

Astronomie im alten Europa – Spuren einer erloschenen Kultur

Eine Ausstellung zur Archäoastronomie in Europa mit Erläuterung der archaischen astronomischen Beobachtungstechniken an ausgewählten Beispielen

Präsentiert vom Forschungsprojekt Vorzeitliche Astronomie der Westfälischen Volkssternwarte und dem Initiativkreis Horizontastronomie im Ruhrgebiet.

Kontakt: Burkard Steinrücken, steinruecken@sternwarte-recklinghausen.de

Inhalt und Liste der Poster:

- 1) Titel, Thema, Zeittafel, Karte
- 2) Stonehenge
- 3) Newgrange
- 4) Indische Kreise
- 5) Sonnenlauf und Jahreszeiten
- 6) Sonnenwenden
- 7) Externsteine
- 8) Callanish
- 9) Schottische Steinkreise mit Altarstein
- 10) Mondlauf und Mondwenden
- 11) Elementare Mondfinsternisvorhersage
- 12) Zyklen und Zahlen
- 13) Antike Quelle
- 14) Himmelscheibe von Nebra
- 15) Die Plejaden
- 16) Kalenderastronomie an den Bruchhauser Steinen
- 17) Literatur

Computeranimationen:

Simulierte Beobachtungssituationen von

- 1) Stonehenge (1800 BC und heute)
- 2) Newgrange (3100 BC und heute)
- 3) Externsteine (Mondaufgang 500 BC)
- 4) Südlicher Mond auf Altarstein
- 5) Bruchhauser Steine (Sonnenwende 1699 und 2000, 5. Juni, 7. Juni, 14. Juni, 1. Mai 2000 bis 2004, 30. April 2004)

1) Titel, Thema, Zeittafel, Karte

Bildunterschrift:

Die Karte zeigt das Europa der Eisenzeit mit wichtigen Handelswegen (braune Linien), Zinn- (schwarze Rauten) und Bernsteinvorkommen (braune Flächen). Angedeutet sind die Orte und Regionen der vorzeitlichen Denkmäler, die in dieser Ausstellung vorgestellt werden.

Sie entstammen verschiedenen Epochen der Urgeschichte, der Jungsteinzeit (ca. 4000 – 1800 v. Chr.), der Bronzezeit (ca. 1800 – 800 v. Chr.) und der Eisenzeit (ca. 800 v. Chr. – Christi Geburt).

2) Stonehenge

Die Kreisgrabenanlage der weltberühmten Steinsetzung von Stonehenge stammt bereits aus der Zeit um 3000 v. Chr.. Die zentralen Steinsetzungen wurden um 2000 v. Chr. errichtet.

Die hufeisenförmige Steinsetzung aus fünf Trilithen innerhalb des Steinkreises und die 500 m lange Prozessionsstrasse sind auf den nördlichsten Aufgangsort der Sonne am Tag der Sommersonnenwende ausgerichtet.

In der Bronzezeit zog die aufgehende Sonne am längsten Tag des Jahres am Heelstone vorbei, ohne von ihm verdeckt zu werden, wenn das Ereignis aus der Mitte der Kreisanlage beobachtet wurde. Heute erfolgt der Sonnenaufgang am 21. Juni hinter dem Heelstone.

Blickt man dagegen vom Heelstone auf die Steinsetzungen in der Mitte der Kreisanlage, so bleibt in dieser Blickrichtung ein kleines Sichtfenster frei, welches gegen den Himmel ragt und am Tag der Wintersonnenwende von der Sonne kurz vor ihrem Untergang durchstrahlt wird.

Der Untergangsort der Mittwintersonne liegt dem Aufgangsort der Mittsommersonne fast genau gegenüber. Die Hauptachse von Stonehenge trägt damit beiden Sonnenwenden im Jahr Rechnung.

Bildunterschriften:

Der Ort des berühmtesten aller Steinkreise in der Ebene von Salisbury bietet freie Sicht auf den Horizont.

Luftbild der zentralen Steinsetzungen. Im Inneren des teilweise erhaltenen gedeckten Steinkreises stehen noch drei der fünf hufeisenförmig angeordneten Trilithen.

Winterliches Luftbild der Kreisgrabenanlage und der 500 m langen Prozessionsstrasse.

Beobachtung des Sonnenaufgangs am Mittsommertag aus der Kreismitte.

Beobachtung des Sonnenuntergangs am Mittwintertag von der Prozessionsstrasse.

3) Newgrange

Das irische Ganggrab Newgrange aus dem 4. Jahrtausend v. Chr. besitzt eine innere Kammer, deren Boden zur Zeit der kürzesten Tage für einige Minuten vom ersten Licht der aufgehenden Sonne beleuchtet wird. Ansonsten bleibt das Grabinnere dem direkten Einfall von Sonnenlicht für immer entzogen.

Zur Mittwinterzeit fällt das Licht durch den sogenannten Dachkasten ins Innere ein. Nach der Wintersonnenwende, die von den frühen Menschen als Umkehrereignis der Sonne in ihrem jährlichen Lauf herbeigesehnt und gefeiert wurde, werden die Tage nach und nach wieder länger, mehr Licht und Wärme fällt auf die Welt und der kommende Frühling, in den neues Leben entsteht, kündigt sich an.

Bildunterschriften:

Das restaurierte Steinkammergrab im Luftbild.

Der mit Spiralen und Rauten dekorierte Stein vor dem Haupteingang. Über dem Eingang ist der „Dachkasten“ für den Einfall des Sonnenlichtes sichtbar.

Im Inneren des Grabmals.

Blick aus der Grabkammer zum Dachkasten. Das erste Licht der Wintersonne fällt in das Dunkel der Grabkammer ein.

Schematische Darstellung des Lichteinfalls. Da der Zugangsweg ansteigt, fällt das horizontal einfallende Licht auf den Boden der Grabkammer.

4) Indische Kreise

Wie findet man die Haupthimmelsrichtungen Norden, Süden, Osten und Westen? – Der Kompass zeigt nur ungefähr in die Nordrichtung, weil er auf den Magnetpol der Erde reagiert, der nicht mit dem Rotationspol der Erddrehung zusammenfällt. In der Steinzeit gab es auch keinen Polarstern, der die Nordrichtung direkt mit guter Genauigkeit anzeigt. Im Laufe der Jahrtausende hat sich unser Nordstern erst in diese Nordlage begeben und er wird sie in ferner Zukunft auch wieder verlassen haben.

