

Die Sonne im Unterricht Naturwissenschaft und Technik

**Fortbildung für Lehrerinnen und Lehrer an allgemein bildenden Schulen,
die in der Mittelstufe unterrichten, Lehrgangsnummer: 817509**

Die Sonne im Unterricht Naturwissenschaft und Technik

Landesakademie Donaueschingen

(für Lehrerinnen und Lehrer an allgemein bildenden Schulen, die in der Mittelstufe unterrichten,

Lehrgangsnummer:)

17. Mai 2006

14.00 Uhr	Begrüßung und Programmvorstellung bei Kaffee und Kuchen, Dr. Ulrike Greenway
14.30 Uhr	<i>Einführung:</i> Die Sonne im Unterricht NWT
14.45 Uhr	<i>Vortrag:</i> Erfassung und Auswertung von Positionen und Bildern der Sonne
15.45 Uhr	<i>Workshop:</i> Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne
16.30 Uhr	<i>Teilnehmerbeiträge:</i> Vorstellung der Workshopergebnisse
17.00 Uhr	<i>Vortrag:</i> Photometrische Untersuchungen der Sonne
ab 21.00 Uhr	<i>Beobachtungen:</i> Planeten (Mars, Jupiter, Saturn), Satellitenblitze abnehmender Mond (4-5 Tage nach Vollmond)

18. Mai 2006

08.45 Uhr	<i>Vortrag:</i> Das Spektrum der Sonne
09.15 Uhr	Kaffeepause
09.30 Uhr	Großer <i>Workshop:</i> Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne
12.15 Uhr	Mittagspause
13.30 Uhr	<i>Teilnehmerbeiträge:</i> Vorstellung der Workshopergebnisse
14.30 Uhr	Kaffeepause
15.00 Uhr	<i>Vortrag mit anschließendem Workshop+ Gruppenfoto:</i> Radiowellen von der Sonne Dr. Martin Neumann, Dr. Peter Wright (bis ca. 17.00 Uhr)
ab 21:00 Uhr	<i>Beobachtungen</i>

19. Mai 2006

08.45 Uhr	<i>Vortrag:</i> Die Sonne im Netzwerk der Wissenschaften (Schulfächer)
09.15 Uhr	<i>Workshop/Ideensammlung (am Computer):</i> Untersuchungen zur Sonne/Fächerverknüpfendes zur Sonne
10.30 Uhr	<i>Teilnehmerbeiträge:</i> Vorstellung der Workshopergebnisse/Ideen
11.30 Uhr	Abschlussdiskussion mit Kaffee
ab 12.15 Uhr	Mittagspause und Abreise

Schriftführer gesucht!

MITTWOCH

Die Sonne im Unterricht NWT

- Die Sonne – Alltagsobjekt, Wissenschaftsobjekt, Kultobjekt, Phantasieobjekt – ein „Muss“ für NWT
- Schwerpunkt bei **Aktivitätsangeboten**, die zum Teil selbst Keime von „Miniprojekten“ sein können, astronomische Angebote auf Lehrerniveau - didaktisches „Herunterbrechen“ zum Teil erforderlich
- **„Entdeckung“ der vielen Bezüge** (Fächerverknüpfung).
- Bei vorgestellten Aktivitätsangebote werden systematisch entsprechend den Kanälen der astronomischen Informationsgewinnung: Bilder, Helligkeiten, Spektren vorgestellt.
- **Höhepunkt schaffen:** Öffentliche Aktion zum Thema Sonne mit Schülern als den „Machern“ (anlässlich von Finsternis, Sonnenwende, Sonnenferne, ... Anerkennung durch Außenstehende sehr wichtig)

Die Sonne im Unterricht NWT

Thema	Inhalte	Materialien/Aktivitäten/Verknüpfungen
Sonnenbeobachtung	Methoden, Fernrohr, Gefahrenaufklärung	Sonnenbeobachtungen (vor allem Fleckenaufzeichnung), Anfertigung einer Sonnenbeobachtungsbrille
Überblick	Sonne als Stern, Zustandsgrößen, Aufbau, Rotation, Photosphäre	Schalenmodell zum Aufbau, mittlere Dichte berechnen, Vergleich mit Daten der Erde, Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne, Bestimmung der Randverdunklung
Bewegung und Konstellationen	Entfernung, System Sonne-Erde-Mond, Sonnen- und Mondfinsternisse	Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers (Nachweis Ellipsenbahn), Tellurium, Experimente zum Schattenwurf, Fingerkino zum Ablauf einer Finsternis
Scheinbare Sonnenbewegung	Scheinbare tägliche und jährliche Bewegung	Flaschenglobus (Demonstration des scheinbaren täglichen Sonnenlaufs in Abhängigkeit von der Jahreszeit und der geografischen Position), Bezüge zur Geografie (Polarkreise, Wendekreise), gnomonische Messungen, Langfristbeobachtung des Sonnenstands zur Mittagszeit (Analemma)
Physikal. Untersuchung der Sonnenstrahlung	Leuchtkraft, Solarkonstante, Spektrum	Freihandversuch zur Leuchtkraftabschätzung, Bestimmung der Solarkonstante, Beobachtung des Sonnenspektrums (mit Prisma, mit Handspektroskop), Nachweis der IR-Strahlung (Herschelversuch), Nachweis der UV-Strahlung
Erkenntnisse der Sonnenforschung	Entstehung und Entwicklung der Sonne, Energiequelle der Sonne	Recherche in populären Fachzeitschriften und Fachbüchern

(noch zu vervollständigen)

Zur Praxis der Sonnenbeobachtung in der Schule

- **Nie ungeschützt in die Sonne blicken!!!**
- Beobachtung mit bloßem Auge mit Sonnenbeobachtungsbrille (keine Sonnenbrille!) o. a. geeigneten Filtern
- Ferrohr-/Fernglasbeobachtung mit Objektivfilter, Okularfilter (schlecht!) oder in Projektion
- Okular: nicht gekittet
- Projektionsmethode für Schule günstig: Aufzeichnung des Sonnenbildes
- Ost-West-Richtung im Bild durch Sonnenlaufrichtung



Erfassung und Auswertung astrometrischer und bildlicher Daten der Sonne



Mit der Höhenmessung fängt es an!

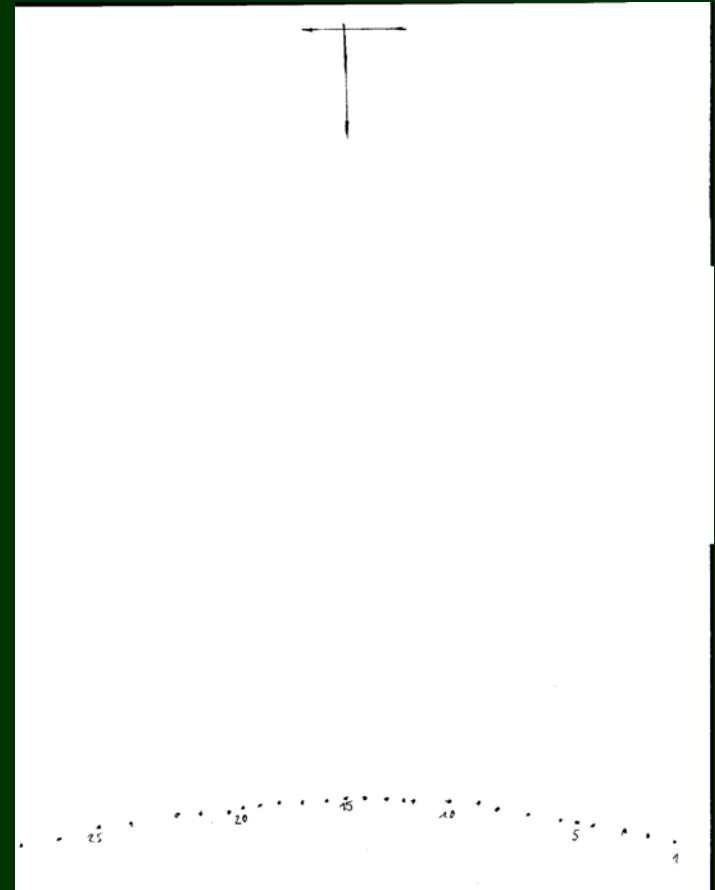


Gnomonische Bestimmung der Kulminationshöhe der Sonne



Erfassung und Auswertung astrometrischer und bildlicher Daten der Sonne

Messwert	Messzeitpunkt [h:min:s]	Messzeitpunkt [h]	Abstand vom Fußpunkt des Schattenstabs bis zum Schattenendpunkt [mm]
01	11:04:57	11,08250	270,5
02	11:10:37	11,17694	265,5
03	11:16:34	11,27611	262,0
04	11:23:40	11,39444	257,0
05	11:27:35	11,45972	255,0
06	11:31:34	11,52611	252,5
07	11:39:57	11,66583	249,0
08	11:47:47	11,79638	245,0
09	11:52:50	11,88055	242,0
10	12:01:05	12,01805	240,0
11	12:10:56	12,18222	239,5
12	12:13:34	12,22611	238,5
13	12:18:28	12,30777	238,0
14	12:24:36	12,41000	237,5
15	12:29:50	12,49722	237,0
16	12:35:14	12,58722	238,5
17	12:41:58	12,69944	239,0
18	12:48:24	12,80666	239,5
19	12:53:58	12,89944	240,5
20	12:58:28	12,97444	242,0
21	13:02:00	13,03333	244,5
22	13:09:49	13,16361	245,5
23	13:15:58	13,26611	247,5
24	13:27:52	13,46444	253,5
25	13:35:44	13,59555	257,0
26	13:45:02	13,75055	265,0
27	13:54:08	13,90222	270,5



Beispielmessung 1 mit dem Gnomon

Datum: 05. 02. 2005

nahe Rudolstadt

Höhe Schattenstabspitze: $H_{\text{Stab}}=92,5\text{mm}$

Darstellung und Auswertung der Messungen mit EXCEL:

Polynom-Fit: $y = 16,525 \cdot x^2 - 412,46 \cdot x + 2811,3$

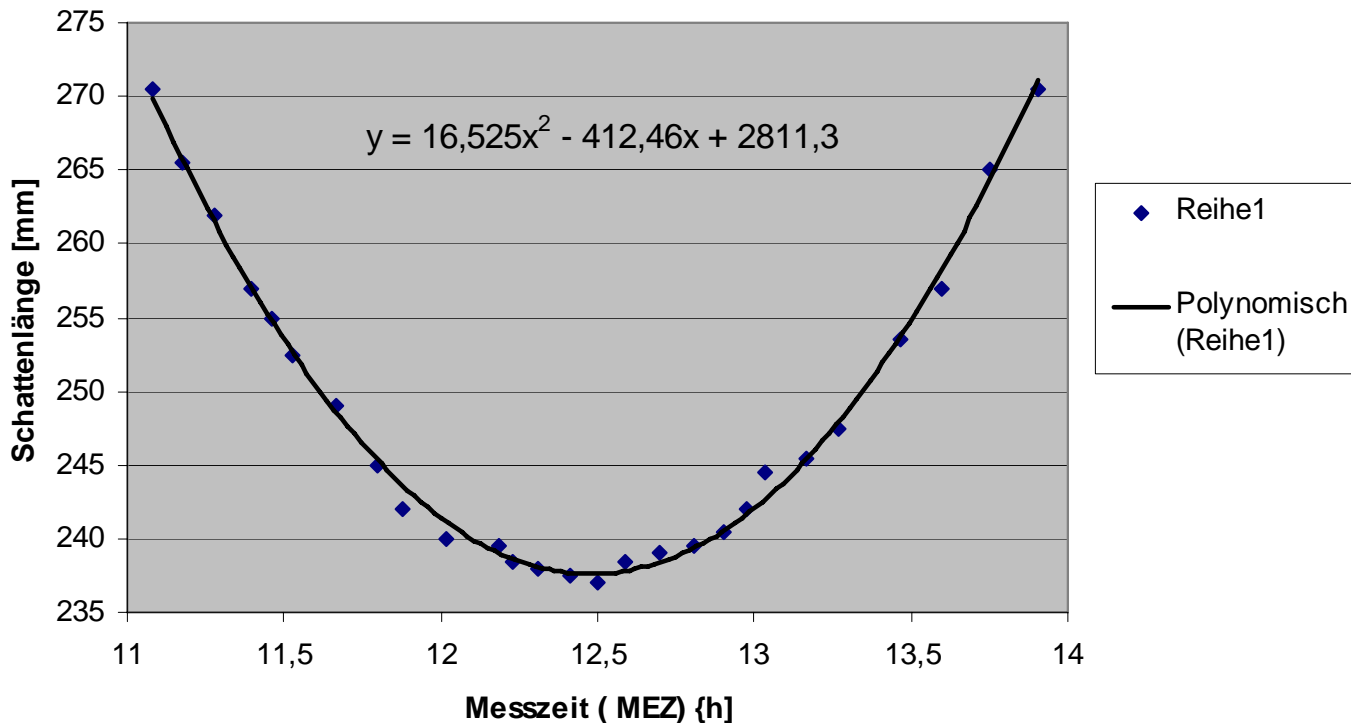
Minimumsuche: 1. Ableitung: $0 = 33,05 \cdot x_{\text{Min}} - 412,46$

$x_{\text{Min}} = 412,46 / 33,05 \approx 12,48 \text{ h}$, $y_{\text{Min}} \approx 237,6 \text{ mm}$

Berechnung der Kulminationshöhe:

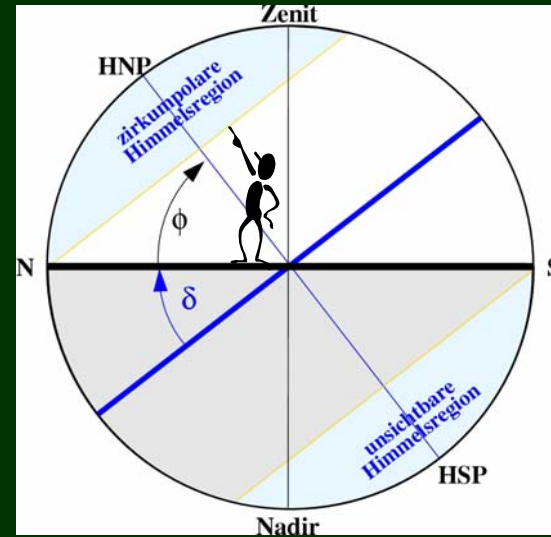
$$\tan h = H_{\text{Stab}} / y_{\text{Min}} = 92,5 \text{ mm} / 237,6 \text{ mm} = 0,389 \quad \rightarrow h \approx 21,3^\circ$$

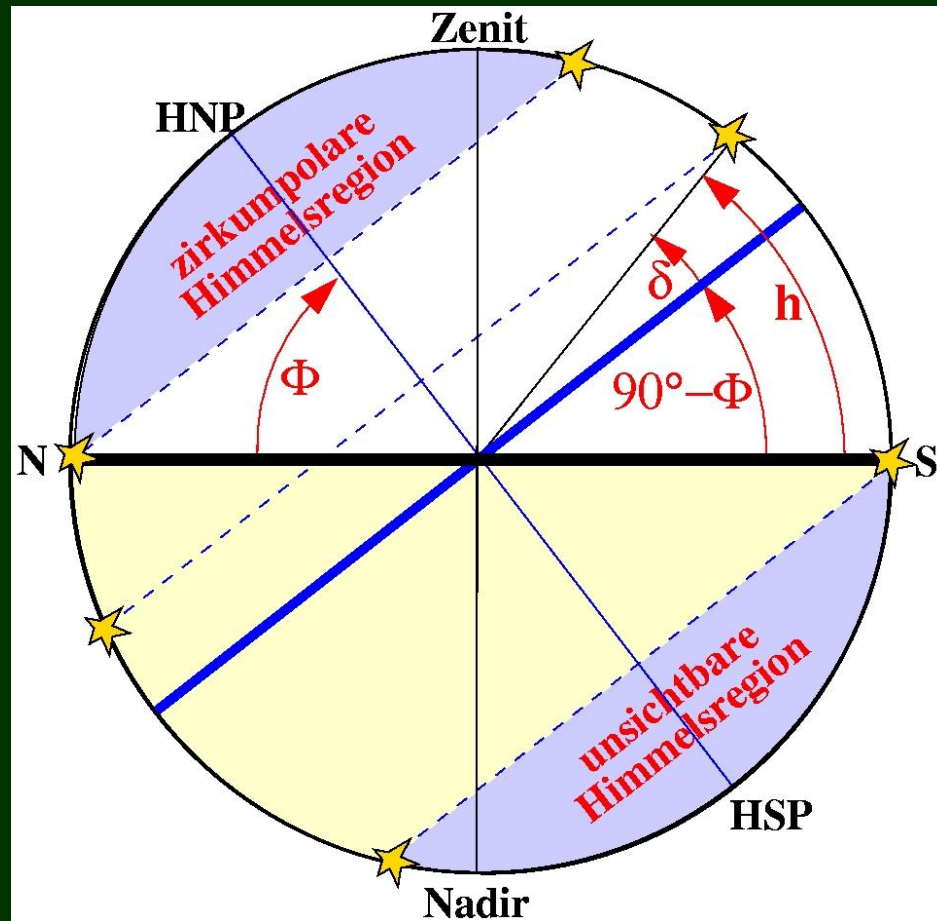
gnomonische Bestimmung der Sonnenhöhe bei ihrer Kulmination



Bestimmung der Deklination der Sonne aus ihrer Kulminationshöhe

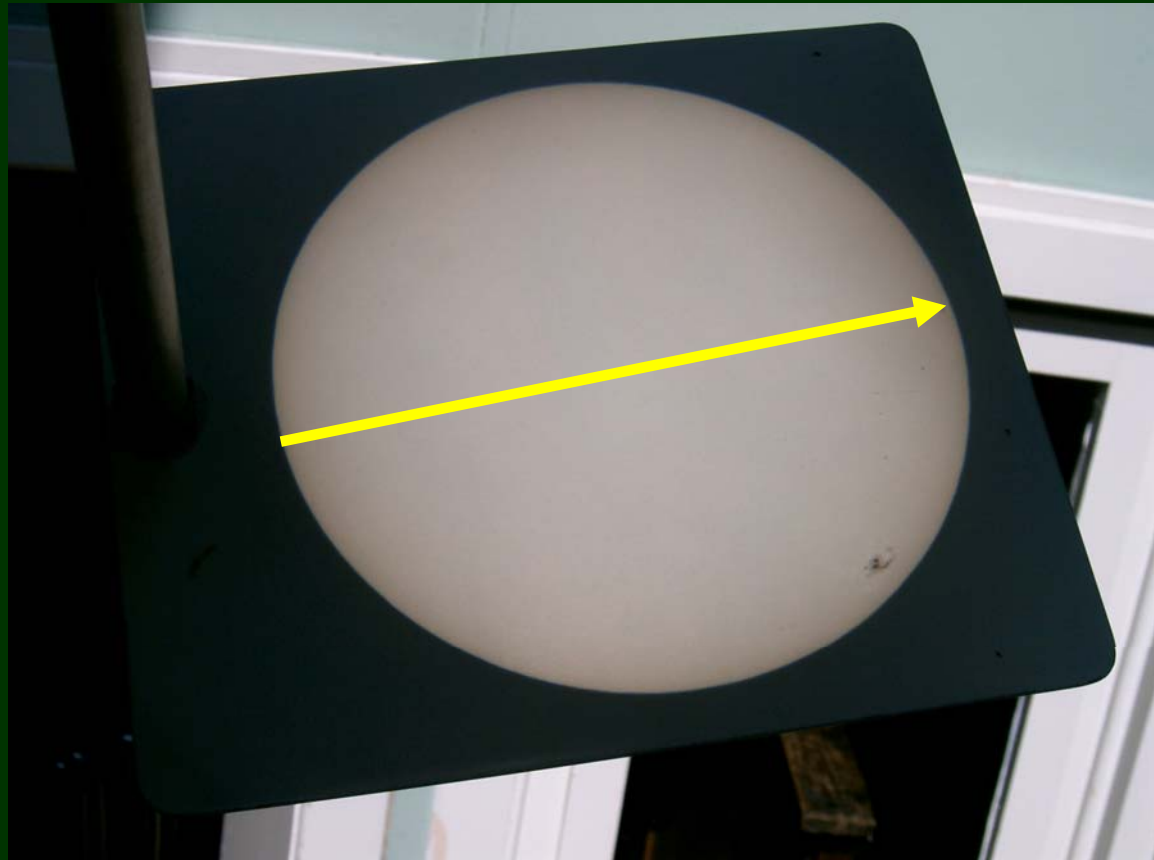
Wesentliches Modell: Meridionalschnitt durch die scheinbare Himmelskugel





