

Himmelskunde für Mondreisende

Dr. Daniel Ahrens

Jüngst hat die japanische Mondsonde *Kaguya* Bilder von einer durch die Erde verursachten partiellen Sonnenfinsternis zur Erde gefunkt und damit den Blick des Menschen auf die Erde um einen weiteren spannenden Aspekt bereichert.

Von der Beobachtung dieses für „Mondbewohner“ sicherlich recht spektakulären Phänomens ausgehend, möchte ich mich im Folgenden mit der Frage beschäftigen, welche elementaren Himmelsphänomene Mondreisende bzw. „Mondbewohner“ überhaupt zu Gesicht bekommen. Ich gestehe, dass mich das Thema während der Bearbeitung zunehmend gefesselt hat und mich so manches Phänomen am Mondhimmel in Erstaunen versetzt hat.

Im Folgenden soll zunächst eine recht knappe Phänomenologie der lunaren Himmelskunde entwickelt werden. Im Anschluss stelle ich einige Gedanken zu einer möglichen unterrichtlichen Umsetzung vor.

Übersicht der Bezüge im WiS!-Beitrag		
Physik	Optik	Brechung, Streuung in der Atmosphäre
Astronomie	Positionsastronomie	Mond und seine Bewegungen, Tagdrehung, Monat, Jahr, Mondphasen, Finsternisse, Bezugssystemwechsel: Erde \leftrightarrow Mond
Fächer- verknüpfung	Astro-Literatur, Astro-Info	Literatur zu Mondreisen, Umgang mit der Planetariumssoftware <i>stellarium</i> , Gruppenpuzzle

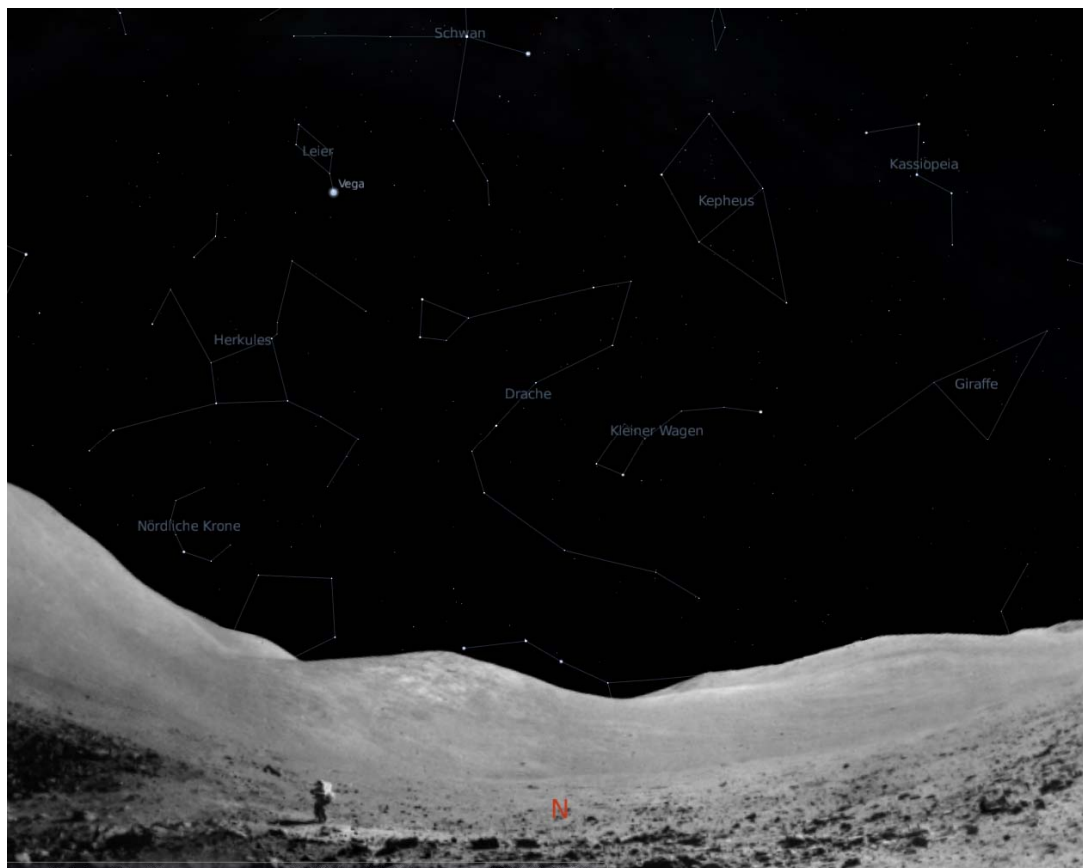


Abbildung 1: Himmelsblick vom Mond aus [stellarium]

I. Elementare Phänomene am Mondhimmel

Ich möchte vorwegschicken, dass ich das Thema an dieser Stelle – fachwissenschaftlich betrachtet – nur sehr oberflächlich behandle, dass fast alles beim genaueren Hinsehen sehr viel komplizierter ist als im Folgenden geschildert. Es handelt sich hier quasi um die „nullte Näherung“ an die Thematik, die aber ausreicht, um die grundlegenden Phänomene zu verstehen. Um als Erdbewohner das Grundprinzip der Mondphasen zu durchschauen, muss man ja auch nicht in die zahlreichen „Störungen des Mondlaufes“ eingeweiht sein. Genau diese Störungen führen übrigens – vom Mond aus betrachtet – zu zwar sehr kleinen, aber verzwickten Bewegungen der Gestirne, die die lunare Himmelskunde schnell beliebig kompliziert machen.

