

„Stefan beobachtet von seinem Schreibtisch aus, wie ein Stern abends hinter einem Telegrafmast verschwindet; der Mast befindet sich fast im Süden. Er wiederholt diese Beobachtungen an mehreren Tagen und notiert sich jeweils den genauen Zeitpunkt des Verschwindens des Sterns.“ So beginnt der Text einer Aufgabe aus dem Bundeswettbewerb Physik 2005 (Juniorstufe). Nachher wird gefragt, ob der Stern jeden Abend zum selben Zeitpunkt verschwindet. Der (Hobby-) Astronom weiß natürlich, dass dies nicht der Fall ist: Die Zeitspanne zwischen zwei aufeinander folgenden Meridiandurchgängen eines Sterns ist etwa 4 Minuten kürzer als die mittlere Tageslänge von 24 Stunden. Sie heißt im Übrigen *Sterntag* und ist die Dauer einer Erdumdrehung um genau  $360^\circ$ . Der Stern verschwindet also hinter dem Telegrafmast jeden Abend etwa 4 Minuten früher als am Vorabend.

Den Schülern und Schülerinnen der Arbeitsgemeinschaft Physik an unserer Schule war die Aufgabe klar, aber es fehlte ein geeigneter Telegrafmast zum Peilen. Ein alter Theodolit aus der Sammlung der Schule bot sich als Ersatz an. Um sicher zu gehen, dass er als astronomisches Peilgerät taugte, machte ich mit ihm vorab einige Beobachtungsversuche. Ich platzierte ihn vor unser (zufällig) nach Süden gehendes Dachfenster und sorgte dafür, dass er dort unverrückbar stehen blieb. Der horizontale Drehteller des Geräts wurde mit der Wasserwaage (Libelle) in die Waagerechte gebracht, so dass die tägliche Veränderung des Azimutwinkels  $AZ$  am Teilkranz ablesbar war. Da nur Winkeldifferenzen eine Rolle spielten, wurde kein Aufwand getrieben, den Nullpunkt des Azimuts in die Südrichtung zu legen. Er befand sich jedenfalls *nicht* da, wo er der astronomischen Konvention nach sein sollte (Danach hat der Südpunkt den Wert  $AZ = 0$ , Westen entspricht  $AZ = 90^\circ$  usw.). Als Stern bot sich der *Sirius* im Sternbild *Großer Hund* ( $\alpha$  Canis Majoris) an, der im Oktober morgens schon ausreichend hoch über dem gegenüber liegenden Haus stand. Der Himmel war mehrere Tage hintereinander wolkenlos, also stand den Messungen nichts im Wege. Auch die Tageszeit war ideal: gegen 6.30 Uhr hob sich der Sirius noch gut vom Himmelshintergrund ab. Gemessen wurden zu jeweils 5 Zeitpunkten, verteilt über eine knappe halbe Stunde.

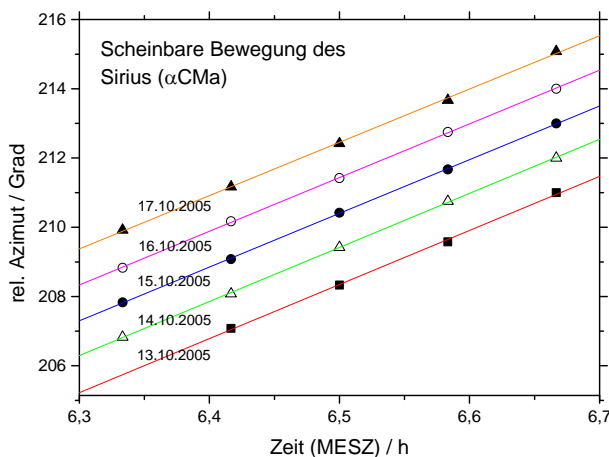


Abbildung 1 Azimut  $AZ$  (Werte relativ zu einem nicht bekannten Nullpunkt) des Sterns *Sirius* gegen 6.30 Uhr morgens, in Abhängigkeit von der Uhrzeit  $t$ , für 5 aufeinander folgende Tage in Oktober 2005. An die Messpunkte wurden jeweils Geraden angepasst, siehe Text.

Das Ergebnis der Messungen ist in Tabelle 1 aufgeführt. In Abbildung 1 sind die  $AZ$ -Werte der Tabelle, nach Beobachtungstag getrennt, in Abhängigkeit von der Uhrzeit  $t$  aufgetragen. Die Werte

des Azimuts sind auf einen nicht bekannten Nullpunkt bezogen. Da hier nur Winkeldifferenzen von Bedeutung sind, spielt die Kenntnis des Nullpunkts keine Rolle.

Tabelle 1 Azimut  $AZ$  des Sterns *Sirius* ( $\alpha CMa$ ) an einigen aufeinander folgenden Tagen im Oktober 2005, jeweils zwischen 6.20 und 6.40 Uhr. Die Werte des Azimuts  $AZ$  sind auf einen nicht weiter bekannten Nullpunkt bezogen, entsprechen also *nicht* der astronomischen Konvention ( $AZ = 0$  für Süd,  $AZ = 90^\circ$  für West, usw.). Da nur Winkeldifferenzen von Bedeutung sind, spielt die Kenntnis des Nullpunkts keine Rolle.

