

Frühe astro-geodätische Messgeräte. Teil II : das Mondhorn vom Alpenquai in Zürich

Autor(en): **Kerner, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatrica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **102 (2004)**

Heft 2

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236111>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Frühe astro-geodätische Messgeräte (II)

Das Mondhorn vom Alpenquai in Zürich

In «Geomatik Schweiz» 1/2004 wurden die urgeschichtlichen Messgeräte vorgestellt. Im folgenden Beitrag wird auf die Mondhörner und deren astro-geodätischen Anwendungen eingegangen.

Dans «Géomatique Suisse» 1/2004 des instruments de mesure datant d'avant notre ère ont été présentés. Dans l'article suivant on parlera des points de mire et des applications astrogéodésiques en découplant.

Su «Geomatica Svizzera» 1/2004 sono stati presentati degli strumenti di misura preistorici. L'articolo seguente parla dei punti di mira e delle loro applicazioni astrogedésiche.

M. Kerner

In der Ufersiedlung Alpenquai in Zürich hat man 1916/18 ein Mondhorn (Abb. 1) und das Fragment eines zweiten ausgegraben. Die der Mondsichel ähnliche Form gab ihm den Namen. Es wird in die mittlere bis späte Bronzezeit datiert. Eine Mondsichel von ca. 22 cm Spannweite, aus Keramik geformt, steht auf einem runden Fuss von ca. 10 cm Durchmesser, ähnlich dem Gehörn eines Stieres. Da man eine praktische Verwendung nicht erkennen konnte, hat man es als Kultgerät eingestuft. Es ist mit einem geometrischen Muster und tief eingestochenen Löchern dekoriert. Erst 1985 hat es W. Brunner [5] als Mondkalender astronomisch entschlüsselt. Es handelt sich nach seiner Auslegung um einen Steckkalender, dessen Datumsmarken mit Holzstäbchen in die vorhandenen Löcher der Skala eingesteckt werden. Aus Milet und Athen sind marmorne Steckkalender überliefert mit den entsprechenden Beschreibungen, etwa aus der Zeit um –500 C. Sie werden Parapegma genannt.

Die Erstellung eines – lunisolaren – Kalenders war die vordringliche Aufgabe der frühen Priester-Astronomen im letzten vorchristlichen Jahrtausend. Zur Messung des tropischen Jahres wurden die Azimute der Sonnenaufgänge zwischen den Solstitien gewählt. Demzufolge eine Mes-



Abb. 1: Mondhorn vom Alpenquai Zürich. Schweizerisches Landesmuseum, Zürich, Inv. Nr. 26299. Spannweite ca. 22 cm.

Das Schema soll das Mondhorn als astronomisches Instrument darstellen. Die Zeichnung ist nicht massstäblich und nicht räumlich dargestellt. Das Mondhorn und der Messfaden sind untereinander fest verbunden zu einer transportablen Einheit. Diese wird am Morgen so aufgestellt und ausgerichtet, dass sich die Ziellinie Auge – Messfaden – die Mitte des Horns – Sonnenmitte im Aufgang in der Visierlinie befinden. Bei der Beobachtung des Sonnenaufganges ist die Benutzung einer Lochblende zwischen Auge und Messfaden notwendig.

Der Fundort Zürich-Alpenquai liegt so, dass die Sonne zur Wintersonnenwende auf der geographischen Längsachse des Sees aufgeht, woraus man auf den gleichen Fund- und Aufstellungsort schliessen kann.

Am Abend wird mit dem diesermassen ausgerichteten Instrument der Mondaufgang anvisiert, ohne dass das Instrument dabei verrückt wird. Auf der Skala der Sichel kann man nunmehr die relative Mondposition zur Sonne (innerhalb eines siderischen Mondumlaufes und des 18,6-jährigen Mondknoten-Zyklus) ablesen. Gleichzeitig kann mit dieser Messmethode bei Vollmond eine kurzfristige Mondfinsternis-Vorhersage erstellt werden.

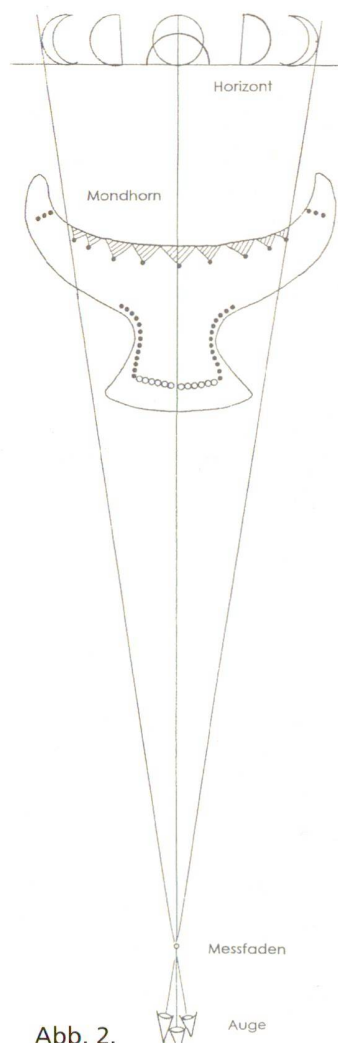


Abb. 2.

sung des absoluten Winkels gegenüber Nord. Diese Messung wird im letzten Kapitel geschildert. Der Mond hingegen wird als allseits sichtbares Kalenderblatt einbezogen und sein Umlauf wird durch Einfügen von Schaltmonaten epochenweise dem tropischen Jahreslauf angepasst.

Die Mondbahn ist gegenüber der Ekliptik um $5^{\circ}15'$ geneigt. Den Schnittpunkt der Mondbahnebene mit der Ekliptik, der Ebene der scheinbaren Sonnenbahn, nennt man Mondbahnknoten. Dieser bewegt sich rückläufig um $1^{\circ}44'$ pro drakonischen Monat und in 18,6 Jahren um 360° . Diese Umlaufzeit des Mondknotens auf der Ekliptik entspricht der Schwebungsfrequenz des drakonischen mit dem tropischen Monat

249,78345 drakonische Lunationen und 248,78328 tropische Lunationen entsprechen 18,61 tropischen Jahren.

Die maximale und minimale Kulminationshöhe des Mondes sind das sichtbare Zeichen der grossen Mondwenden. So erreicht der Mond auf einer geographischen Breite von $47^{\circ}5'$ (Zürich) eine maximale Höhe von $71^{\circ}1'$ und minimal $13^{\circ}9'$ in seinen Kulminationspunkten.

Gemessen wird die relative Lage des Mondes zur Sonne. Jede Messung beginnt mit der Ausrichtung der Instrumentenmitte auf den Sonnenaufgang. Die ermittelte Mondposition ist immer auf den Stand der Sonne bezogen. Demzufolge muss die Skala des Horns eine Sonnenjahresteilung haben als grobe Orientierung, die gleichzeitig zur Ablesung der Mondposition genutzt wird. Der Nullpunkt der Mondhornskala ist auf das augenblickliche Azimut der Sonne eingestellt. Bei Mondaufgang hat man dessen Azimut relativ zu dem der Sonne gemessen, wobei man den durch die tägliche Drehung der Erde verursachten mittleren Fehler von ca. einem halben Monddurchmesser als konstante Grösse in Kauf genommen hat. Er misst also die azimutale Differenz zwischen Sonnen- und Mondaufgang und damit den siderischen Umlauf. Wiederholt er diese Messung zur Zeit der grossen Mondwende täglich, so wandert der Mond während einer Lunation

quer über die ganze Skala seines Instrumentes und zurück. Beim Durchgang durch den Nullpunkt schneidet die Mondbahn die Ekliptik. Erfolgt diese Passage in der Phase des Vollmondes, so steht eine Mondfinsternis bevor, wenn der Mond beim Auf- und die Sonne beim Untergang gleiche Höhe haben.

