

„Kann man tagsüber den Vollmond sehen?“

von Burkard Steinrücken, Universität Dortmund

Zusammenfassung

Weithin unbekannt sind die besonderen Phänomene und Auswirkungen der Mondbewegung wie z.B. die Oberläufigkeit (Zirkumpolarität) in den Polarregionen, die Rückläufigkeit der Mondbahnknoten als bestimmendes Element für die Regelmäßigkeit von Finsternissen oder die Sichtbarkeit des Vollmondes am Tag, d.h. zeitgleich mit der Sonne am Himmel.

Ausgehend von einer Schülerfrage nach der Tagessichtbarkeit des Vollmondes wird die geozentrische Mondbewegung diskutiert. Effekte wie die atmosphärische Lichtbrechung, die Mondparallaxe und die Höhe des Beobachtungsstandpunktes sind dabei zu berücksichtigen.

In Zeichnungen wird die relative Lage des Horizontes, der scheinbaren Sonnenbahn (Ekliptik) und der Mondbahn in den verschiedensten Situationen veranschaulicht.

Einführung

Die Sonnenfinsternis vom 11. August hat es mal wieder an den Tag gebracht. Die Eigentümlichkeiten der Mondbahn und die Entstehung der Mondphasen können leider nicht zum naturkundlichen Allgemeinbildungsgut gezählt werden. Folgende Zeilen erschienen aus Anlaß der Finsternis in einer schwäbischen Zeitung. Der „Spiegel“ machte sie in seiner Rubrik „Hohlspiegel“ in seiner Ausgabe 33/1999 bundesweit publik:

„Das Gegenstück zur Sonnenfinsternis erleben wir alle vier Wochen: Bei Neumond verdeckt der Erdschatten den Trabanten, den man in superklaren Nächten als vagen Schatten am Himmel ausmachen kann. Vollmond bedeutet dagegen im Umkehrschluß, dass der Mond den Erdschatten ganz verlassen hat. Die totale Sonnenfinsternis ist so selten, weil der Mond um vieles kleiner ist als die Sonne.“

Ehe man sich auf den Weg machen kann, dem Schreiber in Gedanken seine zahlreichen Fehler und Mißkonzepte zu verdeutlichen und auszuräumen, muß man erst geraume Zeit um Fassung ringen, so gewaltig ist das Durcheinander aus Versatzstücken und Unsinnigkeiten. Hätte er selbst mal hingesehen, z.B. bei Neulicht, wenn die junge Sichel am Westhimmel steht und auf die nicht weit entfernte Sonne deutet, die gerade untergegangen ist. Beim nochmaligen Durchlesen seines Textes hätte sich vielleicht - nach ein wenig Zeit der Muße und Besinnung - der zündende Gedanke von allein eingestellt: Der Schatten der Erde weist ja nicht in die Sonnenrichtung zurück! Wie könnte er dann den Mond überdecken?

Ein Einzelfall ist dieses Beispiel nicht, wie die Praxis der astronomischen Bildungsarbeit in einer Volkssternwarte zeigt. Wer fühlt sich eigentlich zuständig für die Weitergabe elementaren himmelskundlichen Wissens, das die ersten Astronomen z.B. im Zweistromland oder sogar die Steinzeitmenschen dem heutigen Zivilisationsmenschen meilenweit voraus hatten? Weder die Schule, noch die Medien widmen sich der Sache in einer Art und Weise, mit der man die eigenen Erfahrungen in ein konsistentes (vorthoretisches) Schema einordnen könnte, da sofort die heliozentrische Sichtweise gepredigt wird und die geozentrische, in der ja eigene Beobachtungen angestellt werden, von vornherein ignoriert, wenn nicht gar verdammt wird.

Eltern sind oft hoffnungslos überfordert, wenn ihre Kinder sie fragen, warum der Mond auch tagsüber sichtbar ist. Manche sind völlig konsterniert, wenn sie in der Blüte ihres Lebens auf diese in 30 oder 40 Jahren doch kaum übersehbare Tatsache gestoßen sind. Dann stürzt ein archaisches Gedankengerüst zusammen, das auch in der biblischen Schöpfungsgeschichte anklingt, wo Gott den Mond erschuf, damit man weiß, wann Nacht ist. Die Sonne soll einem

dagegen anzeigen, daß Tag ist. Mit der Beleuchtung hat sie nichts zu tun, denn das Licht, das den Tag erhellt - ja ausmacht - war viel früher da! Nachzulesen in jeder Bibel und in sogar noch in verschärfter Ausdrucksweise in einigen Kinderbibeln.

Auch die Planetarien, die Themen wie Schwarze Löcher, Urknall, Sternexplosionen etc. im künstlichen Himmelszelt zelebrieren, widmen sich diesem „langweiligen“ Thema kaum. Zu stark ist der Druck, mit technischem Großaufwand das Publikum, welches sich nach überflutenden Licht- und Klangeffekten sehnt, in die halbkugelige Dunkelstube zu locken. Am ehesten widmen sich dieser Sache noch die Sternwarten und Fernrohrbesitzer, die jedem Besucher, ob groß ob klein, einen Blick durchs Fernrohr schenken, der im Stillen nachwirkt und empfänglich macht für vernunftgeleitete Einsichten, ohne das Herz und die Sinne auszublenden.

Und auch die Physiklehrer(innen)-Riege eines Gymnasiums kann überfordert sein, wenn es um leicht beobachtbare Phänomene der Mondbewegung geht. Kein Wunder, denn es gehört ja nicht zum Schulstoff der Oberstufe, weil vermeintlich alles schon im Kindesalter begriffen wurde, und später, auf dem Weg zum Abitur, die „wichtigen“ Dinge, unter Einsatz des Computers oder neuer Laborapparaturen, im Vordergrund zu stehen haben.

