

Einführung in die Archäoastronomie - Stonehenge (2)

Wolfgang Domberger

Allgemeines

Der Altertumsforscher und Schriftsteller John Aubrey (1626-1697), ein Zeitgenosse Newtons und Mitglied der Royal Society, hat die Anlage Stonehenge untersucht und 1666, wie er in seinem Tagebuch notierte, die später nach ihm benannten Löcher gefunden. Der Arzt und Altertumsforscher William Stukeley (1687-1765) hat um 1740 wohl als erster die Ansicht vertreten, daß die Achse von Stonehenge zum Horizont in Richtung der Position zeigte, wo am Morgen der Sommersonnenwende (SSW) die Sonne aufgeht. Aber erst der Astrophysiker Sir Norman Lockyer (1836 - 1920), der übrigens 1868 bei spektroskopischen Beobachtungen der Sonnenprotuberanzen das bis dahin noch unbekannt Element Helium (He) auf der Sonne entdeckte, bevor es auf der Erde nachgewiesen wurde (W. Ramsey, 1895), griff die astronomischen Überlegungen Stukeleys wieder auf. Er berechnete anhand der bekannten zeitlichen Änderung des Neigungswinkels ϵ der Erdachse zur Ekliptik den Entstehungszeitraum von Stonehenge; danach sollte die Anlage zwischen 1800 und 1450 v. Chr. erbaut worden sein, was angesichts der heutigen Kenntnis-

se ein sehr beachtliches Ergebnis darstellte. Sein Resultat war aber nicht unumstritten. Seit etwa 1950 bis zum Anfang der achtziger Jahre galt der Archäologe R. J. C. Atkinson - seinerzeit Professor am University College in Cardiff - als höchste archäologische Instanz in Sachen Stonehenge. Ende der fünfziger Jahre begann der Hobbyarchäologe und -astronom C. A. Newham nach seiner Pensionierung - er war in der Gasindustrie tätig - mit seinen sehr sorgfältigen Messungen vor Ort und scharfsinnigen astronomischen Überlegungen. Atkinson interessierte sich sehr für Newhams Resultate; ansonsten fand die Arbeit Newhams wenig Beachtung - zu Unrecht. Ganz anders Gerald Hawkins (Smithsonian Astrophysical Observatory in Massachusetts, USA), er veröffentlichte seine auf fremden Plänen basierenden Untersuchungen nur wenige Monate später als Newham; seine Artikel in *Nature* und sein Buch mit dem reißerischen Titel „Stonehenge decoded“ hat für großes Aufsehen gesorgt - aber auch die Fachwelt auf den Plan gerufen. Insbesondere Atkinson kritisierte Hawkins Arbeiten vehement: „tendenziös, arrogant, schlampig und nicht überzeugend.“ Doch - die Diskussion um Stonehenge war entfacht. Der Astronom und Kosmologe Sir Fred Hoyle wurde eingeschaltet, um Hawkins' Resultate kritisch zu prüfen. Hoyle gab Hawkins zwar prinzipiell recht, kritisierte aber auch manches. Hawkins' anfechtbares Modell zur Fin-

sternisvorhersage ersetzte er durch ein eigenes. Die archäologische Fachwelt blieb skeptisch - zu Recht. Alexander Thom, ehemals Professor für Ingenieurwesen in Oxford und ein erfahrener Vermessungstechniker, hat 1973 Stonehenge neu und sehr genau vermessen; auch er vertrat die Ansicht, die Anlage sei ein Sonnen- und Mondobservatorium gewesen. Doch die Diskussion ist noch nicht ausgestanden und es bleibt

die Frage: „Fund- oder Fallgrube?“ Mit der Konferenz in Oxford von 1981 begann man, einige Fehlschlüsse aufzudecken. Ist Stonehenge ein reines Sakralbauwerk?

Himmelsbeobachtungen damals

Bei klarem Wetter auf einer weiten und flachen Hochebene, z. B. die Salisbury plain, muß der Anblick des Nachthim-

mels für die Menschen vor 4000 Jahren überwältigend gewesen sein - zu einer Zeit, in der ja absolut keine Verschmutzung die Durchsicht trübte, sei es durch Lichter oder sonstigen „Dreck“, den die Menschheit heutzutage in die Atmosphäre abläßt; der Blick zum Himmel etwa wie ins Innere einer halben Hohlkugel riesigen Ausmaßes, endend dort, wo in weiter Ferne Himmel und Erde zusammenzutreffen scheinen, am Horizont, eine Art kreisförmige Sichtgrenze.