Mit dem einfachen Mondhorn haben die frühen Astronomen durch die Vermessung des Mondes:

- die Lage des Mondknotens und damit den drakonischen Monat bestimmen
- den Durchgang des Mondknotens durch die Frühlings- und Herbstpunkte als Schnittpunkte mit dem Himmels-

äquator und dadurch die Periodizität der Mondwenden ermitteln können.

Dies sind nur schwer vorstellbare theoretische Grössen der Himmelsmechanik, die andererseits Zeugnis geben von der Intensität, mit der sie, wie in diesem Fall die Mondbewegung, erforscht haben. Über die intellektuelle Verarbeitung dieser Ergebnisse legen das Bronze-Parapegma von Coligny als Penteteris, die Triëteris und Oktaëteris auf den keltischen Münzen symbolisch dargestellt, Zeugnis ab.

Die Skala des Mondhorns SLM # 26299 trägt ca. 50 Teilstriche. Der Messbereich beträgt $\Delta A = 17^{\circ}44' = 1046'$. Das entspricht $21'$ pro Teilstrich, etwa $1/3^{\circ}$. Dem-

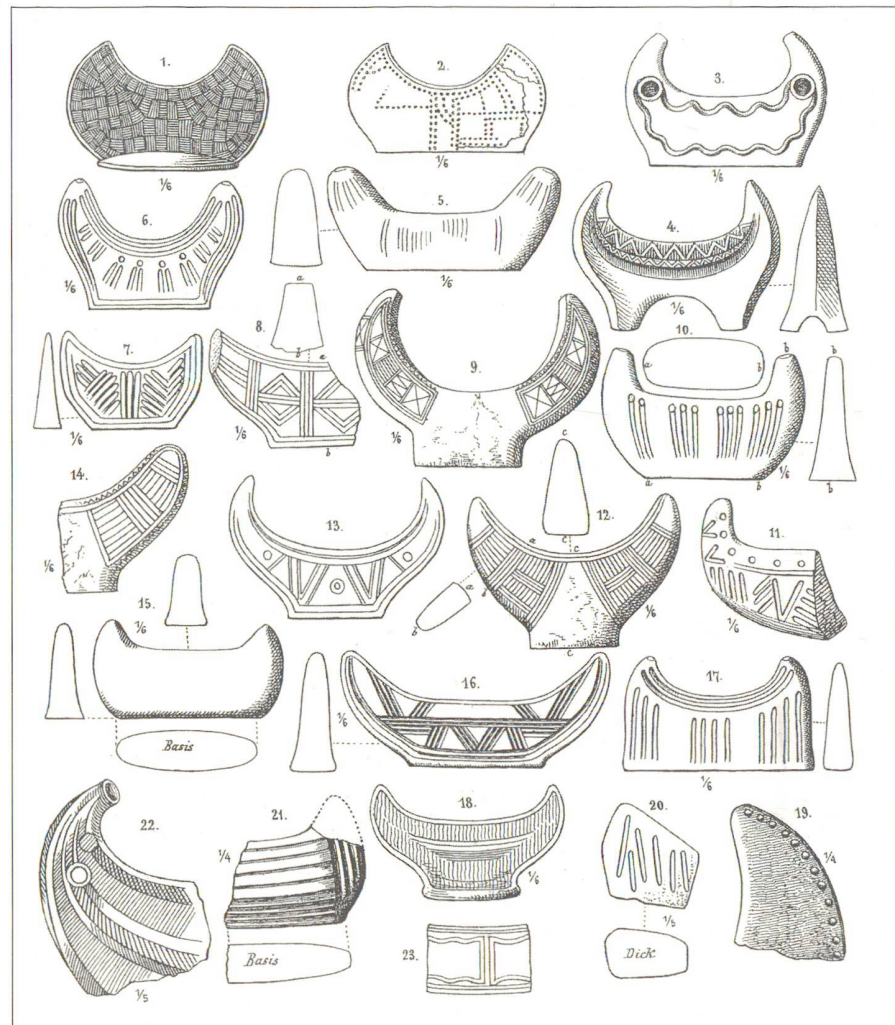


Abb. 3: Mondhörner aus verschiedenen Ausgrabungsorten, vorzugsweise Pfahlbausiedlungen. F. Keller, 7. Pfahlbaubericht, Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich 19, 1876, Heft 3, Taf. XX: «Sog. Mondbilder aus verschiedenen Pfahlbaustationen». 1–8, 10–13, 15–23 Ton, meist aus Mörigen BE; 9 und 14 Sandstein, aus Andelfingen ZH, Ebersberg.

gegenüber ist das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges für den geübten Beobachter 2', also 10 x besser, eine Relation, die die Verwendung des Mondhorns als Messinstrument ermöglicht.

Mit dieser Messmethode kann die Position des Mondes jedem beliebigen Azimut der Sonne zugeordnet werden. Die viertägige Änderung des Sonnen-Azimuthes pro Jahr wird dabei kompensiert. Dies ist wichtig für die kurzfristige Voraussage der Eklipsen und besonders der allgemein beobachtbaren Mondeklipsen. Diese treten bei Vollmond auf, wenn sich die Sonne beim Untergehen mit dem aufgehenden Mond innerhalb einer kleinen Winkeltoleranz in Opposition gegenüberstehen. Die Grösse dieser Toleranz ist wohl eine Erfahrung der pragmatischen frühen Astronomen, die sie jedoch auf der Skala des Mondhorns messen und ablesen konnten. Die Sonneneklipsen treten in der Konjunktion des Mondes auf, sind aber nur in geographisch begrenzten Zonen auf der Erde zu beobachten.

Der langperiodischen Vorhersage der Eklipsen liegt der ägyptische Saros-Zyklus von 18 Jahren und zehn bzw. elf Tagen zugrunde. Innerhalb dieser Periode wiederholen sich alle Eklipsen und nach drei Zyklen etwa am gleichen Ort. Sie entspricht der Schwebungsfrequenz aus den Grundfrequenzen:

223 synodische Lunationen von 29^d5306 entsprechen 6585,32 Tagen

242 drakonische Lunationen von 27^d2122 entsprechen 6585,36 Tagen.

Auch für diese Erkenntnis ist eine über 18-jährige Beobachtungszeit erforderlich. Da allein die Voraussage einer Eklipse in der astrologischen Auslegung mit einem Orakel gekoppelt ist, war sie von grosser Bedeutung.

