



# **Einstieg in die visuelle Messung von Sternbedeckungen durch Asteroiden**

Sternbedeckungen werden in der Regel mit Video und der Zeiteinblendung von einem GPS-Empfänger gemessen. Aber auch mit einfachen Mitteln ist der Einstieg möglich. Wir stellen hier zwei Möglichkeiten vor. Die erste Methode ist auch für ungeübte Beobachter sehr einfach umzusetzen, die zweite erfordert mehr Übung.

## **1. Audioaufnahme von Ausrufen des Beobachters**

### **Was brauche ich?**

Einen handelsüblichen Funkuhr-Wecker und eine Audioaufnahmegerät (.z.B. Smartphone). Eine Stoppuhr zur Messung der „Persönlichen Gleichung“.

### **Welche Vorbereitungen muss ich treffen?**

Ermitteln Sie Ihre „Persönliche Gleichung“. Das ist Ihre Reaktionszeit. Decken Sie dafür die Sekunden der Stoppuhr mit dem Finger ab. Lassen Sie die Stoppuhr laufen und stoppen Sie die Uhr sofort, wenn Sie den Minutenwechsel sehen. Wenn Sie jetzt die Sekunden wieder freigeben, dann können Sie dort in der Sekundenanzeige mit ihren Dezimalstellen Ihre Reaktionszeit ablesen. Wiederholen Sie das mehrmals und bilden Sie den Durchschnittswert.

Falls der Funkuhr-Wecker keinen Knopf hat, mit dem der manuelle Empfang des Funksignals ausgelöst werden kann, nehmen Sie bitte die Batterien eine Stunde vor dem Ereignis aus dem Wecker heraus. Machen Sie sich mit der Bedienung Ihres Audiorekorders vertraut. Denken Sie daran, dass sie ihn auch bei schlechten Lichtverhältnissen bedienen müssen. Nutzen Sie ein Smartphone, dann reduzieren Sie die Helligkeit des Displays, damit Sie während der Beobachtung nicht unnötig geblendet werden.

### **Wie messe ich die Bedeckung?**

#### *1. Vor der Bedeckung*

Setzen Sie die Batterien in den Wecker ein oder nutzen Sie das manuelle Empfangen des Signals. Die Uhr holt sich jetzt das Zeitsignal „frisch“ vom DCF-77 Sender. Das erhöht die Genauigkeit. Da es mehrere Minuten dauert, bis die Uhr synchronisiert worden ist, sollten Sie diese Synchronisation nicht später als 15 Minuten vor dem Ereignis durchführen. Stellen Sie den Wecker auf die letzte volle Minute *VOR* der erwartenden Bedeckung. Bereiten Sie die Audioaufnahme vor. Starten Sie die Aufnahme *BEVOR* der Alarm des Weckers ertönt. Dieser Ton ist unsere erste Zeitreferenz und muss auf der Aufnahme zu hören sein. Schalten Sie den Alarm nicht aus, sondern nutzen Sie die Snooze-Funktion. Der Wecker wird nach ein paar Minuten wieder ertönen und uns ein zweites Referenzsignal für die Zeit liefern. Sehen Sie bitte in der Anleitung Ihres Weckers nach, wieviele Minuten zwischen den beiden Alarmen liegen. Achten Sie darauf, dass das Aufnahmegerät nicht zu weit vom Wecker und von Ihnen selbst entfernt liegt. Jetzt konzentrieren Sie sich auf den Stern.

## 2. Der Stern verschwindet

Zum Beginn der Bedeckung rufen Sie laut aus (z.B. „weg“). Bleiben Sie am Okular! Für einen Kontrollblick, ob die Aufnahme immer noch läuft, gibt es keine Zeit. Sie könnten das Ende der Bedeckung verpassen. Bedeckungen sind oft nur wenige Sekunden lang.

## 3. Der Stern taucht wieder auf

Am Ende der Bedeckung rufen Sie erneut laut aus (z.B. „da“). Ihre beiden Rufe müssen später deutlich auf der Aufnahme zu hören sein. Beobachten Sie konzentriert weiter für mindestens eine Minute nach der Bedeckung! Manchmal können zwei Bedeckungen hintereinander stattfinden, wenn z.B. der Asteroid einen Mond hat.

## 4. Ende der Aufnahme

Nach dem Ertönen des zweiten Alarms können Sie die Aufnahme stoppen. Sie haben nun eine Audioaufnahme mit zwei Zeitsignalen und, wenn eine Bedeckung stattgefunden hat, mit mindestens zwei Ausrufen von Ihnen.

