Sonne aus** sehen wir während eines Monats den Mond **von allen Seiten**, aber wir sehen ihn immer als Vollmond. **Bezogen auf die Erde** beschreibt der Mond eine annähernd **kreisförmige Bahn**; **bezogen auf die Sonne** ist die Bahn des Mondes aber eine **Art kreisförmige Schlangenlinie**; **im Planetarium** gleicht die Bahn durch die verschobenen Relationen von Geschwindigkeit im Verhältnis zum Weg einer **Epizykel-Bewegung**.

OBEN UND UNTEN

Als nächste Demonstration können wir den Sternglobus so drehen, **dass der Nordpol direkt waagrecht auf den Betrachter zu zeigt**. Diese, für einen Blick auf unser Sonnensystem ungewohnte Perspektive zeigt eindrucksvoll, wie irreführend das menschliche Empfinden für „oben“ und „unten“ in diesem Fall ist. Weil der Betrachter unwillkürlich sein Raumgefühl auf seine Beobachtung im Planetarium überträgt, scheint die Modellerde im Planetarium um die Sonne **aufwärts und abwärts zu laufen**. In **Wirklichkeit sind es aber nur Gravitationskräfte**, die den Begriffen „oben“ und „unten“ Sinn geben, und wir verweisen auf das bekannte Beispiel von den Antipoden, den Menschen, die auf der „unteren“ Seite der Erde leben. Trotzdem werden wir die Begriffe „oben“ und „unten“ später in ähnlichem Zusammenhang wegen ihrer Anschaulichkeit manchmal verwenden.

NOCH EINMAL : DER UHRZEIGERSINN

Eine weitere Demonstration mit dem BAADER PLANETARIUM hängt wieder vom jeweiligen Standpunkt des Betrachters ab. Wir hatten schon gesagt, dass beim Blick von Norden auf das Sonnensystem die Bewegungen von Planeten und Monden mit wenigen Ausnahmen (bei den Monden von Jupiter, Saturn und Neptun) **entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn** vor sich gehen. Das gleiche beobachten wir im Planetarium beim Blick von Norden. Wenn wir dann aber den ganzen Sternglobus so **drehen**, dass das Gestänge der Sonnen- und Erdhalterung nach oben zeigt, dass also **der Südpol des Globus nach oben liegt**, dann stellt der Betrachter aus dieser Sicht fest, **dass jetzt Erde und Mond andersherum laufen, also im Uhrzeigersinn**. Für einen Erdbewohner auf der Südhalbkugel geht dann zwar die Sonne auch im Osten auf. Aber – sie steht **mittags im Norden** und ihre scheinbare Wanderung über den Himmel erfolgt nicht von links nach rechts (mit dem Uhrzeiger), sondern von rechts nach links (gegen den Uhrzeiger).

Tatsächlich steht auch diese Demonstration wieder in Übereinstimmung mit der Natur. Wir **können diese Erscheinung bei einer Schiffs- oder Flugreise beobachten**, die den Äquator kreuzt und jeder Mensch, der einmal auf der Südhalbkugel der Erde gelebt hat, kennt die verblüffende Erscheinung der umgekehrten Sonnenbewegung, die den dort zu Besuch weilenden Europäer oder Nordamerikaner zunächst stark irritiert.

UND JETZT ZUM ÄQUATOR

Noch komplizierter werden die Verhältnisse für einen Erdbewohner, der am Äquator den Himmel beobachtet. Zur Demonstration hilft wieder das Planetarium. Wir drehen den geschlossenen Sternnglobus so, dass die Teilungslinie, also der **Himmelsäquator, senkrecht steht** und genau auf den Beobachter zugerichtet ist. Im Verlauf der Jahresbewegung der Erde um die Sonne, die wir jetzt relativ zu einer senkrechten Ebene (zum Himmelsäquator) betrachten, sehen wir 2 Schnittpunkte der Erdbahn mit der Ebene. (Frühlingspunkt und Herbstpunkt) Wir sehen aber auch, dass die kleine Modellerde einmal auf der einen und dann auf der anderen Seite der senkrechten Ebene auf- und abwärts wandert. Wir folgern hieraus, dass der Beobachter am Äquator die Sonne nicht nur einmal mit dem Uhrzeiger und einmal gegen den Uhrzeiger wandern sieht. Es ergibt sich vielmehr auch die **Bedeutung der Wendekreise**, zwischen denen die Erde (Sonne) hin- und herwandert.

HIMMELSÄQUATOR UND JAHRESZEITEN

Zum Abschluss dieser Demonstration wollen wir jetzt noch den Sternnglobus so in den Fuß legen, dass die Teilungslinie, **also der Himmelsäquator, waagerecht liegt**. Wenn nun die Modellerde um die Sonne läuft, dann hat sich die Bewegung der Erde, die wir vorher einmal links und einmal rechts der Äquatorebene beobachtet hatten, jetzt in eine Bewegung verwandelt, **die einmal unter und einmal über der waagerecht liegenden Ebene** gesehen wird.

Im Gegensatz zu dem früheren Abschnitt DIE JAHRESZEITEN, wo wir von **einer waagerecht liegenden Erdbahn (Ekliptik)** ausgegangen sind, gibt die veränderte **Bezugsebene „waagerechter Himmelsäquator“** eine neue, sehr eindrucksvolle Sicht für die Beleuchtung der Erde durch die Sonne und für die Entstehung der Jahreszeiten.