Mit einem stationär fest installierten Instrument könnte man hingegen den Verlauf der Sonnenaufgänge und -untergänge von einem Jahr zum anderen messen und danach die Schaltjahre bestimmen. Dabei müssen die frühen Astronomen eine überregionale Vereinbarung getroffen haben, in welchem Jahr dieser Schalttag eingesetzt wird, damit der Kalenderzyklus synchron verläuft und die

Feste am gleichen Tag begangen werden können. Auch für die Ermittlung der mittleren Position der Äquinoktien ist diese Methode von Vorteil, da sich in dieser Konstellation die Sonnen-Azimute am stärksten ändern.

Mit diesem Instrument kann der bestgeeignete Startpunkt für einen lunisolaren Kalender ermittelt werden, wie ihn z.B. das Bronze-Parapegma von Coligny darstellt. Die Datierungen dieses Kalenders und die der Mondhörner vom Zürichsee fallen in die gleiche Epoche, so dass eine Verbindung zwischen Zürich und Bourgen-Bresse offensichtlich ist.

Fest verbunden mit dem Mondhorn muss ein Messfaden sein, mit dem man über das Horn hinweg den Aufgang der Gestirne anvisieren kann, zweckmässigerweise ein Lot. Die Distanz des Messfadens zur Skala des Horns errechnet sich aus der Länge der Skala von 15,5 cm und dem Beobachtungswinkel im Azimut für die geographische Breite von $\varphi = 47^\circ 5'$ für Zürich. Dieser beträgt für die Deklination von $2 \times (\delta = 5^\circ 15')$: $\Delta A = 17^\circ 44'$. So ergeben sich 50,5 cm für den Abstand des Fadens von der Sichel. Dieser Messfadenabstand ist nur gültig für die relative Mondbeobachtung. Durch seine Änderung kann der Beobachtungsbereich anderen Aufgaben angepasst werden.

Die Stecklöcher am Fuss des Mondhorns dienten wohl zur Speicherung der Messdaten, insbesondere der Zeitachse und verweisen mit 2 x 13 vertikalen und 13 horizontalen Löchern auf die Verwendung des drakonischen Mondzyklus als Beobachtungsgrundlage:

2 x 13 vertikal + 1 horizontal = 1 Mondumlauf : 13 Umläufe (horizontal), entsprechend einem Kalenderjahr von 364 Tagen.

Das wiederum ist die Ausgangsposition für unseren heutigen Kalender mit der siebentägigen Woche, wie er im Alten Testament festgelegt wurde [2].

Das Mondhorn vom Alpenquai in Zürich ist damit wohl das erste bekannte und transportable astro-geodätische Messinstrument mit integriertem (digitalem) Messdaten-Speicher.

Mondhorn und Münzen

Bei allen archäologischen Ausgrabungen wurde kein Mondhorn in situ, seiner Gebrauchsstellung, gefunden, aus der man seinen Verwendungszweck augenfällig hätte ableiten können. Auf der Suche nach einem solchen Beweis ergab sich dieser durch den Vergleich des Mondhorns SLM # 26297 mit dem Goldstater SLM # 1077. Das auffälligste Merkmal war der Verbindungsbogen zwischen den beiden aussen liegenden Löchern bzw. Halbkugeln auf der Münze. Die Symbolik auf dem Mondhorn ist identisch mit der der Münze. Die unsichtbare Verbindung zwischen beiden Objekten ist der Bronzekalender von Coligny. Dieser lunisolare

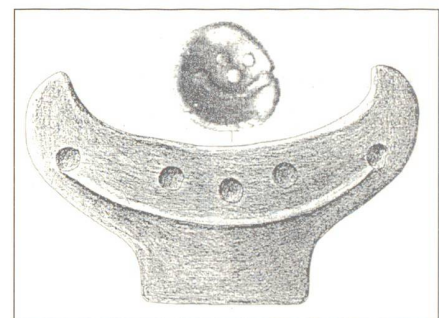


Abb. 4: a) Goldstater SLM # 1077, b) Mondhorn SLM # 26297. © und Zeichnung Ch. Fankhauser [7].

Triëteris:	3 Jahre	☾	37 Lunationen		$\Delta + 3^d14$
Penteteris:	5 Jahre	☾	62 Lunationen		$\Delta - 4^d62$
Oktaëteris:	8 Jahre	☾	99 Lunationen	seit -527 C.	$\Delta - 1^d47$
Meton:	19 Jahre	☾	235 Lunationen	seit -499 C.	$\Delta + 0^d2$
	33 Jahre	☾	34 Mondjahre	☾ 408 Lunationen	$\Delta + 5^d$

Die Symbolik der ersten drei Kalenderperioden finden sich wieder auf den Münzen in den Abbildungen 5–10.

Kalender vereinigt fünf tropische Jahre mit 62 synodischen Lunationen zu einem Zyklus zu einem «ewigen Kalender». Die 62 Lunationen entsprechen fünf synodischen Mondjahren zu je zwölf Lunationen plus zwei Schaltmonaten, respektive zwei Mondjahren zu 13 Lunationen. Mondhorn und Münze versinnbildlichen mit drei Punkten die zwölfmonatigen Jahre und mit zwei Punkten die 13-monatigen. Diese sind durch den Bogen verbunden, der anzeigt, dass sie gleichwertig sind. Es

Dieser Goldstater (Castelin, Nr. 1134) [8] zeigt im unteren Teil ein Mondhorn vor der aufgehenden Sonne, an dessen Spitzen sich zwei Kugeln befinden, die wohl die Extremstellung des Mondes darstellen sollen. In der Mitte ist ein Keil zu sehen, der als Blende zur Abdeckung der Sonne angesehen werden kann und wahrscheinlich in der Höhe verstellbar ist, so dass man bei Sonnenaufgang ihn so einstellen kann, dass immer nur eine sehr kleine Fläche der Sonne symmetrisch übersteht. Die parallelen Linien beidseits der Keilkanten stellen möglicherweise den dabei auftretenden Beugungseffekt dar.

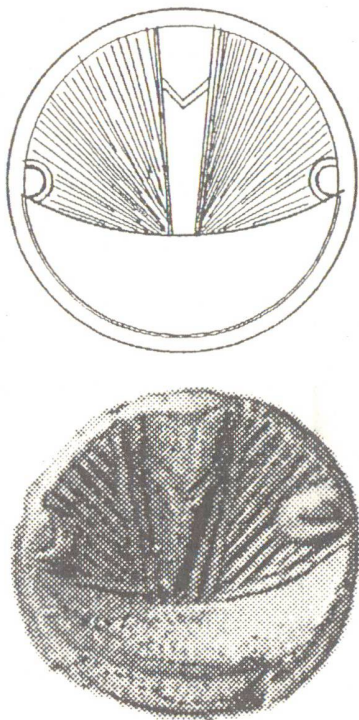


Abb. 5.

ist ein mathematischer Operator, wie er in Sinn und Form noch heute in der Mengenlehre gebraucht wird und seit dem dritten vorchristlichen Jahrtausend in den Pyramidentexten [6] nachweisbar ist, zur

Darstellung einer (zehntägigen) Woche des ägyptischen Sternkalenders. Um den Jahreslauf mit den synodischen Phasen des Mondes und seiner Funktion als tägliches Kalenderblatt zu koordinie-

Abb. 6:

Eine im Oppidum Uetliberg-Kulm bei Zürich hergestellte Potinmünze (Gäumann 2000; Zeichnung dieses Typs nach A. Blanchet, *Traité des monnaies gauloises*, Paris 1905, 470, fig. 531) der Helvetier zeigt eine geometrische Figur mit vier symmetrisch angeordneten Bögen an einer Geraden und einer einzelnen Kugel dazwischen. Zwei Bögen verbinden jeweils drei Kugeln zu einer Triëteris, entsprechend drei Jahren zu zwölf Mondmonaten und einer Kugel als Schaltmonat dazwischen. Die Gerade koppelt die beiden dreijährigen Perioden zu einem ewigen Kalender.