Mit einem trickreichen Verfahren, das „Indische Kreise“ genannt wird, kann man mit geringen technischen Hilfsmitteln die Himmelsrichtungen an einem sonnigen Tag genau bestimmen. Man beobachtet dazu den Verlauf der Schattenspitze eines senkrecht aufgestellten Stabes. Im Laufe des Tages zeichnet man die Spur des Schattens auf. Am Abend zieht man einen möglichst großen Kreis um den Fußpunkt des Schattenstabs, der die Schattenlinie zweimal schneidet. Die Schnittpunkte sind die Orte gleicher Schattenlänge am Vormittag und am Nachmittag. Ihre Verbindungslinie zeigt in die Ost-West-Richtung. Die Nord-Südrichtung liegt senkrecht dazu.

Bei diesem Verfahren macht man sich die Symmetrie des täglichen Sonnenlaufs zunutze. So, wie die Sonne vormittags aufsteigt, sinkt sie nachmittags herab. Die Symmetrielinie der Auf- und Abstiegsbahn ist der sogenannte Meridian, der definitionsgemäß immer in nord-südlicher Richtung verläuft. Es gibt also zu jedem vormittäglichen Sonnenstand einen entsprechenden nachmittäglichen, der die gleiche Schattenlänge hervorruft. Der Meridian liegt in der Mitte der zwei sich entsprechenden Sonnenstände.

Bildunterschriften:

Sternsprichspuraufnahme des nördlichen Himmelpols. Wegen der Erddrehung werden auf der langzeitbelichteten Aufnahme die Bahnen der Sterne um den Pol sichtbar.

Bestimmung der Haupthimmelsrichtungen mit dem Indischen Kreis.

Tägliche Bahn der Sonne von Ost über Süd nach West.

5) Sonnenlauf und Jahreszeiten

Die Jahreszeiten der Natur sind eine direkte Folge des Sonnenlaufs. Im Sommer wandert sie auf einer höheren Bahn über den Himmel als im Winter. Sie steht dann etwa 16 Stunden über dem Horizont und 8 Stunden darunter – die Tage sind länger als die Nächte und das Sonnenlicht fällt steil auf das Land ein, was für eine effiziente Bestrahlung des Erdbodens mit Sonnenenergie von Vorteil ist. Im Winter ist es genau umgekehrt – die Nächte sind länger als die Tage. Nur bei Frühlings- und Herbstanfang sind die Tage und Nächte gleich lang. Nur dann geht die Sonne genau im Osten auf und im Westen unter. Im Sommer hingegen geht sie in nordöstlicher Richtung auf und in nordwestlicher Richtung unter, während sie im Winter im Südosten aufgeht und im Südwesten untergeht.

Warum läuft die Sonne mal hoch und mal niedrig über den Himmel? – Das erklärt sich durch die Schiefstellung der Erdachse, die im Zusammenspiel mit der täglichen Erddrehung und jährlichen Erdumlauf um die Sonne die unterschiedlichen hohen Tagesbahnen und die wandelnden Auf- und Untergangsorte bewirkt.

Der tägliche Lauf der Sonne und der Gestirne ist die Folge der Erddrehung. Die Achse dieser Erddrehung steht nicht senkrecht auf der Umlaufbahn der Erde um die Sonne, sondern ist gegen die Senkrechte um $23,5^\circ$ geneigt (in der Steinzeit waren es 24° , deshalb erfolgt der Sonnenaufgang am Mittsommertag in Stonehenge heute hinter dem Heelstone und nicht mehr links daneben). Bei Mittsommer ist die nördliche Erdhälfte deshalb der Sonne zugeneigt. Das

Sonnenlicht fällt dann senkrecht auf einen Punkt nördlich des Äquators. Ein halbes Jahr später, zur Mittwinterzeit, ist die Erde in die gegenüberliegende Position auf ihrer Umlaufbahn gewandert. Dieser Erdumlauf erfolgt unter Beibehaltung der Achsenlage. Die nördliche Erdhälfte zeigt nun von der Sonne weg, die Sonne scheint senkrecht auf einen Punkt südlich des Äquators. Zwischen Mittsommer und Mittwinter liegen die beiden Tag-Nacht-Gleichen, zu denen die Sonne senkrecht auf den Äquator scheint.

Bildunterschriften:

Bahn der Sonne an den Tagen der Sonnenwenden und Tag-Nacht-Gleichen.

Schematische Darstellung des Erdumlaufs um die Sonne. Die Erdachse ist gegen die Senkrechte auf der Erdbahn um $23,5^\circ$ geneigt.

6) Sonnenwenden

Im Laufe des Jahres durchläuft die Sonne alle möglichen Auf- und Untergangsorte zwischen den Grenzpunkten, die man auch die Sonnenwenden nennt. Die Sonnenwendeorte stehen sich diametral gegenüber, so z.B. der Aufgangsort der und der Untergangsort der Mittsommersonne. Die Sonnenwendlinien zeichnen deshalb – ähnlich wie die Haupthimmelsrichtungen - eine Achsenkreuz in den Horizontkreis, das aber auf mitteleuropäischen Breitengraden nicht senkrecht ist, sondern Winkel von ca. 80° und 100° einschließt.

Die Zeichnung, die den Horizontkreis in Draufsicht zeigt, verdeutlicht dieses Achsenkreuz der solaren Wenderichtungen. Sonnenauf- und -untergänge sind nur in den rot gekennzeichneten Sektoren zu sehen. In den grünen Sektoren am Nord- und Südhorizont zeigt sich die Sonne niemals am Himmelsrand.

Bildunterschrift:

Jährlicher Pendelbogen der Sonnenauf- bzw. -untergangsorte.

7) Externsteine

Die Externsteine bei Detmold wurden schon in vorchristlicher Zeit aufgesucht und bearbeitet. Das Sazellum, die obere Kapelle im höchsten Turmfelsen, liegt heute frei. Einst war sie ein dunkler Raum, in den nur durch das Rundloch an der Nordostseite Licht einfiel.

Das Rundloch des Sazellums deutet in die Richtung des Sonnenaufgangs am Tag der Sommersonnenwende. Genaue Untersuchungen zeigen, dass die Lochwandung konisch gearbeitet ist und ein Kegelstumpf eingepasst werden kann, dessen Mittelachse unter einem Winkel von $4,2^\circ$ gegen den Himmel ragt.

Die Mittelachse des konischen Loches zeigt auf einen Ort am Himmel, den der Mond auf seiner nördlichsten Bahn erreicht, die er nur alle 18 bis 19 Jahre für einige Male durchläuft. Die Sonne kann diesen Himmelsort nie erreichen. Er bleibt dem Mond vorbehalten.

Ist das Sazellum eine uralte Stätte der Mondverehrung? – Wie immer in Einzelfällen bleibt die Frage nach Ursprung und Sinn offen, wenn keine schriftliche Überlieferung das Rätsel der Vergangenheit auflöst. Gäbe es in Europa viele konische Rundlöcher mit gleichartigen Ausrichtungen auf den Mond – die Beantwortung dieser entscheidenden Frage fiel leicht.

Bildunterschrift:

Rundbogennische mit konischer Öffnung an der Nordostseite des Sazellums.