Ich habe im vorliegenden Text versucht, die wirklich elementaren Dinge im Fließtext, spezielle und für Beobachter mit „unbewaffnetem Auge“ irrelevanten Aspekte in den Fußnoten zu behandeln.

1. Ein erster Blick an den Himmel

Der erste Blick an den Himmel macht dem Mondreisenden schnell klar, dass der Unterschied zwischen Tag- und Nachthimmel nicht so groß ist wie bislang als Erdbewohner womöglich gedacht. Es wechseln sich nicht der blaue oder wolkenverhangene und von der Sonne beherrschte Taghimmel mit dem von den Sternen regierten schwarzen Nachthimmel ab. Der Himmel ist immer schwarz; Sonne, Erde, Sterne und Planeten scheinen alle an diesem schwarzen Himmelstuch festgemacht. Die fehlende Atmosphäre führt dazu, dass viele irdische Phänomene für Mondreisende *nicht* existieren:

- das Himmelsblau,
- das diffuse, aus allen Richtungen strahlende, Tageslicht,
- die Dämmerungsphase nach Sonnenuntergang bzw. vor Sonnenaufgang,
- atmosphärische „Sondererscheinungen“ (Halos, Polarlichter, Regenbogen),
- das Aufleuchten von Sternschnuppen,
- das Flackern der Sterne,
- die Refraktion der Atmosphäre, die auf der Erde zu „falschen“ Gestirnspositionen in Horizontnähe führt (z.B. verfrühtem Sonnenaufgang),
- das rötliche Auf- bzw. Untergehen von hellen Gestirnen,
- das langsame Verlöschen der Sterne beim Untergang in der westlichen Dunstschicht.

Die **Sonne** hat für Mondreisende in etwa die gleiche Größe wie von der Erde aus betrachtet ($\sim 0,5^\circ$), die Erde erscheint allerdings (mit etwa 2° Winkelausdehnung am Himmel) viermal größer als die Sonne (also auch viermal größer als uns Erdbewohnern der Mond erscheint). Unser blauer Planet nimmt demnach für Mondreisende (als Mond des Mondes) von der Größe und Farbigkeit her durchaus eine Sonderstellung ein.

Die Position der **Sterne** untereinander verblüfft den Mondreisenden nicht, er wird die ihm von der Erde bekannten Konstellationen, die Sternbilder, wieder erkennen.¹ Das absolut fantastische „seeing“ auf dem Mond wird ihm die Sternbilder durch eine Vielzahl zusätzlich sichtbar gewordener Sterne trotzdem neu erscheinen lassen. Ebenso wenig bieten die **Planeten**, was Helligkeit oder Größe betrifft, für die Mondreisenden Anlass zur Verwunderung². Zu klein ist die Distanz zwischen Erde und Mond gegenüber der Entfernung der Planeten, als dass vom Mond aus augenfällige Unterschiede bemerkbar wären.

¹ Selbst der erdnächste Stern, Alpha Centauri, verschiebt sich bei einer Reise zum Mond nur um absolut unbeobachtbare 0,001 Bogensekunden, von den anderen Sternen ganz zu schweigen.

² Zugegeben: der Effekt ist größer als bei den Fixsternen, ohne Präzisionsinstrumente aber eben nicht beobachtbar.



Abbildung 2: Die Erde am Nachthimmel des Mondes [stellarium]

2. Der Umschwung des Himmels – der Mond-Tag

Seinerzeit wurden die beiden Pole des Mondes so mit *Nord* und *Süd* bezeichnet, dass auch für potentielle Mondbewohner die Sonne im Osten auf- und im Westen untergeht. Sie kulminiert für Bewohner der nördlichen Mondhälfte, wie alle Gestirne, in lunarer Südrichtung. Dabei bewegt sie sich aber auffällig langsamer als sie das für Beobachter auf der Erde zu tun pflegt. Nach einem Süddurchgang vergehen $29\frac{1}{2}$ Tage bis sie erneut kulminiert, d.h. der Mond-Tag ist fast 30 Erdtage lang, die Mond-Stunde entspricht also 30 Erd-Stunden, so dass eine Mond-Stunde länger ist als ein irdischer Tag. Knapp 15 Erdtage (354 Erdstunden) lang steht die Sonne über dem Horizont, ist es also hell, an den anderen 15 Erdtagen herrscht, je nach Erdphase, mehr oder weniger Dunkelheit. Dem Aufgang der Sonne geht zwar (wegen der fehlenden Atmosphäre) keine Dämmerungsphase voraus, dafür sehen wir aber vor Sonnenaufgang (und nach Sonnenuntergang) die Korona der Sonne über dem Horizont erstrahlen (um dieses Schauspiel live erleben zu können, gäbe ich 2 Wochen Urlaub her). Von einem Punkt des Mondäquators aus betrachtet dauert es dann eine volle Erdstunde bis die Sonnenscheibe vollständig über den Horizont gekommen ist. Dabei wird es zunehmend heller.