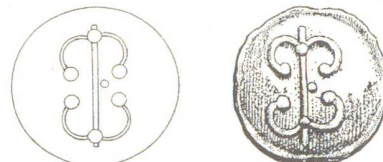


Abb. 6.

Abb. 7:

Dieser Goldstater (Castelin, Nr. 1077) stellt die fünfjährige Kalenderperiode von Coligny dar mit drei Jahren zu zwölf und zwei zu 13 Mondmonaten, die durch einen mathematischen Operator, der die Gleichheit markiert, verbunden sind.

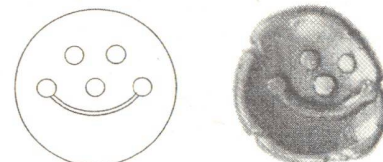


Abb. 7.

Abb. 8:

Auf dieser Münze (Castelin, Nr. 1087) wird der Bronzekalender von Coligny als ewiger Kalender dargestellt, entsprechend der Aneinanderreihung der 1838-tägigen Bronzeplatten. Drei Kugeln, die die Schaltjahre bezeichnen, sind durch zwei kleine Bögen verbunden und ein grosser umschliesst die drei Grundjahre, die man sich jeweils zwischen den Schaltjahren eingeschoben vorstellen muss. Die Bögen sind als mathematische Operatoren zu betrachten.

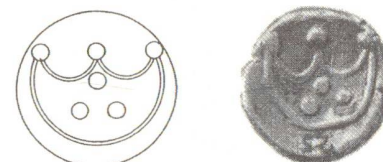


Abb. 8.

Abb. 9:

Dieses Münzbild (Bernisches Historisches Museum, Bern, G 2745) zeigt die fünf tropischen Jahre des Kalenders von Coligny und die zwei Schaltmonate, die durch den Operatorbogen verbunden sind.

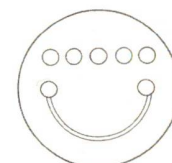


Abb. 9.

Abb. 10:

Die Oktaëteris wird auf diesem Münzbild (Bibliothèque Nationale Paris, 8897) als achtstrahlige aufgehende Sonne dargestellt und darunter die drei Schaltmonate für die Mondjahre.

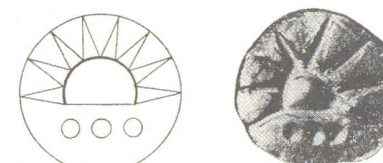


Abb. 10.

ren, entwarf man den lunisolaren Kalender durch Einfügen von Schaltmonaten. Dabei ergaben sich verschiedene Möglichkeiten mit unterschiedlichen Genauigkeiten.

Mondhörner mit Fusschale von Sopron-Varhély

Bei den Ausgrabungen von 1890–92 in Sopron wurden zwei Fusschalen und zwei dazu gehörige Mondhörner im Grab 27 gefunden. Schalen und Hörner sind aussergewöhnlich. Beide Schalen, eine grössere und eine kleinere, tragen auf dem Rand in abwechselnder Folge Vogelprotome und Miniaturpoller.

Die kleine Kalenderberg-Schale Inv. Nr. 35.455 (Abb. 11) hat ausserdem Füsse auf der Unterseite, die aber nicht bis auf den Boden reichen, was für Keramikschalen dieser Art ungewöhnlich ist. Diese Füsse sind gezahnt wie der Bart eines Schlüssels, was darauf schliessen lässt, die Schale unverwechselbar in eine Halterung

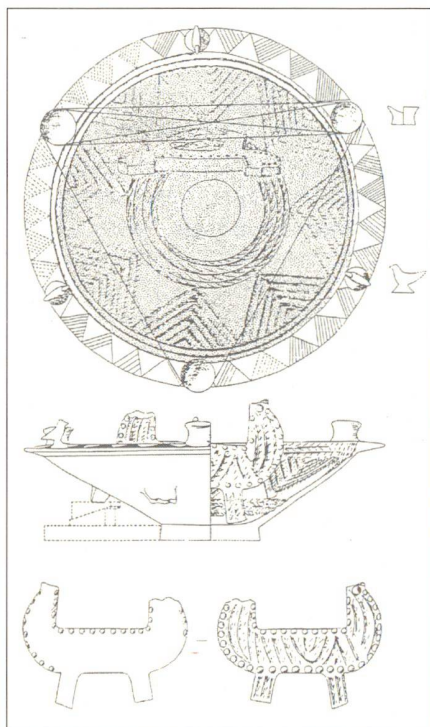


Abb. 11: Sopron-Várhely, Kalenderberg-Fusschale, Inv. Nr. 35.455 mit Mondhorn aus dem Grab 27. © [9] S. 236, Tafel 27.

einzusetzen. Der runde Schalenboden würde eine Zentrierung in der Halterung gewährleisten. Diese kann als Justiervorrichtung gedeutet werden, mit der man durch Unterlegen von je einem hölzernen Keilpaar die Höhe der Schale so einstellen kann, dass eine Wasserfüllung in der Schale in der ganzen Ebene horizontal und zum Sattel des Mondhorns bündig ist. Der Rand des Wasserspiegels wird im nicht horizontalen Zustand exzentrisch zu den drei konzentrischen Kreisen auf der Innenseite am oberen Rand der Schale verlaufen. Dieser Zustand ist in der Abb. 11 durch ein aufgelegtes Punktraster angedeutet. Die Schiefe der Schale gegenüber dem Wasserspiegel kann man messen, wenn man die Schnäbel der Vogelprotome als Index benutzt und über den Wasserrand auf die konzentrischen Ringe visiert. Die relativen Abweichungen an den drei Messstellen entsprechen der Justieranweisung für die Horizontierung. Die Schale wäre damit ein in der Ebene horizontierbarer Unterteil zur Aufstellung des Mondhorns, eine so genannte Dosenlibelle. Das Mondhorn hat vier einzelne Beine, die einseitig abgeschrägt und so der Neigung der Innenwand der Schale angepasst sind. Vier in den Boden der Schale eingetiefte konzentrische Ringe geben den Füßen des Mondhorns die

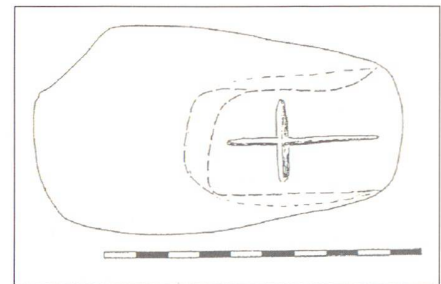


Abb. 12: Fragment eines Sandsteinhorns mit ziselierter Kreuzmarke. © und Zeichnung Charlotte Fankhauser [7].

