

**- MITTEL:**

Ein Solarscope,  
Eine genau gehende Uhr,  
Ein Messschirm,  
Dieses Experiment kann in einem Raum in Südrichtung oder bei Windstille im Freien durchgeführt werden.

**- 1 – THEORIE:**

Die Sonne ist einer von 200 000 000 000 Sternen in unserer Galaxie; sie ist 30 000 Lichtjahre ( 1 Lichtjahr = 9 500 Milliarden km) vom Zentrum der Galaxis entfernt. Ein Umlauf um das Zentrum der Galaxis dauert 225 Millionen Jahre bei einer Geschwindigkeit von 250 km/s!

-Die Sonne ist 4,5 Milliarden Jahre alt,

-Ihr Durchmesser am Äquator ist 1 392 000 km (sie ist 110 mal größer als die Erde).

-Die Sonne besteht aus Gas, hauptsächlich Wasserstoff und Helium (bei hohen Temperaturen ionisiert),

-Ihr Kern ist das Zentrum nuklearer Kettenreaktionen und erzeugt eine große Menge Energie, seine Temperatur beträgt 14 Millionen Grad.

Die Photosphäre ist die Grenze zwischen der Sonne und ihrer Atmosphäre (aus dem Griechischen: phôtos = Licht), und ist der hellste Teil der Sonne. Kleine Konvektionsbewegungen erstrecken sich über eine Dicke von 2000 km. Die Sonne scheint voller „Körnchen“ zu sein, diese sind heiße, aufsteigende Blasen, die von Fasern kälterer und deshalb dunklerer Materie umgeben sind. Der Sonnenfleck erscheint dunkel, weil er etwa 2000°K kälter als die umgebende Photosphäre ist. Von diesen schwarzen Flecken gibt es im Durchschnitt 5 bis 10. Diese sind mit dem richtig fokussierten Solarscope sichtbar. Diese Sonnenflecken gibt es in allen Formen und Größen (von einzelnen, isolierten Flecken bis zu komplizierten Gruppen, in denen alles von ein paar bis über hundert Flecken vorkommen kann). Sonnenflecken entstehen und verschwinden laufend, und die Sonne sieht jeden Tag anders aus. Die Abmessung von Sonnenflecken gibt eine Vorstellung von der Größe der Sonne.. Ein typischer klein- bis mittelgroßer Sonnenfleck hat etwa die Größe der Erde, während einige der größten Flecken eine Länge von zehn Erddurchmessern haben. Die meisten der Gruppen „leben“ etwa 3 Monate lang. Aufgrund der Sonnenrotation bewegen sich die Flecken. Um Parallaxenfehler zu vermeiden, muß die Sonne täglich beobachtet werden. Die Anzahl der vorhandenen Sonnenflecken ist nicht konstant, sondern ändert sich innerhalb eines Zyklus von einem Maximum zu einem Minimum und zurück zu einem Maximum mit einer Periode von 11 Jahren. Am Sonnenfleckenmaximum ist die Sonne an den meisten Tagen stark gefleckt, während im Minimum mehrere Tage hintereinander keine Sonnenflecken vorhanden sein können.

Astronomen gebrauchen den Begriff „Sonnenfleckenzyklus“; warum die Sonnenaktivität sich in dieser Weise verändert, ist ein weiteres großes Rätsel der Sonnenforschung.

Einige weitere Informationen über die Sonne:

-Ihre Oberflächentemperatur beträgt 5700°K.

-Ihr Strahlungsmaximum liegt bei 0,5 µm (in der Mitte des sichtbaren Spektrums),

-Die Rotationsgeschwindigkeit ist aufgrund der Viskosität der Sonne an Äquator und Pol verschieden.

-Rotationsgeschwindigkeit am Äquator: 24,9 Tage

-Rotationsgeschwindigkeit an der Polachse: 35-40 Tage

-Neigung der Rotationsachse: 82°49' (gegen die Ekliptik)

Mit der Breite kann die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne berechnet werden:

$$\text{Rotationszeit der Sonne} = 24,9 - 0,0188 |b| + 0,00216 b^2$$

B ist die nördliche oder südliche Breite in Grad (siehe Arbeitsblatt 4 zur Definition der Breite).

Die synodische Rotation beträgt: 27,5 Tage\* ( am Äquator). Die Sonne und die Erde haben die selbe Rotationsrichtung, deshalb scheint sich die Sonne von der Erde aus gesehen langsamer zu drehen.