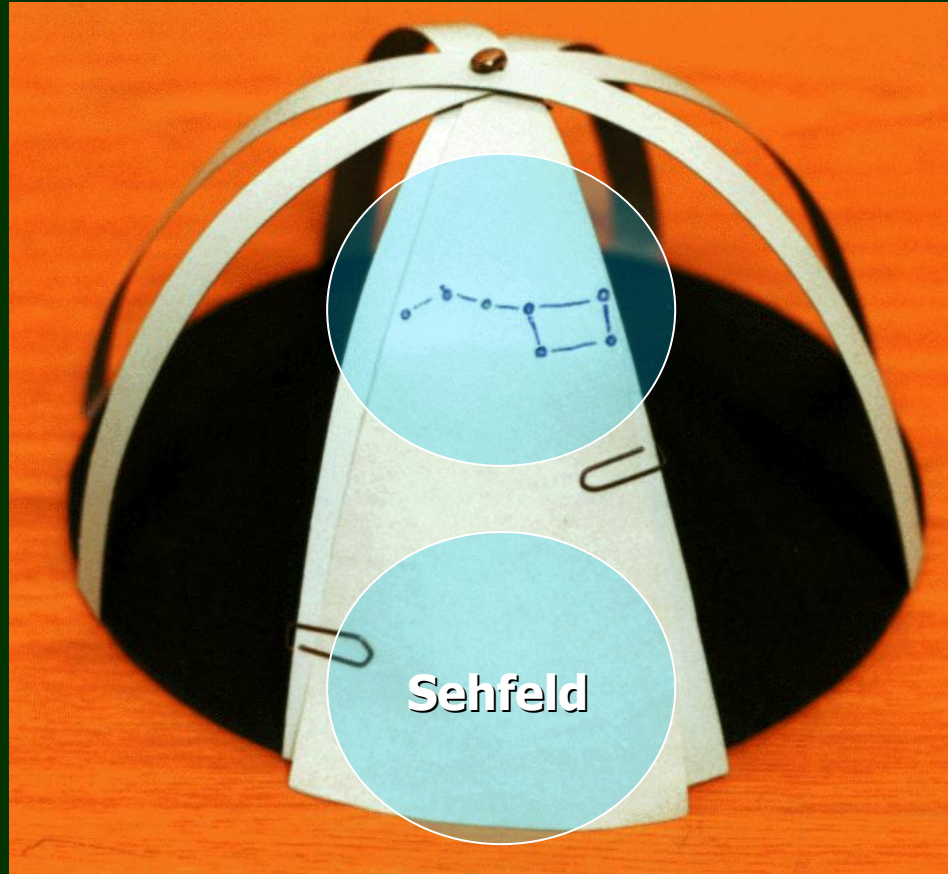
$$\delta = h - (90^\circ - \varphi)$$

Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers aus der Durchlaufzeit



Erfassung und Auswertung astrometrischer und bildlicher Daten der Sonne

Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers aus der Durchlaufzeit



Beispielmessung 1 zur Durchgangszeitmessung

04. 04. 2005, ca. 11:00 Uhr MESZ, Sternwarte Sonneberg

Messwert	Durchgangszeit
01	2 min 9 s
02	2 min 9 s
03	2 min 10 s
04	2 min 10 s
05	2 min 9 s
	169,4 s

Auswertung:

$$\rho = t \cdot \cos \delta \cdot k_1 \cdot k_2$$

δ ... Deklination der Sonne

k_1 ... Umrechnungsfaktor Sonnenzeit-Winkel

k_2 ... Umrechnungsfaktor Sonnenzeit-Sternzeit

$$\delta = +5^\circ 38,8$$

$$k_1 = \Delta t_{\text{Stern}} / \Delta t_{\text{Sonne}} = 1,0027$$

$$k_2 = 360^\circ / t_{\text{Stern}} = 15^\circ/\text{h} = 15''/\text{s}$$

$$\rho = t \cdot \cos \delta \cdot k_1 \cdot k_2 = 16' 8,4 \text{ (scheinbarer Radius)}$$

Vergleich mit Tabellenwert: **15' 59,5** (scheinbarer Radius am 4. 4. 2005, 0^h UT)

Fehlerabschätzung (Maximalfehler)

$$\rho = t \cdot \cos \delta \cdot k_1 \cdot k_2,$$

$$\Delta \rho = \left| \frac{\partial \rho}{\partial t} \right| \cdot \Delta t + \left| \frac{\partial \rho}{\partial \delta} \right| \cdot \Delta \delta.$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \delta} = \frac{\partial \cos \left(\delta \cdot \frac{2\pi}{360^\circ} \right)}{\partial \delta} = -\sin \left(\delta \cdot \frac{2\pi}{360^\circ} \right) \cdot 0,017453 / ^\circ,$$

$$\Delta \rho = \cos \delta \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta t + \sin \left(\delta \cdot \frac{2\pi}{360^\circ} \right) \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \Delta \delta \cdot 0,017453 / ^\circ.$$

z. B. für $\Delta t = 1\text{s}$ und $\Delta \delta = 0,5^\circ$

$$\Delta \rho = 15'' + 2''.$$

Sonnenfleckenerfassung - 20 Jahre A-Netz

Zur Verfolgung des Fleckenzyklus braucht es keine aufwändige Technik!
Ein guter Filter reicht!

Jeder kann mitmachen! Um alle Tage eines Jahres abdecken zu können,
brauchen wir wieder mehr Beobachter!

Daten bitte an:

A-netz@Vds-Sonne.de

Steffen Fritsche

Steinacker 33

95189 Köditz



Beobachtungsweise

Die Sonne wird ohne Vergrößerung mit Filter beobachtet!
(Schweißglas Nr.14; SOFI-Brille; Objektivsonnenfilter)

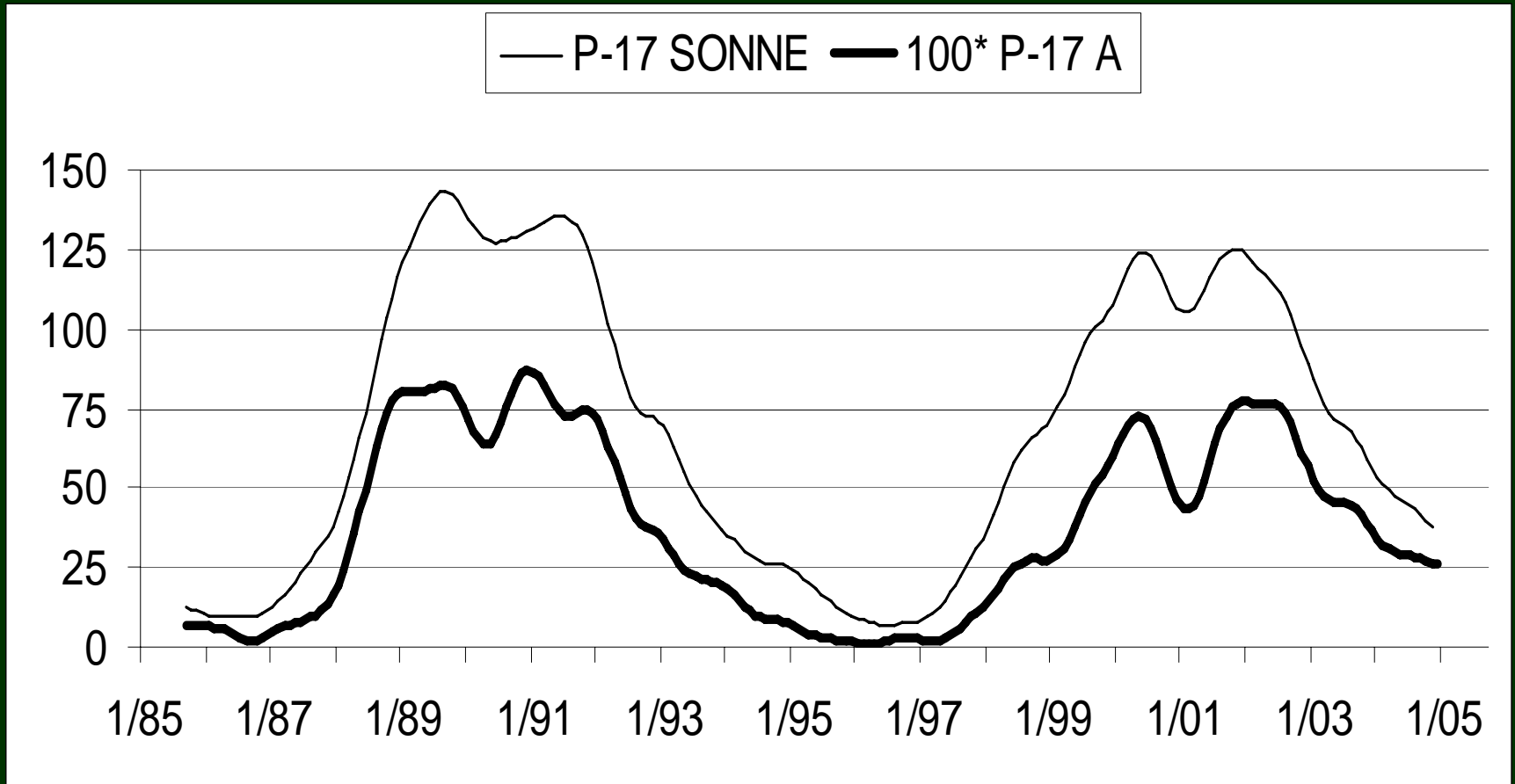
Nach Möglichkeit wird täglich eine Beobachtung durchgeführt und die als schwarze Punkte auf der Sonnenscheibe mit bloßem Auge sichtbaren Flecken werden gezählt (Fleckenzahl A).

