

# Damit Optiken nicht mehr beschlagen : Bau einer Taukappenheizung

Autor(en): **Schirmer, Jörg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **67 (2009)**

Heft 351

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-897277>

## **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.

Damit Optiken nicht mehr beschlagen

# Bau einer Taukappenheizung

■ Von Jörg Schirmer

Warum müssen wir uns überhaupt mit beschlagenen Objektiven oder Schmidtplatten auseinandersetzen? Vor allen in den feuchten Übergangsjahreszeiten, wenn die Temperaturen nachts gegen  $0^\circ$  oder darunter sinken, beschlagen die Optiken.

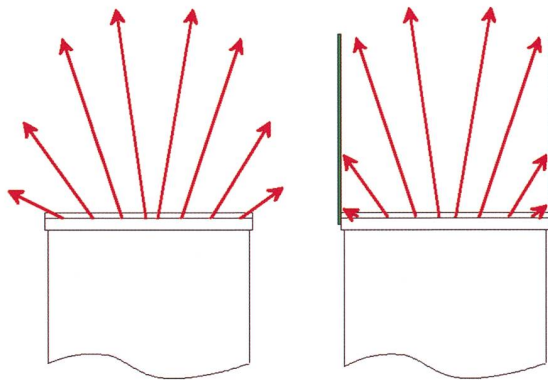


Abb. 1: Diese einfache Skizze zeigt, wie die Taukappe die Wärmeabstrahlung durch Einengung des Gesichtsfeldes vermindert. Es ist leicht einzusehen, dass eine längere Taukappe eine noch bessere Wirkung zeigt. Allerdings sind der Länge eben auch konstruktive Grenzen gesetzt.

Jeder Amateur, der schon einmal nächtens über mehrere Stunden hinweg beobachtet hat, musste möglicherweise seine Beobachtungen wegen Betauung von Objektiv oder Schmidtplatte unfreiwillig beenden. Die Tatsache, dass wir uns besonders bei längeren Beobachtungen mit feuchten bis nassen Objektiven, Schmidtplatten, Teleskopen und Zubehör befassen müssen, ist eine direkte Folge des für unser Hobby notwendigen klaren Himmels. Ganz allgemein kann man sagen, dass Gegenstände dann mit Tau beschlagen, wenn sie sich unter den Taupunkt abkühlen.

In der Meteorologie gibt der Taupunkt jene Lufttemperatur an, bei der, abhängig von Druck und relativer Luftfeuchte, der in der Luft enthaltene Wasserdampf auskondensiert. Beim Taupunkt ist eine relative Luftfeuchte von 100 % erreicht. Die Luft kann keinen weiteren Wasserdampf aufnehmen. Wenn sich nun während der Beobachtungsnacht die Umgebungsluft bis zum Taupunkt abkühlen würde, könnten wir unsere Sachen zusammenpacken, weil sich um uns herum dichter Nebel bilden würde. Dem ist zum Glück meist nicht so, aber unsere Objektive sind trotzdem betaut.

Daraus können wir schon einmal schließen, dass sich unser Objektiv

unabhängig von der Temperatur der Umgebungsluft unter den Taupunkt abgekühlt haben muss. Wo ist aber die Wärme unseres Objektivs hin, damit es sich so weit abkühlen konnte? Wärmeleitung in der erforderlichen Größenordnung an die umgebende Luft können wir ausschließen, weil dann das Objektiv nicht kälter werden könnte als eben diese. Wäre die umgebende Luft kalt genug für diesen Vorgang, stünden wir wieder im Nebel.

Bleibt als effektiver Mechanismus für die Abkühlung des Objektivs im Grunde nur die Wärmeabstrahlung gegen den kalten Himmel übrig. Der Strahlungstransport im langwelligen IR spielt bei dem Betauungsvorgang die größte Rolle. Bekanntermaßen hat unsere Atmosphäre zwischen 8 und 12 Mikrometern noch einmal ein großes Transparenzfenster, durch welches IR-Strahlung an den Weltraum abgegeben werden kann. Gleichzeitig liegt hier bei den nächtlichen Objektivtemperaturen das Maximum der Abstrahlung. Ein Scan des Nachthimmels mit einer Thermografiekamera zeigt ein Temperaturäquivalent des klaren Nachthimmels von  $-45$  bis  $-60^\circ\text{C}$  bei einer Grenzgröße von 5 mag und kann bis auf  $-100^\circ\text{C}$  bei Grenzgrößen jenseits der 6 mag absinken. [1]