Die Titelfrage, gestellt von einem Schüler

So erreichte mich in der Volkssternwarte Recklinghausen folgende anonym wiedergegebene E-Mail eines Schülers:

*„Liebe Menschen von der Sternwarte,
die Sonnenfinsternis ist vorbei, aber bei den vielen Gesprächen über diese ist ein Problem geblieben, das auch keiner der Physiklehrer lösen konnte:
Kann man tagsüber den Vollmond sehen?? Wenn ja: Wo und wie geht das??
Zuerst dachten alle Beteiligten, daß dies nicht möglich sei, aber nach vielen Überlegungen war sich niemand wirklich sicher. Wie ist das z.B. an den Polen? Wenn dort die Sonne nicht mehr untergeht, ist dann nie ein (Voll-)Mond zu sehen?
Für eine Antwort wäre ich wirklich dankbar!! Schon jetzt vielen Dank. MfG N.N.“*

Auch die Beantwortung dieser E-Mail sei hier zunächst getreu und kommentarlos wiedergegeben:

*„Lieber N.N.,
bei Vollmond steht der Mond der Sonne gegenüber. Folglich geht er auf, wenn die Sonne untergeht und geht unter, wenn die Sonne wieder aufgeht. Also scheint der Mond nur bei Vollmond die ganze Nacht; bei anderen Mondphasen steht er oft mit der Sonne am Himmel.*

Bei näherer Betrachtung ist aber zu differenzieren. Die Mondbahn schneidet die Ekliptik (die scheinbare jährliche Sonnenbahn aufgrund der Bahnbewegung unserer Erde) in einem Winkel von 5 Grad. Damit sind bei präziser Behandlung dieses Themas die oben angeführten Trivialbetrachtungen nicht uneingeschränkt gültig. Insbesondere im hohen Norden, wo es zum Phänomen der Mittsommernacht kommt bzw. auch am Nordpol, wo die Sonne bei ihrer täglichen Bahn in einer konstanten Winkelhöhe über dem Horizont wandert, sind interessante Phänomene zu beobachten, die uns in mittleren Breiten unbekannt sind.

Ein Beispiel: Kurz nach Frühlingsanfang oder kurz vor Herbstanfang kreist die Sonne in einer Höhe von z.B. 2° über dem Nordpol-Horizont. Je nach Zeitpunkt im 18,61-jährigen Zyklus der Mondbahnveränderung kreist der dazugehörige Vollmond in einer Höhe zwischen

$-7^\circ = (-2^\circ - 5^\circ)$ und $+3^\circ = (-2^\circ + 5^\circ)$ am Horizont (denn: Vollmonddeklinatation ist gleich negative Sonnendeklinatation $\pm 5^\circ$). Also kann um Frühlings- bzw. Herbstanfang am Nordpol der Vollmond auch mal tagsüber beobachtet werden.

So wie es einen Polarkreis gibt, der die Beobachtungsgrenze der Mitternachtssonne angibt, so gibt es auch einen Polarkreis der Mondoberläufigkeit bei einer Breite von $90^\circ - 23,5^\circ - 5^\circ$ (Mondbahnschiefe) = $61,5^\circ$, bei dem erstmalig das Phänomen des oberläufigen Mondes (Mond im Norden sichtbar!) beim winterlichen Vollmond (höchste Mondstände sind immer im Winter, da der Wintervollmond die Sommersonne nachahmt) eintritt. Dies ist dann aber nur alle 19 Jahre zu beobachten. In den Zwischenzeiten erreicht der Mond nicht mehr diesen Höchststand, da sich die Mondbahn gegen die Ekliptik allmählich verlagert.

Die frühen Kulturvölker des Nordens wußten um diese Eigenarten der Mondbahn und es gibt gute Gründe zur Annahme, daß Bauten wie Stonehenge danach ausgelegt sind.

Im Planetarium lassen sich die Zyklen von Sonne und Mond unmittelbar und anschaulich simulieren. Laßt Euch doch einen Termin geben (Anmeldung unter 02361/23134, Mo/Mi/Fr vormittags) und wir klären alles Weitere hier vor Ort. Mit freundlichen Grüßen, BSt.“

Zum Planetariumsbesuch kam es dann nicht mehr, vermutlich weil es den Schüler(inne)n und Lehrer(inne)n, die sich mit diesem Thema beschäftigt hatten, nun klar war, daß man am Tage einen Vollmond sehen kann. Die Diskussion der Mondoberläufigkeit ging über die eigentliche Frage hinaus, aber durch die Fragestellung drängte sich das vergleichbar einfache Beispiel des Polarvollmondes am Tage und letztlich auch die Erwähnung dieses Phänomens auf.

Damit war ein positives Beispiel gegeben. „Alles Weitere“ blieb jedoch ungesagt und soll in diesem Artikel nachgeholt werden. Zunächst jedoch einige Ausführungen über die Bahnen von Sonne und Mond in geozentrischer Sichtweise.

Die Bahnen von Sonne und Mond

Die Wanderung der Erde um die Sonne können wir im Alltag nicht wahrnehmen, da es sich um einen freien Fall handelt. Im freien Fall verspüren wir die Schwerkraft der Sonne nicht, und deshalb ist diese Bewegung des Bezugssystems Erde kräftefrei und erfolgt nach den Gesetzmäßigkeiten einer Trägheitsbewegung. Dieser Trägheitsbewegung ist natürlich die irdische Schwerkraft aufgeprägt. Bei Beobachtung der Gestirne verneinen wir nun, eine jährliche Bewegung der Sonne durch den Tierkreis konstatieren zu können, die aber nichts anderes als eine perspektivische Lageveränderung aufgrund unserer eigenen Bewegung ist. Diese „scheinbare Sonnenbahn“ ist gegen die Äquatorebene der Erde um $23,5^\circ$ geneigt, wie in Abbildung 1 veranschaulicht ist. Die zwei Schnittpunkte von Himmelsäquator und scheinbarer Sonnenbahn werden Frühlings- und Herbstpunkt bzw. Widder- und Waagepunkt genannt. Bei Frühlingsanfang steht die Sonne im Widderpunkt auf dem Himmelsäquator und schickt sich an, nördlichere Stände, positive „Deklinatationen“, zu erreichen, ein halbes Jahr später wird sie nach abermaliger Überquerung des Äquators im Herbst- oder Waagepunkt zum Südstern mit negativer Deklinatation.