\*Dies ist ein Durchschnittswert, der sich während eines Jahres aufgrund der ungleichmäßigen Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn variiert.

## - 2 - MESSUNG:

Am besten führt man die Messungen zu zweit durch.

- 1 – Man klemmt den Messschirm an das Solarscope. (siehe Anleitung).
- 2 – Dann visiert man die für das Experiment gewünschten Sonnenflecken an.
- 3 – Um sicher zu sein, dass der Weg der Sonne parallel zu den Linien auf dem Messschirm verläuft, dreht man den Schirm um das Okular.
- 4 – Wie in der Zeichnung dargestellt, dreht man das Solarscope auf seiner Grundplatte, um die Sonne und ihr Bild zur Deckung zu bringen.

Um Verwechslungen mit anderen Messungen zu vermeiden, nimmt man die genaue Zeit des Experiments auf.

- 5 – Zur Messung der Bewegung der Sonnenflecken:

Man schreibt auf, wenn ein Sonnenfleck die vertikale Linie (Y-Achse) auf dem Messschirm erreicht.

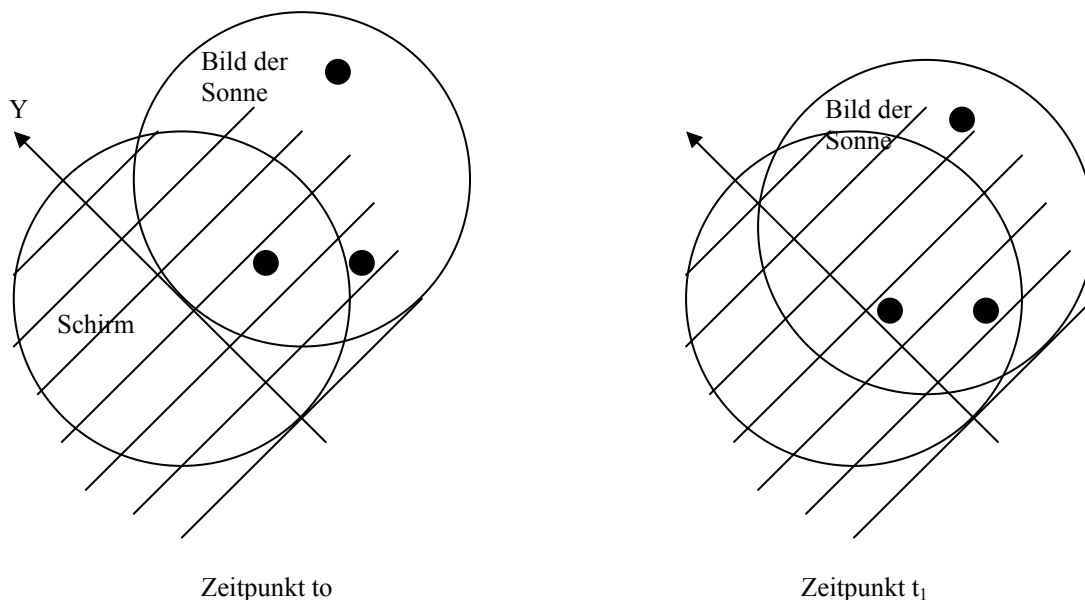
$t_0$  : Zeit, zu der der linke Rand eines Flecken die vertikale Achse berührt.

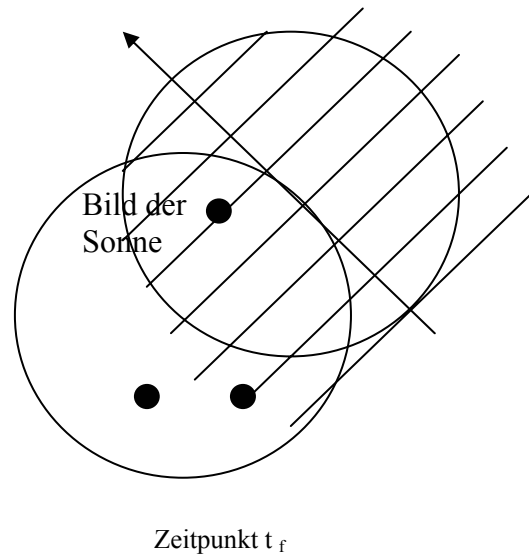
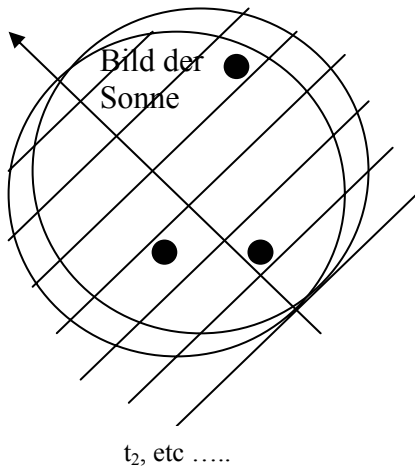
$t_f$  : Zeit, zu der der Sonnenfleck die vertikale Achse mit seinem rechten Rand berührt.