notwendige Führung, damit es in der Schale gedreht werden kann. Zum Positionieren des Mondhorns oder zur Messung seiner relativen Lage in der Schale wurden wahrscheinlich Messfäden über die auf dem Rand angebrachten Miniaturpoller und/oder das Mondhorn gespannt und auf der aus Dreiecken bestehenden Kreisteilung auf dem Rand abgelesen. Die Füsse der Vogelprotome könnten dabei ebenfalls die Aufgabe eines Pollers für den Messfaden übernommen haben. Die leider abgebrochenen Spitzen des Mondhorns könnten Mittel zur Führung des Messfadens beinhaltet haben. Der genaue Verlauf der Fadennessung sowie eine Analyse der Kreisteilung auf dem Rand und der oktogonalen

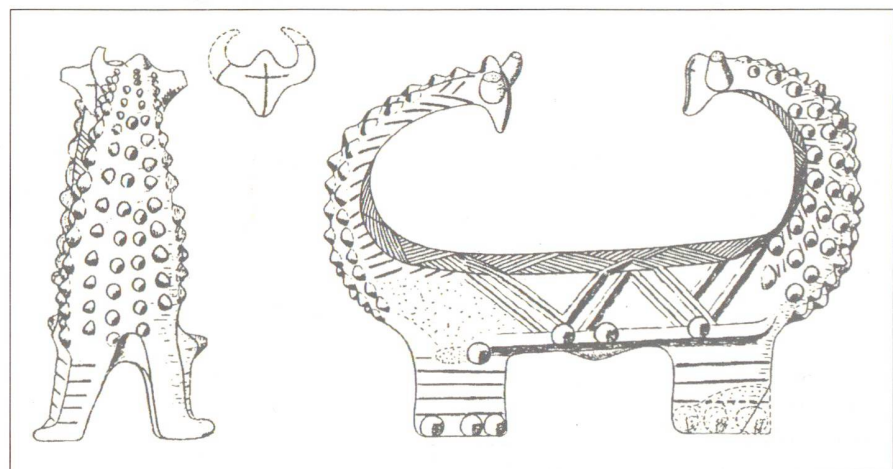


Abb. 13: Mondhorn mit gehörnten Tierköpfen aus dem Tumulus 2 der Ausgrabung Warlichberg (Karlshöhe) von 1890, Inv. Nr. 17.218. © [9, S. 317, Tafel 108]. Die Hörner als Kimme, der Schädelhocker mit dem Fadenkreuz bilden das Quersvisier zur Positionierung des Instrumentes. Die Noppen auf der Aussenseite der Hörner könnten zur Halterung der Messfäden sein.

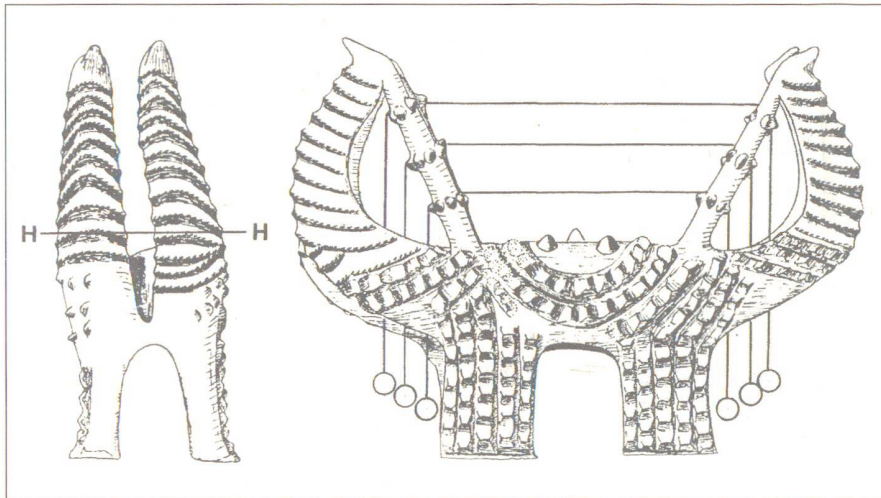


Abb. 14: Mondhorn mit gespaltenen Hörnern und schrägen Stützen für gestuften Horizont Inv. Nr. 35.474 © [9, Tafel 25].

Teilung auf der Innenwand als Thema wäre eine separate Studie wert.

Zur bildhaften Darstellung eines möglichen Messfadenverlaufes wurde eine dreifache Spannung in die Originalzeichnung eingetragen, wobei auf einer Seite des Dreiecks die vier Möglichkeiten der Fadenführung angedeutet, ohne dass die Vogelprotome mit einbezogen wurden. In der Schnittzeichnung der Abb. 11 kann man das in der Schale aufgestellte Mondhorn und seine Höhenlage erkennen, dessen Sattel mit dem Schalenrand (Flüssigkeitsniveau) übereinstimmt. Durch Überzeichnung sind die Beine ergänzt und ein Keilpaar eingezeichnet worden, mit denen die Schale horizontalisiert werden kann. Eine weitere Möglichkeit ergibt sich beim Spannen eines Messfadens durch den Spalt zwischen den Hörnern der Abb. 13 und 14, der wohl dafür vorgesehen ist. Dabei ist ausserdem das Spannen eines angehobenen Horizontes möglich, wenn die Noppenkränze der Streben als Mass für die Höhe genutzt werden, da die gespaltenen Hornspitzen keine direkte Auflage zulassen.

Das gespaltene Mondhorn kann als die ausgereifteste Stufe einer Entwicklung dieses frühen Vermessungsinstrumentes betrachtet werden.

Die Erfindung des Mondhorns ist der Übergang von den grossen Steinsetzungen des Megalithikums zum transportab-

len Messinstrument. Dieses bedingt jedoch eine reproduzierbare Aufstellung zur Beobachtung astronomischer als auch topographischer Ziele.

Auf einem Mondhorn aus Sandstein (Abb. 12) hat Charlotte Fankhauser [7, Abb. 302] eine Gravierung festgestellt, die darauf schliessen lässt, dass es eine Markierung zur Aufstellung ist. Diese Hörner haben einseitig eine doppelte Hornspitze als Kimme zum Korn der gegenüber liegenden Spitze als Visiereinrichtung in der Querachse. Diese Visiereinrichtung kann in beiden Richtungen verwendet werden. Zur Wiederaufstellung des In-

strumentes ist es notwendig, dass bei der Erstaufstellung zwei Marken in der Querachse gesetzt wurden, die nunmehr erneut anvisiert werden, wobei das Instrument so lange verschoben wird, bis es in der Basisposition der Achse steht. Eine achsiale Justierung auf den Zielpunkt bringt es dann in die gewünschte Position.

Die 1890 in Ödenburg-Sopron gefundenen Mondhörner verfügen über eine sehr augenfällige Fluchtungseinrichtung in der Querachse. Die Hornspitzen sind als gehörnte Tierköpfe ausgebildet (Abb. 13 und 14), so dass man noch ein sekundäres Mondhorn auf dem Horn in senkrechter Richtung erkennen kann.