Bei diesen antarktischen Verhältnis-

sen ist es klar, dass jede Oberfläche massenhaft Energie per Wärmestrahlung an den superkalten Himmelshintergrund abgibt und dabei leicht unter die Temperatur der umgebenden Luft abkühlt. Die eigene Wärmekapazität der Optik und des Instruments ist schnell verbraucht. Gerät nun die Umgebungsluft in Kontakt mit dem derart ausgekühlten Objektiv, so gibt sie ihre Wärme wegen des nunmehr bestehenden Temperaturgefälles an dieses ab. Dadurch wird der Taupunkt der so in Kontakt stehenden Luft nach einiger Zeit unterschritten. Die jetzt kältere Luft kann also nicht mehr so viel Wasserdampf halten wie zuvor. Er kondensiert als winzigste Tröpfchen auf dem Objektiv aus.

Es ist daher keineswegs so, dass der Tau herabfällt wie Regen! Dass der Tau von oben zu kommen scheint, ist eine (falsche) Schlussfolgerung aus der Beobachtung, dass Oberflächen umso mehr beschlagen, je mehr sie dem Himmel zugewandt sind. Wer einmal genau darauf achtet wird feststellen, dass bei einem freistehenden Auto das Dach immer stärker betaut ist als die Seitenscheiben.

Eine Taukappe macht nun Folgendes: Sie wirkt nicht wie ein Regenschirm, sondern engt das Gesichtsfeld der zu schützenden Objektivoberfläche ein (Abb. 1). Wenn wir genau am Platz der Objektivoberfläche den Himmel schauen, so sehen wir ohne Taukappe den ganzen Himmel, mit ihr aber nur einen wesentlich kleineren Ausschnitt, und das ist nur ein Bruchteil des gesamten Himmels. Je länger die Taukappe im Verhältnis zum Objektivdurchmesser wird, desto kleiner wird der wirksame Himmelsausschnitt. Mit Taukappe kann das Fernrohrobjektiv längst nicht mehr so viel Wärmestrahlung an den Himmelshintergrund abgeben, wie ohne diese. Das

reicht oft schon aus, um das Objektiv taufrei zu halten, auch wenn wir in den Zenit schauen.

Wenn die relative Luftfeuchte schon recht hoch ist, die Luft also besonders feucht ist, so liegt der Taupunkt nur wenig unterhalb der Temperatur der Umgebung. Jetzt kann auch eine mäßige Abstrahlung von langwelligem IR schon zur Unterschreitung der Taupunkttemperatur selbst an dem durch eine Taukappe geschützten Objektiv führen. Genau in diesem Fall sollte man eine Taukappe ganz leicht heizen, damit sie per IR-Einstrahlung gerade die Abstrahlungsverluste der Objektivoberfläche kompensiert. Aber wirklich nur jetzt sollte man zu diesem Mittel greifen. Je nach Beobachtungsort und Wetterlage wird das selten oder öfter notwendig sein.

## Berechnung der Heizleistung

Zur Berechnung des Wärmeverlustes einer Fläche durch Strahlung wendet man vorteilhaft das Stefan-Boltzmannsche-Strahlungsgesetz an [2]:

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (1)$$

$P$  = Strahlungsleistung (Wärmeverlust) in W  
 $\sigma$  = Strahlungskonstante =  $5,67 \cdot 10^{-12} \text{ W/cm}^2 \text{ K}^4$   
 $A$  = Oberfläche des strahlenden Körpers (in  $\text{cm}^2$ )  
 $T$  = absolute Temperatur (in K) =  $273,15 + \text{Temperatur in } ^\circ\text{C}$

Da Glas nun aber kein idealer Schwarzer Körper ist, erhalten wir durch die Gleichung einen oberen Wert für die abgegebene Strahlungsleistung ohne Einstrahlung durch in der Nähe befindliche Gegenstände. Die weiter unten beschriebene und erprobte Heizungsbaupweise erlaubt bei der Berechnung einige Vereinfachungen. So erreicht etwa nur die Hälfte der abgestrahlten Heizleistung auch das Objektiv. Der Rest geht durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung an die Umgebung verloren. Nimmt man als Taupunkt zusätzlich  $10^\circ\text{C}$  an, so schrumpft Gleichung (1) auf folgende Formel:

$$P = 0,07 \cdot A \quad (2)$$

$P$  = Heizleistung in Watt  
 $A$  = Oberfläche der Optik in  $\text{cm}^2$   
 $(A = \pi \cdot r^2, \text{ mit } r \text{ als Radius der Öffnung in cm})$