Beispiel:  $t_0 = 0$  Sekunden. Der linke Rand eines Sonnenflecken berührt die Y-Achse,  
 $t_1 = 0.48$  Sekunden. Ein Sonnenfleck erreicht die Y-Achse,  
 $t_f = 2.16$  Sekunden. Der rechte Rand eines Sonnenflecken erreicht die Y-Achse.  
Bildgröße: 122 mm.

Der Sonnenfleck ist:  $0.48 * 122 / 2.16 \approx 27$  mm vom linken Rand des Sonnenbildes entfernt.

Die Y-Achse ist geneigt, um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen.



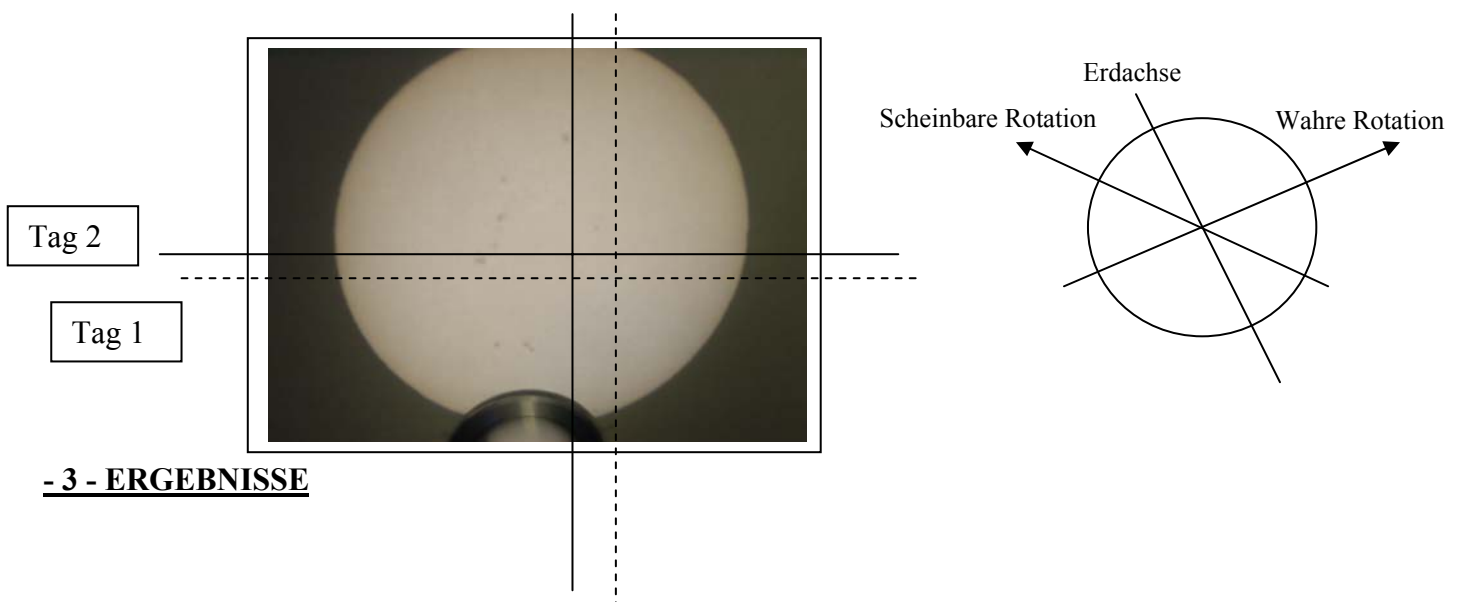


Übrigens: Die Messungen wurden am Morgen durchgeführt, deshalb ist der Weg der Sonne nach unten geneigt.