Zeit (MESZ) $t$ / h	Azimut $AZ$ (rel. Werte) / Grad				
	13.10.2005	14.10.2005	15.10.2005	16.10.2005	17.10.2005
6.20 Uhr (6,33333)	–	206,83	207,83	208,83	209,92
6.25 Uhr (6,41667)	207,08	208,08	209,08	210,17	211,17
6.30 Uhr (6,50000)	208,33	209,42	210,42	211,42	212,42
6.35 Uhr (6,58333)	209,58	210,75	211,67	212,75	213,67
6.40 Uhr (6,66667)	211,00	212,00	213,00	214,00	215,08

An die Messpunkte wurden jeweils Geraden angepasst, um den Durchgang durch das Azimut des „Telegrafmast“ genau zu bestimmen. Sie sind in Abbildung 1 eingezeichnet. Wie erwartet, verlaufen sie parallel, ihre Steigungen sind bis auf Abweichungen  $\leq 2\%$  gleich. Als Azimut des „Telegrafmast“ wurde willkürlich der Wert  $AZ = 210^\circ$  gewählt. Die Schnittpunkte der Geraden durch die Messpunkte mit der horizontalen Geraden zum Azimutwert  $AZ = 210^\circ$  entsprechen dem Verschwinden des Sterns hinter dem Mast. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis für die beiden aufeinander folgenden Tage 15. und 16. Oktober 2005 (Die Messpunkte für diese Tage und die an sie angepassten Geraden sind dieselben wie in Abbildung 1). Die Schnittpunkte liegen, wie in der Abbildung angegeben, an den Zeitpunkten  $t_{16} = 6,407044$  bzw.  $t_{15} = 6,47416$  h (MESZ). Ihre Differenz  $t_{15} - t_{16} = 0,06672$  h = 4,0032 min ist die Zeitdauer, um die der Sterntag kürzer ist als der mittlere Sonntag.

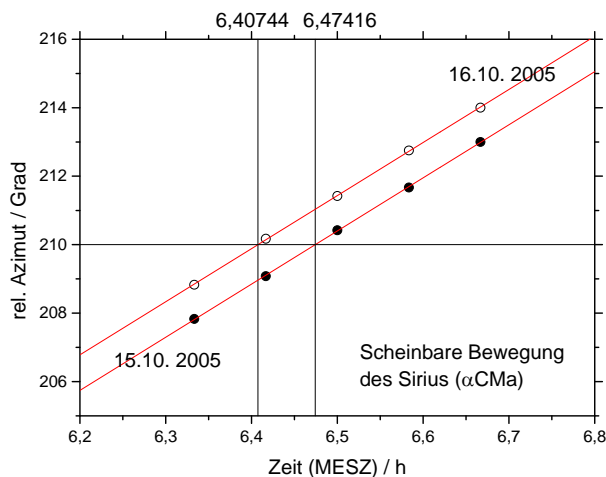


Abbildung 2 Azimut  $AZ$ , wie in Abb. 1, für die Tage 15.10. und 16.10.2005. Die an die Messpunkte angepassten Geraden schneiden die „Telegrafmast“-Gerade  $AZ = 210$  (Wert willkürlich) an den oberhalb des Bildes aufgeführten Stellen. Die Differenz dieser Zeitpunkte ist  $0,0647416$  h -  $0,0640744$  h =  $0,06672$  h = 4,0032 min. Um diese Zeitspanne ist der Sterntag kürzer als der mittlere Sonntag.

Aus den Messwerten der Tabelle 1 konnten drei weitere Zeitpunkte für den Durchgang des Sirius durch das Azimut  $210^\circ$  des „Telegrafmast“ bestimmt werden. Alle vier Werte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 Durchgang  $t_n$  des Sirius durch  $AZ = 210^\circ$  und die Differenzen der  $t$ -Werte aufeinander folgender Tage.

Datum	$t_n$ (MESZ) / h	$t_{n+1} - t_n$ / h
13.10.2005	6,60594	–
14.10.2005	6,53734	0,06860
15.10.2005	6,47416	0,06318
16.10.2005	6,40744	0,06672
17.10.2005	6,34055	0,06689

Der Mittelwert der Differenzen in der letzten Spalte von Tabelle 2 ist  $t_{n+1} - t_n = 0,066348 \pm 0,003168$  h =  $3,9809 \pm 0,1901$  min. Dabei ist als Fehler die Differenz zwischen Mittelwert und maximal abweichendem Einzelwert angegeben. Der Sterntag ist also um  $3,98 \pm 0,19$  min kürzer als der mittlere Sonnentag. Da  $60^m - 3,98^m = 56,02^m = 56^m 1,2^s$  und  $\pm 0,1901^m = \pm 11,4^s$ , lässt sich das Ergebnis der Messung auch als Dauer des vollen Sterntags angeben:

$$T_{\text{Stern}} = 23^h 56^m (1,2 \pm 11,4)^s.$$

Der Wert entspricht innerhalb der Fehlergrenzen dem Literaturwert  $T_{\text{Stern}} = 23^h 56^m 4^s,091$ . Fazit: keine Präzisionsmessung, aber auch kein unvernünftiger Messwert.

Damit hatte der Theodolit seine Tauglichkeit bewiesen. Den Schülern und Schülerinnen der Physik-Arbeitsgemeinschaft war er dann doch etwas zu kompliziert zu bedienen. Das weitere Peilen mit dem Gerät fiel leider aus.