Die notwendige Heizleistung lässt sich verringern, wenn man eine lange Taukappe verwendet, die nach außen eine gute Wärmedämmung aufweist. Zur vereinfachten Berechnung der verschiedenen Möglichkeiten wird in die Gleichung

(2) ein Korrekturterm eingeführt, dessen Herleitung auf dem Lambert'schen Gesetz beruht ("Ein [thermisch] strahlender Körper hat, aus verschiedenen Richtungen betrachtet, stets die gleiche Oberflächenhelligkeit. Daraus folgt, dass die Abstrahlungsleistung mit dem Cosinus des Winkels gegen die Flächennormale variiert."):

$$P = 0,07 \cdot A \cdot \frac{\nu}{\sqrt{1+\nu^2}} \quad (3)$$

mit  $\nu = \frac{\text{Radius der Taukappe}}{\text{Länge der Taukappe}}$

Als Hilfe zur leichteren Berechnung der Heizleistung mag die kleine Tabelle für verschiedene Werte von  $\nu$  dienen:

$\nu = 2$	$P = 0,06 \cdot A$
$\nu = 1$	$P = 0,05 \cdot A$
$\nu = \frac{1}{2}$	$P = 0,03 \cdot A$
$\nu = \frac{1}{3}$	$P = 0,02 \cdot A$

## Ausführung der Taukappenheizung

Zum Heizen eignet sich ein spiralförmig auf der Taukappe angebrachter Widerstandsdraht, der aus einem Netzteil oder im Feld aus der dann eh vorhandenen Autobatterie versorgt wird. Dieser Draht lässt sich leicht löten und ist mit spezifischen Widerstandswerten im Fachhandel erhältlich. Zur gleichmäßigen Wärmeverteilung sollte man mindestens zwei Windungen aufbringen, mehr Windungen führen zu einer besseren Wärmeverteilung. Eine aufwändi-