Wie auch auf der Erde, sieht der Mondreisende die Sterne wie auf einer gigantischen Himmelskugel um sich herum kreisen; dies aber deutlich langsamer als von der Erde aus. Anders als auf der Erde unterscheidet sich die Zeit für einen Umschwung der Sterne mit $27\frac{1}{4}$ Erdtagen (Sternentag) deutlich vom Umschwung der Sonne mit $29\frac{1}{2}$ Erdtagen (Sonnentag).³ Das Zentrum der beobachteten Drehung liegt im Übrigen nicht in der Nähe des Polarsterns, also in der Schwanzspitze des Kleinen Wagens, sondern unweit des Drachenkopfes. Dort befindet sich kein auffal-

³ Auf der Erde beträgt diese Differenz nur etwa 4 Minuten.

lender heller Stern, so dass dem Mondreisenden die Orientierung mit Hilfe der Sterne deutlich schwerer fallen dürfte.⁴ Wie auch auf der Erde entspricht die Polhöhe der geografischen (man sollte wohl sagen *lunografischen*) Breite, d.h. in Abhängigkeit vom Standort sind bestimmte Sternbilder zirkumpolar, andere gehen auf und unter.

Abb. 3 zeigt das Zentrum der Drehung und die Zirkumpolarsterne (innerhalb des roten Kreises) für einen Mond-Standort bei ca. 50° nördl. Mond-Breite, also einem Erd-Standort in Deutschland vergleichbar. Unser irdischer Polarstern kreist für Mondreisende in über 20° Abstand vom Himmelspol, Schwan und Herkules sind zu Zirkumpolarbildern geworden, die Tatzen des Großen Bären reichen dafür nicht mehr über den Nordhorizont hinaus, sie gehen auf und unter.

Der Himmelsäquator teilt die Himmelskugel – wie von der Erde gewohnt – in zwei Hälften und schneidet den Horizont genau im Ost- und Westpunkt. Auf ihm befinden sich aber ganz andere Sternbilder. Wir werden im nächsten Kapitel sehen, dass es die Tierkreisbilder sind.