## 5. Die Reaktionszeit

Wenn Sie Ihre „Persönliche Gleichung“ ermittelt haben, dann können Sie die Zeiten von Beginn und Ende der Bedeckung korrigieren. Schätzen Sie ehrlich mögliche Abweichungen von dieser Gleichung ein. Müdigkeit oder der Überraschungseffekt zu Beginn der Bedeckung können die Reaktionszeit verlängern. Eine lange Reaktionszeit ist völlig in Ordnung, sie sollte nur dann auch in Ihrer Dauer richtig berücksichtigt sein.

### Wie werte ich die Bedeckung aus?

Am einfachsten ist die Auswertung mit einem Audioprogramm, das eine digital gewonnene Audiodatei lesen kann und den Länge der Datei in Sekundenbruchteilen anzeigen kann. Nun ist etwas Rechenarbeit gefordert. Sie messen die Dauer zwischen dem ersten Alarm und Ihrem ersten Ausruf, sowie die Dauer zwischen Ihren beiden Ausrufen. Als Kontrolle dient die Länge der Aufnahme zwischen den beiden Tonsignalen des Weckers. Bei analogen Aufnahmegeräten (Band) können Gleichlaufschwankungen auftreten. Die Dauer zwischen den beiden Alarmen auf der Aufnahme und die real vergangene Zeit können dann voneinander abweichen. Diese Abweichung muss mit berücksichtigt werden.

Ein Beispiel:

Alarm des Weckers war um 20:13:00. Die Dauer der Audioaufnahme zwischen dem allerersten Ton des Alarms und des ersten Ausrufs beträgt 43,7 Sekunden. Zwischen den beiden Ausrufen sind 4,8 Sekunden vergangen. Die Dauer zwischen den beiden Alarmen ist genau 5 Minuten. Da unser Wecker einen zweiten Alarm nach genau 5 Minuten ausgibt, gibt es keine Schwankung zwischen gemessener Dauer und realer Zeit.

***Funkuhren zeigen mitteleuropäische Zeit an! Da wir mit „Universal Time“ (U.T.) arbeiten, müssen wir eine Stunde abziehen, bei Sommerzeit sogar zwei Stunden!***

Wir nehmen eine Bedeckung im Winter an.

Ermittlung der Zeiten der Bedeckung:

Alarm1 (MEZ) - 1 h = Alarm1 (U.T.)  
20:13:00 - 1h = 19:13:00 (U.T.)

Alarm 1 (U.T.) + Zeit bis 1. Ausruf = Beginn Bedeckung (U.T.)  
19:13:00 + 43,7 = 19:13:43,7

Dauer zwischen den Ausrufen = Dauer Bedeckung (sek)  
4,8 = 4,8

Beginn Bedeckung (U.T.) + Zeit zw. Ausrufen = Ende Bedeckung (U.T.)  
19:13:43,7 + 4,8 = 19:13:48,5

Ziehen Sie Ihre Reaktionszeit ab. Die Messung der Dauer wird nur wenig von der Reaktionszeit beeinflusst. Wir nehmen in unserem Beispiel eine persönliche Gleichung von 0,5 Sekunden an.

Korrigierte Werte:

Beginn der Bedeckung: 19:13:43,2 (U.T.)  
Dauer: 4,8 Sekunden  
Ende der Bedeckung: 19:13:48,0 (U.T.)

Geben Sie in Ihrem Bericht bitte unbedingt Ihre verwendeten Reaktionszeiten an. Auch wenn Sie die Zeiten schon korrigiert haben.

Wenn kein Audioprogramm zur Zeitmessung zur Verfügung steht, können Sie auch die benötigten Zeiten zwischen den einzelnen Signalen mit einer Stoppuhr ausmessen. Hier empfiehlt es sich, dies mehrmals zu tun und dann einen Mittelwert zu nehmen, um die Genauigkeit zu erhöhen.

## 2. Stoppuhr und Funk-Uhr

### Was brauche ich?

Zur Zeitnahme der Bedeckung benötigen wir nur eine Stoppuhr mit Zwischenzeit-Funktion und eine handelsübliche, batteriebetriebene Funkuhr. Falls diese Uhr keinen Knopf hat, mit der das Funksignal manuell empfangen werden kann, nehmen Sie bitte die Batterien eine Stunde vor der Bedeckung heraus.

### Welche Vorbereitungen muss ich treffen?

Vor allem brauchen Sie Übung. Spielen Sie den Vorgang der Messung mehrmals durch. Sie müssen später am Teleskop einige Tätigkeiten „blind“ beherrschen. Ermitteln Sie Ihre „Persönliche Gleichung“. Das ist Ihre Reaktionszeit. Decken Sie dabei die Sekunden der Stoppuhr mit dem Finger ab. Lassen Sie die Stoppuhr laufen und stoppen Sie die Uhr sofort, wenn Sie den Minutenwechsel sehen. Wenn Sie jetzt die Sekunden wieder

freigeben, dann können Sie dort in der Sekundenanzeige mit ihren Dezimalstellen Ihre Reaktionszeit ablesen. Wiederholen Sie das mehrmals und bilden Sie den Durchschnittswert.