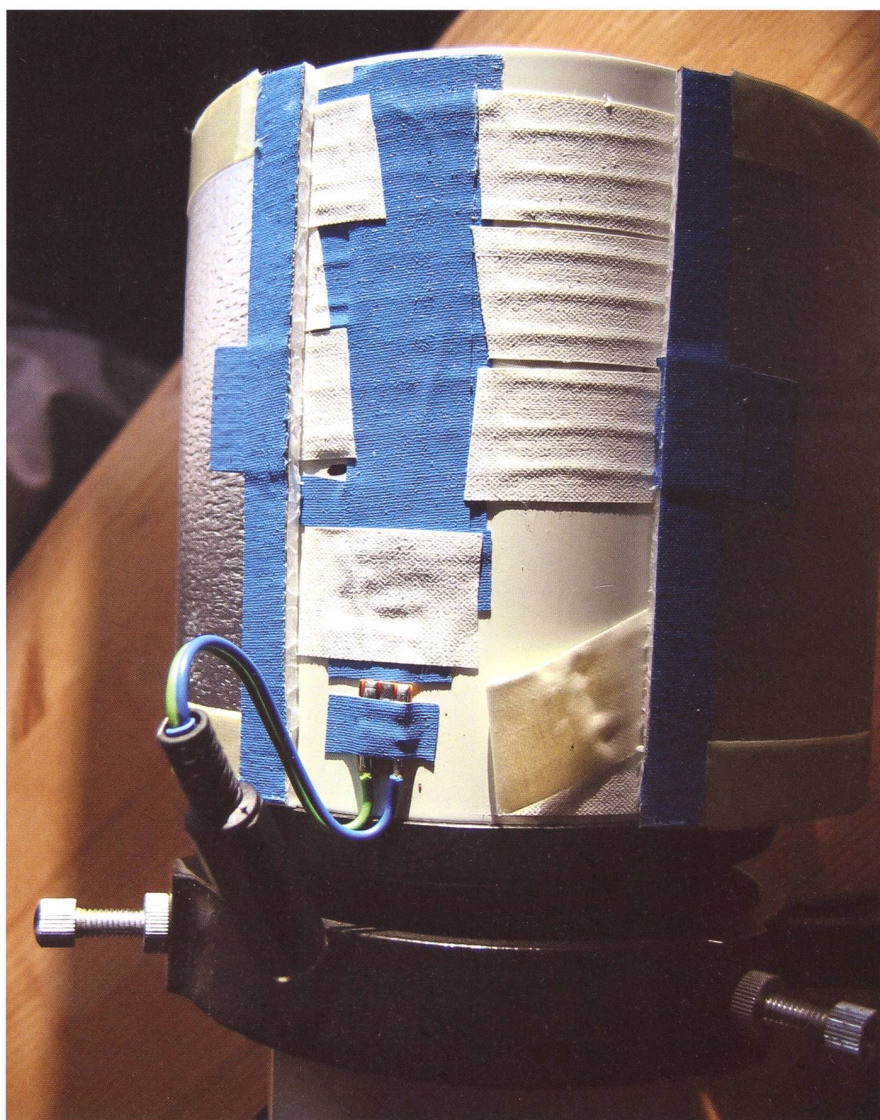


Abb. 2: Das Foto zeigt den Aufbau der Taukappenheizung meines FL70S-Refraktors. Der Schattenwurf lässt die unter dem Isolierband verlaufenden Heizdrahtwicklungen gut sichtbar werden. Bei diesem Modell habe ich mich für neun Windungen entschieden. Sehr schön ist auch das verwendete Dämmmaterial zu sehen. Alle meine Taukappenheizungen haben 3,5mm-Steckverbinder für die Stromversorgung.

gere Konstruktion ist in [3] dargestellt.

Der Widerstand, den der Draht haben sollte, wird von der erforderlichen Heizleistung und der Spannung der verwendeten Stromquelle bestimmt:

$$R = U^2 / P \quad (4)$$

R = Gesamtwiderstand des Heizdrahtes (in  $\Omega$ )  
 U = Spannung der Stromquelle (in V)  
 P = geforderte Heizleistung nach Gleichung (3) in Watt.

Der spezifische Widerstand, den man beim Kauf des Heizdrahtes kennen muss, ergibt sich daraus zu:

$$\rho = R / l \quad (5)$$

$\rho$  = spezifischer Widerstand des Heizdrahtes in  $\Omega$   
 l = Länge des Heizdrahtes (in m)

Nun ist es aber meist so, dass man einen Draht mit dem errechneten Wert nicht bekommen kann, weil diese Drähte nur in festgelegten Wertabständen gefertigt werden. In diesem Fall muss man die Länge des Drahtes entsprechend vergrößern und den Draht mit dem nächst kleineren Widerstandswert kaufen. Eine Verkürzung sollte man wegen oben genannter Erwägungen nicht ins Auge fassen. Kann man die benötigte Heizleistung auch mit dem kleinsten verfügbaren Widerstandswert nicht erreichen, so kommt nur die Parallelschaltung der Windungen des Heizdrahtes in Frage.

### Beispiel

Angewendet auf meinen 4"-Refraktor mit einem Objektivdurchmesser von 10,2 cm (Radius  $r = 5,1$  cm) ergibt sich nachfolgender Rechengang. Die Größe der Oberfläche errechnet sich zu:

$$A = \pi \cdot 5.1 \text{ cm} \cdot 5.1 \text{ cm} = 81.7 \text{ cm}^2.$$

Im Normalbetrieb verwende ich eine nach außen gut isolierte Taukappe von 14 cm Länge und 14 cm Durchmesser, wodurch sich  $v$  zu  $\frac{1}{2}$  ergibt. Mittels der kleinen Tabelle lässt sich die benötigte Heizleistung zu

$$P = 2.45 \text{ W}$$

bestimmen. Die obige Taukappe soll mit vier Windungen auskommen. Als Stromquelle dient eine Autobatterie mit 12 V Spannung. Mit der eben errechneten Heizleistung von 2,45

W ergibt sich der Gesamtwiderstand nach Gleichung (4) zu:

$$R = 12 \text{ V} \cdot 12 \text{ V} / 2.45 \text{ W} \approx 58 \Omega.$$

Vier Windungen mit jeweils 14 cm Durchmesser entsprechen einer Länge

$$l = 4 \cdot 14 \text{ cm} \cdot \pi = 175 \text{ cm} = 1.75 \text{ m}$$

und damit erhält man nach Gleichung (5) den spezifischen Widerstand des Heizdrahtes zu:

$$\rho = 58 \Omega / 1.75 \text{ m} = 33.14 \Omega / \text{m}.$$

Der in der Widerstandsreihe nächstliegende käufliche Wert ist  $28 \Omega / \text{m}$ . Die nunmehr notwendige Länge errechnet sich zu:

$$l = 58 \Omega / 28 \Omega / \text{m} = 2,07 \text{ m}.$$

Daraus ergibt sich dann zwanglos die Anzahl der Windungen mit

$$n = 207 \text{ cm} / (14 \text{ cm} \cdot \pi) = 4.7.$$

Aus konstruktiven Gründen habe ich in diesem Fall fünf Windungen aufgebracht. Der geringe Unter-

schied zur geforderten Heizleistung ist unproblematisch und hat keine negativen Folgen.