Die Mittelachse der konischen Öffnung peilt die nördlichste Mondbahn an (um 500 v. Chr.).

8) Callanish

Die Steinsetzung von Callanish auf den äußeren Hebriden in Schottland markiert einen Ort, der in der Bronzezeit möglicherweise für rituelle Mondbeobachtungen genutzt wurde.

Vom nördlichen Ende der doppelten Steinreihe sieht man alle 18 – 19 Jahre den Mond, wie er in seiner südlichen Tiefstbahn so eben über den Horizont hinauskommt, über die Steine der östlichen Reihe hinwegzieht, um dann im Bereich des Steinkreises zu versinken, nachdem er aber noch mehrmals zwischen den aufgestellten Steinen kurzzeitig sichtbar war.

In Callanish wird die „Begegnung“ des Mondes in seiner niedrigsten Bahn mit dem rätselhaften Ort der Steinsetzung inszeniert. Der Mond scheint hier auf die Erde in das Rund des Steinkreises hinabzusteigen.

Bildunterschriften:

Die Bahn des Mondes im südlichen Extrem bei der Beobachtung vom nördlichen Ende der doppelten Steinreihe. Luftbild der Steinsetzungen von Callanish bei südlicher Blickrichtung.

9) Schottische Steinkreise mit liegendem Altarstein

Das Schauspiel des hinabsteigenden Mondes, welches in Callanish durch die geschickte Architektur der Steinsetzungen in vollendeter Form inszeniert ist, ist auch in einem besonderen Typ von schottischen Steinkreisen aus der Zeit 2500 – 1800 v. Chr. im Bezirk von Aberdeen zu sehen.

Zahlreiche Steinkreise mit einem liegenden Altarstein auf der Südseite dienen dort der Beobachtung des seltenen Ereignisses eines auf dem liegenden Stein entlang wandernden Mondes.

Da von 50 untersuchten Steinkreisen dieser Art 42 diese Auffälligkeit zeigen und auch die anderen 8 Altarsteine auf markante Mondstände zielen, ist eine zufällige Orientierung auf den Mond mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen. Liegen viele vergleichbare Beispiele vor, so lässt sich die astronomische Funktion der steinzeitlichen Bauwerke auf statistischen Weg beweisen.

Statistische Nachweise der Steinzeitastronomie sind bei astronomisch ausgerichteten Megalithgräbern in vielen Regionen Europas erfolgreich möglich, ebenso bei kurzen Steinreihen in Irland, die markante „heilige Berge“ anzeigen, hinter denen die Sonne an manchen Tagen im Jahr versinkt, schließlich auch bei der Untersuchung der Bestattungsrichtungen, die in verschiedenen prähistorischen Kulturkreisen regional stark variieren, aber oftmals astronomisch motiviert sind.

Bildunterschriften:

Steinkreis von Aquorties mit liegendem Stein (im Bild links).

Steinkreis „Loanhead of Daviot“.

Beobachtung des Mondes in seiner südlichsten Bahn aus der Mitte der Steinkreise. Der Mond wandert auf dem liegenden Stein entlang.

Kurze Steinreihen in den Bezirken Cork und Kerry im Südwesten Irlands peilen markante Berggipfel, in die der Mond bei seinen Extremständen versinkt.

Weibliches Skelett aus Aiterhofen in Bayern mit östlicher Ausrichtung und südöstlicher Blickrichtung (Linienbandkultur, ca. 5500 v. Chr.).

10) Mondlauf und Mondwenden

Der Mond ist eine ausgeglühte tote Steinkugel, die die Erde umkreist. Er erhält sein Licht von der Sonne. Die sonnenzugewandte Seite der Mondkugel wird beleuchtet, die sonnenabgewandte Seite liegt im Dunkeln. Seine sichtbare Größe und Gestalt ändert sich ständig, weil er uns, bedingt durch seinen Umlauf um die Erde, mehr oder weniger seiner beleuchteten Hälfte zeigt.

Wenn wir ihn als Vollmond sehen, steht er der Sonne gegenüber. Die Winkelspanne zwischen Sonne und Mond beträgt dann 180° . Der Halbmond hat eine Winkelspanne von 90° zur Sonne, die schmale Mondsichel kurz vor oder nach Neumond ca. 30° . Der Mond zeigt uns damit den Ort der Sonne an und hilft uns die Sonnenposition abzuschätzen, auch wenn diese unter dem Horizont steht.

Der Mond wandert ähnlich wie die Sonne täglich von Ost über Süd nach West über den Himmel. Jedoch durchläuft er den gesamten Pendelbogen aller Auf- und Untergangsorte, den die Sonne halbjährlich zwischen den zwei Sonnenwenden abschreitet, bereits halbmonatlich zwischen den Extremständen der sogenannten Mondwenden. Die Mondwendeorte liegen in der Nähe der Sonnenwendeorte, jedoch verändern sie sich systematisch über einen Zeitraum von 18,61 Jahren. In manchen Jahren übersteigt der Mond in seinem nördlichsten Aufgang den Ort des Mittsommeraufgangs um bis zu 10° nach Norden und im südlichsten Aufgang den Ort des Mittwinterauegangs um die entsprechende Spanne nach Süden. Sein Pendelbogen übertrifft dann den Pendelbogen der Sonnenaufgänge deutlich und man spricht von den „Großen Mondwenden“. In anderen Jahren jedoch erreicht er die Wendemarken der Sonne in seinem monatlichen Wendezyklus dagegen nicht. Dann ist sein Pendelbogen kleiner als der der Sonne und man spricht von den „Kleinen Mondwenden“.

Der Grund für diese zyklische Veränderlichkeit seines Pendelbogens ist in der Neigung der Mondbahnebene gegen die Ebene des Erdumlaufs um die Sonne zu finden. Die Mondbahnebene und die Erdbahnebene sind ca. 5° gegeneinander geneigt. Die Zeichnung verdeutlicht, dass der Mond deshalb manchmal senkrecht auf Erdorte scheint, die um 5 Breitengrade weiter nördlich liegen als die nördlichsten Erdorte mit senkrechtem Sonneneinfall.

Von der Erde aus betrachtet erscheint dann der Mond in einem größeren Abstand von der Äquatorialebene als ihn die Sonne je erreichen kann. Das hat einen Aufgangsort zur Folge, der nördlicher als der Mittsommeraufgangsort der Sonne liegt.

Bildunterschriften:

Monatliche Pendelbögen des Mondes während der großen Mondwende (dunkelblau) und während der Kleinen Mondwende (hellblau).

Die Mondbahnebene ist ca. 5° gegen die Ebene des Erdumlaufs um die Sonne geneigt. Deshalb kann der Mond um 5° höher am Himmel stehen als die Mittsommersonne.