- 6 – Man trägt alle Messungen in einer Tabelle zusammen und führt alle nötigen Berechnungen durch.
- 7 – Man misst nun mehrere Positionen von Sonnenflecken, zum Beispiel jeden Tag zur gleichen Zeit,
- 8 – Man trägt jeden Tag Positionen von verschiedenen Sonnenflecken auf dem Messschirm ein ( $t_1, t_2, \dots$ ). Dies verdeutlicht die Rotation der Sonne.

Damit sich die Sonnenrotation deutlich zeigt, sollte man über mindestens 15 Tage je drei bis fünf Messungen machen, am besten einen Monat lang. Die Sonnenrotationsdauer variiert von 25 bis zu 34 Tagen vom Äquator zu den Polen.

Man sollte dabei bedenken, dass Bilder auf dem Solarscope umgekehrt dargestellt werden. Das ist wichtig, um die Rotationsrichtung der Sonne zu betimmen.



Mit Hilfe von Sonnenflecken kann man die Sonnenrotation vermessen.

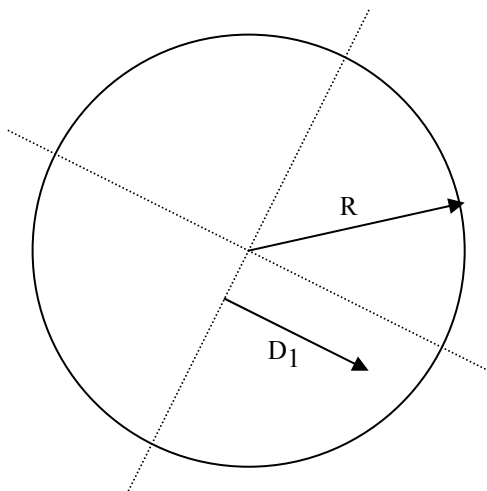
- Man braucht dazu zwei Bilder der Sonne, die zu verschiedenen Zeiten  $T_1$  und  $T_2$  gewonnen wurden. Wir ziehen eine Gerade durch den Mittelpunkt der Sonnenscheibe, die zur Verbindungslinie der Örter des Sonnenfleckes in beiden Bildern parallel verläuft.

- Eine weitere Gerade durch den Mittelpunkt des Sonnenbildes legt man senkrecht zur ersten.

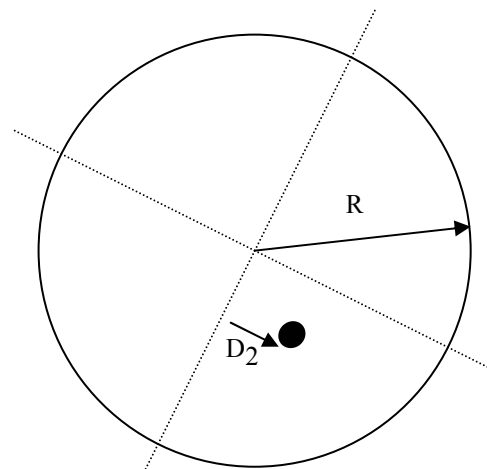
- Anschließend kann man den Radius  $R$  messen, also die Strecke zwischen dem gefundenen Mittelpunkt und dem Sonnenrand.

- Auch die Abstände  $D_1$  und  $D_2$  des Sonnenfleckes von der Senkrechten sind zu messen. (siehe Skizze)

Sonne am Tag  $T_1$



Sonne am Tag  $T_2$



Dann ist die

Rotationsgeschwindigkeit der

Sonne über folgende Formel gegeben:

$$\text{scheinbare Rotationsgeschwindigkeit} = \frac{\text{Arcsin}^* \left( \frac{D_2}{R} \right) - \text{Arcsin} \left( \frac{D_1}{R} \right)}{T_2 - T_1} \quad \text{in Winkelgrad pro Tag.}$$

\* : Mit  $\arcsin(x)$  ist der Winkel bestimmt, dessen Sinus  $x$  ist; z.B.:  $\arcsin(0.5) = 30^\circ$ .