Wir können zunächst **erneut konstatieren**, dass die Erde sich wie ein riesiger Kreisel um ihre eigene Achse dreht und dass daher die Erdachse ihre Lage im Weltraum beibehält. Aber – **diese Erdachse steht in unserer Beobachtungsweise nur senkrecht**, und sie behält diese **senkrechte Stellung** während ihres ganzen Jahres-Umlaufes um die Sonne bei. Nur – die Jahresbahn der Erde (Ekliptik) liegt eben nicht mehr waagerecht, sondern sie ist im Verhältnis zu dem waagerecht liegenden Himmelsäquator um $23,5^\circ$ geneigt. **Die Erde läuft also aufwärts und abwärts um die Sonne**. Die Folge dieser Neigung der Erdbahn ist, dass der Beobachter nun eindringlich sieht, wie die Erde durch das Sonnenlicht einmal von **unten (Süden)** beleuchtet wird und wie ein halbes Jahr später das Sonnenlicht von **oben (Norden)** auf die Erde fällt.

Es zeigt sich, dass in dieser Sicht die Lichterscheinungen auf der Erde, also Polartag und Polarnacht, die beiden Punkte von Tag- und Nachtgleiche, aber auch Sommer und Winter für die Nord- und Südhalbkugel der Erde viel leichter zu verstehen sind, als in der bekannten Darstellung, die normale Tellurien ermöglichen (waagerechte Erdbahn).

Wir können jetzt auch zeigen, wie die Ekliptik, als die von der Erde aus an der Sphäre gesehene Sonnenbahn, ebenso wie die von der Erde aus gesehene Planetenbahnen durch den Neigungswinkel zwischen Erdumlaufbahn und Ebene des Himmelsäquators bedingt sind. Andererseits ist diese „Auf- und Abwärtsbewegung“ der Erde relativ zum Himmelsäquator im Vergleich zu den in kosmischer Entfernung stehenden Fixsternen „annähernd Null“. Ähnlich wie früher bei der Fixsternparallaxe, die bei zwei um 180° (300 Mio km) versetzten Messpunkten von der Erdbahn aus lange Zeit wegen der ungeheuren Entfernungen der Fixsterne mit alten Instrumenten nicht messbar war, können wir bei dieser Auf- und Abbewegung der Erde von einer jahreszeitlichen Sonnenparallaxe sprechen.

Die Erde steigt und fällt also jeweils ca. 60 Mio km über und unter die Ebene des Himmelsäquators. Durch die ungeheure Entfernung der Sterne (der anderen Sonnen im Weltall) ist diese Bewegung aber messtechnisch kaum nachweisbar. Hier wird also mit dem Planetarium anschaulich klargemacht, warum die Sternbahnen für den Erdbeobachter immer konstant bleiben (konstante Kulmination), während im Gegensatz dazu die Sonnenbahn sowie Mond- und Planetenbahnen jahreszeitlich ihre Höhe über dem Horizont ändern.

DAS VERDUNKELTE (KLASSEN)ZIMMER

Bevor wir dazu übergehen, dem Betrachter die Projektionsmöglichkeit des Gerätes zu zeigen, sollten wir uns schnell noch den Spaß machen, ihm zu beweisen, dass **in einem verdunkelten Raum zwei Menschen von gegenüberliegenden Seiten in den schwarzen Sternnglobus hineinschauen können, sich aber gegenseitig nicht sehen**, weil der Globus für jeden Betrachter **auf der gegenüberliegenden Seite undurchsichtig** ist. Am besten sieht hierbei der Vorführende auf der einen Seite in den Globus und lässt den Betrachter auf der anderen Seite hineinschauen. Die Ursache dieser Erscheinung ist, dass der verwendete Kunststoff nur ca. 5% Lichtdurchlässigkeit hat, also 95% des Lichtes absorbiert. Wenn wir somit in einem dunklen Raum in den Globus hineinsehen, dann sehen wir also nur 5% des möglichen sichtbaren Lichtes, wobei uns durch Absorption und Spiegelung die gegenüberliegende Innenwand als gestirnter, schwarzer Himmel erscheint.

PROJEKTION IM VERDUNKELTEN RAUM

In der weiteren Reihenfolge ergibt sich nun die Möglichkeit, die **PROJEKTION des Gerätes** vorzuführen. Wir zeigen also dem Betrachter, wie er **nur den Sonnenkörper abziehen braucht** und erklären ihm, dass jetzt unter diesem Sonnenkörper eine **punktförmige Lichtquelle** (Sonnenlampe) freigelegt wird, die eine Schattenprojektion oder auch negative **Projektion der Sterne, der Sternbilderverbindungslinien und der Gradeinteilung** an die Decken und Wände des umgebenden Raumes ermöglicht.

Zweckmäßig ist es, wenn wir jetzt auf einzelne Sternbilder aufmerksam machen und erklären, wie auch der Finger oder ein Bleistift, der die Sternbilder auf dem Globus zeigt, an der Decke als Schatten abgebildet wird. Ausserdem können wir ein beliebiges ausgeschnittenes Folien-Sternbild (Großer Bär) deckungsrichtig mit den entsprechenden Sternen auf den Globus legen **und dieses Folienbild als Schatten an die Decke projizieren**. Es ist dabei am zweckmäßigsten, wenn man den Bären oder ein beliebiges anderes Sternbild senkrecht an die Decke projiziert, weil dann die bei geraden Wänden unvermeidliche Verzerrung am geringsten ist.