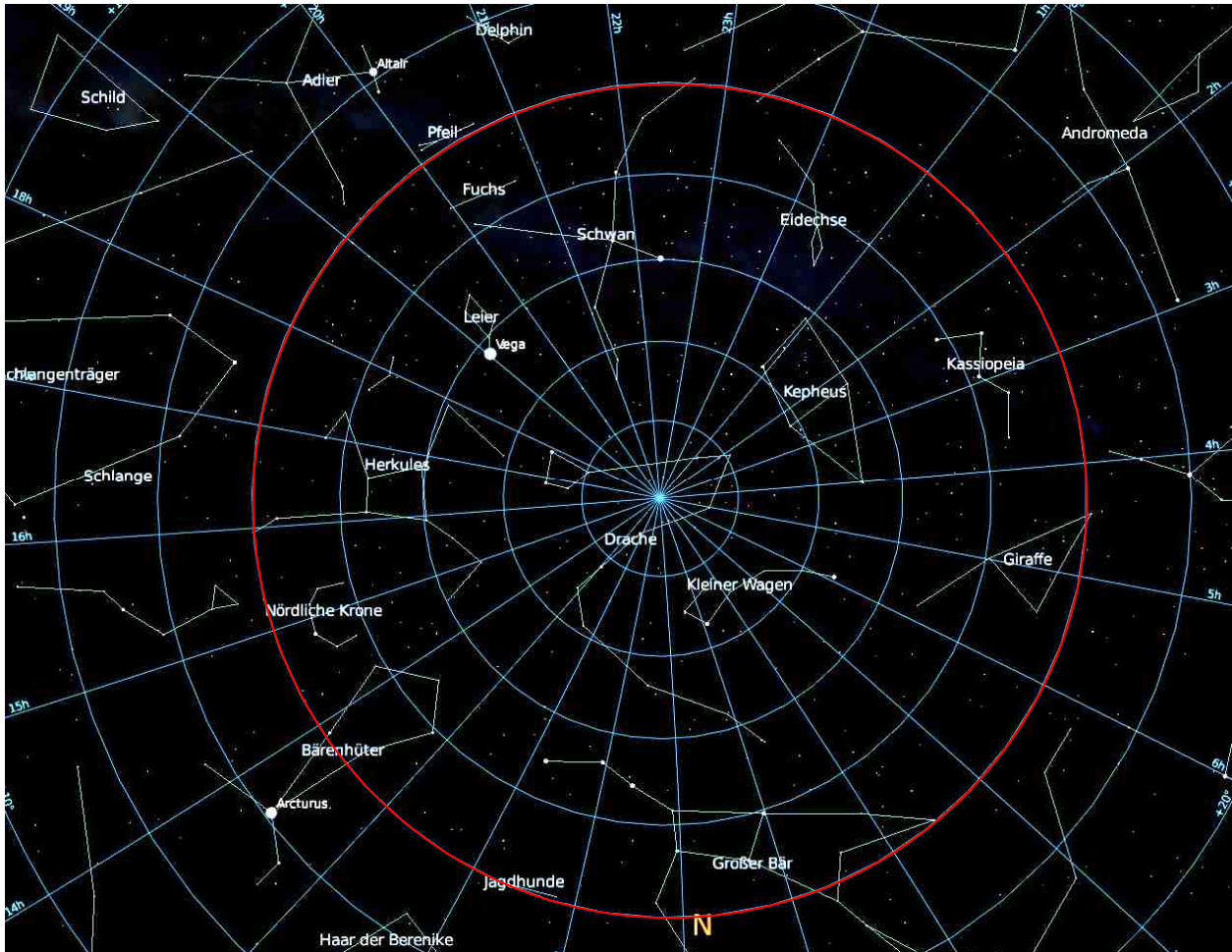


Abbildung 3: Himmelspol und Zirkumpolarsterne am Mondhimmel [stellarium]

3. Die Bewegung der Sonne durch die Ekliptik – das Mond-Jahr

Da die Sonne für einen Umschwung länger braucht als die Sterne, sieht der Mondreisende – so wie auch von der Erde aus – im Laufe der Zeit die Sonne durch die Ekliptik wandern. Der Mondreisende misst dabei für eine volle Runde der Sonne durch das Tierkreisband die gleiche Zeit-

⁴ Wie auch die Achse der Erde vollführt die Mondachse eine recht komplizierte Präzessions- und Nutationsbewegung. Der Himmelspol wandert dabei für Mondreisende innerhalb von knapp 19 Jahren einmal um den Pol der Ekliptik. Zwar ist der Öffnungswinkel nur etwas mehr als ein Grad groß, anders als für Erdbewohner sind diese Änderungen aber innerhalb einer menschlichen Lebensspanne wahrnehmbar (die Erdachse benötigt für eine volle Präzessionsrunde fast 26.000 Jahre).

dauer wie auch die Erdbewohner ($365\frac{1}{4}$ Erdtage)⁵, so dass ein Jahr auf dem Mond ebenso lange dauert wie auf der Erde. Vom Mond aus kann man das langsame Kriechen der Sonne aber wegen der fehlenden Atmosphäre tatsächlich beobachten. Diese Bewegung durch das Tierkreisband macht sich – anders als auf der Erde – bereits zwischen Sonnenauf- und -untergang (also während knapp 15 Erdtagen) bemerkbar. An jedem Mond-Tag kommt die Sonne etwa 30° auf der Ekliptik voran, so dass sie täglich in einem neuen Tierkreisbild zu sehen ist. Nach kaum mehr als 12 Mond-Tagen ist dann das Jahr zu Ende. Jahr und Tag unterscheiden sich also auf dem Mond zwar immer noch deutlich voneinander, aber eben lange nicht so deutlich wie auf der Erde.

Da die Bahnneigung des Mondes um die Erde und seine Achsneigung ungefähr denselben Betrag haben, zeigt die Mondachse in etwa auf den Pol der Ekliptik im Kopf des Sternbildes Drachen (s. Abb. 3). Das führt dazu, dass Himmelsäquator und Ekliptik in etwa zusammenfallen⁶, was eine Vielzahl von Konsequenzen hat.

Für praktisch alle Mondorte geht die Sonne während des ganzen Mond-Jahres nahe dem Ostpunkt des Horizonts auf und nahe dem Westpunkt unter. Dabei sind Tag und Nacht überall auf dem Mond fast gleich lang. Außerdem führt das Zusammenfallen von Ekliptik und Himmelsäquator dazu, dass es auf dem Mond praktisch keine Jahreszeiten gibt. Die Kulminationshöhe der Sonne schwankt im Laufe des Jahres um ganze 3° (im Gegensatz zu 47° auf der Erde). Die Länge der 12 Mond-Tage unterscheiden sich daher – ganz im Gegensatz zur Erde – nur wenig, nämlich um knapp 1% voneinander (6-8 Erdstunden bei einer Mond-Tageslänge von 709 Erdstunden). Die Mondoberfläche wird also viel einheitlicher von der Sonne bestrahlt (und damit erwärmt) als die der Erde. Man kann den Mond im Grunde als eine einzige „gemäßigte Zone“ bezeichnen.