Jeder gesichtete Fleck wird unabhängig von seinem Aussehen - ob er punktförmig, flächig oder länglich erscheint - nur als 1 Fleck gezählt ($A=1$). Nahe beieinanderliegende Flecken müssen eindeutig voneinander trennbar sein, um als 2 Flecken gezählt zu werden.

Unbedingt sind auch alle Beobachtungen jener Tage aufzuführen, an denen kein Fleck gesehen wurde ($A=0$).



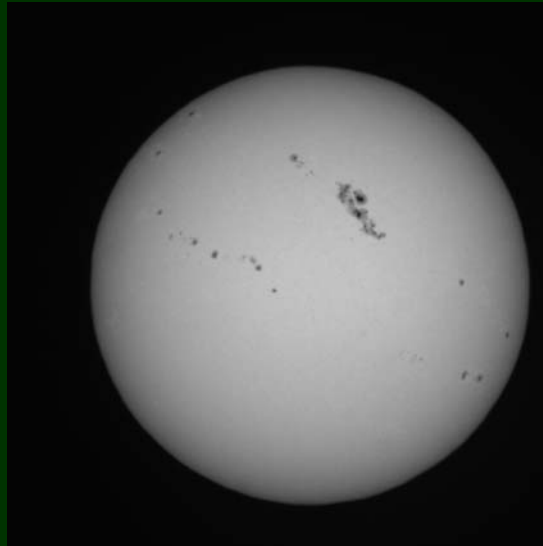
Vergleich von A-Zahl und Relativzahl



Bestimmung der Rotationdauer der Sonne



27. 03. 2001,
22:30 UT



28. 03. 2001,
22:05 UT



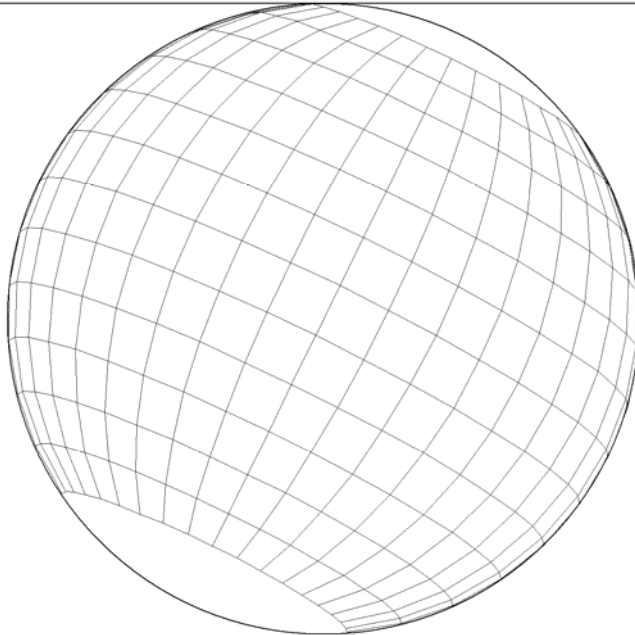
29. 03. 2001,
22:05 UT

Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne - Elementarisierung

- Kugel mit Koordinatennetz: „Sonnenkugel mit heliografischen Koordinatenlinien, Sonne bekommt die „Eigenschaft“ Rotationsachse (in Analogie zur Erdkugel mit geografischen Koordinatenlinien), Beschreibung des Anblicks (perspektivische Verkürzung)
- Erdbewegung um zur Erdbahnebene geneigte Sonnenkugel im Modell, Anblick des Koordinatennetzes von versch. Ausgewählten Positionen
- Koordinatenlinien auf 2D-Darstellung identifizieren, Koordinaten ablesen
- Annahme diskutieren: Flecken als stabile Gebilde
- Problem diskutieren: Synodische oder siderische Rotation
- Mittelung der Ergebnisse verschiedener Personen
- Variation: Flecken bei versch. Breiten: differentielle Rotation evt. ersichtlich

Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne

28.3.2001:22:5:104



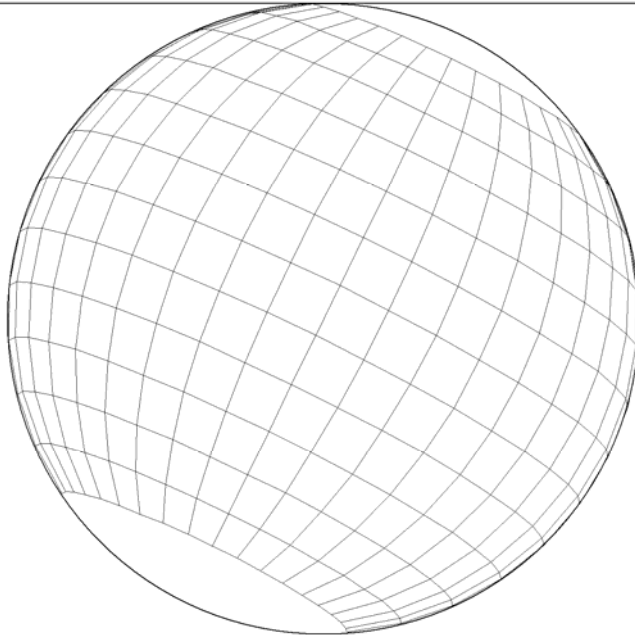
P : -26,0092
B0: -6,6945
L0: 152,3878

Datum : 28 März 2001
Uhrzeit : 22:5 Uhr UT
Rotation : 1974



Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne

28.3.2001:22:5:104



P : -26,0092
B0: -6,6945
L0: 152,3878

Datum : 28 März 2001
Uhrzeit : 22:5 Uhr UT
Rotation : 1974



Gns.exe

Workshop (75 min) + Präsentation (30 min)

Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne

Bestimme die Rotationsdauer der Sonne aus den Fleckenbeobachtungen
vom 16. 07. 2001-19. 07. 2001!

Nutze dazu eine Folie mit dem mitgelieferten Koordinatennetz, mit dessen Hilfe die Längengrade ausgesuchter Flecken abgelesen werden. Das Koordinatennetz ist jeweils deckungsgleich auf die Sonnenscheibe zu legen. Die Hilfslinie oben muss dabei parallel zur Bildoberkante ausgerichtet werden.

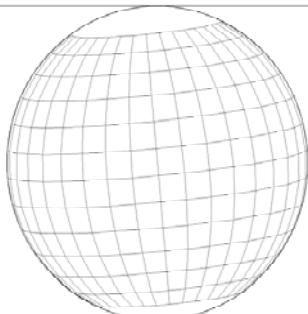
Folienvorlage

(erzeugt mit dem Programm gns.exe (Gitternetz der Sonne))

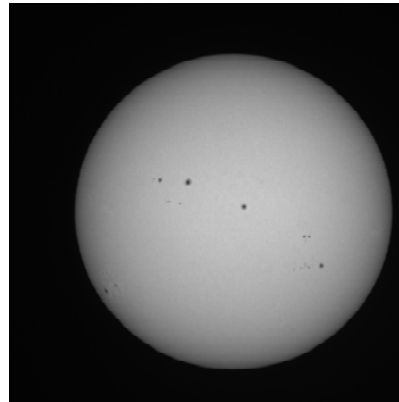
Das heliografische Koordinatennetz für den mittleren Beobachtungszeitpunkt
gilt in etwa auch für die angrenzenden Tage.

Wie groß ist die heliografische Breite der Sonnenmitte?

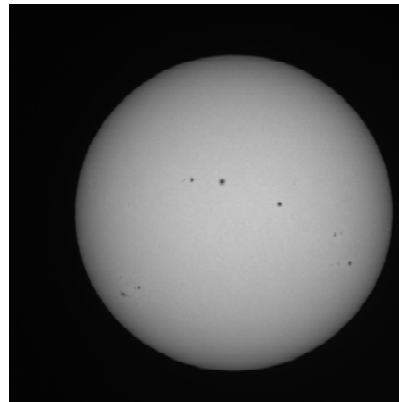
18.7.2001-9:35:102



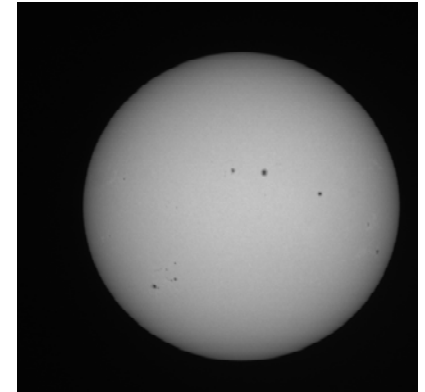
Datum : 18 Juli 2001
Uhrzeit : 9:35 Uhr UT
Rotation : 1978