11) Elementare Mondfinsternisvorhersage

Eine erster Ansatz zur Vorhersage von Mondfinsternissen ist nicht so schwer, wie man zunächst glaubt. Beobachtet man systematisch die Aufgänge von Sonne und Mond am Horizont, so stellt man z.B. fest, dass der Sonnenaufgang am Tag der Sommersonnenwende immer an einem festbleibenden Ort im Nordosten erfolgt.

Ähnlich wie die Mittsommersonne verhält sich aber auch der Wintervollmond. Als Vollmond steht er der tief stehenden Winter Sonne gegenüber und so nimmt er die gleiche Stelle am Himmel ein, wie die hoch stehende Sonne zur Mittsommerzeit. Wenn der Wintervollmond exakt auf der Bahn der Mittsommersonne läuft und damit der Sonne genau gegenübersteht, kommt es zu einer Mondfinsternis, weil er dann in den Erdschatten läuft, der - wie bei allen Schatten üblich - immer in die Gegenrichtung zur Lichtquelle zeigt. In dem Fall geht der Wintervollmond genau an der Stelle der Mittsommersonne auf. Eine Sonnenwendpeilung wie z.B. in Stonehenge kann also auch für die Untersuchung des Aufgangsortes des Wintervollmondes verwendet werden.

Geht der Mond dagegen ein wenig rechts oder links der Sommersonnenwendmarke am Horizont auf, kommt es zu keiner Verfinsterung des Wintervollmondes, denn dann ist er vom Erdschattenbereich zu weit entfernt.

Beobachtet man geduldig über die Jahre und Jahrzehnte hinweg den Aufgangsort des Wintervollmondes und die Eintrittszeiten von Mondfinsternissen, so stellt man fest:

- Geht der Wintervollmond genau bei der Sonnenwendemarke auf, sind Mondfinsternisse in der Mittwinter- und Mittsommerzeit zu erwarten.
- Geht der Wintervollmond weit nördlich oder weit südlich der Sonnenwendemarke auf (Maximalabstand von der Sonnenwendemarke in Europa etwa 10°), so können die kommenden Mondfinsternisse nur bei Frühlings- und Herbstanfang erfolgen.
- Geht der Wintervollmond wenig oder mäßig nördlich oder südlich der Sonnenmarke auf, so liegen die Mondfinsternisse in den Zeiten zwischen den Sonnenwenden und den Tag-Nacht-Gleichen.

Somit lassen sich die mondfinsternisgefährdeten Vollmondtermine der kommenden Jahre ungefähr aus der Lage des Aufgangsortes des Wintervollmondes erschließen. Alle 18 – 19 Jahre durchläuft der Wintervollmond den Zyklus der sich wandelnden Aufgangsorte und damit wiederholt sich auch die Sequenz der Finsternisse im Kalender. Aufmerksame Horizontbeobachtungen ermöglichen somit einfache Mondfinsternisprognosen ohne die genaue Kenntnis der astronomischen Zusammenhänge!

Das weltweite Auftreten von Sonnenfinsternissen folgt dem gleichen Muster. Da der frühe Mensch aber nicht über sein unmittelbares Umfeld hinausblicken konnte, entgingen ihm die Sonnenfinsternisse an entlegenen Orten der Welt. In seiner Heimatregion sind sie zur Erfassung des Rhythmus ihres regelmäßigen Auftretens zu selten.

Bildunterschriften:

Serienaufnahme einer Mondfinsternis.

Beobachtung der Aufgangsorte der Sommersonne und des Wintervollmondes im Nordostsektor des Horizontes.

12) Zyklus und Zahl

Von besonderem Interesse für die archaische Astronomie sind die Zeitspannen, nach denen sich die wichtigen Himmelserscheinungen wiederholen. Eine Kenntnis solcher Zyklen ermöglicht die Vorhersage künftiger Ereignisse am Himmel.

So durchläuft z.B. die Sonne nach Ablauf von 365 Tagen wieder alle ihre unterschiedlich hohen Tagesbahnen. Bei systematischer Beobachtung der Auf- und Untergangsorte stellt man aber fest, dass jedes vierte Jahr einen 366 Tag erhalten muss, um den Gleichklang zwischen dem beobachteten Sonnenjahr und dem gezählten Kalenderjahr zu erzielen.

Der Mond durchläuft in 29 oder 30 Tagen alle seine Lichtgestalten, also z.B. von Vollmond bis Vollmond oder von Neumond bis Neumond.. Dieser sogenannte Lichtmonat steht nicht in einem ganzzahligen Verhältnis zum Sonnenjahr. In einem Jahr gibt es deshalb 12 oder 13 Vollmonde.

Nach Ablauf welcher Zeitspanne jedoch wiederholt sich der Stand von Sonne und Mond am Himmel? - Nach 8 Jahren, also 2922 Tagen, sind 99 Lichtmonate mit ebenso vielen Neu- und Vollmondstellungen verstrichen. Dieser Zyklus, Oktaetaris genannt, war im 6. Jahrhundert vor Christus in Griechenland in Gebrauch. Sein Fehler beträgt nur 1,5 Tage nach Ablauf von 8 Jahren. Noch besser ist der 19-jährige Meton-Zyklus, dessen Entdeckung dem griechischen Astronomen und Mathematiker Meton (5. Jahrhundert v. Chr.) zugeschrieben wird. Nach

Ablauf von 19 Jahren mit 6940 Tagen sind 235 Lichtmonate verstrichen und Sonne und Mond haben wieder die Ausgangsstellung am Himmel erreicht.

Es gibt aber noch andere wichtige Zyklen z.B. für die Wiederkehr aller unterschiedlich hohen Mondbahnen oder für die Systematik der Finsternisse:

Nach 18,61 Jahren oder 6797 Tagen wiederholen sich die Mondbahnen. Da aus dem Wechsel der Mondbahnhöhen bzw. der nördlichsten Aufgänge des Wintervollmondes die Systematik der Finsternisse erschlossen werden kann, ist diese Zeitspanne für die Erfassung der Rhythmik der Mondfinsternisse bedeutsam.

Ein nahezu perfekter Finsterniszyklus ist der sogenannte Saros-Zyklus. Nach Ablauf von 18 Jahren und 11 1/3 Tagen (6585 1/3 Tage) wiederholen sich die Mondfinsternisse und Sonnenfinsternisse (diese jedoch an anderen Orten der Erde) in nahezu identischer Weise.

Bildunterschriften:

partielle Sonnenfinsternis
zunehmender Mond

Die systematische Beobachtung der Sonnenuntergangsorte ermöglicht die Bestimmung der Jahreslänge. Das Bild rechts zeigt zwei Sonnenuntergänge im Mai im Abstand von zwei Tagen. Wenn sich diese Sequenz wiederholt, sind 365 oder 366 Tage vergangen.