Bei der Vorführung der Projektion des BAADER PLANETARIUM wird manchmal der Einwand erhoben, dass die Projektion nicht vollkommen sein kann, weil ein halbkugelförmiger Projektionsraum meist fehlt und Verzerrungen auftreten. Generell lässt sich die Verzerrung weitgehend vermeiden, wenn man sich auf die Projektion einzelner Himmelsgegenden beschränkt. Man benutzt hierfür ein großes Stück Karton mit einem Loch (ca. 25 cm – 30 cm Ø), das man an die Kugel hält. Nun lässt sich die ausgewählte Himmelsgegend genau abgrenzen und durch Drehen des Globus beliebig verändern, ohne dass die auftretende Verzerrung bereits störend ist. Unleugbar bleibt aber, dass die Projektion in eine sphärische Kuppel die ideale Lösung wäre.

DER EINSATZ EINER PROJEKTIONSKUPPEL

Hier sollte nun auf die Möglichkeit hingewiesen werden, eine Stoffkuppel selbst zu basteln, oder eine preisgünstige BAADER PROJEKTIONSKUPPEL mit 2,5 oder 3,5 Meter Durchmesser anzuschaffen, die natürlich eine einwandfreie sphärische Projektion ermöglicht. Eine zerlegbare BAADER-Kuppel besteht aus vorgefertigten Glasfaser-Polyester Segmenten, die in praktischer Verpackung sehr einfach per Bahn zum Empfänger gelangen. Die Kuppeln können nach beiliegender Anweisung schnell selbst aufgebaut werden. Auch die Aufhängung wird mittels Dübeln und beige packten, höhenverstellbaren Stahlschnüren oder Rohren sehr einfach vorgenommen.

Dass es für die Projektion im übrigen noch die Möglichkeit gibt, die Sterne auf dem Globus mit äußerster Vorsicht selbst zu durchbohren, soll nur ein Hinweis sein (keinesfalls mit einer **elektrischen** Bohrmaschine). Es dürfen dabei aber keine überragenden Ergebnisse erwartet werden, weil der Kontrast zwischen der Allgemeinhelligkeit des projizierten Himmels und der dann hellen, punktförmigen Abbildung der durchbohrten Sterne relativ gering ist und so etwas unbefriedigend bleibt.

DER WIRKLICHE STERNHIMMEL NACH JAHRESZEIT UND STUNDE

Der Vorführende sollte nun auf die Möglichkeit zu sprechen kommen, dass der Nachthimmel mit einem BAADER PLANETARIUM für jeden Tag des Jahres und für jeden Standort auf der Erde festgelegt und auch an die Decke projiziert werden kann. Er zeigt hierzu wieder die auf der Innenwand im Sternglobus sichtbare Ekliptik, also die Umlaufbahn der „Erde um die Sonne“, die an der Globuswand als eine Linie mit Monateinteilung eingezeichnet ist. Diese Monateinteilung ist auf der Globus-Aussenseite noch in Tagesabschnitte unterteilt, und die sich aus diesen Einteilungen ergebende jeweilige „Position der Erde in der Jahreszeit“ gewinnt für den jahreszeitlich richtigen Himmelsanblick besondere Bedeutung.

Betont wird hierbei, dass die Monatsbezeichnungen auf der Ekliptik im heliozentrischen Sinn aufgedruckt sind. Sie bezeichnen also die jahreszeitliche Stellung der Erde, während die übliche Bezeichnung bei Teleskopen die Stellung der Sonne am Himmel zugrundelegt.

Natürlich lässt sich auch die jahreszeitliche Stellung der Sonne im Planetarium leicht feststellen, denn der Beobachter braucht nur von der Erde aus über die Sonnenmitte zur gegenüberliegenden Globusseite zu visieren und sieht so die Stellung der Sonne vor dem richtigen Sternhintergrund.

Der Vorführende sollte nun dem Beobachter noch einmal klarmachen, welche Voraussetzungen den jeweiligen Nachthimmels-Anblick bestimmen. Es sind dies:

- **DER WICHTIGSTE PUNKT:** Ein Sternglobus ist ein korrektes, maßstab- und winkelgetreues Abbild des Sternhimmels, so wie er von der Erde aus gesehen wird. Ein Sternglobus **muss** schon aus diesem Grund richtig zum jeweiligen Himmelsanblick zu justieren sein.