Die Mondbewegung wiederum erfolgt in einer Bahn, die gegen die scheinbare Sonnenbahn, auch „Ekliptik“ genannt, um 5° geneigt ist (Abb. 2). Die Erde ist Bestandteil beider Bahnebenen und deshalb liegt sie auch auf der Linie, die durch den Schnitt der Mondbahn und der Ekliptik definiert ist. Diese Schnittlinie heißt „Knotenlinie“, denn sie weist in Richtung der zwei Knoten der Mondbahn, jenen Stellen, in denen der Mond bei seinem Lauf die ekliptische Ebene durchstößt. Die Lage der Bahnebene des Mondes verändert sich kontinuierlich im Raum, so daß auch die Schnittlinie wandert. In 18,61 Jahren macht sie einen vollen Umlauf entgegen der Richtung, in die Sonne und Mond wandern.

Von einer Beobachtungsposition in mittleren nördlichen Breiten zeigt sich ein verwickeltes Bild, wenn die astronomischen Fundamentebenen des Horizontes, des Himmelsäquators, der

Ekliptik und der Mondbahn zugleich in Betracht gezogen werden sollen. Die Abbildung 3 zeigt eine mögliche Orientierung dieser Fundamentebenen und die Lage der Mondknoten und des Widder- und Waagepunktes. Bei der erschöpfenden Diskussion der Titelfrage kommt man nicht umhin, sich tiefer in dieses himmelsmechanische Bahnen-, Knoten- und Ebenen-Dickicht zu begeben.

Für unseren Zweck von Interesse sind jedoch nur die Verhältnisse am Horizont, denn Sonne und Vollmond stehen sich am Himmelsgewölbe gegenüber, und deshalb können sie bei einer eventuellen gleichzeitigen Sichtbarkeit nur in Horizontnähe stehen. Der Horizont stellt eine naturgegebene Bezugsebene für die Vermessung von Gestirnspositionen dar und die Auf- und Untergangserscheinungen zählen zu den markantesten astronomischen Begebenheiten, weil sie den Lichtwechsel von Tag zu Nacht und Nacht zu Tag bedingen. So wundert es nicht, daß die ersten Astronomen den Ereignissen am Horizont besondere Aufmerksamkeit schenkten.

Vollmond am Tag: kein Problem für die babylonischen Astronomen

In der babylonischen Astronomie z.B., die zum Zwecke einer Gestirnsdeutung in Form einer Omen-Astrologie betrieben wurde, waren diese Ereignisse der gleichzeitigen Sichtbarkeit von Sonne und Vollmond von großer Bedeutung.

Wie so eine Erscheinung von den babylonischen Priesterastrologen gedeutet wird, läßt sich den astronomischen Keilschrifttäfelchen entnehmen, die von Archäologen in den versunkenen Städten dieser frühen Hochkultur wiederentdeckt wurden. In der Übersetzung von F. J. Kugler in seinem Werk *Sternkunde und Sterndienst in Babel - II. Buch, Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung, Münster 1909*, heißt es: „*Wenn Mond und Sonne sich das Gleichgewicht halten, so herrscht Wahrhaftigkeit unter dem Volk und der Kaiser wird dem Throne eine lange Dauer sichern.*“ bzw. „...*, so wird im Lande Gerechtigkeit herrschen und der Sohne wird mit seinem Vater Recht sprechen; am 14. (Tag des Mondmonats; = Vollmondtag, der Autor) wird der Gott mit dem Gott (Mond mit Sonne) w i r k l i c h gesehen.*“

An der Möglichkeit, Sonne und Vollmond auch in mittleren Breiten gleichzeitig sehen zu können besteht demnach seit den Anfängen der Astronomie im Zweistromland kein Zweifel. In der Tat ist von Mal zu Mal an jedem Ort der Erde der Vollmond zugleich mit der Sonne sichtbar und wir wollen uns dieser Angelegenheit nun nähern.

Wo und wann geht der Vollmond auf?

Wann ist eigentlich Vollmond? Hier ist eine genaue Definition von Nöten, wenn die Himmelsmechanik der Mondbewegung verstanden werden soll. Im volkstümlichen Sinne ist Vollmond, wenn der Mond als volle, runde Scheibe am Himmel steht. Kleine Abweichungen von der idealen Gestalt vermag das Auge aber nicht zu erkennen, und so ist es bereits ein Problem, durch bloßes Hinsehen die genaue Vollmondnacht zu ermitteln. Deshalb ist im Volksglauben oft auch von drei aufeinanderfolgenden Vollmondnächten die Rede. Der Grund ist folgender: Um die Vollmondzeit sind die Zuwächse an sichtbaren beleuchteten Mondgebieten in gleicher Zeitspanne viel geringer als z.B. bei Neulicht oder Halbmond, denn während der Mondbewegung um die Erde schreitet zwar die Lichtergrenze gleichmäßig auf dem Mondkörper voran, aber es kommt zu einer Zusammendrängung der Mondrandgegenden wegen der Projektion der Mondkugel auf die beobachtbare Scheibengestalt. Ein Fortschreiten der Lichtergrenze um die Vollmondzeit wird kaum mehr wahrgenommen.

Solche vermeintlichen Vollmonde einen Tag vor oder nach dem astronomischen Vollmondtermin können in jedem Monat zugleich mit der Sonne gesehen werden, da sie ihr nicht gegenüberstehen und somit beträchtlich Zeit und Himmelsraum für eine gleichzeitige Beobachtung zu Verfügung steht. Diesen Fall des vermeintlichen Vollmondes wollen wir in

der weiteren Diskussion ausschließen und nun zunächst den astronomisch exakten Zeitpunkt zugrunde legen.