4. Die Bewegung der Erde durch die Ekliptik – der Mond-Monat

Auch die Erde bewegt sich für den Mondreisenden durch das Tierkreisband bzw. den Himmelsäquator. Sie tut das auf den ersten Blick gleichförmig. Sehr exakte Messungen der Mondreisenden würden ergeben, dass der gleichförmigen Bewegung eine Vielzahl von Störungen, was Größe und Geschwindigkeit der Erde betrifft, überlagert sind. Für eine volle Runde durch den Tierkreis benötigt die Erde $27\frac{1}{4}$ Erd-Tage. Da das aber gerade der Umlaufzeit der Fixsternkugel entspricht, also einem Mond-Sternentag, kommt die Erde quasi nicht vom Fleck. Sie steht unverrückt immer in der gleichen Höhe über der gleichen Stelle des Horizonts⁷ und lässt die Sterne des Tierkreises mit relativ konstanter Geschwindigkeit hinter sich vorbeiziehen.⁸

Dabei ändert die Erde kontinuierlich ihre Gestalt, ihre Phase. Wenn wir Erdbewohner Neumond haben, sehen die Mondbewohner eine Vollerde und umgekehrt. Zwischen Vollerde und Vollerde vergeht ein synodischer Monat, der für Mondreisende genauso lange dauert wie für Erdbewohner, nämlich $29\frac{1}{2}$ Erd-Tage. Mondbewohner würden das einen Tag nennen. Auf dem Mond ist

⁵ Sowohl Mond- als auch Erdbewohner nehmen aber Unregelmäßigkeiten der Sonnenbewegung durch die Ekliptik wahr. Die Sonne verändert am Himmel sowohl ihre Größe als auch ihre Geschwindigkeit entlang der Ekliptik. Für eine exakte Taglänge müssten Mondreisende wie wir Erdbewohner auch zwischen *wahrer Sonne* und *mittlerer Sonne* unterscheiden. Die *Zeitgleichung*, die diese Unregelmäßigkeiten beinhaltet, hat für Mondbewohner aber eine vollständig andere Form als für uns Erdbewohner. Zum einen fehlt der irdische Anteil, der durch den deutlichen Winkel zwischen Himmelsäquator und Ekliptik zustande kommt. Dafür variieren durch die mäandernde Bahn des Mondes um die Sonne Größe und Geschwindigkeit der Sonne am Himmel in der Frequenz der Mond-Monate.

⁶ Tatsächlich beträgt die Schiefe der Ekliptik für Mondreisende nur etwa $1\frac{1}{2}^\circ$, Ekliptik und Himmelsäquator bilden daher auch genau diesen Winkel miteinander.

⁷ Von der Erde aus betrachtet, ist eine deutliche Schaukelbewegung des Mondes sowohl in Länge als auch in Breite auszumachen. Das führt u. a. dazu, dass wir Erdbewohner trotz der gebundenen Rotation des Mondes fast 60 % seiner Oberfläche zu Gesicht bekommen. Diese so genannte *Libration des Mondes* führt vom Mond aus betrachtet zu einem Hin- und Herschwanen der ansonsten ja am Himmel „festgemachten“ Erde um immerhin 7° nach Norden und Süden bzw. 8° nach Osten und Westen. Die Schwankungen vollziehen sich also in einem Rechteck von $16^\circ \times 14^\circ$. Für einen Mondreisenden, der sich in einer Gegend des Mondes befindet, wo die Erde nahe am Horizont steht und damit der Horizont das „Schwankungs-Rechteck“ schneidet, kann dies zu kuriosen Auf- und Untergängen der Erdscheibe führen.

⁸ Dabei kommt es wegen der großen Winkelausdehnung der Erde am Himmel relativ häufig zu Sternbedeckungen. Diese können bis zu vier Stunden dauern.

also der an den Erdphasen ablesbare (synodische) Monat gerade so lang wie der Tag⁹; Monat und Tag fallen zusammen¹⁰. Dieses Schauspiel kann man aber nur von einer Hälfte der Mondoberfläche aus erleben¹¹; dabei handelt es sich um die uns allen vertraute, um die der Erde zugewandte Seite des Mondes. „Bewohner“ auf der anderen Hälfte des Mondes bekommen die Erde niemals zu sehen. Wegen der stark reflektierenden Meere unseres Erdballs und weil die Erdscheibe vom Mond aus betrachtet etwa 13 mal größer erscheint als die Vollmondscheibe von der Erde aus, ist eine Vollerde-Nacht auf dem Mond übrigens deutlich heller als eine Vollmond-Nacht auf der Erde.¹²

Wegen der Neigung von 5° zwischen Ekliptik und Erdbahn kommt es nur ab und an zu Finsternissen, in der Regel erleben Mondreisende Neu- bzw. Vollerde. Auf eine Besonderheit der Erdphasen sei noch hingewiesen: Während wir Erdbewohner den Neumond nicht sehen können, ist die Neuerde für Mondreisende jeden Mond-Monat beobachtbar. Da nämlich bei Neuerde Sonne und Erde nicht übereinander geraten (sonst hätten wir ja eine Sonnenfinsternis), ist die Erde auch nicht unsichtbar (weil nicht wirklich ausschließlich von hinten angestrahlt), sondern als sehr schmale Sichel vor dem schwarzen Himmelshintergrund nahe der Sonne beobachtbar.¹³ Diese schmale Sichel hat dabei, wie bereits gesagt, einen viermal größeren Radius als die Sonne; ein durchaus lohnenswerter Anblick (s. Abb. 4).