- Jeder Beobachter sieht von der Erde aus **immer genau eine Hälfte** des Sternhimmels, weil sein Blick durch den Horizont begrenzt ist. Ein Beobachter auf dem Nordpol der Erde wird dabei die Sterne genau wie in der nördlichen, abnehmbaren Sternglobus-Hälfte über sich sehen. Ein Beobachter am Südpol sieht ebenso genau **die andere Globus-Hälfte**, den südlichen Himmel **über sich**.
- Vom geographischen Standort hängt auch die Bewegungsrichtung ab, in der die Gestirne oder die Sonne – von der Erde aus gesehen – zu wandern scheinen! So wandern die **Sterne an den Polen in waagerechten Kreisen** um den Betrachter herum. **Am Äquator** sieht der **Beobachter die Bahnen senkrecht zum Horizont**, und in mittleren Breiten sieht er ein Mischbild aus beiden Möglichkeiten (Zirkumpolar-Sterne).
- Die Erde dreht sich unaufhaltsam um ihre Achse (Rotation). Der Beobachter sieht dadurch – bei Tag oder bei Nacht – ein minütlich und stündlich verändertes Bild des Himmels (Stellung der Sonne, Stellung der Sterne).
- Die Erde wandert **im Verlauf des Jahres gleichzeitig** einmal um die Sonne (Revolution). Diese Wanderung verschiebt zusätzlich die sichtbare Hälfte des Sternhimmels für den Betrachter von Nacht zu Nacht. Und, weil das Jahr 365 Nächte hat, beträgt diese Verschiebung von Nacht zu Nacht $1/365$ einer vollen Drehung des Himmels, also annähernd 1 Grad.

Die wesentlichste Voraussetzung für die Globus-Justierung zum wirklichen Himmel ist aber als Bezugsebene

DER HORIZONT

Es ist einsichtig, dass bei der Projektion in eine Projektionskuppel die Kuppel-Unterkante der Horizont sein muss. Der Vorführende braucht nur darauf zu achten, dass das Planetarium mit seinem Zentrum (Sonne) genau in der Ebene liegt, die von der Kuppelunterkante gebildet wird.

Aber auch ohne Kuppel lässt sich ein Stück Pappe mit einem großen „Eingriffsloch“ ringförmig ganz nahe um den Sternglobus stellen, so dass am größten Globus-Durchmesser ein waagerechter Horizont entsteht, der Globus aber trotzdem gedreht werden kann. Selbst eine gedachte waagerechte Ebene durch den Sternglobus kann bereits als imaginärer Horizont dienen.

DIE EINSTELLUNG – DEKLINATION

Nachdem all diese Voraussetzungen bedacht sind, muss zunächst die geographische Breite des Beobachters (Mainz 50° nördlich) relativ zum Horizont eingestellt werden. **Wir lassen dabei die Modellerde zunächst ausser Betracht** und konzentrieren uns auf den Sternglobus.

Ausgehend von der mehrfach erwähnten Grundstellung „waagerechte Ekliptik“ neigen wir nun den Globus so (oder richten ihn auf), dass der nördliche Himmelspol (Polarstern) entlang einem senkrechten, gedachten Großkreis seine Position zwischen 0 Grad (am Horizont) und 90 Grad (im Zenith) ändert. Diese Höhe des Polarsterns über dem Horizont kann dabei jeweils im Zenith des Sternglobus kontrolliert werden, wo der entsprechende himmlische Breitenkreis, also die Deklination abgelesen werden kann.

Wenn wir diese Änderung des Himmelspols nach der Breite mehrmals vorführen, kann jetzt der Betrachter auch gleichzeitig wieder die kleine Modellerde beobachten. Er wird feststellen, dass sie unabhängig von ihrer jahreszeitlichen Stellung alle Manipulationen mit dem Sternglobus mit vollzieht und die am Sternglobus abgelesene Deklination gleichzeitig auch immer der geographischen Breite des höchsten Punktes auf der kleinen Modellerde entspricht.

Wenn nun bei richtig eingestellter Deklination dann noch der Sternglobus auch seitwärts so gedreht wird, dass der Polarstern in Nordrichtung zeigt, dann ist damit die Himmelsachse im Sternglobus parallel zur wirklichen Himmelsachse gestellt. Mit anderen Worten: Nach unserer irdischen Beobachtung, der **scheinbaren** Drehung des Himmelsgewölbes, wird der nördliche und der südliche Himmelspol durch eine gedachte Achse verbunden. Zu dieser Achse steht die Erdachse immer parallel. Zusätzlich ist dadurch, dass der Polarstern auf unserem Globus nach Norden, zum Polarstern am Himmel zeigt, auch noch die Globusachse Nordpol – Südpol zur Erd- und zur natürlichen Himmelsachse parallel gestellt worden.

DIE EINSTELLUNG – REKTASZENSION

Wenn der Vorführende dann den Sternglobus in dieser Stellung am nördlichen und am südlichen Pol zwischen zwei Fingern hält und ihn um die himmlische Nord-Südachse dreht, dann dreht er den Sternglobus also genau parallel zur Drehung der Erde und zur scheinbaren Drehung des Himmelsgewölbes. Mit dieser Drehung zeigt er so die Änderung der Gestirnspositionen, die der Rektaszension entspricht. Der Vorführende weist dabei den Betrachter noch einmal daraufhin, dass Stern- und **Sternbilderpositionen primär durch die beiden gleichzeitigen Bewegungen** der Erde, nämlich die Tagesdrehung und die Jahreswanderung bestimmt sind. **Zum besseren Verständnis wird aber die Tagesdrehung zunächst ausser Acht gelassen.** Die Einstellung eines gewünschten Himmelsanblicks nach Tag und Stunde (Rektaszension) wird viel-

mehr so begonnen, dass zunächst die der Jahreswanderung der Erde entsprechende Grundstellung der Modellerde zum Sternhimmel gesucht wird. Der Vorführende kann dabei die Modellerde z.B. in der Position 30. Juni anhalten. Er wird dann den Sternglobus, wie vorher beschrieben, an den Polen mit zwei Fingern halten und ihn so lange um die Himmelsachse drehen, bis die mitgedrehte Modellerde den höchsten Punkt bei dieser Drehung um die Himmelsachse erreicht. Als Folge dieser Drehung liegt nun auch der Sternglobus so, dass der Tagespunkt 30. Juni im „Mitternachts-Meridian“ steht.