Vollmond ist dann, wenn es zur Opposition von Sonne und Mond in der Ekliptik kommt. Die Abbildung 4, die ein Ausschnitt des Osthorizontes der Abbildung 3 ist, verdeutlicht dies für ein fiktives Beispiel. Nehmen wir an, Herbstanfang und Vollmond fallen zusammen. Dann steht die Sonne im Waagepunkt. Der diametral gegenüberliegende Widderpunkt ist in diesem Fall der Oppositionspunkt der Sonne. Entlang der Ekliptik zählt man Winkelabstände zwischen dem Frühlingspunkt und den Gestirnen als „ekliptische Längen“.

Der erste Vollmond des Herbstes hat folglich die gleiche „ekliptische“ Länge wie der Widderpunkt. Bei Vollmond ist die Differenz von Sonne und Mond in ekliptischer Länge genau 180° . Senkrecht zur Ekliptik zählt man Winkelabstände als „ekliptische Breiten“. Die Sonne, die bei ihrem Jahreslauf die Ekliptik abwandert, hat immer eine ekliptische Breite von Null. Die ekliptische Breite des Mondes variiert zwischen -5° und $+5^\circ$, denn die Mondbahn schneidet die Ekliptik in eben diesem Winkel. In unserem Beispiel der Abbildung 4 ist die ekliptische Mondbreite positiv und beträgt rund 1° . Zweimal im Monat ist die ekliptische Breite des Mondes Null, und zwar wenn er die Ekliptik in den Knoten von Norden kommend nach Süden oder von Süden nach Norden hin überschreitet. Abbildung 4 zeigt, daß der aufsteigende Knoten der Mondbahn kurz vor der Passage des Frühlingspunktes überschritten wurde, denn die Wanderung von Mond und Sonne erfolgt gegen die Drehung des Himmelsgewölbes. Eine Mondfinsternis kann nur während dieses Übertritts im Knoten auftreten, nur dann steht der Mond der Sonne diametral gegenüber.

Die tägliche Wanderung der Gestirne aufgrund der Erddrehung erfolgt in Bahnen, die parallel zur Äquatorebene liegen. Beim Studium der Abbildung 4 wird deutlich, daß der Aufgang des Vollmondes bei einer positiven Mondbreite vor dem des Oppositionspunktes erfolgt, obwohl beide gleiche ekliptische Längen aufweisen. Der Mondbreite kommt mithin eine entscheidende Bedeutung zu. Die Sonne im Waagepunkt steht gerade noch auf dem (idealisierten) Westhorizont, wenn der Oppositionspunkt knapp unter dem Osthorizont liegt. Dann ist aber bereits der Herbstvollmond unseres konstruierten Beispiels (zumindest zum Teil) aufgegangen. Damit ist ein weiteres Beispiel zur Beantwortung der Titelfrage gegeben, und zwar eines, das sich nicht auf die Polargebiete beschränkt.

Wie oft üblich in der Wissenschaft, können idealisierte theoretische Überlegungen scheitern, wenn man sie an der unbestechlichen Beobachtungsrealität mißt. Wer eigene Beobachtungen anstellen will, muß Effekte beachten, von denen in der Folge die Rede ist.

Auswirkungen der Refraktion, Parallaxe und der Höhe des Beobachtungsstandortes

Gestirne, die sich exakt diametral gegenüberstehen, halten sich nur bei Auf- und Untergängen auf dem mathematischen Horizont die Waage. Horizontbeobachtungen sind aber durch eine Vielzahl von Eigentümlichkeiten gekennzeichnet. Sowohl die Gestalt des Landschaftshorizontes als auch die lichtbrechenden und verzerrenden Effekte der Lufthülle reden ein deutliches Wort mit.

Nehmen wir in einem weiteren Beispiel an, wir hielten am Tage einer Mondfinsternis, deren Maximum zum Zeitpunkt des Mondaufgangs angekündigt ist, Ausschau nach der Sonne und dem nunmehr verfinsterten Mond. Da die zwei fraglichen Gestirne zum Zeitpunkt der Beobachtung einander genau gegenüberstehen, sind - bei idealisierter Geometrie ohne Lufthülle und mathematischen Horizont - die Gestirnmittelpunkte gleichzeitig auf dem Horizont. Die idealisierte Geometrie setzt aber einen gedachten Beobachter im Erdmittelpunkt voraus. Der wirkliche Beobachtungsposten ist auf der Erdoberfläche, und weil der Mond nicht allzuweit im Weltraum steht (sein Abstand zur Erde beträgt rund 30 aneinandergereihte Erdkugeln), sieht ihn ein wirklicher Beobachter bei der Horizontbeobachtung um rund 1° tiefer stehen als der idealisierte Beobachter (Abb. 5). Dieser Effekt ist unter dem Namen „Horizontalparallaxe“ des Mondes bekannt. Eine Winkelspanne von 1° entspricht zwei

aneinandergereihten Mondkugeln. Sonne und verfinstertter Mond sind deshalb nicht gleichzeitig sichtbar. Bei der Sonne tritt dieser Parallaxeneffekt ebenfalls auf, im Rahmen der für unsere Betrachtung erforderlichen Genauigkeit ist er aber zu vernachlässigen, denn die Sonne ist 400-mal weiter entfernt als der Mond. Um eben diesen Faktor reduziert sich auch die Horizontalparallaxe der Sonne gegenüber der des Mondes. Nun kommt aber die Lichtbrechung, genannt „Refraktion“, helfend ins Spiel. Das zum Erdboden hin immer dichter werdende Luftmeer bricht einen Lichtstrahl aus dem Weltraum stetig zur lotrechten Linie hin. Das Gestirn erscheint schließlich höher, als es tatsächlich über dem mathematischen Horizont steht (Abb. 6), und deshalb besteht wieder Hoffnung, den verfinsterten Mond im Aufgang und die Sonne im Untergang zugleich zu sehen. Am Horizont ist der brechende Effekt maximal und führt zu einer Anhebung der Gestirnmittelpunkte von rund 35 Bogenminuten. Da er gleichermaßen auf Sonne und Mond wirkt, gewinnen wir dadurch mehr an Höhe, als wir durch die Horizontalparallaxe des Mondes (ca. 60 Bogenminuten) verloren hatten. Es besteht wieder Hoffnung, beide für einen kurzen Moment zugleich zu erhaschen, wenn der unregelmäßig geformte und vielleicht überhöhte Landschaftshorizont uns keinen Strich durch die Rechnung macht. Deshalb ist es ratsam, für die Beobachtung einen hohen Standort aufzusuchen, von dem aus man auf den Horizont herabblicken kann.