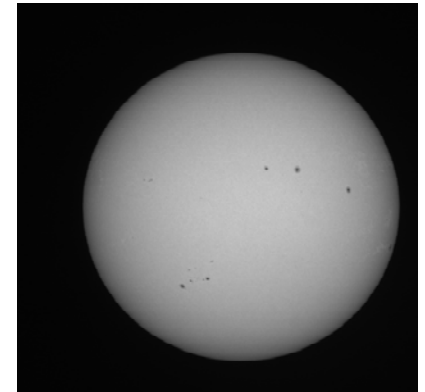
16. 07. 2001,
21:35 UT



17. 07. 2001,
21:35 UT



18. 07. 2001,
21:35 UT



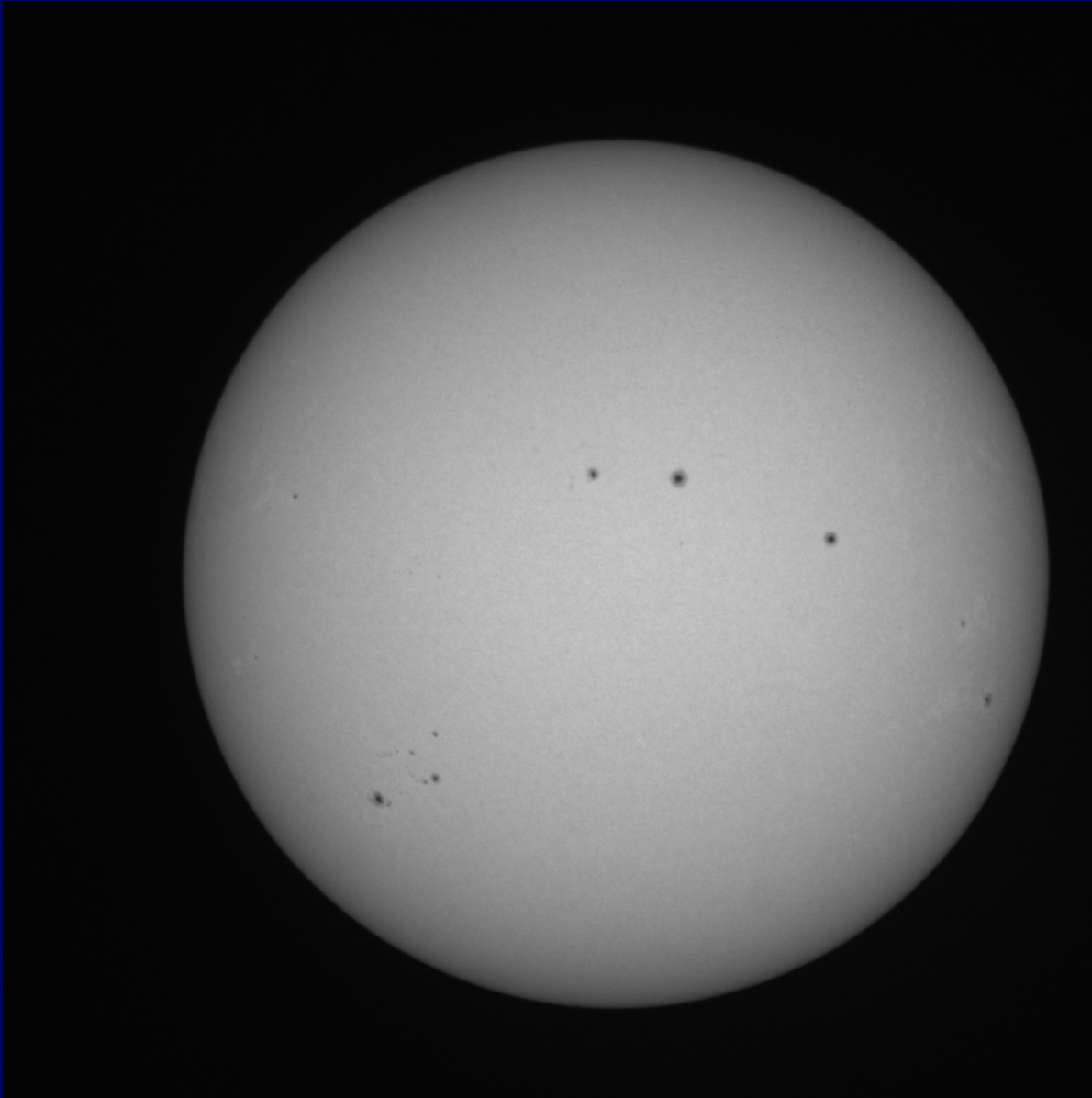
19. 07. 2001,
21:35 UT

Workshop - Ergebnisse



28. 03. 2001

Workshop - Ergebnisse

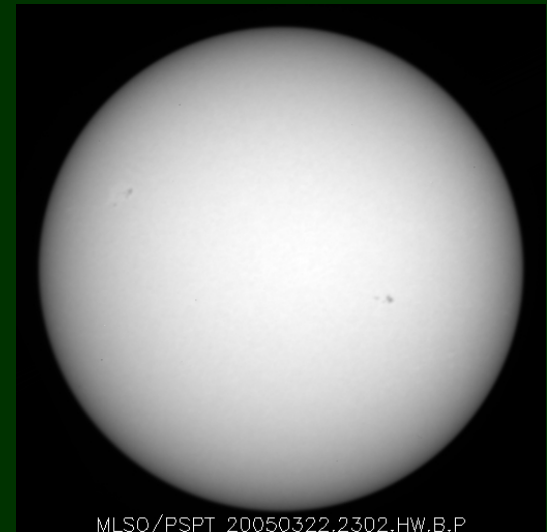
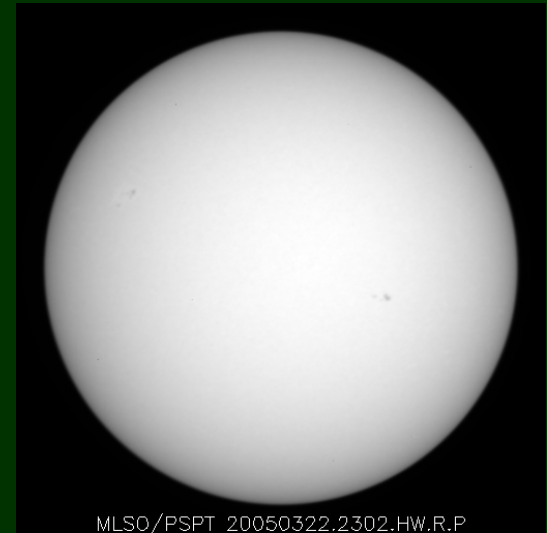