Abbildung 4: Die sehr schmale Neuerde-Sichel [stellarium]

⁹ An den Erdphasen kann der Mondreisende also auch nach Sonnenuntergang die „Mond-Tageszeit“ ablesen.

¹⁰ Ebenso fallen siderischer Monat (durch die Erde angezeigt) und Sternentag auf dem Mond zusammen.

¹¹ In Wirklichkeit ist es etwas mehr. Berücksichtigt man die Schwankungsbewegungen des Mondes, seine Libration, kommt man auf einen Wert von etwa 59 %.

¹² Diese hellen Vollerde-Nächte auf dem Mond sind sogar von der Erde aus als so genanntes „Aschfales Mondlicht“ beobachtbar.

¹³ Auch wir Erdbewohner könnten den Neumond sehen, würde nicht unsere Atmosphäre diese winzige Sichel überstrahlen.

5. Finsternisse auf dem Mond

Während für den Erdbewohner Sonnenfinsternisse relativ selten, dafür aber spektakulär sind (im Gegensatz zu den recht häufigen, aber deutlich unspektakulären Mondfinsternissen), ist es für den Mondreisenden umgekehrt.

Da die Erde am Mondhimmel sehr viel größer erscheint als der Mond am irdischen Himmel (also auch sehr viel größer als die Sonne), treten für Mondbewohner die Sonnenfinsternisse sehr viel häufiger auf als auf der Erde. Vor allem die Chance, dass es sich nicht „nur“ um eine partielle Finsternis handelt, sondern um eine totale Verdunklung, ist auf dem Mond erheblich größer.¹⁴ Wenn irdische Beobachter also eine totale Mondfinsternis beobachten, erleben Mondreisende eine totale Sonnenfinsternis. Die Sonne verschwindet für knapp zwei Stunden(!) völlig hinter der Erde. Da die langwelligeren Anteile des Sonnenlichts von der irdischen Atmosphäre in den Kernschatten der Erde hereingebrochen werden, sieht der irdische Beobachter einen rötlich-braunen Mond. Für den lunaren Beobachter wird es also keineswegs Nacht, sondern er erlebt sein wohl spektakulärstes Himmelsereignis: Die unsichtbare, schwarze Erdscheibe ist von einem sehr schmalen¹⁵, aber sehr hell rot-braun strahlenden Reif umgeben, der hell strahlenden Erdatmosphäre.¹⁶ Für diesen roten Ring am Himmel würde ich zwei weitere Wochen meines Jahresurlaubes hergeben. Die Korona der Sonne wird wegen der großen Helligkeit des „Reifens“ und der großen Erdscheibe wohl eher unsichtbar bleiben.

Erdfinsternisse sind für Mondreisende dagegen sehr viel seltener und fallen auch deutlich unspektakulärer aus. Der Kernschatten des Mondes hat in Erd-Entfernung nur noch einen Durchmesser von ein paar hundert Kilometern. Der Lunarier sieht also einen winzigen schwarzen Punkt über die Erdscheibe wandern.¹⁷ Den Halbschatten des Mondes, der etwa die Hälfte der hell erleuchteten Erde trifft, wird er nicht wahrnehmen können. Dafür wird es aber trotz „Vollerde-Nacht“ während dieses Spektakels auf dem Mond ein wenig dunkler.

6. Himmels-Uhren für Mondreisende

Wir Erdbewohner sind es gewohnt unsere Zeit nach himmlischen Phänomenen einzuteilen: von der kürzesten Zeiteinheit, dem Stand der Sonne am Himmel (Stunden), über den vollen Umschwung der Sonne (Tag), die Phasen des Mondes (Monat) bis hin zur längsten Zeiteinheit, angezeigt durch die Wanderung der Sonne durch die Ekliptik (Jahr).