Die Seeleute bezeichnen dies als „Augeshöhe“ welche eine „Kimmtiefe“ bedingt, die angibt, um wieviele Bogenminuten man unter dem mathematischen Horizont den wirklichen Meereshorizont anpeilt (Abb. 7).

Durch die Refraktion verlagern sich auch die Auf- bzw. Untergangspunkte nach Norden (auf der Südhalbkugel nach Süden), denn es wird eine nördlichere (südlichere) Gestirnsposition vorgetäuscht. Die Symmetrie der Auf- und Untergangspunkte diametral gegenüberliegender Sterne wird dadurch ein wenig gestört, und die Gestirnsaufgänge erfolgen (in mittleren Breiten) rund 5 Minuten früher, während sich Gestirnsuntergänge um diese refraktionsbedingte Zeitdifferenz verzögern.

Vorläufiges Fazit der Debatte: Ob der verfinsterte Vollmond und die Sonne zugleich am Himmel stehen, hängt letztlich vom Beobachtungsort und den für die Refraktion relevanten Wetterbedingungen ab.

Der genaue Vollmondzeitpunkt

Voraussetzung für die bisherige Argumentation war - neben der Annahme verschwindender ekliptischer Breite bei Mondfinsternis - der Eintritt des genauen Vollmondtermins bei Mondaufgang. Die ist im allgemeinen natürlich nicht der Fall. Zur Oppositionsstellung in der Ekliptik kann es auch am hellichten Tage kommen, denn die Mondbewegung erfolgt unabhängig von der Drehung des Erdkörpers, welche den Wechsel von Tag und Nacht bedingt (zumindest für unseren momentanen Zweck ist diese Annahme statthaft; in Wahrheit bestehen komplizierte Abhängigkeiten aufgrund der Gezeitenkopplung). Wenn der nahezu volle Mond am Vollmondtag aufgeht, kann er sich um einige Grade entfernt vom Oppositionspunkt aufhalten, je nachdem um wieviele Stunden der Aufgangspunkt dem Oppositionszeitpunkt voran- bzw. nachgeht. Der am Vollmondtag aufgehende Mond ist demnach nur im allgemeinen Sprachgebrauch ein Vollmond, nicht jedoch im astronomischen Sinne. Wir wollen ihn aber trotzdem Vollmond nennen, um die Wissenschaft in der Bevölkerung nicht als spitzfindig zu diskreditieren. Aber auf diese vermeintliche Spitzfindigkeit kommt es hier gerade an. Dieser Vollmond hat eine größere oder kleinere Längendifferenz zur Sonne als 180° und das begünstigt natürlich die Möglichkeit der gleichzeitigen Beobachtung sehr, da sich die Auf- und Untergangszeiten dieser Himmelskörper um etliche Minuten unterscheiden. Dieser Umstand bewirkt, daß nahezu jeden Monat der Vollmond am Tage (kurz vor oder kurz nach Sonnenuntergang, je nach Winkelabstand zur Sonne) sichtbar ist, wenn, ja wenn nicht die Eigentümlichkeit der Mondbahnneigung wieder einen Strich durch die Rechnung macht. Der Vollmond von dem wir gerade sprechen, nämlich jener mit $180 \pm x$ Winkelabstand zur Sonne (mit x typischerweise einige Winkelgrade), steht ja im allgemeinen nicht auf der

Ekliptik, sondern um bis zu 5° darunter oder darüber (Abb. 9). Steht er unter der Ekliptik, ist er ein südlicheres Gestirn, als wenn er auf oder über der Ekliptik stünde. Südlichere Sterne gehen weiter im Süden auf und unter (gilt für die Nordhalbkugel) und der Aufgang erfolgt später bzw. der Untergang früher als bei einem Vollmond in nördlicherer Stellung. Der Winkelbereich, um den der Mond um die Mittellage der Ekliptik pendelt, beträgt $2 \cdot 5^\circ = 10^\circ$ und dies liegt im selben Bereich wie der durch die nicht genau bekannte Oppositionszeit bedingte Längenunterschied.

Der Vorteil der Oppositionsdifferenz kann somit wieder durch den Nachteil einer südlichen Mondstellung bzw. großen Mondbreite ausgeglichen werden. Als letzter zu berücksichtigender Faktor kommt auch noch die Stellung der Ekliptik in Relation zum Horizont hinzu. Denn im Frühjahr z.B. steht die Ekliptik morgens flach am Osthorizont und im Herbst ragt sie dort zur selben Tageszeit steil auf. Die Abbildung 8 verdeutlicht diese Verhältnisse. Sie erschließt sich, wenn man sich in Erinnerung ruft, daß die Sonne bei Frühlingsanfang im Widderpunkt und bei Herbstanfang im Waagepunkt steht.

Die wechselnde Mondbreite wirkt sich bei einer steil aufragenden Ekliptik nicht so stark auf die Auf- bzw. Untergangsorte und -zeiten des Mondes aus, wie bei einer, die flach in den Horizont schneidet (Abb. 9). Ein Mond mit großer negativer Mondbreite steht also noch tief unter dem Horizont, während er bei ansonsten gleichen Verhältnissen aber positiver Mondbreite schon längst aufgegangen ist (linke Seite der Abb. 9).

Gibt es eine einfache Regel zur Beantwortung der Titelfrage?

Kann man also den Vollmond überall tagsüber sehen? Ja!- aber die genaue Aussage, wann und wo, hängt von vielen Effekten und geographischen Umständen ab. Alle diskutierten Effekte, die wie z.B. die Mondbreitenänderung einer langperiodischen Veränderung unterliegen, können auch dergestalt zusammenspielen, daß ein eindrucksvolles Schauspiel entsteht, welches die babylonischen Priesterastrologen bei ihren Schicksalsdeutungen beflügelte.