13) Eine antike Quelle

Welche Himmelszyklen waren im prähistorischen Europa bekannt? – Als Hinweis auf astronomische Kenntnisse dieser Art kann ein bemerkenswerter Bericht des Geschichtsschreibers Diodor von Sizilien (1. Jahrhundert v. Chr.) herangezogen werden. Diodor beruft sich darin auf ältere Kenntnisse des Forschungsreisenden Hekataüs (um 300 v. Chr.):

„Von denen nämlich, welche die alten Sagen aufgeschrieben haben, sagen Hekataüs und einige andere, dass in den dem Keltenlande gegenüberliegenden Gebieten gegen den Okeanos hin eine Insel sei nicht kleiner als Sizilien. Diese reiche bis zu den Bärinnen und werde bewohnt von den Hyperboreern, so genannt, weil sie weiter hinauf wohnen als der Nordwind. Guten Bodens und alle Früchte tragend, auch durch günstige Luftwärme ausgezeichnet, reife sie zweimal Früchte im Jahre.

Sie erzählen, dass auf ihr Leto geboren sei; deshalb werde auch Apollon am meisten von allen Göttern bei ihnen geehrt; sie selbst seien gleichsam Priester des Apollon, da sie diesen Gott täglich im Gesange preisen und zugleich aufs herrlichste ehren. Es bestehe aber auf der Insel auch ein Hain des Apollon überaus prächtig und ein merkwürdiger Tempel mit vielen Weihgeschenken geschmückt, der Gestalt nach von Ansehen eine Kugel.

Auch eine Stadt bestehe dort diesem Gotte heilig. Von ihren Einwohnern seien die meisten Zitherspieler und sängen, unaufhörlich in dem Tempel zitherspielend, dem Gotte Preislieder und rühmten seine Taten. (...)

Von dieser Insel aus soll der Mond in ganz geringem Abstand von der Erde erscheinen, auch sollen einige bergähnliche Erhebungen auf ihm sichtbar sein.

Gesagt wird auch, dass der Gott alle 19 Jahre auf die Insel herabkomme, in welchem Zeitraum sich die Ausgangsstellungen der Sterne wiederherstellen, und deshalb werde der Zeitraum von 19 Jahren von den Hellenen Metons Jahr genannt.

Zu dieser Erscheinung spiele der Gott die Zither und tanze einen Rundreigen ununterbrochen in den Nächten von der Frühlingsgleiche bis zum Aufgange der Plejaden, sich ergötzend an den eigenen Glückstagen.“

Diese Textstelle wurde oftmals mit Stonehenge in Beziehung gebracht, passt aber besser auf das Phänomen der tiefstmöglichen Mondbahn in Callanish, wo der Mond alle 18 – 19 Jahre in das Rund des Steinkreises hinabzusteigen scheint. Eine zweifelsfreie Identifizierung des erwähnten Tempels ist aber nicht möglich, der Text bleibt zu dunkel. Auch eine Verwechslung des 19-jährigen Meton-Zyklus, der sich auf die Wiederkehr der Mondphasen am gleichen Kalenderdatum bezieht, mit dem 18,61-jährigen Mondbahnzyklus, nach dem sich die extremalen Höchst- und Tiefststände des Mondes wiederholen, scheint Diodor oder Hekataüs unterlaufen zu sein.

Bildunterschrift:

Bildnis des Gottes Apollon, Sohn des Zeus und der Leto. Apollo wurde auch als Sonnengott verehrt.

Vollständiger Hyperboreer-Bericht des Diodor:

- 1) (...) Von denen nämlich, welche die alten Sagen aufgeschrieben haben, sagen Hekataüs und einige andere, dass in den dem Keltenlande gegenüberliegenden Gebieten gegen den Okeanos hin eine Insel sei nicht kleiner als Sizilien. Diese reiche bis zu den Bärinnen und werde bewohnt von den Hyperboreern, so genannt, weil sie weiter hinauf wohnen als der Nordwind. Guten Bodens und alle Früchte tragend, auch durch günstige Luftwärme ausgezeichnet, reife sie zweimal Früchte im Jahre.
- 2) Sie erzählen, dass auf ihr Leto geboren sei; deshalb werde auch Apollon am meisten von allen Göttern bei ihnen geehrt; sie selbst seien gleichsam Priester des Apollon, da sie diesen Gott täglich im Gesange preisen und zugleich aufs herrlichste ehren. Es bestehe aber auf der Insel auch ein Hain des Apollon überaus prächtig und ein merkwürdiger Tempel mit vielen Weihgeschenken geschmückt, der Gestalt nach von Ansehen eine Kugel.
- 3) Auch eine Stadt bestehe dort diesem Gotte heilig. Von ihren Einwohnern seien die meisten Zitherspieler und sängen, unaufhörlich in dem Tempel zitherspielend, dem Gotte Preislieder und rühmten seine Taten.
- 4) Es hätten die Hyperboreer eine eigene Sprache, auch seien sie gegen die Hellenen aufs freundlichste gesinnt, am meisten gegen die Athener und Delier, eine Wohlwollen, das sie aus alter Zeit überkommen hätten. Auch erzählen sie, dass einige Hellenen zu den Hyperboreern gereist seien und kostbare Weihgeschenke mit hellenischen Inschriften zurückgelassen hätten.
- 5) Ebenso habe auch von den Hyperboreern Abaris, nach Hellas gekommen, die Freundschaft und Verwandtschaft mit den Deliern erneuert. Von dieser Insel aus soll der Mond in ganz geringem Abstand von der Erde erscheinen, auch sollen einige bergähnliche Erhebungen auf ihm sichtbar sein.
- 6) Gesagt wird auch, dass der Gott alle 19 Jahre auf die Insel herabkomme, in welchem Zeitraum sich die Ausgangsstellungen der Sterne wiederherstellen, und deshalb werde der Zeitraum von 19 Jahren von den Hellenen Metons Jahr genannt.
- 7) Zu dieser Erscheinung spiele der Gott die Zither und tanze einen Rundreigen ununterbrochen in den Nächten von der Frühlingsgleiche bis zum Aufgange der Plejaden, sich ergötzend an den eigenen Glückstagen. Die Königsherrschaft über diese Stadt übten und den heiligen Hain verwalteten die sogenannten Boreaden, Sprösslinge des Boreas, und die Herrschaft vererbe sich dauernd in diesen Geschlechtern.

14) Himmelsscheibe von Nebra

Bereits in den 90er Jahren plünderten Raubgräber ein bronzezeitliches Bodendenkmal auf dem Mittelberg bei Nebra in Sachsen-Anhalt und fanden dabei auch eine sensationelle Bronzescheibe mit Goldauflagen, die offensichtlich astronomische Symbole und Inhalte zeigt.

Zu Beginn des Jahres 2002 kam der Jahrhundertfund in den Besitz des Landes Sachsen-Anhalt. Damit war der Fund für die Öffentlichkeit und die Wissenschaft gerettet.