Das Jahr ist für Mondreisende noch identisch mit dem irdischen Jahr. Da Mondreisende wegen des dunklen Taghimmels die Sonne tatsächlich im Tierkreis stehen sehen, ist diese Zeitspanne sogar sehr viel direkter beobachtbar. Bei den kürzeren Zeitspannen ändert sich für Mondreisende aber nun manches. Die Zeiteinheiten *Tag* und *Monat* fallen zusammen (s.o.). D.h., als mittlere Zeiteinheit eignen sich für Erdzugewandte Standorte auf dem Mond am Mond-Tag sowohl Sonnenstand als auch Erdphase, in der Mond-Nacht nur die Erdphase. Für Mondrückseiten-Bewohner kommt nur der Sonnenstand in Frage. Um den Mond-Tag in etwas handlichere Einheiten zu zerlegen (den irdischen Stunden vergleichbar), eignet sich die Analyse der Eigen-Drehung unserer Erde. Während des langen Mond-Tages dreht die Erde sich nämlich fast dreißigmal um sich selbst, schlägt also quasi den Takt der irdischen Tage. Um auch Erd-Stunden vom Mond aus am Himmel ablesen zu können, müsste man die Erddrehung detailliert studieren, also auf die Stellung bestimmter Kontinente achten.

¹⁴ Erde und Sonne müssen sich also nicht exakt im Schnittpunkt von Ekliptik und Erdbahn treffen. Sonnenfinsternisse treten auch ein, wenn der Treffpunkt deutlich neben dem „Erdknoten“ liegt. Die Tatsache, dass der besagte Winkel mit $1 \frac{1}{2}^\circ$ sehr flach ist, begünstigt dieses Phänomen zusätzlich!

¹⁵ Die Dicke der Erdatmosphäre ist im Vergleich zur Größe der Erde winzig.

¹⁶ So könnte das aussehen:

http://de.wikipedia.org/wiki/Mondfinsternis#Optische_Effekte_w.C3.A4hrend_einer_Mondfinsternis

¹⁷ Eine Kernschattengröße von 200 km erscheint dem Mondreisenden unter einem Winkel von etwa einer Bogenminute, ist also mit dem bloßen Auge *theoretisch* (und wegen der fehlenden Mondatmosphäre auch *praktisch*) auflösbar. Vgl.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenfinsternis>

II. Vorschlag für eine unterrichtliche Umsetzung

Das vorgeschlagene Thema bietet die Chance, im Physik- oder Astronomieunterricht der Schule den Himmelsphänomenen breiten Raum zu verschaffen, sie zum *Ausgangspunkt* astronomischer Überlegungen zu machen. Hat doch die Tatsache, dass viele Mitmenschen ein recht oberflächliches (Schein- und Halb-)Wissen von mitunter sehr elementaren himmelskundlichen Tatsachen besitzen, nicht zuletzt damit zu tun, dass wir Lehrer(innen), aber auch die Bücher und Fernsehsendungen, häufig Vorgänge *erklären*, bevor wir sie am Himmel als Phänomen *wahrgenommen* haben¹⁸.

Dieser Tatsache eingedenk und erinnernd die Forderung Wagenscheins „Rettet die Phänomene“, geht der vorgeschlagene Weg nicht von den astronomischen Fakten (Rotationsgeschwindigkeit des Mondes um die Erde bzw. um sich selbst, Winkel zwischen Mondachse und Mondbahn etc.) aus, sondern setzt bei den Himmelsphänomenen an, wie man sie auf dem Mond beobachtet, und entwickelt daraus eine Himmelskunde für Mondreisende. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten dabei mit dem wunderbaren Programm *stellarium*¹⁹, das es erlaubt, in einer optisch höchst ansprechenden Weise den Blick des Mondbewohners zu simulieren. Alle mit bloßem Auge sichtbaren Phänomene lassen sich damit analysieren, Gesetzmäßigkeiten selbst erschließen. Durch die Möglichkeit von *stellarium*, die Phänomene sehr viel schneller als in Echtzeit ablaufen zu lassen, kann es eindrucksvoll gelingen auch die langfristigen Phänomene am Mondhimmel zu entdecken. Viele andere Optionen von *stellarium* sind höchst hilfreich, sich eine lunare Himmelskunde buchstäblich selbst zu erarbeiten. Eine solch deutliche **Chance zu Entdeckendem Lernen** haben wir nicht alle Tage im Physik- bzw. Astronomieunterricht; ich finde, man sollte sie nutzen.

Das Thema bietet darüber hinaus ausgezeichnete Möglichkeiten zur Binnendifferenzierung, liegt uns doch im Rahmen der vielen oben dargestellten Himmelsphänomene ein sehr großes Spektrum unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade vor: Von der recht schnell zu beantwortenden Frage nach der Taglänge auf dem Mond über den Ablauf der Erdphasen hin zum höchst anspruchsvollen Phänomen der Erdlibration.

Der nun vorgeschlagene Unterricht ist für mehrere Unterrichtsstunden angelegt und kann gleichermaßen im Rahmen von mehreren Wochen im Normalunterricht oder eben in Projektwochen realisiert werden. Ich orientiere mich dabei an der Methode des **Gruppenpuzzles**²⁰. D.h. es werden zunächst Teams gebildet, so genannte Stammgruppen, die für das gesamte Projekt Bestand haben. Jede Stammgruppe schickt dann mindestens ein Mitglied in jede Expertengruppe, um diesen dort „ausbilden zu lassen“. Die vielen Experten kehren dann abschließend in ihre Stammgruppe zurück und geben dort ihr erworbenes Wissen an die restlichen Mitglieder der Gruppe weiter.