Eine gültige Regel, wann der Vollmond mit der Sonne denn nun sichtbar ist, fällt demnach äußerst komplex aus und kann nicht *ad hoc* gefunden werden. Es gälte, die babylonische Mondrechnung der letzten Jahrhunderte vor Christi Geburt neu zu erfinden, wo alle diese verschiedenen Faktoren wie die mittlere und anomalistische Bewegung von Sonne und Mond im Tierkreis, die Variation der Mondbreite, die Stellung der Ekliptik zu allen Zeiten über dem lokalen Horizont, u.ä. erfaßt sind. Durch Näherungsrechnung, Aufstellung und Weiterführung der Ergebnisse in tabellarischer Form auf Keilschrifttäfelchen konnte dies alles zu einem effizienten Schema der Vorhersage der Mondgestalten und der Auf- und Untergangszeiten verknüpft werden. Und das gelang ohne die Kenntnis der wahren Bewegungsverhältnisse von Sonne, Mond und Erde; nur durch systematische Beobachtung, Separation und getrennte rechnerische Behandlung der vielen Aspekte und erneute Zusammenführung zu einer beschreibenden Theorie.

Heute ist dieses Verfahren längst überholt und abgelöst durch die von Kepler mit seinen Planetengesetzen und Newtons Gravitationstheorie perfektionierte Ephemeridenrechnung. Wer sich aber mit der Titelfrage und eigener Beobachtung den Gesetzen des Mondlaufs gedanklich nähert, wird höchstwahrscheinlich zunächst wieder zu einem logischen Schema finden, daß dem der Keilschrifttäfelchen näher kommt als den modernen Computerprogrammen der Himmelsmechanik.

Der Weg zu höheren Einsichten läßt sich schwerlich abkürzen, wenn die unmittelbar erfaßbaren Phänomene ignoriert werden. Das galt einst für den Übergang vom beobachterzentrischen über das geozentrische zum heliozentrischen Weltbild und gilt heute für den Weg zur vereinheitlichten Theorie aller Naturkräfte.

Die Lage von Himmelsäquator und Ekliptik in geozentrischer Sichtweise

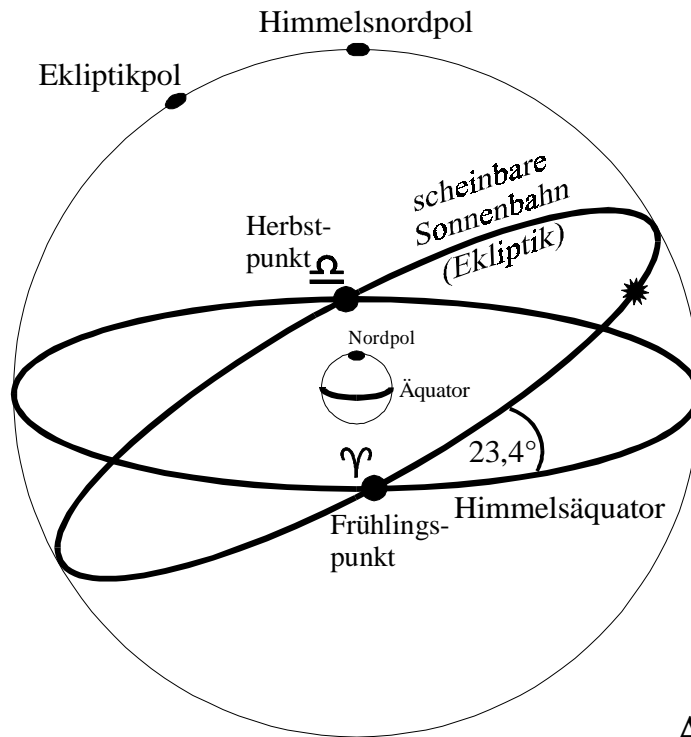


Abbildung 1

Die Lage der Ekliptik und der Mondbahn in geozentrischer Sichtweise

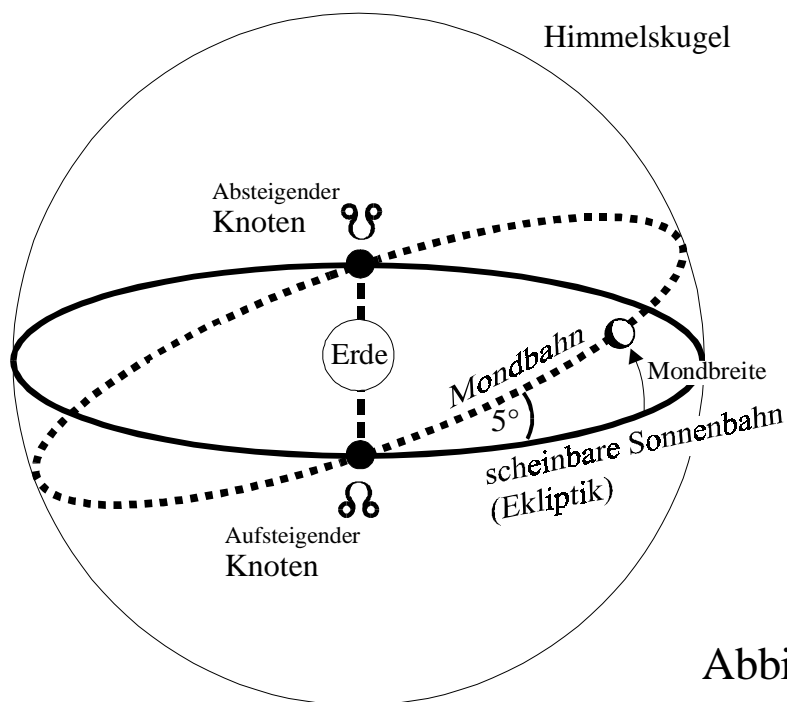


Abbildung 2

Beispiel für eine mögliche Lage von Äquator, Ekliptik und Mondbahn für einen Beobachter in mittleren Breiten