Um die Bewegungen von Sonne, Mond und Sternen am Firmament zu beobachten, zu verfolgen und irgendwie zu erfassen, müssen Orientierungshilfen her; denkbar sind z. B. der Zenit, der Himmelsnordpol, um den sich der Sternenhimmel in einer Nacht dreht und die vier Himmelsrichtungen, festgemacht an den Stellen des Horizonts, wo die Sonne auf- und untergeht; dann ist es naheliegend, sich einen Bogen vorzustellen, der sich im Norden des Horizonts erhebt, durch den Himmelsnordpol und den Zenit läuft und schließlich im Süden des Horizonts versinkt: den örtlichen Himmelsmeridian, den Sterne, Mond und Sonne während einer Nacht bzw. eines Tages von Osten nach Westen überstreichen - eine Hilfe, die Tages- oder Nachtzeit abzuschätzen.

Der periodische Wechsel der Jahreszeiten ist unübersehbar verbunden mit der Wanderung der Sonnenauf- und untergangspunkte am Horizont. Zu Winter-

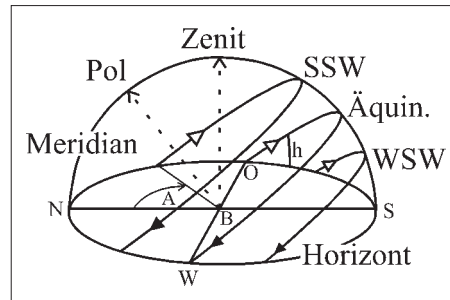


Abb. 2: Horizontaldarstellung für 52° nördlicher Breite; Beobachter B; Sonnenauf- u. -untergänge, Tagbögen; Sommer- bzw. Wintersonnenwende: SSW, WSW; Tag- u. Nachtgleiche: Äquin.(oktien); Orientierungshilfen; Azimutwinkel A, Höhe h

anfang geht die Sonne extrem weit im SO auf und im SW unter. Doch dann wandern die Sonnenaufgänge von Tag zu Tag immer weiter nach Norden am Horizont entlang: die Tage werden länger, die Sonne steigt höher. Zu Frühlingsanfang geht die Sonne recht genau im O auf und im W unter; der Tag ist jetzt genauso lang wie die Nacht. Die Sonne strahlt immer länger und intensiver. Dann verlangsamt sich die Wanderung der Sonnenaufgänge, bis die Sonne für einige Tage an derselben Stelle des Horizonts aufzugehen scheint. Nun hat der Aufgang der Sonne seine nördlichste Position am Horizont erreicht; es ist der Morgen des Tages der Sommersonnenwende. Vor 4000 Jahren betrug in Stonehenge der Winkel zwischen den Extremstellungen der Sonnenaufgänge am Morgen der Sommer- und der Wintersonnenwende ca. 80°.

Ebenso wenig zu übersehen ist das we-

sentlich komplexere Verhalten des Mondes. So verspäten sich z. B. die Mondaufgänge von Tag zu Tag um ca. eine halbe bis zu ca. einer ganzen Stunde; mal geht er abends oder nachts auf bzw. unter, dann wieder morgens oder tags. Im selben Monat steht er mal hö-

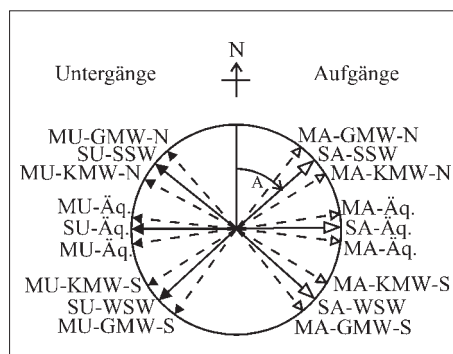


Abb.3: Übersicht der wichtigsten Visierlinien für Stonehenge; Auf- u. Untergänge von Sonne u. Mond zu den Wenden u. Äquinoktien: SA, SU, MA, MU; große (G), kleine (K) Mondwende (MW) im nördl. (N), im südl. (S) Extrem