Wir sollten aber nicht vergessen, dass die Beobachtung der Sonne natürlich von der Erde aus stattfindet. Die Erde selbst bewegt sich aber um  $0.986$  Grad pro Tag auf ihrer Bahn weiter. Will man also die tatsächliche Rotationsgeschwindigkeit der Sonne haben, muss man die Bewegung der Erde um die Sonne mit berücksichtigen.

$$\text{wahre Rotationsgeschwindigkeit} = \text{gemessene Rotationsgeschwindigkeit} + 0,986^\circ \text{ pro Tag}$$

Die Zeit, in der die Sonne sich um sich selbst dreht, ergibt sich also

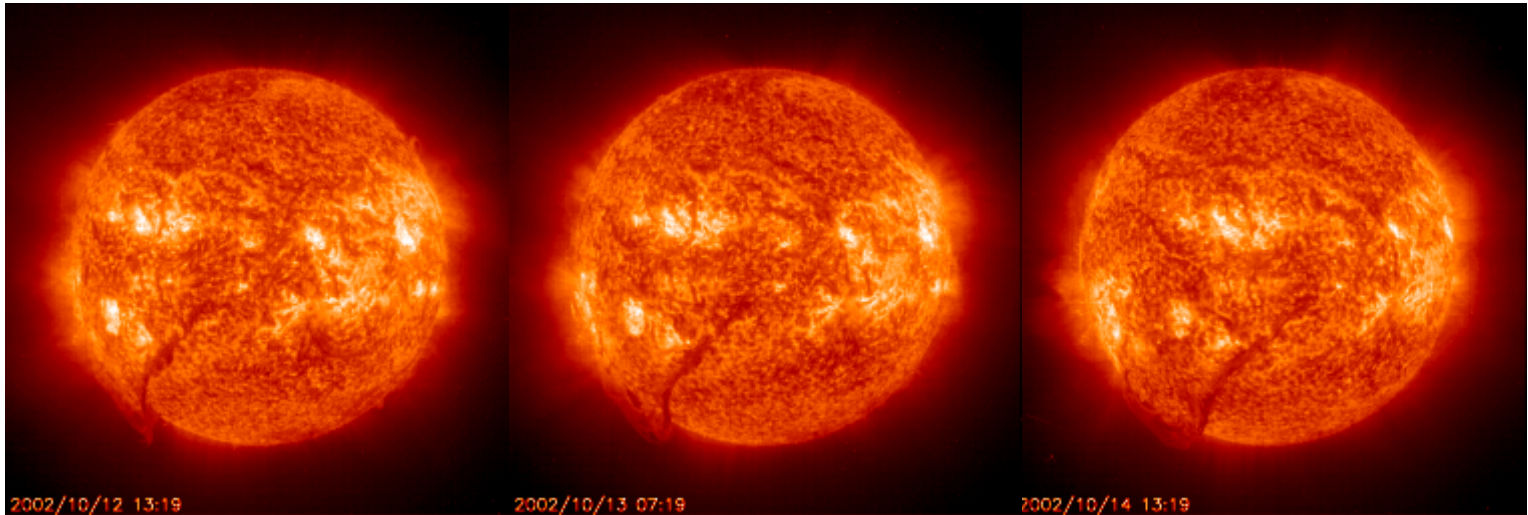
$$\text{Rotationszeit in Tagen} = \frac{360}{\text{wahre Rotationszeit}}$$

**- 4 - Tabelle:**

<b><u>Projekt 3 : SONNENROTATION ( 2 )</u></b>			
Name :			
Klasse :			
Datum :			
Uhrzeit :			
Bildgröße (Durchmesser) : X =                      mm			
		Position auf der x Achse	Position auf der y Achse
Linke Seite des Sonnenbilds	$t_0 = 0$ s	$X_0 = 0$	$Y_0 = 0$
Sonnenfleck Nr. 1	$t_1 =$ s	$X_1 = X * t_1 / t_f =$ mm	$Y_1 =$ mm
Nr. 2	$t_2 =$	$X_2 =$	$Y_2 =$
Nr. 3	$t_3 =$	$X_3 =$	$Y_3 =$
Rechte Seite des	$t_f =$	$X_f =$	