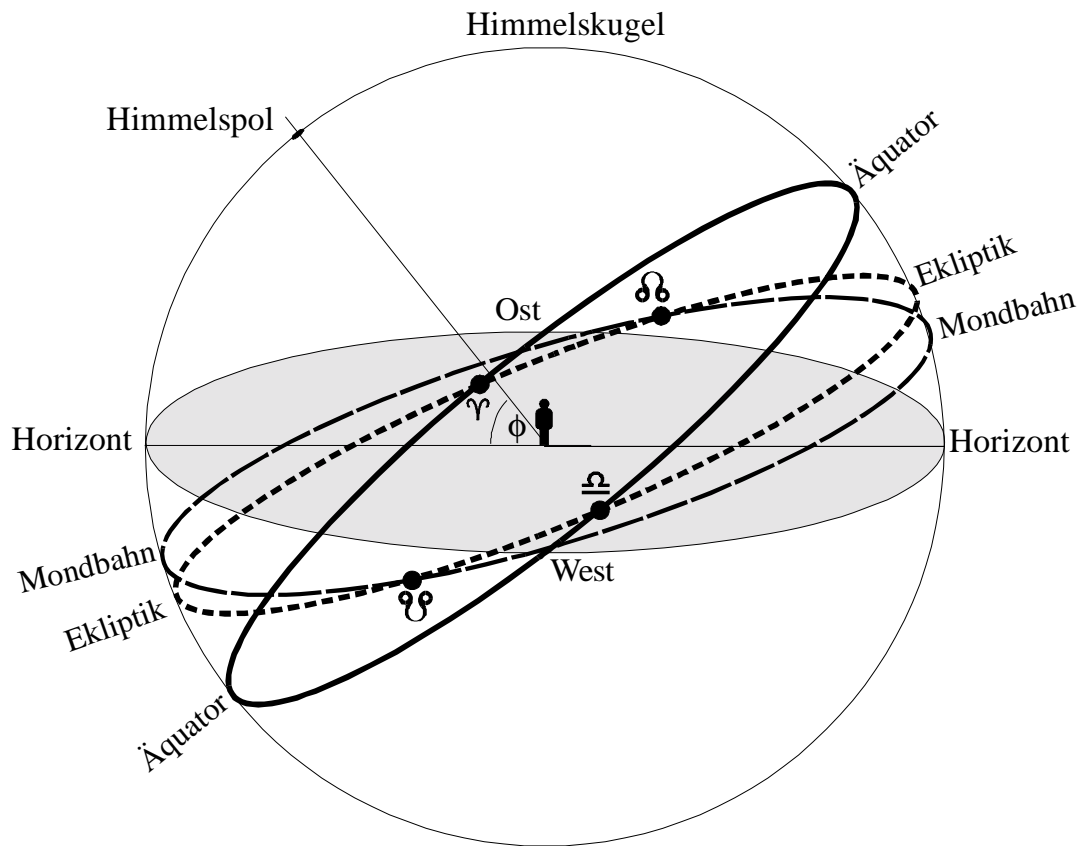


Abbildung 3

Fiktives Beispiel:
Vollmondaufgang bei Herbestanfang und positiver Mondbreite

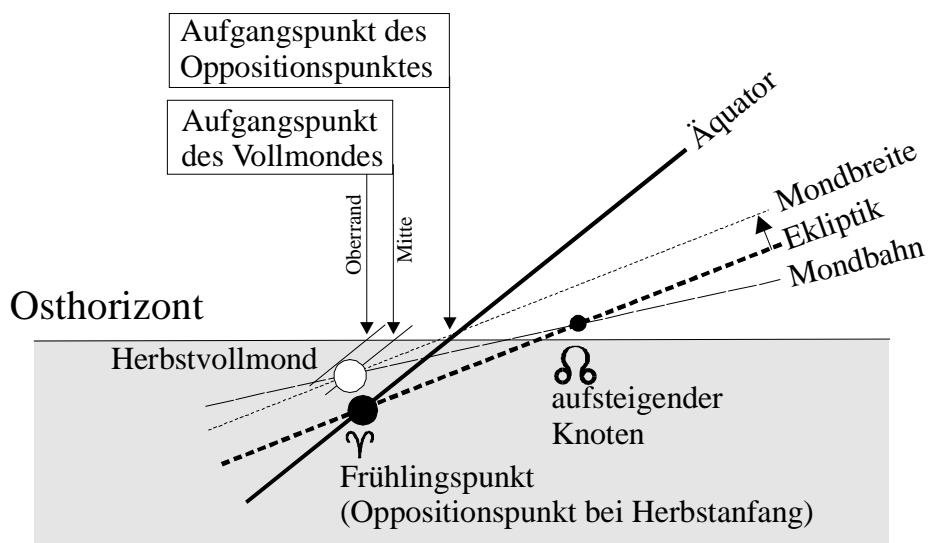


Abbildung 4

Horizontalparallaxe eines nahen Gestirns

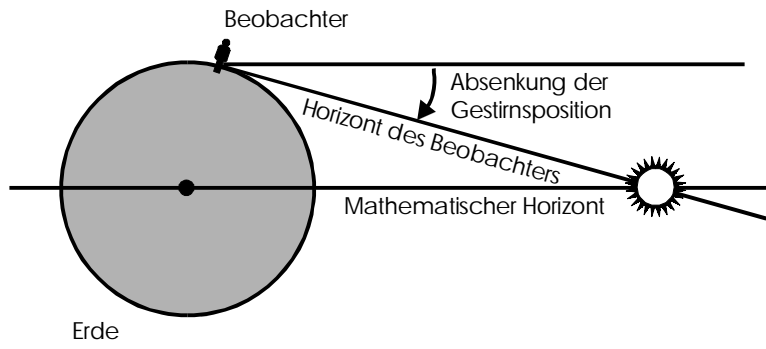


Abbildung 5

Einfluß der atmosphärischen Refraktion auf die Gestirnsposition

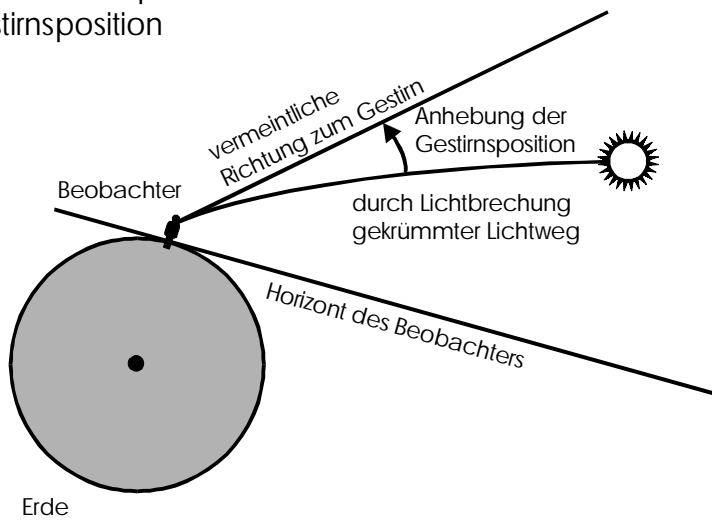


Abbildung 6

Einfluß eines erhöhten Beobachtungsstandes auf die Horizontlage

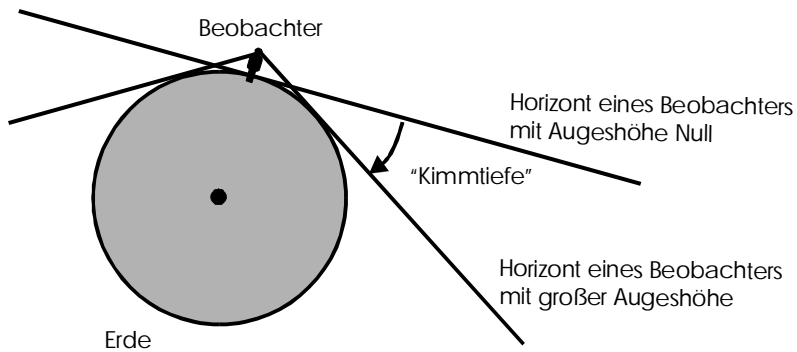
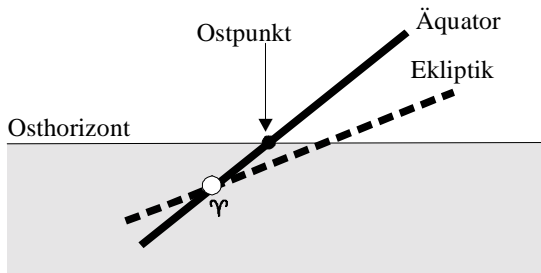


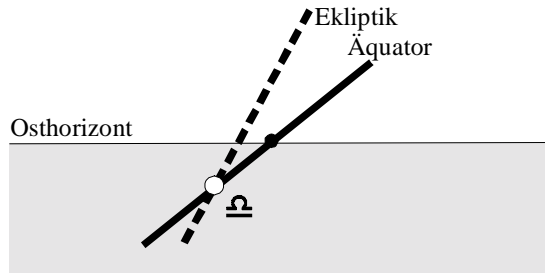