Auch der Fundort der Himmelsscheibe hat astronomische Funktion, denn vom Mittelberg aus gesehen geht die Sonne am Tag der Sommersonnenwende hinter dem bekannten Berg Brocken im Harz unter. Der Sonnenuntergang am 1. Mai, dem Tag nach der Walpurgisnacht, ist hinter dem höchsten Berg des Kyffhäuser Gebirges zu sehen.

Die jährlichen Pendelbögen, die die Sonne beim Aufgang am Osthorizont bzw. beim Untergang am Westhorizont zwischen den Grenzpunkten der zwei Sonnenwenden durchläuft, sind auf der Scheibe in Form zweier goldener Randsegmente dargestellt (eines fehlt jetzt). Die Winkelspanne, die von diesen Segmenten überdeckt wird, beträgt $82,7^\circ$ und sie entspricht

dem jährlichen Pendelbogen der Sonne zwischen Mittsommer und Mittwinter in Sachsen-Anhalt in der Bronzezeit.

Die anderen Symbole sind nicht eindeutig. Die Goldpunkte sind sicher Sterne, und die sieben dichter stehenden Sternpunkte stellen wahrscheinlich die Plejaden, das Siebengestirn, dar. Die goldene Scheibe symbolisiert entweder die Sonne oder den Vollmond, die Sichel könnte den Mond zeigen, aber auch die Sonne bzw. den Vollmond während der partiellen Phase einer Sonnen- bzw. Mondfinsternis.

Das runde Symbol am Rand der Scheibe hat keine Entsprechung am Sternenhimmel. Wahrscheinlich ist es ein Schiff, das ähnlich der ägyptischen Sonnenbarke über den Himmel fährt und als Sinnbild der ewigen Bewegung des Himmels gedeutet werden kann. Die naturgesetzlichen Ursachen der täglichen Umdrehung des Sternenhimmels, des monatlichen Laufes des Mondes und des jährlichen Laufes der Sonne waren dem frühen Menschen noch unbekannt. Die unermüdliche ewige Himmelsbewegung gab Anlass zur Hoffnung auf Unvergänglichkeit, ewiges Leben und kosmische Wiederkehr, die im Kontrast zur irdischen Vergänglichkeit steht, der niemand entrinnen kann.

Bildunterschriften:

Die restaurierte Himmelscheibe. Die Beschädigungen am Rand und am zentralen Goldkreis wurden von den Raubgräbern verursacht.

Karte von Sachsen-Anhalt mit Nebra und Andeutung der im Beobachtungsrichtungen vom Mittelberg (Fundort der Scheibe) zum Brocken und zum Kyffhäuser-Gebirge (grüne Pfeile).

15) Die Plejaden

Der Sternhaufen der Plejaden, der vermutlich auch auf der Himmelscheibe von Nebra dargestellt ist, wurde weltweit von vielen versunkenen Kulturen mit Naturreligionen als kosmisches Zeitzeichen verehrt und praktisch verwendet.

In der Bronzezeit lagen die Plejaden in der Nähe des Frühlingspunktes, also jener Stelle des Himmels, an der die Sonne zur Frühlings-Tag-Nacht-Gleiche steht. Wenn die Sonne diesem Ort des Himmels bei Herbstbeginn gegenübersteht (weil in einem halben Jahr die Erde ihre Umlaufbahn um die Sonne halb durchlaufen hat), gehen die Plejaden sogleich bei Sonnenuntergang auf und sind die ganze Nacht über sichtbar. In dem Fall stehen sie wie der Vollmond der Sonne gegenüber und zeigen ihren Gegenpunkt an. In anderen Jahreszeiten sind die Plejaden nachts nur zeitweise sichtbar, sie gehen im Winter bereits zur Mitternacht unter, im Sommer erscheinen sie erst zur Mitternacht. Sie können also als Jahreszeitenanzeiger verwendet werden. Dass dies tatsächlich geschah, ist uns durch den griechischen Dichter Hesiod überliefert, der um 700 v. Chr. „Werke und Tage“ folgendes dichtete:

„Wenn das Gestirn der Plejaden, der Atlasstöchter, heraufsteigt,
Fanget die Ernte an; die Saat dann, wenn sie hinabgehn.
Sie sind vierzig Nächten und vierzig Tage zusammen
Nimmer gesehen; dann wieder im rollenden Laufe des Jahres
Treten sie vor zum Lichte, sobald man schärfet das Eisen.“

Homer beschreibt im 18. Gesang der Ilias, wie der Schmiedegott Hephaistos einen Schild für den Helden Achilleus schmiedet, der auch die Plejaden zeigt. Diese Verse lesen sich fast wie ein Herstellungsbericht der Himmelscheibe von Nebra:

„Zwanzig Bälge bliesen an Zahl zugleich in die Öfen,
Allerlei glutentfachenden Hauch dem Innern entstoßend,

Hier dem Emsigwirkenden gleich wie dort ihm zu dienen,
Je nachdem es Hephaistos befahl zur Vollendung des Werkes.
Unzerstörbares Erz und Zinn jetzt warf er ins Feuer,
Gold von köstlichem Wert und Silber, und setzte dann weiter
Fest auf den Block den mächtigen Amboß, ergriff mit der Rechten
Drauf den wuchtigen Hammer und nahm mit der Linken die Zange.
Erst nun formte der Meister den Schild, den großen und starken,
Ganz ihn verzierend, und legte darum einen schimmernden Reifen,
Dreifach und blank, verbunden mit silbernem Tragegehänge.
Schichten zählte man fünf an dem Schild, und oben auf diesem
Formte er zierliche Bilder viel mit erfindsamem Geiste;
Bildete oben darauf die Erde, das Meer und den Himmel,
ferner den vollen Mond und die unermüdliche Sonne,
Dann auch alle Sterne dazu, die den Himmel umkränzen,
Oben, das Siebengestirn, die Hyaden, die Kraft des Orion,
Und den Bären, den auch mit Namen den Wagen sie nennen,
Der auf der Stelle sich dreht und stets den Orion belauert,
doch als einziger Teil nicht hat an Okeanos' Bade.“ (H. Voss)

Auch zur Mondfinsternisvorhersage lassen sich die Plejaden in einer kuriosen Weise verwenden. Wenn der zunehmende Halbmond über die Plejaden läuft und diese verdeckt, was nur alle 18 – 19 Jahre erfolgt, kommt es beim nächsten Vollmond zwangsläufig zu einer Mondfinsternis. Vielleicht symbolisiert die Himmelscheibe von Nebra genau dieses bemerkenswerte und seltene Ereignis.