Wenn der Sternglobus bei dieser Manipulation auch nach der Deklination (Breite) richtig einjustiert war, dann wird aus der Globusstellung deutlich, dass der Horizont jetzt einen Himmelsanblick begrenzt, wie er am 30. Juni um 24 Uhr Mitternacht von allen Erdbewohnern der entsprechenden, eingestellten geographischen Breite gesehen wird. Es handelt sich also bei dieser Mitternachtsposition um den Himmelsanblick, wie er allein aus der Jahresbewegung der Erde resultiert. Natürlich ist diese 24 Uhr Stellung noch mit dem Fehler behaftet, dass sie die gleichzeitige **tägliche** Drehung der Erde nicht berücksichtigt. Das heisst, je ein Beobachter z.B. in New York und Peking sehen den Sternhimmel um 24 Uhr etwa um ein halbes Grad verschoben, weil die Erde auf ihrer Jahresbahn weiterwandert, während etwa 12 Stunden vergehen, bis durch die tägliche Drehung um die Erdachse Peking die gleiche 24 Uhr Stellung erreicht, die **New York** 12 Stunden vorher erreicht hatte.

Mit dieser zweiten Manipulation, dem Einstellen der Erdposition an der Ekliptik (30. Juni) wurde also die der Wirklichkeit entsprechende jahreszeitliche Position der Erde festgelegt, wobei diese 24 Uhr Position unser Ausgangspunkt für den nächsten Schritt ist.

Entsprechend der vorher ausser Acht gelassenen Tagesdrehung soll nun auch die Änderung des Himmelsanblicks durch die tägliche Drehung der Erde mit dem Planetarium gezeigt werden. Bei einer vollen Erddrehung in 24 Stunden beträgt die Drehung 360 Grad : 24,15 Grad pro Stunde. Diese Einteilung finden wir auf dem Sternglobus des Planetariums wieder.

Wenn der Vorführende von der Mitternachtsposition ausgehend, den Sternglobus nun (von Norden gesehen) 15 Grad gegen den Uhrzeigersinn um seine Achse dreht, dann zeigt er damit – bezogen auf den Horizont – den Nachthimmel, wie er eine Stunde vor Mitternacht aussieht. Dreht er den Globus aber von der Mitternachtsposition aus mit dem Uhrzeigersinn, dann erhält er nach jeweils 15 Grad den Himmelsanblick, wie er sich eine, zwei oder mehr Stunden nach Mitternacht ergibt.

Wenn der Sternglobus dabei am Nordpol und Südpol jeweils mit einem Finger der rechten und der linken Hand gehalten wird, dann sollte dabei immer etwas Druck ausgeübt werden, damit der Globus nicht aufspringen kann.

Bei der Justierung zum wirklichen Himmel ist es immer besonders beeindruckend, wenn der Vorführende diese Justierung auf einer Terrasse oder in einem Raum vornehmen kann, der den **sofortigen Vergleich von „Anblick im Globus“ – „wirklicher Himmelsanblick“, z.B. durch Hinausgehen ins Freie, möglich macht.** Kinder und Schüler sehen dabei, dass ihre theoretischen Überlegungen, die zur Einstellung am Globus geführt haben, mit dem wirklichen Himmelsanblick übereinstimmen. Es ist verständlich, dass dieses Erfolgs-Erlebnis besonders zum Aufsuchen und Vergleichen von Sternen und Sternbildern führt.

BAADER PLANETARIUM UND FERNROHRE ODER TELESKOPE

Nach all diesen Erklärungen über die Einstellung des richtigen Himmelsanblickes sollten wir auch erwähnen, wie beeindruckend der Vergleich des am Planetarium eingestellten Himmels mit dem wirklichen Anblick in einer klaren Nacht sein kann. In einer Zeit, in der die unglaubliche Leistungssteigerung bei Spiegelteleskopen auch dem Amateur die wunderbarsten Photo-Aufnahmen von tief im Weltraum liegenden, unendlich fernen Sternen und Galaxien erlaubt, kann das Planetarium eine große Hilfe sein, um Sterne zu erkennen und Sternbilder aufzufinden. Dies vor allem deswegen, weil eine seitenrichtige sphärische Darstellung gegeben wird.

ASTRO-NAVIGATION UND DIE LÄNGENBESTIMMUNG

Der Abschluss der Hinweise auf die Projektionsmöglichkeit und die Justierung gibt Gelegenheit, noch auf astro-navigatorische Fragen und auf die Kenntnisse der Seefahrer im Altertum einzugehen. Wir vergessen dabei heute oft, dass schon römische Kaufmannsschiffe unbezweifelbar von Ägypten aus nach Indien gesegelt sind. Die berühmte Schrift „De facie in orbe lunae“ von Plutarch beweist auch, dass die Griechen Nordamerika kannten und besuchten.