## **Wie messe ich die Bedeckung?**

### *1. Vor der Bedeckung*

Setzen Sie die Batterien in die Funkuhr ein oder nutzen Sie das manuelle Empfangen des Signals. Die Uhr holt sich jetzt das Zeitsignal „frisch“ vom DCF-77 Sender. Das erhöht die Genauigkeit. Da es mehrere Minuten dauert, bis die Uhr synchronisiert worden ist, sollten Sie diese Synchronisation nicht später als 15 Minuten vor dem Ereignis durchführen. Konzentrieren Sie sich auf den Stern.

### *2. Der Stern verschwindet*

Zum Beginn der Bedeckung starten Sie die Stoppuhr. Bleiben Sie am Okular! Für einen Kontrollblick, ob die Uhr läuft, gibt es keine Zeit. Sie könnten das Ende der Bedeckung verpassen. Bedeckungen sind oft nur wenige Sekunden lang.

### *3. Der Stern taucht wieder auf*

Am Ende der Bedeckung betätigen Sie die Zwischenzeit-Funktion. Gegenüber der 1. Methode können Sie hier eine etwaige zweite Bedeckung nur messen, wenn die Funktionen der Stoppuhr mehrere Zwischenzeiten zulassen.

### *4. Referenzzeit*

Die Stoppuhr läuft nach dem Ende der Bedeckung weiter. Sehen Sie nun auf die Funkuhr und halten Sie die Stoppuhr zu einer von Ihnen frei wählbaren Referenzzeit an, z.B. zur nächsten vollen Minute.

### *5. Die Reaktionszeit*

Schätzen Sie Ihre Reaktionszeiten ein und notieren Sie diese. Stimmt Sie mit der vorher ermittelten „Persönlichen Gleichung“ überein? Gewöhnlich ist die Reaktionszeit beim Verschwinden des Sterns größer, der Beobachter wird vom Ereignis „überrascht“, als am Ende der Bedeckung. Die Reaktionszeit beim Abstoppen der Uhr zu der Referenzzeit ist oft am kürzesten, da Sie hier durch den Blick auf die Uhr gut vorbereitet sind. Schätzen Sie die Zeiten gewissenhaft ein, eine lange Reaktionszeit ist völlig normal und kann ohne Probleme berücksichtigt werden, wenn sie bekannt ist.

## **Wie werte ich die Bedeckung aus?**

Mit der Referenzzeit, der gestoppten Zeit und der Zwischenzeit lassen sich Beginn, Ende und Dauer der Bedeckung bestimmen. Es folgt ein Beispiel:

Gemessene, unkorrigierte Zeiten für beide Beispiele:

Referenzzeit (nächste, volle Minute): 20:05:00  
Gestoppte Zeit: 00:00:35,5  
Zwischenzeit: 00:00:04,7

Reaktionszeiten (geschätzt):

Beginn der Bedeckung (Rb) : +1 sek  
Ende der Bedeckung (Re): +0,5 sek  
Referenzzeit (Rr): +0,5 sek

***Funkuhren zeigen mitteleuropäische Zeit an! Da wir mit „Universal Time“ (U.T.) arbeiten, müssen wir eine Stunde abziehen, bei Sommerzeit sogar zwei Stunden!***

Wir nehmen in unserem Beispiel eine Bedeckung im Winter an.

Referenzzeit (nächste, volle Minute, MEZ) - 1 h = Referenzzeit (U.T.)  
20:05:00 - 01:00:00 = 19:05:00 U.T

#### ***Zeiten mit Korrektur der Reaktionszeit***

Referenzzeit (U.T.) - (gestoppte Zeit - Rr) = Beginn Bedeckung (U.T.)  
19:05:00 - (00:00:35,5 - 0,5) = 19:04:25,0

Beginn Bedeckung (U.T.) - Rb = Beginn der Bedeckung, korrigiert (U.T.)  
19:04:25,0 - 1,0 = 19:03:24,0

Zwischenzeit - Re = Dauer (korrigiert) in Sekunden  
4,7 - 0,5 = 4,2 Sekunden

Beginn Bedeckung (korrigiert) (U.T.) + Dauer (korr.) = Ende der Bedeckung, korrigiert (U.T.)  
19:04:24,0 + 4,2 = 19:04:28,2

Melden sie den Beginn und das Ende der Bedeckung, sowie die Dauer.  
Auch wenn Sie die Zeiten schon korrigiert haben, geben Sie in Ihrem Bericht bitte unbedingt Ihre verwendeten Reaktionszeiten an.

**Die IOTA/ES wünscht Ihnen viel Erfolg bei der Messung!**

Oliver Klös  
IOTA/ES, Public Relations