18. 07. 2001

Fotometrische Untersuchungen der Sonne

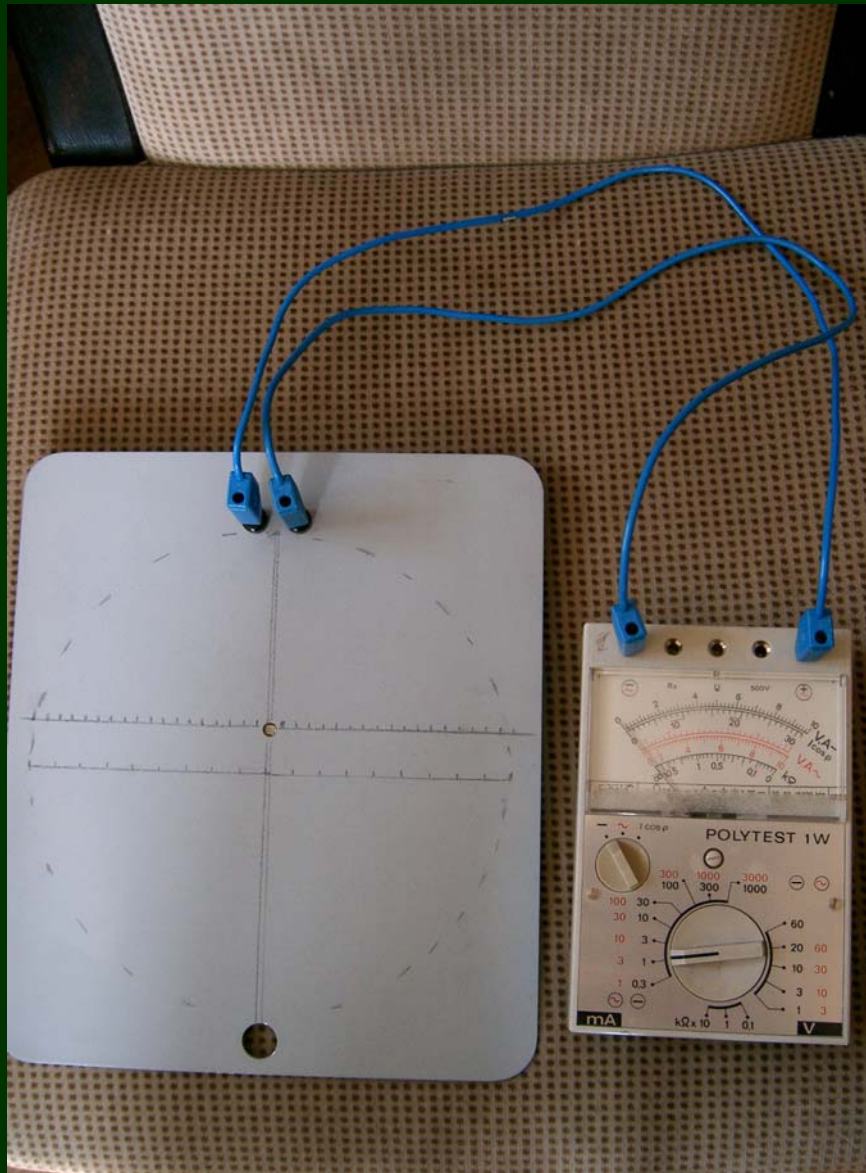


Bestimmung der Randverdunklung der Sonne

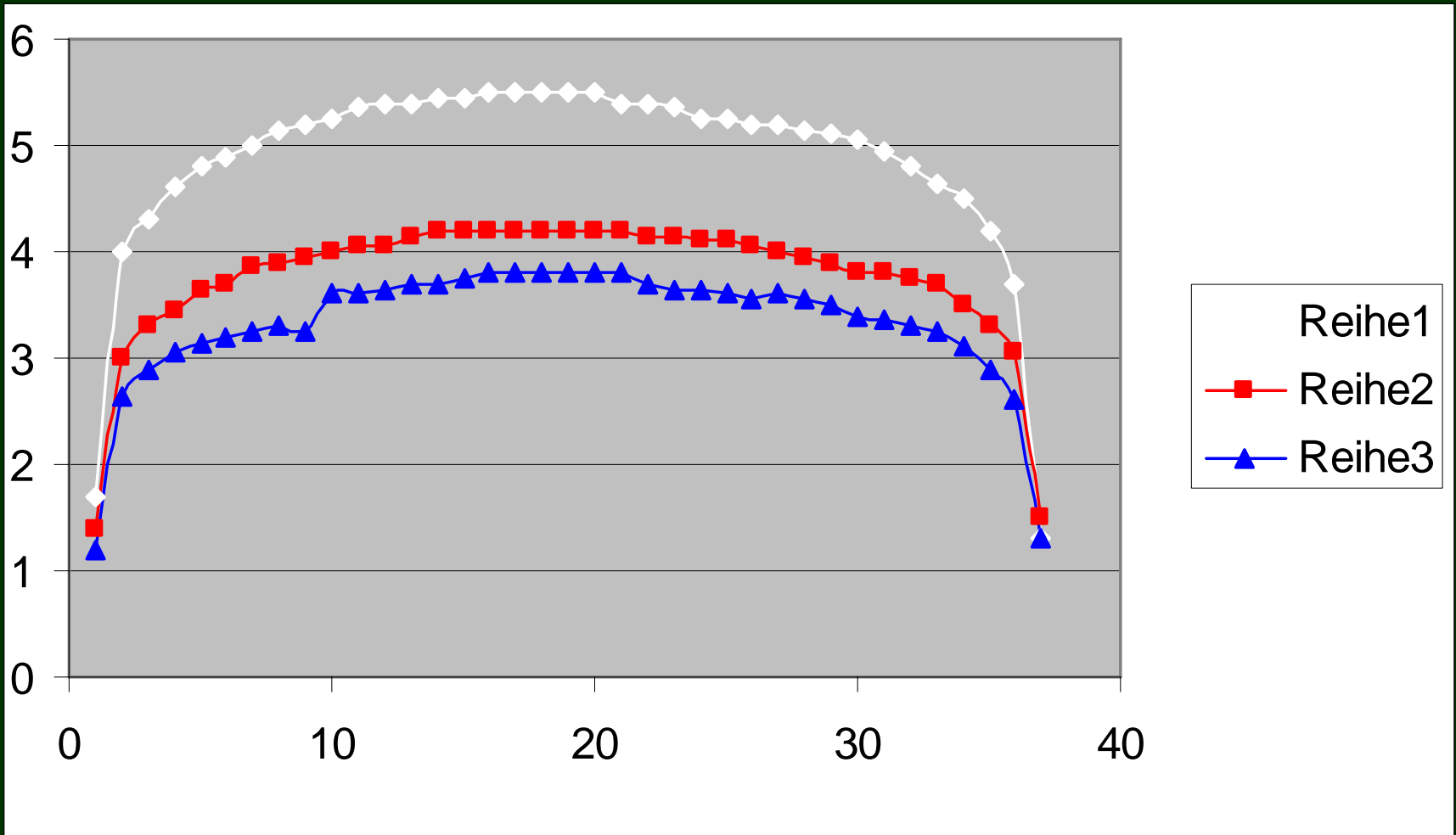


Einfache Hilfsmittel

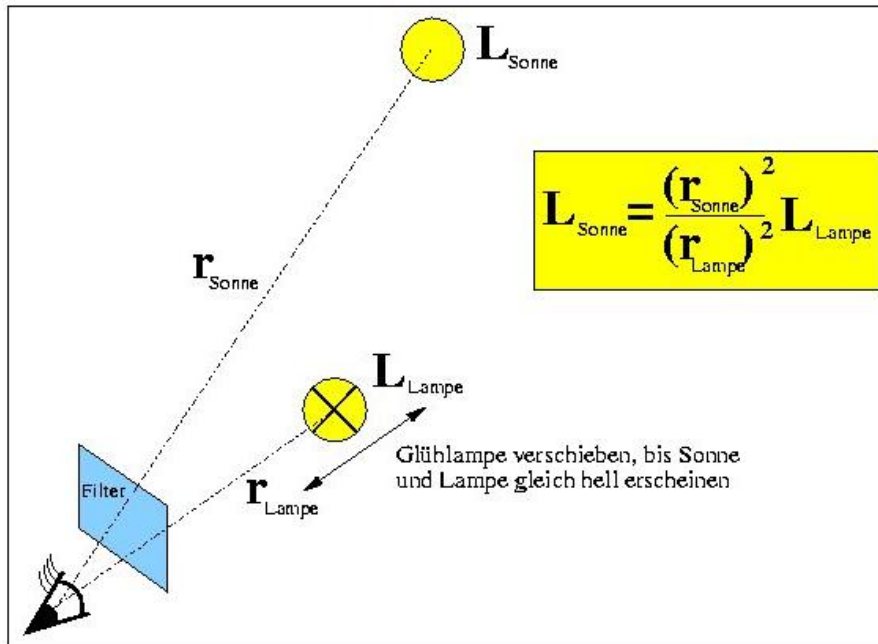
- Projektionsschirm mit Messöffnung
- Fotodiode
- Amperemeter (mA)



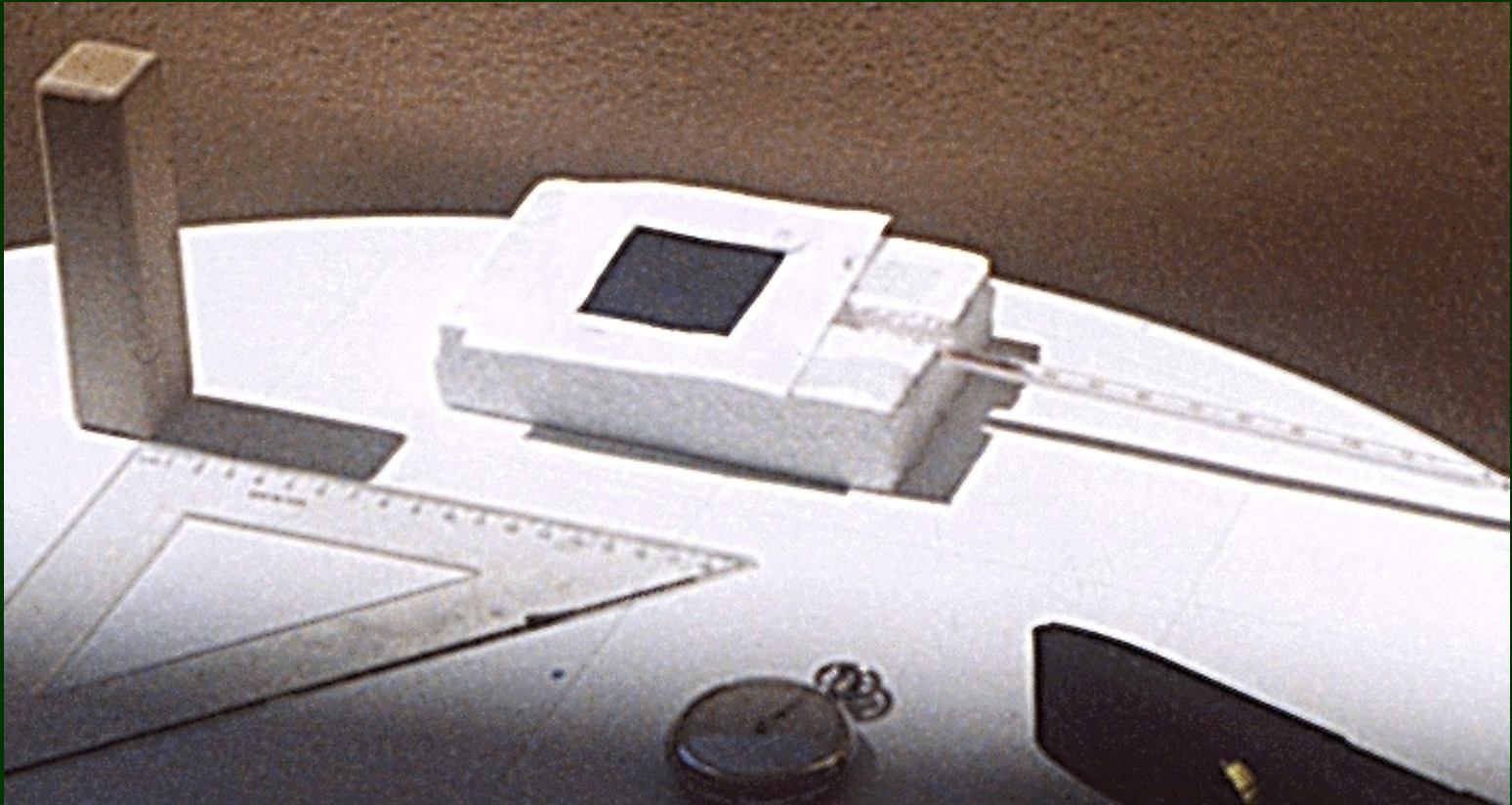
Erste Ergebnisse

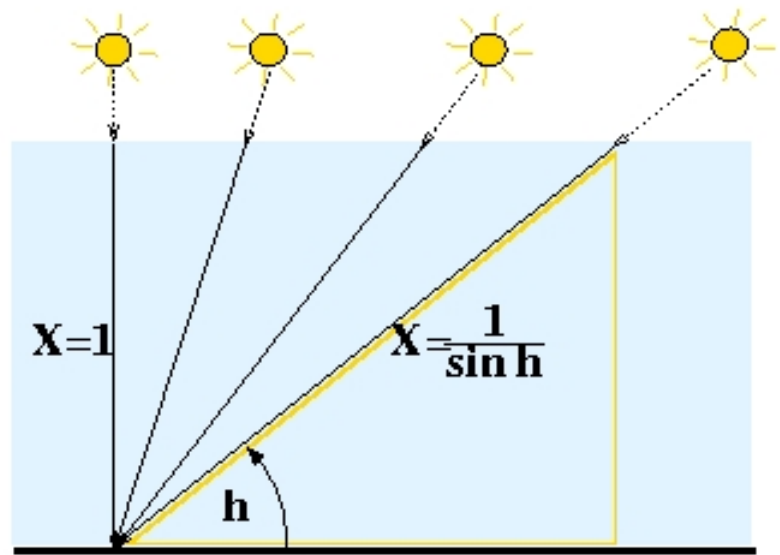
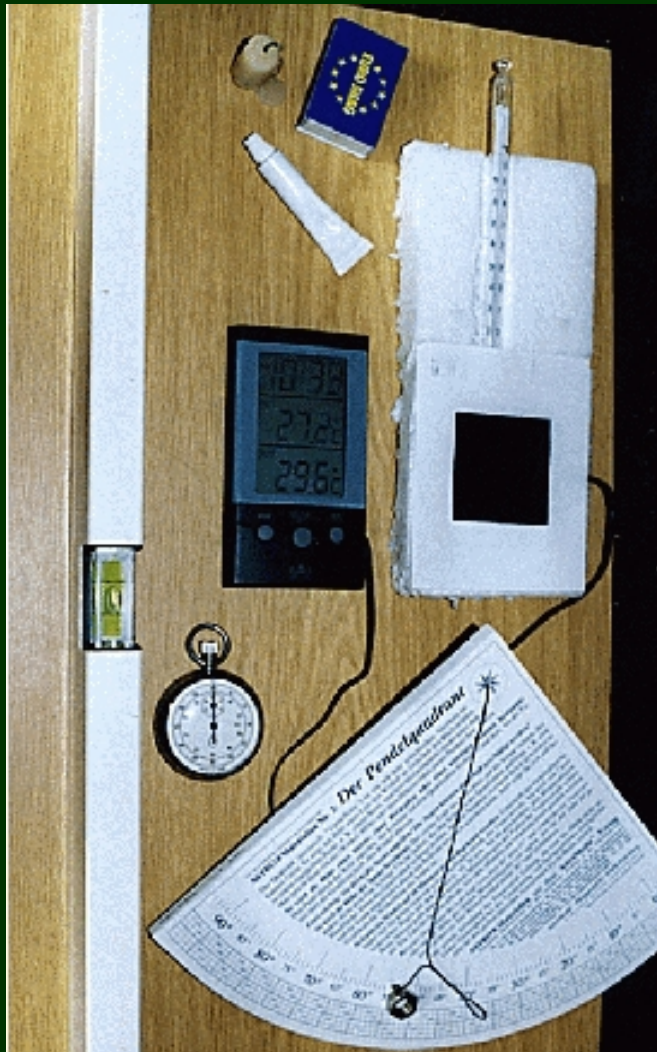