Grundsätzlich macht es dabei wenig Schwierigkeiten, mit dem Zuhörer zu klären, dass ein Schiffs-Navigator auf dem Nord-Atlantik bei einer Positionsänderung von Süden nach Norden (oder umgekehrt) je nach der Schiffsposition – der geographischen Breite – den Polarstern höher oder tiefer über dem Horizont sehen wird. Er wird ebenso die Sonnenbahn je nach Position des Schiffes höher oder tiefer über dem Horizont beobachten. Zu beachten bleibt allerdings wieder, dass die Deklination der Sonne sich auch jahreszeitlich

ändert ($23,5^\circ + 23,5^\circ = 47^\circ : 365 = 0.13^\circ$ täglich), während der Polarstern in seiner Deklination immer konstant bleibt.

Auch der Analogie-Schluss, dass sich umgekehrt **aus der Höhe des Polarsterns oder aus der Höhe der Sonnenbahn über dem Horizont der eigene Standpunkt auf der Erde nach der geographischen Breite zwingend ergibt**, selbst dieser Analogie-Schluss fällt nicht schwer.

Aber – wie es in der **Antike** möglich gewesen sein soll, **ohne moderne Instrumente den eigenen Standort auch nach der geographischen Länge zu bestimmen**, das ist nicht einfach zu verstehen. Es gibt heute auch nur wenige Schriftsteller oder Wissenschaftler, die etwa Odysseus solche Kenntnisse zubilligen würden. Und doch, das Planetarium beweist, auch eine Längenbestimmung ist ohne große mathematische Kenntnisse und ohne Einführung des Begriffes „Sternzeit“ rein empirisch zu ermitteln.

Der Vortragende wird hier noch einmal an den Absatz „Wirklicher Sternhimmel nach Tag und Stunde“ erinnern und wieder das Planetarium zuhelfe nehmen. Der Betrachter muss wieder bedenken, **dass die tägliche Drehung der Erde und die Jahreswanderung der Erde um die Sonne** den Himmelsanblick für den Schiffsnavigator von Nacht zu Nacht verändern. Dabei spielt für unsere grobe Ortsbestimmung die tägliche Drehung der Erde nur insofern eine Rolle, als Messungen immer um die gleiche Zeit gemacht werden müssen. Unser antiker Navigator benötigt also nur eine möglichst genaue Wasser- oder Sanduhr, um nach der Kulmination der Sonne möglichst präzise Mitternacht oder eine andere Nachtstunde zu ermitteln. Wenn er dann bei seiner Abfahrt aus einem Hafen die Stellung z.B. des Großen Wagens um Mitternacht genau gemessen und sich notiert hat, dann kann er Abweichungen, die über die zu erwartende Positionsänderung von täglich etwa 1 Grad hinausgehen, eindeutig als Änderung der Schiffposition nach der Rektaszension (Länge) werten. Der Vorführende kann hier feststellen, dass einige hundert Jahre vor Christus sowohl die Kugelgestalt als auch der Umfang der Erde schon recht genau bekannt waren (Erathostenes). Ebenso waren zumindest erste Astrolabe, also nautische Messinstrumente bekannt, denn schon Hipparch soll im Besitz eines Astrolabs gewesen sein. Relativ genaue Messungen waren also möglich.

Um diese Überlegungen im Planetarium zu verifizieren, sieht der Beobachter nun von Süden in den Sternglobus und visiert jeweils über die kleine Erde hinweg zum Polarstern. Er wird dabei sofort feststellen, dass die Stellung des Großen Wagens zum nördlichen Himmelspol (Polarstern) sich im Lauf des Jahres permanent ändert und letztlich die Ausgangsposition wieder erreicht. Dies wird besonders deutlich, wenn die Betrachtung wieder bei waagerechtem Himmelsäquator vorgenommen wird. Es ist also einsichtig, dass der Kapitän im Altertum von der berechneten Position (Rektaszension) positive oder negative Werte sehr einfach als die nach West oder Ost zurückgelegte Fahrstrecke festlegen konnte.

DIE HIMMELSUHR

Dass der Große Wagen auch als Uhr dienen kann, lässt sich durch Visieren von Süden über die Nachtseite der Modellerde zum inneren nördlichen Globushimmel ebenfalls gut zeigen. In diesem Fall ist die Rotation um die eigene Achse, also **die tägliche Drehung der Erde**, für die Beobachtung maßgebend. Wenn wir nämlich von Stunde zu Stunde immer wieder über Mitteleuropa hinweg zum Himmel visieren, dann lässt sich einfach zeigen, dass der Wagen damit auch von Stunde zu Stunde seine Stellung zum nördlichen Himmelspol ändert und tatsächlich als Stundenzeiger einer Uhr aufgefasst werden kann. Auch dabei muss der Betrachter allerdings – wie der Navigator in der Antike – **die jahreszeitliche Position des Wagens** kennen, die auf der Erdwanderung um die Sonne beruht.

EINIGE TECHNISCHE EINZELHEITEN

Mit diesen Vorführungen sind an sich diejenigen himmelsmechanischen Themen berührt, die im normalen Schulunterricht und für den interessierten Laien oder den Amateur wichtig sind. Wir sollten daher weitere Themen an den Schluss der Beobachtungen setzen und inzwischen auf die Konstruktion des Gerätes eingehen. Wir zeigen dabei, dass im Vorderteil des Fußes in dem kleinen herausragenden Kasten ein Transformator eingebaut ist, der mit einem Regelpotentiometer und einem Stufenschalter die Steuerung der Bewegungen von Erde und Mond, sowie die wahlweise Einstellung der Sonnenlampe auf 3 verschiedene Intensitätsstufen gestattet.