her und mal niedriger am Firmament. Entsprechend wandern die Stellen am Horizont entlang, wo der Mond auf- und untergeht. Weiterhin ändert er in einer Periode von 29,5 Tagen ständig sein Erscheinungsbild: Neu-, Halb- und Vollmond. Wenn im Sommer die Sonne im NW versinkt, geht der volle Mond der Sonne gegenüber im SO (südliches Extrem) auf, etwa dort, wo im Winter die Sonne aufgeht. Im Winter geht die Sonne im SW unter und der Vollmond der Sonne gegenüber im NO auf (nördliches Extrem, vgl. Abb. 3). Ist der Mond noch neu, gehen Mond

und Sonne etwa gemeinsam und an ähnlichen Stellen des Horizonts auf bzw. unter. Innerhalb von knapp 19 Jahren wandert z.

B. der Vollmondaufgang im nördlichen und genauso im südlichen Extrem jeweils zwischen einem Maximum und einem Minimum auf dem Horizont einmal hin und her. In dem Jahr, in dem der winterliche Vollmond maximal nördlich aufgeht - nördlich vom SA der SSW -, geht der sommerliche Vollmond maximal südlich - südlich vom SA der WSW - auf (große Mondwende GMW). In Stonehenge beträgt der Winkel zwischen diesen Maxima ca. 100°. Knapp 9 1/2 Jahre später erreicht der Vollmondaufgang am Horizont im nördlichen Extrem seine minimal nördliche Position - südlich vom SA der SSW - und ein halbes Jahr später im südlichen Extrem seine minimal südliche Position - nördlich vom SA der WSW (kleine Mondwende KMW). Der Winkel zwischen diesen Minima beträgt in Stonehenge ca. 60°. Dem entsprechend ändern sich die Höhen, die der Mond am Himmel erreicht, periodisch innerhalb von knapp 19 Jahren.

Das Äquinoktium zum Frühlingsanfang ist der Tag, an dem die Sonne wieder die Oberhand gewinnt, die Kälte und Dunkelheit vertreibt und stattdessen Wärme und Leben mit sich bringt; es beginnt die Zeit der Erneuerung. Daß z. B. das heutige Osterfest ebenfalls in diese Zeit fällt, ist sicher kein Zufall;

es wurde auf den ersten Sonntag nach dem ersten Frühlingsvollmond festgelegt (Konzil von Nizäa, 325 n. Chr.). Ab

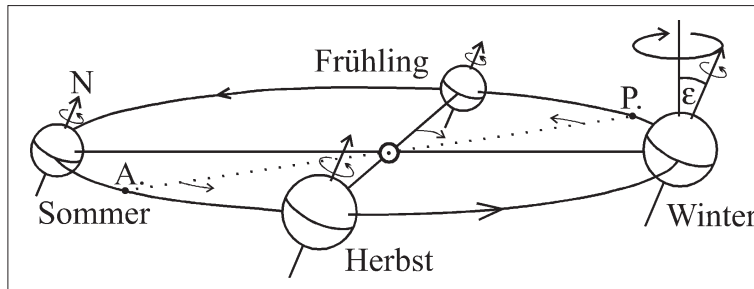


Abb. 4: Jahreszeiten (bzgl. Nordhalbkugel); Erde als Kreisel; Bewegungen und Drehungen im System Erde-Sonne; A.: Aphel, P.: Perihel

jetzt sind Vorbereitungen für Landwirtschaft, Viehzucht usw. zu treffen. Der Tag der Sommersonnenwende (SSW) ist der längste Tag des Jahres. Wichtige Arbeiten, die das Überleben sichern sollen, sind in vollem Gange. Möglicherweise brachte man die Hoffnung auf eine gute Ernte in Festen mit sakralen und rituellen Handlungen zum Ausdruck. Zum Herbstäquinoktium ist die Ernte eingeholt. Es beginnen die Vorbereitung auf die kalte und karge Jahreszeit. Der Tag der Wintersonnenwende (WSW) markiert den Beginn einer dunklen und kalten Zeit; doch mag auch ein Trost darin bestanden haben, daß die Sonne nicht mehr weiter nach S zieht, sondern sich wieder in Richtung Norden bewegt. Unser Weihnachtsfest fällt ebenfalls in diese Zeit, wohl auch nicht zufällig.