Leuchtkraft - Relativmessung



Bestimmung der Solarkonstante mit einfachsten Mitteln





Fotometrische Untersuchungen der Sonne

l [cm]	h [°]	$X=1/\sin h$	$\Delta \theta_{\text{Erwärmung}}$ [K]	$\Delta \theta_{\text{Abstrahlung}}$ [K]	Q_h [kWs]	S_h [kW/m²]	S [kW/m²]	$\log S$
6,6	61,0	1,143	8,0	2,0				
7,6	57,4	1,187	7,3	2,2				
8,4	54,8	1,224	6,4	2,6				
9,4	51,7	1,274	6,1	2,5				
10,8	47,8	1,350	5,5	2,4				
12,3	44,0	1,440	5,3	2,2				
13,9	40,6	1,537	4,8	1,8				
16,9	35,1	1,739	3,7	1,7				
19,9	30,9	1,947	2,9	1,7				
24,4	26,0	2,281	2,3	1,5				
28,0	23,0	2,559	1,8	1,2				
33,2	19,7	2,966	1,1	1,2				
37,8	17,5	3,326	0,7	1,3				

1. $Q_{\text{Erwärmung}} = m_{\text{Al}} \cdot c_{\text{Al}} \cdot \Delta \theta_{\text{Erwärmung}}$

5. $S_h = Q_h / (A \cdot t)$

2. $Q_{\text{Abstrahlung}} = m_{\text{Al}} \cdot c_{\text{Al}} \cdot \Delta \theta_{\text{Abstrahlung}}$

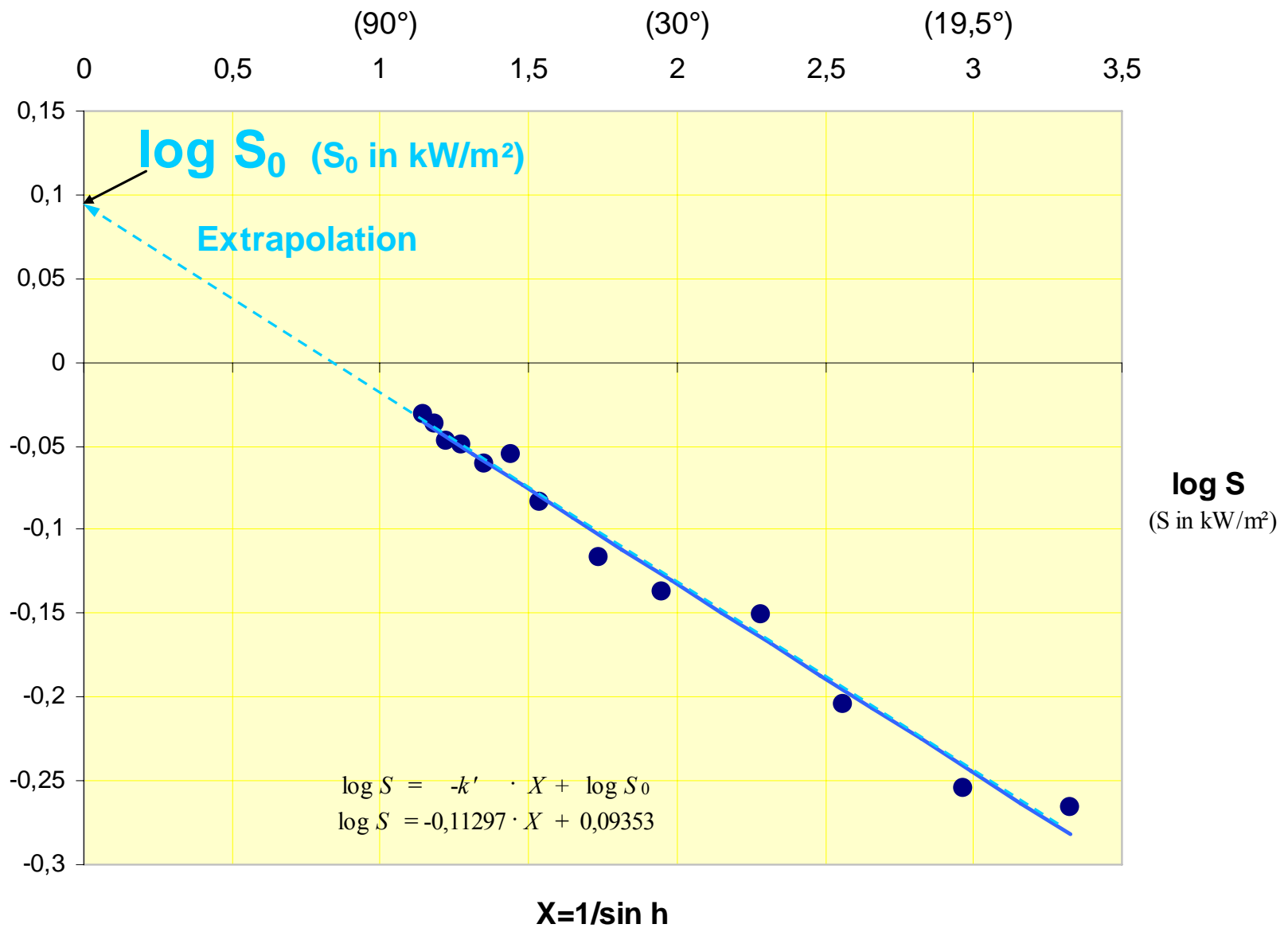
6. $S = S_h \cdot 1/\sin h$

3. $Q_h = Q_{\text{Erwärmung}} + Q_{\text{Abstrahlung}}$

7. $-2,5 \cdot \log S = X - 2,5 \cdot \log S_0$

4. $Q_h \cdot 1,05$

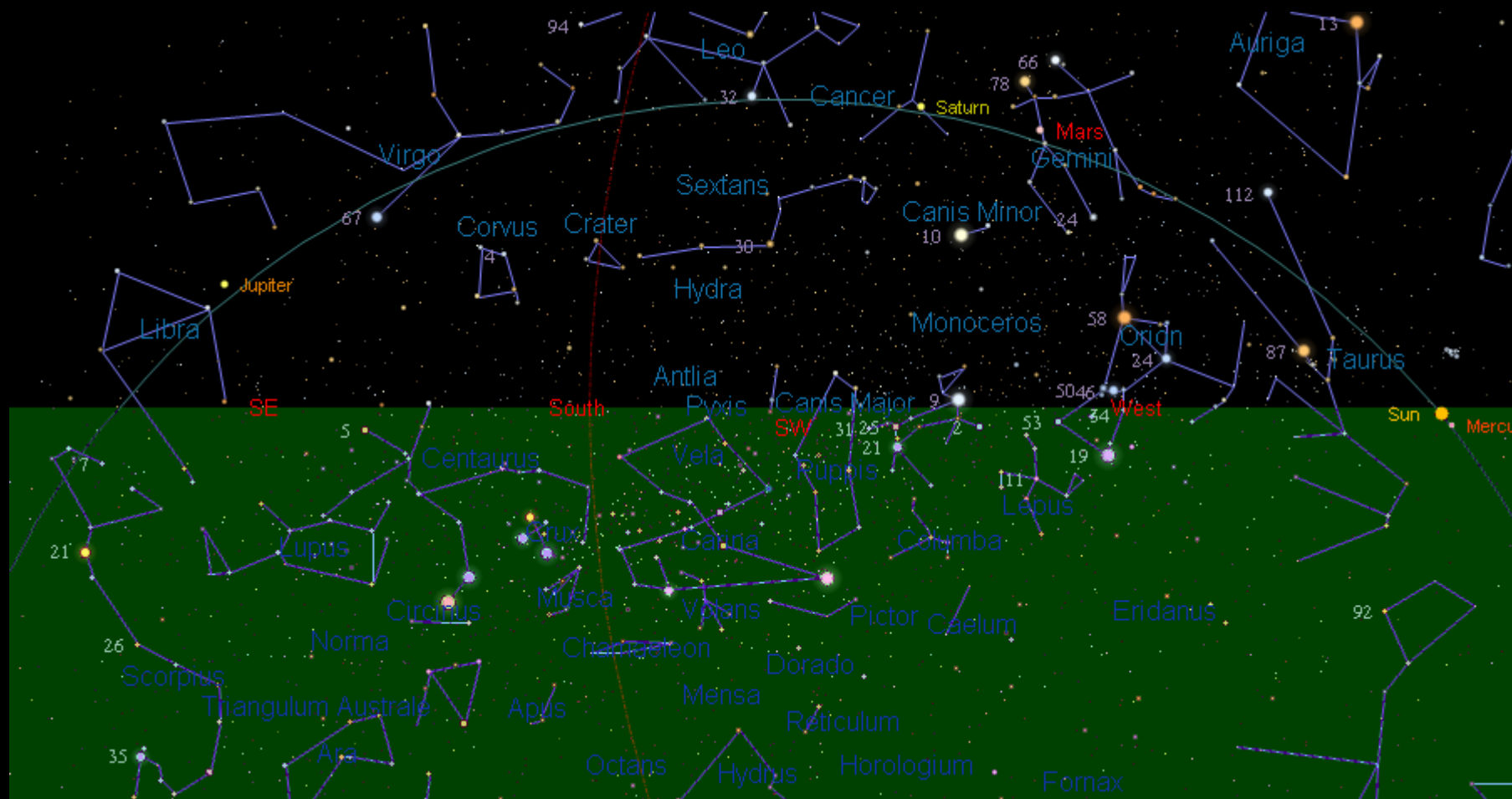
8. $S_0 \cdot 1,095$



$S_0 \approx 1,43 \text{ kW/m}^2$ (Tabellenwert $S_0 = (1,366 \pm 0,003) \text{ kW/m}^2$)