Wir können auch erklären, dass durch **das Verbindungskabel zwischen Fuß und Globus** der gesteuerte Strom in die Mittelachse des Gerätes geleitet wird, wobei dann Stromabnehmer so angebracht sind, dass der eingebaute Motor gespeist wird. Dieser eingebaute Miniatur-Elektromotor ist aufwendig, denn er ist mit einem Untersetzungsgetriebe verbunden, das die Drehzahl des kleinen Gleichstrommotors im Verhältnis von etwa 1:600 untersetzt. Durch das Rohr, das den Arm der Erde bildet, wird die Kraft mittels einer biegsamen Welle einerseits zu einem Kronenrad an der Mittelachse geführt, (Jahresbewegung) andererseits wird die Motorkraft zu dem oberen, uhrenwerkartigen Getriebe übertragen.

Zusätzlich zu der Jahresbewegung regelt dieses kleine Getriebe **vier Funktionen**. Es bewirkt nämlich 2. die Rotation der Erde um ihre eigene Achse, 3. den Umlauf des Mondes um die Erde, 4. die permanente Ausrichtung der Erdachse auf einen Punkt im Weltall und 5. bewegt es ausserdem unabhängig davon den verchromten Lagerring der Mondbahn, entgegengesetzt den anderen Drehbewegungen. Dadurch dass sich der

kleine Lagerring der Mondbahn, der die jeweilige Lage der Mondbahn zur Erde symbolisch darstellt, selbständig bewegt, wird entsprechend den Vorgängen in der Natur die Wanderung der Mondbahnknoten demonstriert. Es mag dabei ausserdem interessieren, dass sich in dem Getriebe eine vierfach koaxiale Welle befindet, d.h. vier ineinander laufende Miniaturrohre regeln die einzelnen Bewegungen. Die Änderung der Lage der Mondbahn relativ zur Erde hat übrigens den Sinn, dass hierdurch Mond- und Sonnenfinsternis wie in der Natur in regelmäßigen Zyklen auftreten.

DAS PLANETARIUM UND DER BEGRIFF „ZEIT“

Wenn er noch zu den weniger gebräuchlichen Demonstrationen übergeht, dann sollte der Vorführende mit der „Zeit“ beginnen. Ebenso wie die Bewegungsrichtungen von Sonne, Sternen und Planeten nur relativ zum Standpunkt des Beobachters und zu seiner Blickrichtung korrekt beschrieben werden können, so sind auch die Zeitbegriffe im Weltraum abhängig von Bezugssystemen. Nur wenige Menschen haben Veranlassung, sich ausser mit der sogenannten „bürgerlichen Zeit“, also dem Jahr, das 365 mittlere Sonnentage oder als Schaltjahr 366 Sonnentage hat, mit einem **anderen** Zeitbegriff zu beschäftigen. Wer, abgesehen von Navigatoren und Seeleuten, weiss schon, dass diese „bürgerliche Zeit“ auf dem „mittleren tropischen Jahr“ oder „Sonnenjahr“ beruht, das 365,2422 mittlere Sonnentage hat. Trotzdem sind die folgenden Punkte interessant.

STERNZEIT, STERNTAG UND SONNENTAG

Erst das mathematische Gebäude der „Sternzeit“ und exakte Uhren ermöglichten es, am Beginn der Neuzeit genaue astronomische Standortbestimmungen durchzuführen. Wir können dabei dem Betrachter die Grundlage des Problems „Sternzeit“ besonders leicht zeigen, weil in unserem Planetarium die Anzahl der Tagesdrehungen der Erde auf 12 Sonnentage pro Jahr gekürzt ist. 12 Umdrehungen der Erde lassen sich leicht nachzählen, und wir zählen also 12 Umdrehungen relativ zur Sonne von Mittag zu Mittag, während wir 13 Umdrehungen relativ zu einem Fixstern zählen.

Wie in der Gebrauchsanweisung genau erklärt, sprechen wir daher von Sonnentag und Sterntag. In der Natur hat unser Jahr dann 366 Sterntage, aber 365 Sonnentage.

MONDZEITEN, PLATONISCHES JAHR

Beim Umlauf des Mondes um die Erde ergeben sich aus den gleichen Ursachen ähnliche Erscheinungen, die mit **siderischer und synodischer Monat bezeichnet werden**. Zusätzlich zeigt das Getriebe des Planetariums durch die dargestellte Wanderung der Knoten der Mondbahn auch noch die Erscheinung des drakonischen Monats. Darüber hinaus können wir jetzt erwähnen, dass sich auch die Erscheinungen des **platonischen Jahres** an unserem Gerät demonstrieren lassen. Wir erklären hierbei dem Betrachter, dass die Erde durch **Gravitationseinflüsse der Sonne entsprechend den Kieselgesetzen eine sogenannte Präzessionsbewegung hat**. Die Erdachse versucht dabei, diesen Gravitationskräften dadurch auszuweichen, dass sie entgegengesetzt der Rotationsbewegung der Erde – von Norden gesehen gegen den Uhrzeigersinn – eine Präzessionsbewegung, und zwar von Norden gesehen mit dem Uhrzeigersinn ausführt. Diese **Präzessionsbewegung hat einen Zyklus von ca. 26.000 Jahren** und heisst allgemein „das Platonische Jahr“. Wenn wir das Gestänge der Mond- und Erdhalterung am **Haltefuss** anfassen und es relativ zur Kugel in Uhrzeigerrichtung drehen, dann stellen wir mit einer vollen Umdrehung des Gestänges um die eigene Achse den Ablauf der Präzessionsdrehung von 26.000 Jahren dar. Dementsprechend bedeutet in diesem Fall ein Monatsabschnitt auf der Globuswand den Zeitraum von 2.150 Jahren.