**- 5 - ERGEBNISSE**

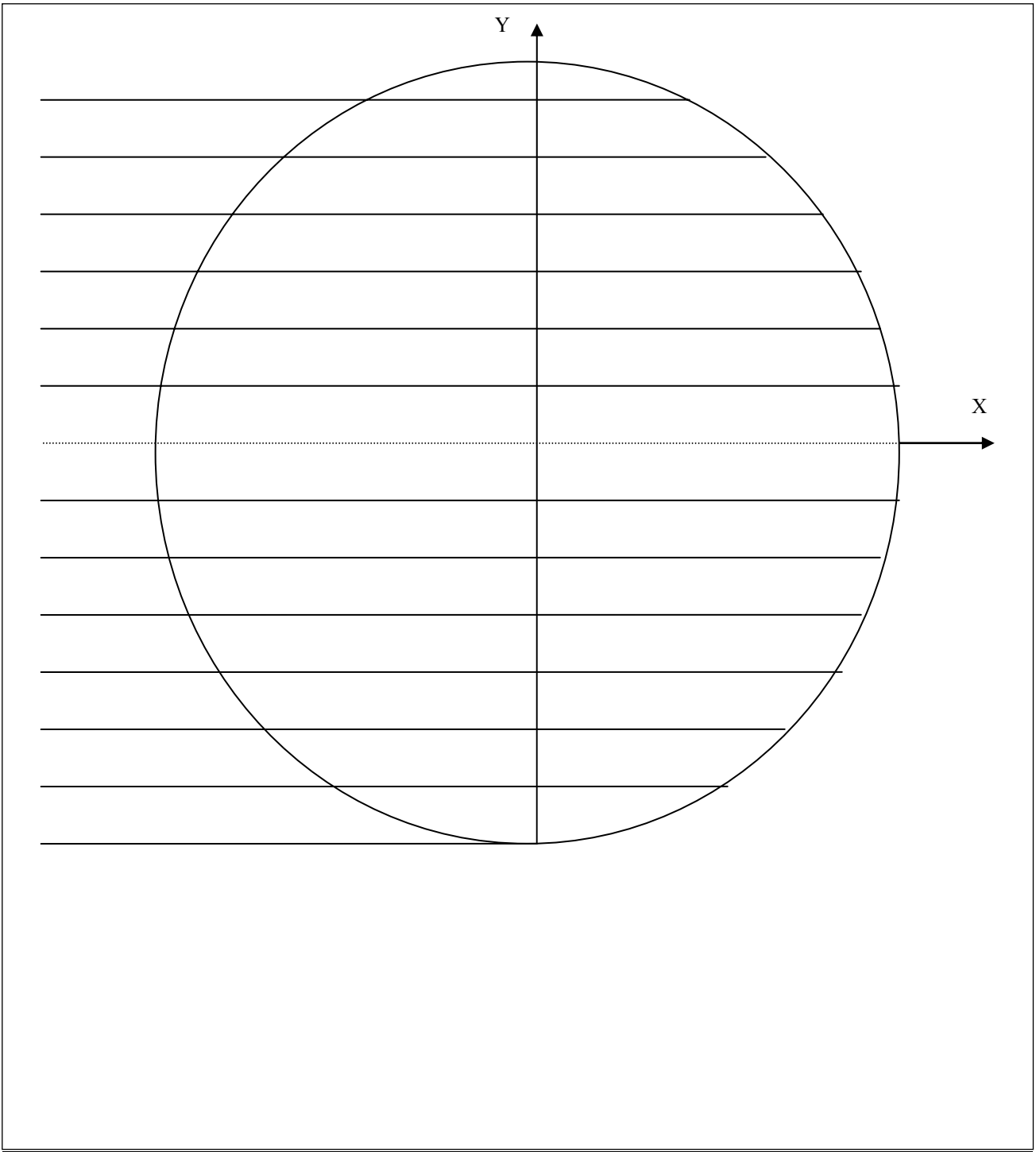
- Vergleicht man alle diese Beobachtungen der Sonne in Projektion, kann man die Bewegung ihrer Flecken sehen. Am besten zeichnen wir jeden Sonnenfleck mit einer anderen Farbe auf den Schirm. So können wir sogar die Lebensdauer solcher Flecken bestimmen.
- Besonders Fleißige können ihre Resultate schließlich mit den Bildern eines Satellitenteleskops (SOHO) der Profis vergleichen, die es im Netz gibt: [www.soho.com](http://www.soho.com) .



3 Bilder, die der Satellit SOHO an 3 aufeinander folgenden Tagen gewann.

- Sie werden die Länge des Ereignisses bestätigen.
- Dabei stellt sich außerdem heraus, dass die Sonne am Äquator schneller rotiert als an den Polen.

**- 6 – MESSSCHIRM :**



Um die volle Größe des Messschirms zu erreichen, Größe verdoppeln.