Geometrische Analyse des Mondhorns und der 16-monatige megalithische Kalender

Das Mondhorn SLM # 26299 ist nachfolgend photographisch abgebildet (Abb. 15). Es sei vorab bemerkt, dass das rechte Horn ergänzt wurde und somit die Löcher sieben bis neun nicht original sind. Die Stecklöcher des Mondhorns wurden von einer im Massstab 1:1 angefertigten Photographie auf Transparentpapier durchgestochen und von 1 bis 9 bezeich-

Skalenpunkte	a mm	α (96,55 mm)	Skalen-Azimet A_s	Kalender-Azimet -1000 C; $\varphi = 47^\circ 5'$		
				A_1	A_2	ΔA
1	-75	-37°84	52°16	52°16	52°16	0° per Definition
2	-65	-33°95	56°05	55°72	54°83	-0°33
3	-48	-26°43	63°57	64°23	63°00	0°
4	-26	-15°07	74°93	75°80	74°77	0°
5 a	- 4	- 2°37	87°63	88°77	87°68	+0°05
5	0	0°	90°	90°	90°	
6	+21	+12°27	102°27	100°83	101°98	+0°29
7	-	-	-	112°77	113°80	-
8	-	-	-	121°98	122°42	-
9	-	-	-	125°57	125°57	-

Tabelle zur geometrischen Analyse des Mondhorns SLM # 26299.

Sonnenaufgang im Jahresverlauf 1000 v.Chr. für Nord-Schweiz.

Ort: Alle Orte mit geogr. Breite 47.5 Grad: Nord-Schweiz: Basel, ca. Bern, ca. Zürich

Gesucht: Azimute (von Nord Richtung Ost) zu Sonnenaufgängen (üb. math. Horizont, inkl. Refraktion): oberer Sonnenrand wird sichtbar.

Epoche: Jahr 1000 v.Chr. (= astronom. Jahr -999)

«Monate»: je bei Beginn der 16 keltischen Monate: 13 Mon. mit 23 Tagen, 3 Mon. mit 22 Tagen im Herbst, ergibt 365 Tage. Anfang: Tag 1 = 1. Tag nach Frühlingsäquinoktium: Deklination wird positiv.

Zeit: Aufgangszeiten in MOZ: Mittl. Ortszeit: Stand der «mittleren» Sonne. Gilt für alle Orte mit gleicher Breite.

Nr. Mon.	Anz. Tg.	TgNr. 1. d. Mon.	1000 vC Jul.Kal./ greg. Kal	Jul.Tag JD 1356000	Rekt. h m	Dekl. ° ' "	Zeit Aufg. h m	Azi Aufg. Gr.dez.	Jahres-zeit	2001 nC Greg. Kal Heute
I	23	1	31.Mär/22.Mär	+263	00 02	+00 13	06 01	88.77	Frühling	21.Mär
II	23	24	23.Apr/14.Apr	286	01 23	+08 55	05 13	75.80		13.Apr
III	23	47	16.Mai/7.Mai	309	02 48	+16 26	04 31	64.23		6.Mai
IV	23	70	8.Jun/30.Mai	332	04 18	+21 42	04 02	55.72		29.Mai
V	23	93	1.Jul/22.Jun	355	05 53	+23 48	03 54	52.16	Sommer	21.Juni
VI	23	116	24.Jul/15.Jul	378	07 29	+22 14	04 09	54.83		14.Juli
VII	23	139	16.Aug/7.Aug	401	09 02	+17 13	04 38	63.00		6.Aug
VIII	22	162	8.Sep/30.Aug	424	10 30	+09 36	05 13	74.77		29.Aug
IX	22	184	30.Sep/21.Sep	446	11 51	+00 57	05 46	87.68	Herbst	20.Sep
X	22	206	22.Okt/13.Okt	468	13 13	-07 55	06 20	100.83		12.Okt
XI	23	228	13.Nov/4.Nov	490	14 39	-15 48	06 56	112.77		3.Nov
XII	23	251	6.Dez/27.Nov	513	16 16	-21 38	07 32	121.98		26.Nov
XIII	23	274	29.Dez/20.Dez	536	17 57	-23 49	07 55	125.57	Winter	19.Dez
XIV	23	297	21.Jan/12.Jan	559	19 38	-21 54	07 54	122.42		11.Jan
XV	23	320	13.Feb/4.Feb	582	21 12	-16 27	07 29	113.80		3.Feb
XVI	23	343	8.Mär/27.Feb	605	22 39	-08 41	06 49	101.98		26.Feb
I	23	366=	31.Mär/22.Mär 999vC	628	00 01	+00 07	06 02	88.90	Frühling	21.Mär 2002nC

Datumsangaben: Massgebend (für die Berechnung) ist der Julianische Kalender, der damals (1000 v.Chr.) neun Tage vorausging gegen den rückwärts verlängerten heutigen Gregorianischen Kalender. Entsprechende Daten heute, 2001/2002 (Greg. Kal.) bei gleicher Tageszählung siehe Kol. ganz rechts.

Tageszählung: Beginn im Frühling: 1. Tag nach dem astronomischen Frühlingsbeginn: Sonne über Frühlingspunkt: Rektaszension und Deklination werden positiv (damals am 31. März julianisch / 22. März gregorianisch, heute ca. 21. März 2001/2002).

Julianisches Datum/Tagesnummer (JD): Fortlaufende Tageszählung (mit Bruchteilen, hier gerundet auf Mittag), gezählt ab 1. Jan. 4713 v.Chr. 12 h UT: JD = 0, 24 h: JD = 0.5, nächster Mittag: JD = 1.0, etc.

Sonnenaufgang: Berechnung wie heute üblich: Moment, da der obere Sonnenrand am mathematischen Horizont sichtbar wird. Der Höhenwinkel h_v zum Sonnenzentrum ist dann -0.833 Grad. Dieser Wert ergibt sich aus: Math. Horizont: 0 Grad – Sonnenradius (16 Min) – mittl. Refraktion (34 Min) = 50 Min. = -0.833 Grad.

Azimute zum Sonnenaufgang: Das Azimut A (von geogr. Nord) zur Sonne folgt aus: $\cos A = \sin \delta / \cos \phi - \tan \phi * \sin h_v$, wobei δ = Deklination der Sonne, ϕ = geogr. Breite des Ortes, h_v = Höhenwinkel zum Objekt (Sonnenmitte). Das Azimut ist somit nur von der geogr. Breite des Ortes, von der Deklination der Sonne (Jahreszeit) und vom gewählten Höhenwinkel abhängig. Für eine Breite von 47° wären die Azimute leicht – max. $1/3$ Grad – grösser/südlicher. Für den Höhenwinkel $h_v = 0^\circ$, d.h. Sonnenmitte am math. Horizont, keine Refraktion, wären die Azimute ca. 1 Grad grösser (südlicher) und der Sonnenaufgang ca. fünf Minuten später. Berechnet mit engl. Astronomie-Programm Skymap Pro 7 (kontrolliert mit amerik. Progr. Cybersky 3.3). 28.06.2002 / 5 02 03 AE

net. Dabei wurde ersichtlich, dass das mittlere Loch # 5 b der horizontalen Lochskala am Fuss etwas vergrössert ist und senkrecht unterhalb von # 5 liegt. Ist der zugehörige Messfaden ein Lot, so kann das Horn über die beiden Löcher als Visierpunkt in seiner Vertikalen ausgerichtet werden. Von Punkt 1 zu Punkt 9 wurde eine Horizontale gezeichnet und die Skalenpunkte wurden lotrecht auf diese projiziert. Sodann wurde die Lage der Punkte (a) relativ zur Mitte vermessen. Die Skala ist nicht linear geteilt.