Wir können mit dieser Drehung des Gestänges relativ zum Sternglobus dem Betrachter zeigen, wie tatsächlich die Achse der kleinen Erde ihre Richtung zum Himmel ändert. **Wir können sehen**, wie damit auch immer wieder andere Sterne „zum Polarstern“ werden und **dass die Griechen deswegen ausserdem den Sternhimmel auch zu den verschiedenen Jahreszeiten anders gesehen haben als wir**. Wir können mit Recht sagen, dass wir mit unserem Gerät – wie auch in großen Planetarien – den Himmel so darstellen können wie ihn etwa die Römer zur Zeit Christi Geburt gesehen haben.

DER FRÜHLINGSPUNKT UND ETWAS ASTROLOGIE

Eine weitere Konsequenz der Präzession ist, dass auch die Tages- und **Nachtgleichen durch diese Veränderung der Richtung der Erdachse** eine Verschiebung erleiden. Die beiden Schnittpunkte von Himmelsäquator und Ekliptik, die gleichzeitig ja auch den Frühlingspunkt und den Herbstpunkt darstellen, verschieben sich also von Norden gesehen mit dem Uhrzeigersinn entlang der Ekliptik.

Hier ist nun die Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass der Frühling auf der Nordhalbkugel der **Erde nicht dann** beginnt, wenn die Erde auf der „Frühlingsseite“ des Himmels, also zwischen den Sternbildern Fische und Wassermann, steht. Wir erinnern uns vielmehr, dass unser Planetarium ja eine heliozentrische Darstellung zeigt, dass die astronomischen Sprachbegriffe aber aus geozentrischen – also von der Erde aus gewonnenen Anschauungen stammen. Der Frühling auf der Nordhalbkugel der Erde beginnt also dann, wenn die Sonne von der Erde aus gesehen im **Frühlingspunkt**, dem Schnittpunkt von Himmelsäquator und Ekliptik, zwischen den Sternbildern Fische und Wassermann, steht. Mit der Präzessionsbewegung der Erde und der Wanderung des Frühlingspunktes hängt auch die Tatsache zusammen, dass nach astrologischem Sprachgebrauch die Sonne am 21. März in das Sternbild des Widlers eintreten müsste. Zur Zeit der Benennung der Sternbilder durch die Griechen war dies wirklich der Fall. Aber eben durch die Präzession sehen wir heute die Sonne zum Beginn des Frühlings zwischen den Sternbildern Wassermann und Fische.

ZUM ABSCHLUSS

Auch mit der Erklärung der Präzession bleiben noch immer viele Demonstrationsmöglichkeiten unerwähnt, von denen wir noch folgende in Stichworten andeuten können:

- Von dem kleinen Modell-Satelliten kann der Vorführende z.B. sagen, dass seine Bahn, wenn sie einmal eingeschossen ist, ihre Lage im Raum beibehält. Bei der dargestellten Polbahn des Satelliten dreht sich also die Erde unter der raumfesten Satellitenbahn, und der Satellit könnte im Laufe eines Tages die gesamte Erde mehrfach fotografieren.
- Bei der Venus können wir sehr schön die Entstehung der schon mit dem Feldstecher sichtbaren Lichtphasen beobachten und erklären, warum die Venus manchmal als Morgen- und manchmal als Abendstern am Himmel steht.
- Aufgrund der Bahnneigung der Marsbahn können wir beobachten, warum manchmal die nördliche und manchmal die südliche Polkappe des Mars besser für den irdischen Beobachter mit dem Fernrohr zu sehen ist.
- Wir können aufgrund der Mondbewegungen des Planetariums auch erklären, warum wir von der Erde aus etwa 6 % mehr als die halbe Mondoberfläche beobachten können. Neben den Wirkungen der veränderlichen Bahngeschwindigkeit sehen wir nämlich den Mond wegen seiner Bahnneigung auch einmal etwas mehr von oben und einmal mehr von unten.
- Bei der Vorführung der Projektion können wir letztlich auf die Schwierigkeiten der Karten-Projektion zu sprechen kommen, denn wir können ja ein Gradnetz auf eine Fläche projizieren.

Zwar sind mit diesen Punkten weder die Möglichkeiten des Planetariums erschöpft, noch sind die verschiedenen Themen erschöpfend behandelt. Grundsätzlich aber ist bei einer Vorführung des Planetariums, die diesen Vorschlägen folgt, das Verständnis für die physikalisch richtigen Zusammenhänge geweckt und gefestigt worden. Öftere Wiederholung der Demonstrationen wird dabei das Verständnis vertiefen und dauerhafte Eindrücke schaffen.