Bildunterschriften:

In der Bronzezeit markierten die Plejaden den Frühlingspunkt, d.h. jenen Ort am Himmel, vor dem die Sonne erstrahlt, wenn die Erde auf ihrer Bahn in der Position des Frühlingsanfangs steht.
Der Dichter Homer schuf um 700 v. Chr. mit der Ilias und der Odyssee die frühesten Werke der Weltliteratur.

Unterschiedliche Hesiod-Übersetzungen:

„Wenn das Gestirn der Plejaden, der Atlasstöchter, heraufsteigt,
Fanget die Ernte an; die Saat dann, wenn sie hinabgeht.
Sie sind vierzig Nächten und vierzig Tage zusammen
Nimmer gesehen; dann wieder im rollenden Laufe des Jahres
Treten sie vor zum Lichte, sobald man schärfet das Eisen.“ (E. Eyth)

Alternativ:

„Wenn das Gestirn der Plejaden, der Atlasstöchter, emporsteigt,
Dann beginne die Ernte, doch pflüge, wenn sie hinabgehen.
Vierzig Nächte und Tage hindurch sind diese verborgen,
Doch wenn im kreisenden Laufe des Jahres sie wieder erscheinen,
Dann beginne, die Sichel zur neuen Ernte zu wetzen.“ (Th. v. Scheffer)

16) Bruchhauser Steine

Im Umfeld der Bruchhauser Steine in Südwestfalen gibt es einige durch christliche Bildstöcke des 17. und 18. Jahrhunderts gekennzeichnete Orte, die auch heute noch archaische Sonnenbeobachtungen mit unübertrefflicher Präzision gestatten. Die markanten Vulkanfelsen werden dabei als ferne Peilmarken am Horizont verwendet. Ob diese Orte prähistorisch sind, entzieht sich einstweilen unserer Kenntnis, da archäologische Untersuchungen an diesen kalendarischen Stätten noch ausstehen.

Die Sommersonnenwende lässt sich vom Ort eines Bildstocks für den heiligen Antonius von Padua nach dem gleichen Prinzip beobachten, welches auch in Stonehenge verwirklicht ist - dem streifenden Vorbeizug der Sonne an einem Peilstein.

Der Sonnenaufgang nach der Walpurgisnacht ist in ähnlicher Weise vom Ort des Sankt Nikolaus-Bildstocks zu sehen. In den Folgejahren nach einem Schaltjahr liegt die Sonne nbahn am 1. Mai immer ein wenig tiefer als im Vorjahr, bis durch das Einfügen eines 366. Tages im Schaltjahr eine weiteres Absinken der Tagesbahn der Sonne verhindert wird.

Die Sonne läuft immer am Peilstein vorbei und am Ausmaß der Überdeckung stellt man fest, wann wieder eine Schaltung nötig ist. Bei gleißendem Sonnenschein beobachtet man dies gefahrlos mit einer Camera Obscura.

Nach der Einführung des Gregorianischen Kalenders im Jahr 1582, der das natürliche Sonnenjahr sehr genau annähert, sind solche Beobachtungen heute überflüssig geworden.

Bildunterschriften:

Der Feldstein, der höchstgelegene Vulkanfelsen der Bruchhauser Steine, ist die Peilmarke für die nördlichsten Sonnenaufgänge.

Der Bildstock des hl. Antonius von Padua.

Der Bildstock des hl. Nikolaus.

Sonne und Feldstein am 14. Juni 2001.

Sonne und Feldstein am 21. Juni 2002.

Sonne und Feldstein am 5. Juni 2002.

Karte mit den Orten der Bildstöcke und der vier Felsen auf dem Istenberg.

Sequenz der Sonnenbahnen am 1. Mai 2000 – 2004. Der 30. April 2004 wäre der 1. Mai, wenn es 2004 keinen Schalttag im Februar gäbe.

17) Literatur

Allgemein

Clive Ruggles: *Astronomy in Prehistoric Britain and Ireland*, Yale University Press, New Haven and London 1999

Astronomy before the Telescope, Ed. Christopher Walker, British Museum Press, London 1996

Edwin. C. Krupp: *Echoes of the Ancient Skies – The Astronomy of lost Civilizations*, Oxford University Press, New York Oxford 1994

Edwin. C. Krupp: *Skywatchers, Shamans & Kings – Astronomy and the Archaeology of Power*, John Wiley & Sons 1997

Edwin. C. Krupp (Hrsg): *Astronomen, Priester, Pyramiden*, Doubleday & Company, New York 1977

Hugh Thurston: *Early Astronomy*, Springer Verlag, New York 1994

G.S. Hawkins: *Astro-Archaeology, Vistas in Astronomy Vol. 10*, ed. by Arthur Beer, Pergamon Press, Oxford London New York 1968

Rolf Müller: *Der Himmel über dem Menschen der Steinzeit*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1970

Wolfhard Schlosser & Jan Cierny: *Sterne und Steine – Eine praktische Astronomie der Vorzeit*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1996

Volker Bialas: *Astronomie und Glaubensvorstellungen in der Megalithkultur – Zur Kritik der Archäoastronomie*, Bayerische Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Heft 166, Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kooperation bei der Beck'schen Verlagsbuchhandlung, München 1988

R. Manning: *Teaching megalithic Astronomy*, *Am. J. of Phys.*, Vol. 45, No. 2, Feb 1977, pp. 125

L. Winkler: *Astronomically Determined Dates and Alignments*, *Am. J. of Phys.* Vol 40, Jan 1972, pp. 126

D. C. Heggie: *Megalithic Science*; Thames & Hudson, London 1981

D. C. Heggie (Hrsg.): *Archäoastronomie in the Old World*; Cambridge University Press 1982

N. Lockyer: *Stonehenge and Other British Stone Monuments Astronomically Considered*, 1909

Thom: *Megalithic Sites in Britain*, Clarendon Press, Oxford 1967

Thom: *Megalithic Astronomy – Indications in Standing Stones*, *Vistas in Astronomy Vol. 7*, ed. by Arthur Beer, Pergamon Press, Oxford London New York

B.L. v. d. Waerden: *Erwachende Wissenschaft, Bd. 2 - Die Anfänge der Astronomie*; 2. Aufl., Birkhäuser Verlag, Basel Boston Stuttgart 1980

Diskussion um Megalithische Präzisionsastronomie

Thom: *Megalithic Lunar Observatories*, Clarendon Press, Oxford 1971

Thom: *The Lunar Observatories of Megalithic Man*, *Vistas in Astronomy Vol. 11*, ed. by Arthur Beer, Pergamon Press, Oxford London New York 1969

Heggie, Douglas C.: Megalithic Lunar Observatories: an Astronomer's View; *Antiquity* 46 (43–48) 1972
McCreery, Thomas: Megalithic Lunar Observatories – a Critique I; *Kronos* 5 (1), 47–63, 1979
McCreery, Thomas: Megalithic Lunar Observatories – a Critique II; *Kronos* 5 (2), 47–63, 1979