Sofern die Taukappe aus lackiertem Metall besteht, sollte man die Heizwicklung außen montieren. Dies gewährleistet eine gleichmäßige Erwärmung der Taukappe und vermindert die Gefahr der Bildung von Luftschlieren. In jedem Fall muss man bei sehr kurzen Taukappen dafür Sorge tragen, dass sich die einzelnen Windungen des Drahtes nicht berühren. Zur Fixierung des Drahtes kann man Klebeband verwenden, weil ja keine hohen Temperaturen erreicht werden. Damit möglichst wenig Wärme nach außen abgestrahlt wird, habe ich die Taukappe außen mit einer Heizkörperfolie (biegsame, dünne Styroporplatte, die einseitig mit Aluminium beschichtet ist) gedämmt. Die Aluminium-Folie muss außen liegen! (Abb. 2)

Ich habe nach einiger Betriebsdauer einmal die Dämmung abgenommen und konnte feststellen, dass die Styroporaufgabe keinerlei Schaden genommen hatte. Ein Zeichen dafür, wie gering die erforderliche Temperatur des Heizdrahtes ist.

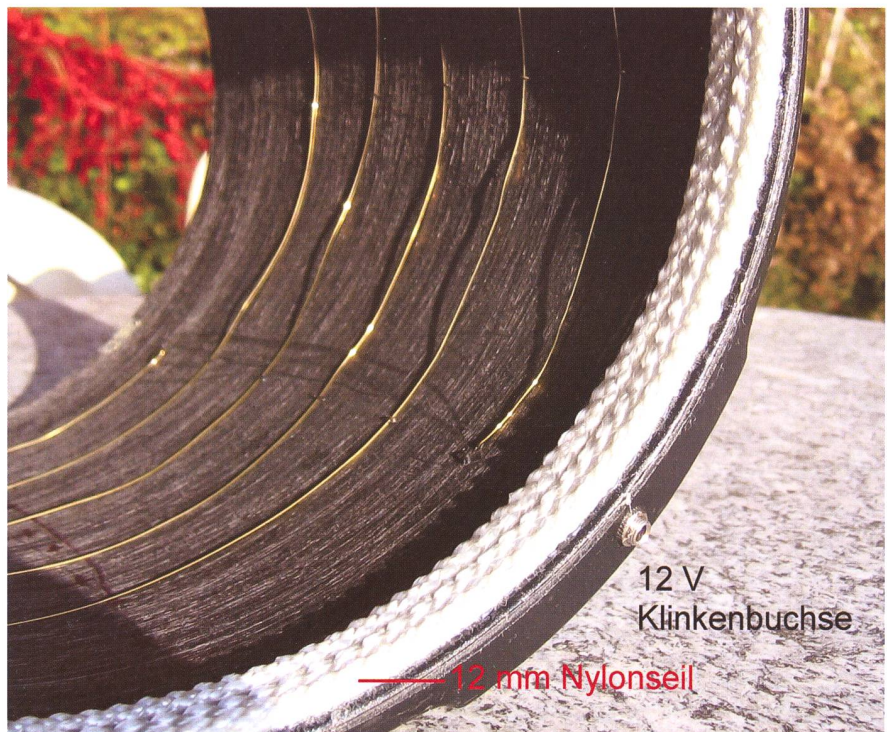


Abb. 3: Deutlich ist in dieser Ansicht der Taukappe des C9¼-SCT der verwendete Papierkorb zu erkennen. Die Drahtschlaufen, welche den Heizdraht halten, kommen auf diesem Foto leider nicht so gut heraus. Der Heizdraht und die Innenwand der Taukappe sind inzwischen zur Vermeidung von zusätzlichem Streulicht matt-schwarz lackiert. Die äußere Ummantelung der Taukappe mit Heizkörperfolie ist hier nicht zu sehen. Durch das eingeklebte, elastische Nylonseil hält die Taukappe selbst bei fast waagerechter Positionierung des Fernrohrs.