Der Vorschlag – in Phasen untergliedert – im Einzelnen:

a) Plenum

Einführung ins Thema

Aufgabenstellung: Was erwartet eigentlich einen Mondbesucher beim Blick an den Himmel?

Wie man in die Thematik einsteigt, wie man die Fragestellung zünden lässt und Geschmack auf lunare Himmelskunde macht, hängt natürlich entscheidend von der Schülergruppe wie auch vom Lehrenden ab. Denkbar sind Hinweise auf konkrete und aktuelle Projekte wie geplante bemannte Raumflüge zum Mond, die Planung von Mondteleskopen, aber auch historisch-literarische Bezüge wie z.B. Jules Vernes „Von der Erde zum Mond“ bzw. „Reise um

¹⁸ Vgl. die Ausführungen von U. Backhaus zu den Mondphasen, von denen die überwiegende Mehrheit der Deutschen glaubt, sie würden vom Erdschatten verursacht. [Backhaus, U.: Die Bewegung des Mondes. Vortragsmanuskript, MNU-Tagung, 14. November 2005]

¹⁹ Kostenloser Download unter: <http://stellarium.softonic.de/>

²⁰ Vgl.: Wiechmann, J. (2006): *Zwölf Unterrichtsmethoden*. Weinheim; Basel: Beltz.

den Mond“ (1865) oder Francis Goodwin „Der fliegende Wandersmann nach dem Mond“ (1660). Die Vorstellung, zum Mond zu reisen und dort vielleicht zu leben übt mit Sicherheit eine gewisse Faszination aus.

b) Bildung von Stammgruppen

Jede Stammgruppe benötigt Zugang zu einem PC (*stellarium*).

c) Stammgruppenarbeit I

Freies Entdecken mit *stellarium* – Entwickeln von Forschungsaufträgen

Kerngedanke des *Entdeckenden Lernens* ist es, Kinder nicht nur Fragen beantworten zu lassen, die der Lehrende gestellt hat, sondern Fragen, Themen und gegebenenfalls Experimente von den Lernenden selbst entwickeln zu lassen. Von daher sollte man auf vorbereitete Fragenkomplexe (wie z. B. „Der Mond-Tag“, „Der Mond-Monat“ etc.) verzichten und die Gruppe stattdessen zunächst per *stellarium* mit den Phänomenen konfrontieren und sie dabei Forschungsaufträge entwickeln lassen (15 Minuten mit *stellarium* hantiert und viele Fragen und „Erstaunlichkeiten“ liegen auf der Hand).

d) Gespräch im Plenum

Sammeln der Forschungsaufträge: Welche Untersuchungsschwerpunkte bieten sich an? Welche Fragen sind aufgetaucht? Worüber sollte man mal genauer nachdenken? Festlegung einer begrenzten Anzahl von Fragestellungen = Expertenthemen

Um eine sinnvolle Zahl an Expertengruppen bilden zu können, sollte man sich auf eine begrenzte Anzahl von Forschungsaufträgen einigen.

e) Bildung von Expertengruppen

Jede Stammgruppe schickt wenigstens einen Vertreter in jede der Expertengruppen. Die Expertengruppen benötigen Zugang zu einem PC (*stellarium*).

f) Arbeit in den Expertengruppen

g) Stammgruppenarbeit II

Alle Experten berichten in ihrer Gruppe über die Ergebnisse ihres Forschungsauftrages. Am Ende sind alle Mitglieder zu allen Teilfragen informiert.
Jede Stammgruppe verarbeitet ihre Erkenntnisse zu einer „Himmelskundlichen Handreichung für Mondbesucher“, in der die elementaren Himmelsphänomene beschrieben und erklärt sind.

Im Anschluss an diesen Unterricht lassen sich die lunaren Himmelsphänomene leicht auch heliozentrisch *interpretieren*. Der Übergang z.B. von der drehenden Himmelskugel (so erlebt es der Mondreisende) zur *Eigendrehung des Mondes*, von der stehenden Erde (so erlebt es der Mondreisende) zur *gebundenen Mondrotation* ist zwar sorgfältig und bewusst zu gehen, hat aber meines Erachtens eine gute Chance zu gelingen. Denn jetzt erklären wir erst ganz am Ende, *nachdem* wir die Phänomene wahrgenommen haben. Wir haben dem „Haus des Wissens“ ein Fundament angegedeiht lassen – auf dass es Bestand habe.

Literatur

- Backhaus, U. (2005): Die Bewegung des Mondes. Vortragsmanuskript, MNU-Tagung, 14. November 2005
Brunner, W. (1923): Von Stern zu Stern. Zürich.
Roth, G.D. (Hg.) (1989): Handbuch für Sternfreunde, Bd. 2.
Rükl, A. (1999): Mondatlas. Hamburg.