Stonehenge

C. Ruggles: Astronomy and Stonehenge; in *Science and Stonehenge*, B. Cunliffe & Colin Renfrew (Hrsg.), Oxford University Press, Oxford 1997, pp 203 - 229
D. Souden: *Stonehenge - Mysteries of the Stones and Landscape*; Collins & Brown & English Heritage, London 1997
J. North: *Stonehenge - Neolithic man and the Cosmos*; Harper Collins Publishers, London 1996
N. Lockyer: An Attempt to ascertain the date of the original Construction of Stonehenge from its Orientation, *Nature* 65 (1901), pp. 55
Fred Hoyle: *On Stonehenge*, W. H. Freeman and Company 1977
G.S. Hawkins: Stonehenge decoded, *Nature* 200 (1963), pp. 306
A.D. Beach: Stonehenge I and lunar dynamics, *Nature* 265 (1977), pp. 17
C.A. Newham: Stonehenge – A neolithic Observatory, *Nature* 211 (1966), pp. 456
C. A. Newham: *The Astronomical Significance of Stonehenge*; Coates & Parker, Warminster Wiltshire 1972
R.F. Brinckerhoff: Astronomically-oriented markings on Stonehenge, *Nature* 263 (1976), pp. 465
R.J.C. Atkinson: Interpreting Stonehenge, *Nature* 265 (1977), pp. 11
R.J.C. Atkinson: Decoder Misled?, *Nature* 210 (1966), p. 1302
R.J.C. Atkinson: *Stonehenge*, Hamish Hamilton, London 1956 bzw. Harmandsworth, England, Penguin Books 1979
R. Colton & R.L. Martin: Eclipse Prediction at Stonehenge, *Nature* 221 (1969), pp. 1011
J.H. Robinson: Sunrise and Moonrise at Stonehenge, *Nature* Vol. 255 (1970), pp. 1236
Fred Hoyle: Stonehenge – An Eclipse Predictor, *Nature* 211 (1966), pp. 454
G.S. Hawkins: Stonehenge – A neolithic Computer, *Nature* 202 (1964), pp. 1258
R. Colton & R.L. Martin: Eclipse Cycles and Eclipses at Stonehenge, *Nature* (1967), pp. 476
D.H. Sadler: Prediction of Eclipses, *Nature* (1966), pp. 1119
G.S. Hawkins: Stonehenge 56 Year Cycle, *Nature* 215 (1967)
M.W. Pitts: Stones, Pits and Stonehenge, *Nature* 290 (1981), 46-47

Newgrange

J. Patrick: Midwinter sunrise at Newgrange, *Nature* 249 (1974), pp. 517
T.P. Ray: The winter solstice phenomenon at Newgrange, Ireland: accident or design?, *Nature* 337 (1989), 343
J. D. Patrick: The astronomy and geometry of Irish passage grave cemeteries: a systematic approach; erschienen in: C. Ruggles (ed.), *Archaeoastronomy in the 1990s*, Group D Publications 1993, pp 198 - 216

Externsteine

W. Schlosser: Astronomische Auffälligkeiten an der Externsteinen; erschienen in R. Koneckis (Hrsg.), *Geheimnis Externstein*, topp+möller druck+ verlag, Detmold 1995, pp. 81 - 90
J. Hoops: *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde*, 2. Aufl., 8. Band, Walter de Gruyter, Berlin New York 1994, Stichwort Externsteine, §8 Himmelskunde, von W. Schlosser, pp 48 - 49

Callanish

G. S. Hawkins: Callanish, a Scottish Stonehenge; *Science*, Vol. 147 (1965), 127 - 147
M. R. Ponting & G. H. Ponting: Decoding the Callanish Complex - a Progress Report; erschienen in: D. C. Heggie (Hrsg.): *Archaeoastronomie in the Old World*; Cambridge University Press 1982, pp 191 - 203
M. Curtis & R. Curtis: Callanish: maximising the symbolic and dramatic potential of the landscape at the southern extreme Moon; erschienen in: C. Ruggles (ed.), *Archaeoastronomy in the 1990s*, Group D Publications 1993, pp 309 - 316

Steinkreise und Ausrichtung von Gräbern

Burl: Liegende Steinkreise: Zeugen eines alten Mondkultes; *Spektrum der Wissenschaft*, Februar 1982, 51 – 57
W. Schlosser, J. Cierny, B. Wiegel: *Astronomie vor Stonehenge*; *Sterne und Weltraum* 2/ 1989, pp 92 – 97
Michael Hoskin: *Tombs, Temples and their Orientations*; Ocarina Books, Bognor Regis Sussex 2001

Bruchhauser Steine

B. Steinrücken: Evidence for precise calendrical observations in the 17th Century at Bruchhauser Steine, Olsberg, Northrhine-Westfalia, Germany, *Astron. Nachr.* 323 (2002) 6, 581 - 582

Astronomie

- J. Meeus: *Astronomical Algorithms*; 2nd ed., William-Bell, Richmond Virginia 1998
R. M. Green: *Spherical Astronomy*; Cambridge University Press 1985
W. M. Smart: *Textbook on Spherical Astronomy*; 6th Ed., Cambridge University Press 1977
J. M. A. Danby: *Fundamentals in Celestial Mechanics*; 2nd Ed., Willmann-Bell, Richmond Virginia 1989
J. B. Mackie: *The Elements of Astronomy for Surveyors*; 8th Ed., Charles Griffin 1978
B. E. Schaefer: *Astronomy and the Limits of Vision*; *Vistas in Astronomy*, Vol. 36 (1993), 311 - 361
B. E. Schaefer: *Extinction Angles and Megaliths*; *Sky&Telescope*, April 1987, p 426
B. E. Schaefer: *Predicting Heliacal Risings and Settings*; *Sky&Telescope*, September 1985, p 261 -263
B. E. Schaefer & W. Liller: *Refraction near the Horizon*; *Proc. Astr. Soc. Pac.* 102, 1990, pp 796 – 805
Wittmann: *The Obliquity of the Ecliptic*, *Astron. Astrophys.* 73, 129-131 (1979)
D. Wittmann: *Astronomical refraction: formulas for all zenith distances*; *Astron. Nachr.* 318 (1997) 5, 305 - 312
Sternkoordinaten: *Hipparcos-Katalogdienst*; <http://astro.estec.esa.nl/Hipparcos/HIPcatalogueSearch.html>
J. H. Lieske et al.: *Expressions for the Precession Quantities based upon the IAU (1976) System of Astronomical Constants*; *Astron. Astrophys.* 58,1-16 (1977)
J. L.Simon et al.: *Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the Planets*; *Astron. Astrophys.* 282, 663-683 (1994)

Zeitschriften

- Journal for the History of Astronomy (JHA)*
Archaeoastronomy (Beilage zum JHA)