Als Arbeitshypothese soll untersucht werden, ob die acht Skalenteile als Referenzpunkte für das 16-monatige megalithische Kalenderjahr benutzt werden konnten, wie es A. Thom [10] aufgrund seiner Untersuchungen in Britannien postuliert hat. Als Zeithorizont soll -1000 C. angenommen werden. Die Aufgangsazimute für die Solstitien entsprachen für Zürich in dieser Zeit $52^\circ 16'$ und $125^\circ 34'$. Der Beobachtungssektor beträgt demzufolge $73^\circ 18'$. Er wird durch die Äquinoktien geteilt, aber nicht halbiert, denn diese erscheinen unter einem Azimut von $88^\circ 77' - 87^\circ 68' - 88^\circ 90'$ (Mittelwert: $88^\circ 45'$). Dies bedingt eine Differenz von $1^\circ 22'$ innerhalb eines Jahres und eine Abweichung vom 90° Ost-West-Wert von $2^\circ 32'$. Hinzu kommt noch die jährliche Trift von 0,2422 Tagen, ca. 6ⁿ. In Anbetracht dieser relativ grossen Abweichungen ist abzuwägen, ob der Skalenmittelpunkt als Skalennullpunkt oder als Visierpunkt für das Äquinoktium gewertet werden kann. Es erscheint zweckmässig, ihn als Nullpunkt zu betrachten und den virtuellen Ostpunkt zu errechnen. Der Beobachtungsbereich zwischen den Solstitien beträgt $73^\circ 18'$, zwischen Sommerwende und Herbstäquinoktium $35^\circ 52'$ und zwischen letzterem und Winterwende $37^\circ 89'$. Die Differenz zwischen Sommer- und Winterhalbjahr beträgt $2^\circ 37'$. Daraus lässt sich der Abstand des Messfadens vom Sattel des Mondhorns zu $96,55$ mm errechnen, wenn die südliche (restaurierte) Seite der Skala unberücksichtigt bleibt. Zur grossen Überraschung entspricht dieses Mass dem Abstand vom Sattel zum Fussloch # 5 b. Bei der Aufstellung des Instrumentes

konnte der Astronom einen Faden am Sattel anlegen, dessen Länge bis zum Fussloch reichte, ihn dann in die Horizontale schwenken und damit den Abstand seines Messfadens festlegen. Dies ist ein Hinweis für die Verwendung des Mondhorns als portables Messgerät und für den zusätzlichen Messfaden.

Als Referenz für die Azimute des 16-monatigen Kalenders werden die Berechnungen von A. Elmiger für die Zeit um -1000 C. und die geographische Breite von $47^{\circ}5$ zugrunde gelegt. Die Minutenwerte der Azimute wurden auf dezimale Bruchteile umgerechnet. Mit diesen Referenzdaten kann die Berechnung der Beobachtungswinkel α für die einzelnen Skalenpunkte erfolgen, die nachfolgend in der Tabelle aufgeführt sind. Bei den Kalender-Azimuthen A_1 und A_2 macht sich durch den anomalistischen Umlauf der Erde um die Sonne eine Winkeldifferenz bemerkbar, die zu den Äquinoktien am grössten ist und bis zu $1^{\circ}22$ betragen kann. Im Vergleich zur Bestimmung der Differenz ΔA wurde ermittelt, ob das Skalen-Azimuth A_3 zwischen A_1 und A_2 liegt. Bei Überschreitung dieser Grenzen wurde der Wert angegeben.

Die wichtigste Frage für den reproduktiven Vergleich ist die Lage des Mittelpunktes der Skala zum astronomischen Äquinoktium, das gegenüber der Ost-West-Achse versetzt ist. Auf den originalen Teilen des Mondhorns ist links (nördlich) vom Mittelpunkt noch eine kleine Vertiefung # 5 a erkennbar, die als Messpunkt für das Äquinoktium gewertet werden kann. Unter dieser Annahme läge dann der Mittelpunkt # 5 in der Ost-West-Achse. Der Skalenwinkel zwischen dem Sommer-Solstitium und der Ost-West-Achse beträgt $37^{\circ}84$ und das Äquinoktium liegt $2^{\circ}32$ nördlich von ihr. Ohne Berücksichtigung der restaurierten südlichen Hälfte des Horns würde nunmehr die Skalenlänge der restaurierten Seite 69 mm betragen, somit die gesamte Skalenlänge 144 mm statt 150 mm. Der Abstand des kleinen Punktes # 5 a sollte theoretisch 4 mm betragen, was auch der Realität entspricht, # 5 a ist damit der Visierpunkt für das Äquinoktium.