Bei meinem C9¼ verwende ich einen Büro-Papierkorb aus Plastik, bei dem ich den Boden herausgeschnitten habe, als Taukappe (Abb. 3). In diesem Fall wäre es allerdings

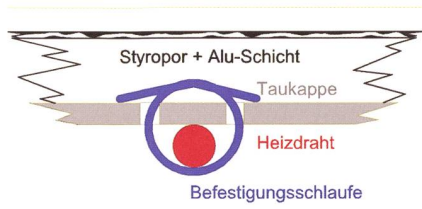


Abb. 4: Die Skizze zeigt einen Schnitt durch die Wand der Taukappe des C9¼-SCT, um die Befestigung des Heizdrahtes zu verdeutlichen.

unklug, die Heizdrahtwicklungen außen aufzubringen, weil das Plastikmaterial die Wärmeabgabe an die Schmidtplatte arg behindern würde. Den Heizdraht habe ich nun innen nicht mit Klebeband fixiert, sondern in kurzen Abständen mittels einer kleinen Metallschleife befestigt. Dazu habe ich pro Windung acht Doppellöcher gleichmäßig auf den Umfang verteilt gebohrt. Eine Metallschleife wird durch die Doppellöcher geführt und rückseitig verdreht und hält somit den Heizdraht auf der Innenseite der Taukappe fest (Abb. 4).

Dieses Heizsystem der Taukappen hat sich bei mir seit Jahren gut bewährt. Im Grunde stört jetzt nur

noch, dass die übrige Ausrüstung natürlich weiterhin heftig betaut.

### ■ Jörg Schirmer

Gütschrain 5  
CH-6130 Willisau

## Bibliografie

- [1] Persönliche Mitteilungen von G. Dittié (Thermografie-Unternehmung)
- [2] Formeln nach H. Scsibrany: „Bau einer Taukappenheizung“ in SuW 6/1995, S. 486 f
- [3] G. D. Roth (Hrsg.): Handbuch für Sternfreunde, Bd. 1 S. 167 ff. Berlin: Springer-Verlag,

## Das konnten die Schätzgräber finden – Lösungen Februar-ORION, 1/2009, S. 14

### ■ Östliche Uhr (Figur 1)

Ablesung (auf dem braunen Abschnitt des Analemma) MEZ	8 Uhr
Ablesung babylonische Stunden (rote gerade Linien)	ca. 30 Minuten
Sonnenaufgang wäre somit um	7:30 MEZ

### ■ Westliche Uhr (Figur 2)

Ablesung (auf dem braunen Abschnitt des Analemma) MEZ	15 Uhr
Ablesung modifizierte italienische Stunden (rote gerade Linien)	2 Stunden
Sonnenuntergang wäre somit um	17 Uhr

■ Die Länge des Tagbogens ist die Zeit zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang, also von  
Der halbe Tagbogen misst somit  
Kulmination der wahren Sonne: Aufgangszeit + halber Tagbogen

7:30 MEZ bis 17:00 MEZ	9 h 30 m
4 h 45 m	
12:15 MEZ	

### ■ Kulmination der mittleren Sonne:

Auf 15° östlicher Länge Kulmination um	12:00 MEZ
Auf 7,34° östl. Länge 7,66 mal 4 Min. später, also um	12:30.6 MEZ
Zeitgleichung (mittlere Sonne – wahre Sonne)	12:30.6 – 12:15 ca. 15 bis 16 Min.

Am 10. November kulminiert die wahre Sonne 16.1 Minute vor der mittleren Sonne. «Die Sonnenuhr geht vor».

### ■ Kontrolle mit Daten für den 10. November 2008 aus Programm «Voyager»

Sonne bei 0° Höhe am Morgen	07:32 MEZ
Sonne bei 0° Höhe am Abend	16:57 MEZ
Länge des ganzen Tagesbogens	9 h 25 m
Länge des halben Tagesbogens	4 h 42.5 m
Kulmination wahre Sonne (Aufgangszeit + halber Tagbogen)	12 h 14.5 m
Kulmination mittlere Sonne (berechnet aus geogr. Länge)	12 h 30.6 m
Zeitgleichung (mittlere Sonne – wahre Sonne)	+ 16,1 Minuten

### ■ Gleiche Schattenposition im Frühling

Deklination der Sonne am 10. November	-17,3°
Gleiche Sonnendeklination -17,3° ist	am 1. Febr.
Zeitgleichung am 1. Februar	-13.5 Minuten
Zeitgleichungsdifferenz 10. Nov. zu 1. Febr.	29.6 Minuten
Östliche Uhr zeigt am 1. Februar	8:30 MEZ
Westliche Uhr zeigt am 1. Februar	15:30 MEZ

(Die Schatten-Endpunkte liegen rechts der massgebenden grünen Linie!)