Abbildung 7

Lage der Ekliptik am Osthorizont

morgens im Frühjahr und abends im Herbst

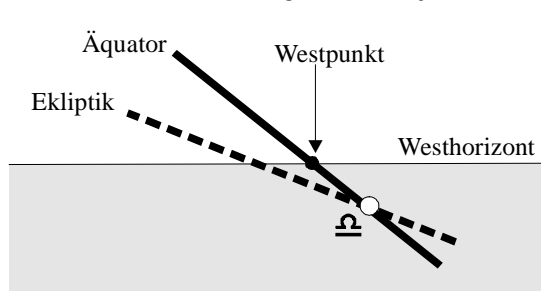


morgens im Herbst und abends im Frühjahr



Lage der Ekliptik am Westhorizont

abends im Herbst und morgens im Frühjahr



abends im Frühjahr und morgens im Herbst

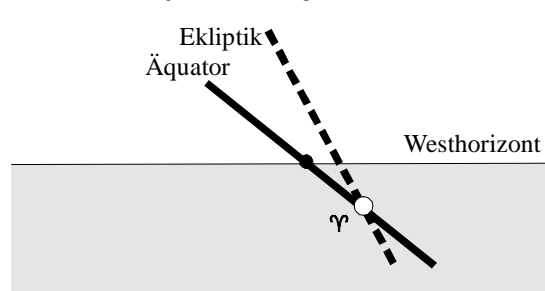
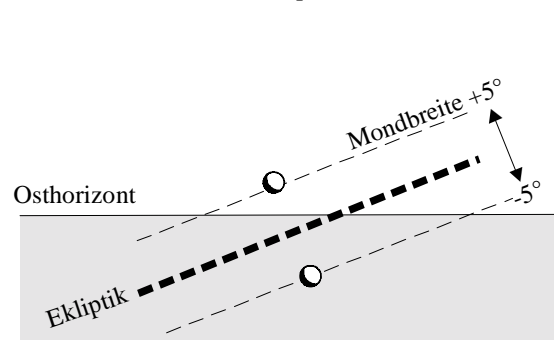


Abbildung 8

Einfluß der Mondbreite auf den Mondaufgang

bei flach verlaufender Ekliptik



bei steil verlaufender Ekliptik

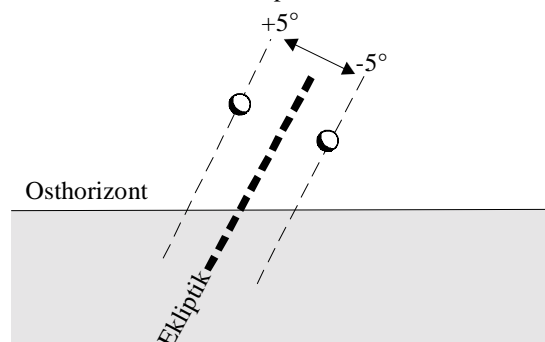


Abbildung 9