Astronomische Aspekte

Der scheinbare Jahreslauf der Sonne an der gedachten Himmelskugel, die Existenz der Jahreszeiten, beruht auf der

Schiefe ϵ der Ekliptik zum Himmelsäquator; der gravitative Einfluß der Planeten bewirkt, daß sich dieser Winkel im Laufe der Jahrtausende ändert; seine Änderung ist gut bekannt - es gibt Tabellen, Diagramme oder, wer will, auch die handliche Formel:

$$\epsilon(T) = 23,69^\circ - 0,124^\circ T - 0,00303^\circ T^2 + 0,000503^\circ T^3, \quad (1)$$

wobei T die Jahreszahl in Jahrtausenden bedeutet; so ist z. B. für das Jahr 2000 v. Chr. -2,0 und für 1997 n. Chr. 1,997 zu verwenden. Heute hat ϵ den Wert $23,43^\circ$; vor 4000 Jahren war die Ekliptik um etwa $0,5^\circ$ schiefer und ϵ betrug $23,92^\circ$.

Zu den Sonnenwenden (SSW, WSW oder Solstitien - Sonnenstillstand) bei Sommer- bzw. Winteranfang erreicht die Sonne auf ihrer (scheinbaren) Bahn um die Erde ihren größten nördlichen bzw. südlichen Abstand (Deklination δ) vom Himmelsäquator. Zu den beiden Tag- und Nachtgleichen (Äquinoktien) bei Frühlings- bzw. Herbstanfang

Beziehung

$$\sin \delta = \sin \phi \cdot \sin h \quad (2) \\ + \cos \phi \cdot \cos h \cdot \cos A,$$

wobei ϕ die geographische Breite des betreffenden Ortes ist; Stonehenge liegt auf der Breite $51^{\circ}10'42''$; A ist der Azimutwinkel, er wird von Norden aus gemessen; h bezeichnet die echte, wahre Höhe eines Gestirns über bzw. unter

dem Horizont. Insbesondere in Horizontnähe, z. B. beim Auf- oder Untergang der Sonne, hat man die atmosphärische Refraktion zu berücksichtigen, also die Ablenkung des Sonnenlichtes durch die Luftschichten der Erdatmosphäre, wodurch eine größere Höhe

schneidet die Sonne den Himmelsäquator auf- bzw. absteigend. Zu diesen vier Zeitpunkten nimmt die Deklination δ der Sonne die folgenden Werte an: $\delta = \pm \epsilon$ (+: Sommersonnenwende, -: Wintersonnenwende) und $\delta = 0^{\circ}$ zum Frühlings- und Herbstanfang. Während eines Jahres pendelt die Deklination δ der Sonne zwischen $-\epsilon$ und $+\epsilon$ einmal hin und her.

Für die weiteren Überlegungen ist die Umrechnung der Koordinaten (Azimut A , Höhe h) des Horizontsystems in diejenigen des Äquatorsystems (Deklination δ , Stundenwinkel t) besonders wichtig. Dazu muß man etwas sphärische Dreiecksberechnung (Trigonometrie) betreiben (Stichworte: astronomisches oder nautisches Dreieck, das zwischen dem Horizontal- und dem Äquatorsystem vermittelt; Cosinussatz). Als Ergebnis bekommt man die

vorgetäuscht wird; bei einer Horizonthöhe von 0° beträgt die Refraktion ca. $0,55^{\circ}$, so daß die Morgensonne schon zu sehen ist, obwohl sie noch unterhalb

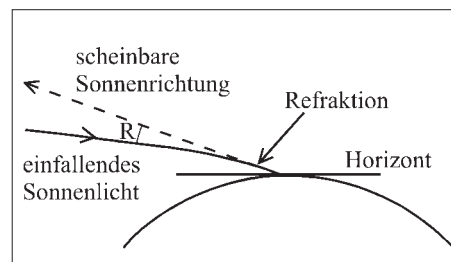


Abb.6: Refraktion des Lichtes durch die Erdatmosphäre; Refraktionswinkel R