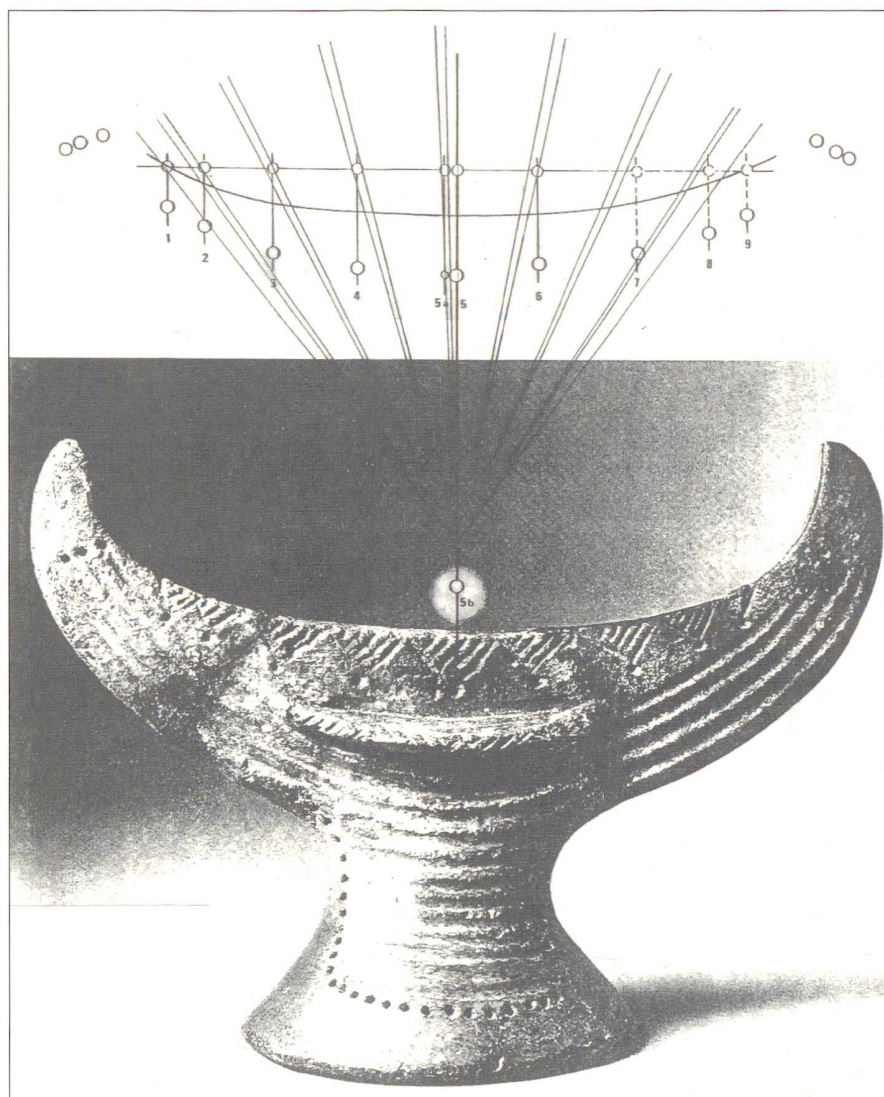


Abb. 15: Mondhorn # 26299, Abb. 16: geometrischer Vergleich.

Nach dieser Analyse des Originalteils kann man auch die Skalenpunkte des restaurierten Horns neu berechnen, unter Bezugnahme auf die astronomischen Daten, wodurch sie allerdings in der Analyse nicht mehr berücksichtigt werden dürfen.

Zum Vergleich werden die Werte des Aufgangs-Azimuthes der Tabelle Elmiger als astronomische Referenz in die Spalten A_1 und A_2 und die am Mondhorn ermittelten Messwerte A_3 benutzt, wie sie in der Tabelle angegeben und in der Abb. 16 dargestellt sind. Die Skalenpunkte sind nummeriert, sie wurden senkrecht über den Skalenrand auf eine virtuelle Horizontlinie projiziert und der Abstand (a) wurde horizontal zwischen den Loten ge-

messsen. Für die Berechnung des Skalenwinkels α wurde der Messfadenabstand von 96,55 mm zugrunde gelegt.

Die Werte der Tabelle sind in der Abb. 16 graphisch dargestellt. Alle nummerierten Kreise und die Kurvenlinie entsprechen dem Mondhorn SLM # 26299. Darüber gezeichnet ist der Horizont und die aus den Kalenderdaten fächerförmig eingetragenen Visuren der Azimute für den Beginn eines neuen Kalendermonats.

Der Abstand des Messfadens vom Mondhorn von ca. 97 mm entspricht der Strecke zwischen dem Schnittpunkt der Mittellinie mit der Kontur des Mondhorns bis zum Punkt # 5 b am Fuss des Instrumentes.

Aufgrund dieser guten Übereinstimmung wurden aus den Daten der Punkte 1 bis 6 die Punkte 7 bis 9 des restaurierten Horns extrapoliert. Alle Abweichungen der geometrischen Analyse liegen unter $1/3^\circ$ und damit innerhalb der Herstellungs- und Zeichnungstoleranzen, so dass mit hoher Wahrscheinlichkeit die Verwendung des Mondhorns als Messgerät für den 16-monatigen Kalender angenommen werden kann.

Bibliographie:

- [5] Brunner W.: Hinweise auf urgeschichtliche astronomische Kenntnisse. *helvetia archaeologica* 16/1985–62, S. 50–62.
- [6] Hetherington: N. *Encyclopedia of Cosmology*. 1993.
- [7] Fankhauser Charlotte: Urnenfeldzeitliche Feuerböcke und Firstziegel der Schweiz. Lizentiatsarbeit der Philosophischen Fakultät I der Universität Zürich, Historisches Seminar. 1986 (nicht publiziert).
- [8] Castelin K.: Keltische Münzen. Katalog der Sammlung im Schweizerischen Landesmuseum Zürich, Band I und II, 1978.
- [9] Eibner-Persy A.: Hallstattzeitliche Grabhügel von Sopron. Eisenstadt 1980.
- [10] Thom A.: a. *Megalithic Sites in Britain*. Oxford 1967. b. *Megalithic Lunar Observatories*. 1978. c. *Stonehenge*. JHA, 1974, S. 71–90.
- [11] Kerner M.: a. *Mondhörner – Urgeschichtliche Messgeräte*. *helvetia archaeologica* # 127/128, 32/2001. b. *Keltische Münzen mit astronomischen Motiven*. 2001.

Martin Kerner
 Steg 81
 CH-3116 Kirchdorf



**Kompakt und leicht
 für schwere Aufgaben**



www.altreda.ch/TK2160

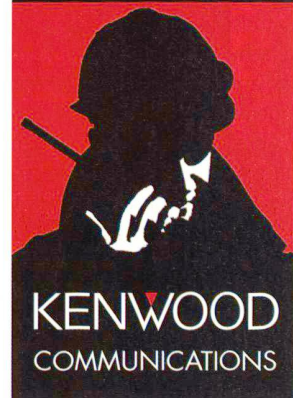
Funkgeräte von Kenwood sorgen seit 1946 für eine perfekte drahtlose Kommunikation. Heute werden unsere Produkte in 120 Ländern auf der ganzen Welt verkauft. Und sie haben sich einen Namen gemacht – wegen ihrer Qualität und Zuverlässigkeit auch unter härtesten Bedingungen. Daher gibt es nichts Besseres für Polizei, Notdienste, Bau- und Forstunternehmen, für den Einsatz bei Rockkonzerten, der Formel 1 oder großen Sportveranstaltungen. Kenwood-Funkgeräte sind immer allererste Wahl.

Generalvertretung Schweiz und FL:
 ALTREDA AG, Max-Högger-Str. 2, 8048 Zürich
 Tel. +41 1 432 09 00, Fax +41 1 432 09 04
 E-Mail: info@altreda.ch
www.altreda.ch

Das **TK-2160** repräsentiert absolute Spitzentechnologie für ultraleichte und kompakte Funkgeräte und ist selbst in schwierigen Situationen leicht zu bedienen. Dazu verfügt das TK-2160 über viele moderne Funktionen, die sonst nur größere, schwerere und teurere Handfunkgeräte zu bieten haben.

- Eingebaute VOX für sprachgesteuertes Senden – die Hände bleiben für wichtigere Dinge frei.
- Prioritätsschlauf zur einfachen Überwachung von bis zu 16 Kanälen und Möglichkeit zum sofortigen Reagieren auf Anrufe, ohne den Kanal manuell wechseln zu müssen.
- Programmierbare Ruftöne zur sofortigen Identifizierung des Anrufers
- Frei programmierbare Funktionstasten für eine bequeme Bedienung
- Wassergeschützt und robust genug auch für den härtesten Einsatz
- Erfüllt IP 54/55
- Erfüllt US-MIL-STD 810 C/D/E/F
- Gewicht: 295 g (inkl. Antennen und Akku KNB24L)
- Abmessungen (B x H x T): 56 x 109 x 35 mm (ohne vorstehende Teile)

Das TK-2160 ist das Kommunikationsmittel Ihrer Wahl für Bau- und Forstunternehmen auf der ganzen Welt.



K E N W O O D M E A N S B U S I N E S S