Beobachtungsabend

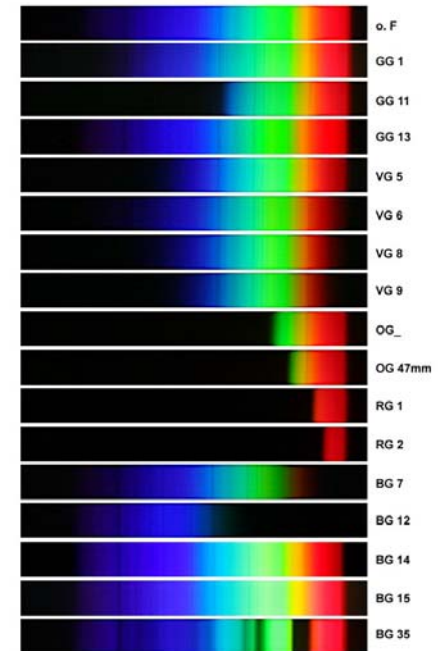
17. Mai 2006, Stuttgart, 21 Uhr



Sternbilder und Planeten aufsuchen und mehr....(SuW-Tipps)

DONNERSTAG

Das Spektrum der Sonne



Tageslicht
Handspektroskop + Canon EOS 20D

Herschel-Versuch



Das Spektrum der Sonne

Variation zum Ritter-Versuch



Das Spektrum der Sonne

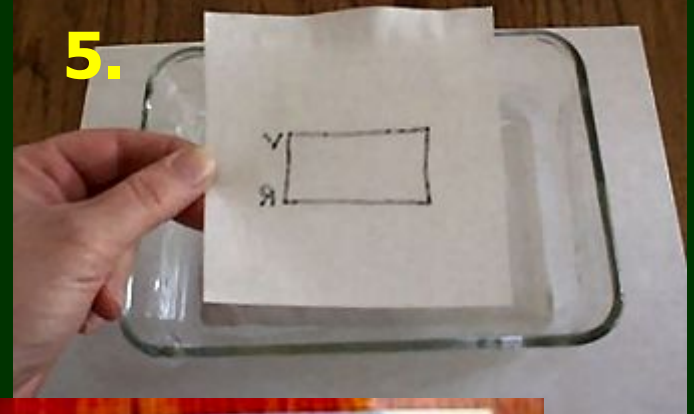
1.



4.



5.



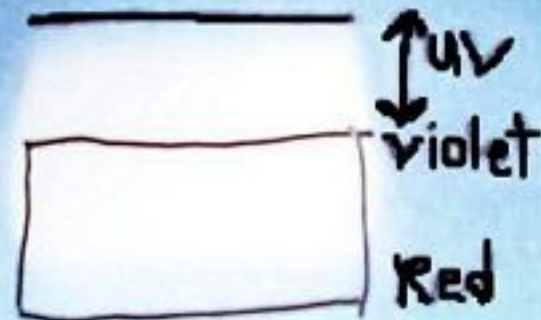
2.



3.



Ergebnis



http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/classroom_activities/ritter_example.html

Das Spektrum der Sonne

Großer Workshop (2 h 45 min)

Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Sonnenfleckregistrierung

Messungen mit dem Gnomon

Bestimme die Schattenlängen (die Sonnenhöhe) für 20-30 Messzeitpunkte um die Zeit des wahren Mittags herum. Ermittle aus den Messwerten die minimale Schattenlänge bzw. die maximale Sonnenhöhe (Kulminationshöhe der Sonne h_{Kalm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kalm}} - (90^\circ - \varphi)$ kann bei Kenntnis der geografischen Breite φ die Deklination der Sonne δ berechnet werden! Die minimale Schattenlänge l_{min} kann aus der grafischen Darstellung der Schattenlängen über der Zeit t ermittelt werden (dazu kann auch z. B. EXCEL verwendet werden).



Geografische Breite $\varphi \approx$, Höhe Schattenstabspitze: $H_{\text{Stab}} = 92,5 \text{ mm}$

Messwert	Messzeitpunkt (hexagesimal) t [h.min:s]	Messzeitpunkt (dezimal) t [h]	Abstand vom Fußpunkt des Schattenstabs bis zum Schattenendpunkt l [mm]
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

Berechnung der Kulminationshöhe: $\tan h_{\text{Kalm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\text{min}}$
(dazu kann die Taschenrechnerfunktion tan verwendet werden)

Messungen mit dem Gnomon

Bestimme die Schattenlängen (die Sonnenhöhe) für die gegebenen 27 Messzeitpunkte um die Zeit des wahren Mittags herum. Ermittle aus den Messwerten die minimale Schattenlänge bzw. die maximale Sonnenhöhe (Kulminationshöhe der Sonne h_{Kalm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kalm}} - (90^\circ - \varphi)$ kann bei Kenntnis der geografischen Breite φ die Deklination der Sonne δ berechnet werden! Die minimale Schattenlänge l_{min} kann aus der grafischen Darstellung der Schattenlängen l über der Zeit t ermittelt werden (dazu kann auch z. B. EXCEL verwendet werden).



Geografische Breite des Messorts $\varphi \approx 50,718^\circ$, Höhe Schattenstabspitze: $H_{\text{Stab}} = 92,5 \text{ mm}$

Messwert	Messzeitpunkt (hexagesimal) t [h.min:s]	Messzeitpunkt (dezimal) t [h]	Abstand vom Fußpunkt des Schattenstabs bis zum Schattenendpunkt l [mm]
01	11:04:57	11,08250	270,5
02	11:10:37	11,17694	265,5
03	11:16:34		
04	11:23:40		
05	11:27:35		
06	11:31:34		
07	11:39:57		
08	11:47:47		
09	11:52:50		
10	12:01:05		
11	12:10:56		
12	12:13:34		
13	12:18:28		
14	12:24:36		
15	12:29:50		
16	12:35:14		
17	12:41:58		
18	12:48:24		
19	12:53:58		
20	12:58:28		
21	13:02:00		
22	13:09:49		
23	13:15:58		
24	13:27:52		
25	13:35:44		
26	13:45:02		
27	13:54:08		

Berechnung der Kulminationshöhe: $\tan h_{\text{Kalm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\text{min}}$
(dazu kann die Taschenrechnerfunktion tan verwendet werden)

Großer Workshop (2 h 45 min)

Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Gnomonische Sonnenbeobachtungen

Messungen mit dem Gnomon

Bestimme die Schattenlängen (die Sonnenhöhe) für 20-30 Messzeitpunkte um die Zeit des wahren Mittags herum. Ermittle aus den Messwerten die minimale Schattenlänge bzw. die maximale Sonnenhöhe (Kulminationshöhe der Sonne h_{Kalm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kalm}} - (90^\circ - \varphi)$ kann bei Kenntnis der geografischen Breite φ die Deklination der Sonne δ berechnet werden! Die minimale Schattenlänge l_{min} kann aus der grafischen Darstellung der Schattenlängen über der Zeit t ermittelt werden (dazu kann auch z. B. EXCEL verwendet werden).



Geografische Breite $\varphi \approx$, Höhe Schattenstabspitze: $H_{\text{Stab}} = 92,5 \text{ mm}$

Messwert	Messzeitpunkt (hexagesimal) t [h:min:s]	Messzeitpunkt (dezimal) t [h]	Abstand vom Fußpunkt des Schattenstabs bis zum Schattenendpunkt l [mm]
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

Berechnung der Kulminationshöhe: $\tan h_{\text{Kalm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\text{min}}$
(dazu kann die Taschenrechnerfunktion tan verwendet werden)

Messungen mit dem Gnomon

Bestimme die Schattenlängen (die Sonnenhöhe) für die gegebenen 27 Messzeitpunkte um die Zeit des wahren Mittags herum. Ermittle aus den Messwerten die minimale Schattenlänge bzw. die maximale Sonnenhöhe (Kulminationshöhe der Sonne h_{Kalm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kalm}} - (90^\circ - \varphi)$ kann bei Kenntnis der geografischen Breite φ die Deklination der Sonne δ berechnet werden! Die minimale Schattenlänge l_{min} kann aus der grafischen Darstellung der Schattenlängen l über der Zeit t ermittelt werden (dazu kann auch z. B. EXCEL verwendet werden).



Geografische Breite des Messorts $\varphi \approx 50,718^\circ$, Höhe Schattenstabspitze: $H_{\text{Stab}} = 92,5 \text{ mm}$

Messwert	Messzeitpunkt (hexagesimal) t [h:min:s]	Messzeitpunkt (dezimal) t [h]	Abstand vom Fußpunkt des Schattenstabs bis zum Schattenendpunkt l [mm]
01	11:04:57	11,08250	270,5
02	11:10:37	11,17694	265,5
03	11:16:34		
04	11:23:40		
05	11:27:35		
06	11:31:34		
07	11:39:57		
08	11:47:47		
09	11:52:50		
10	12:01:05		
11	12:10:56		
12	12:13:34		
13	12:18:28		
14	12:24:36		
15	12:29:50		
16	12:35:14		
17	12:41:58		
18	12:48:24		
19	12:53:58		
20	12:58:28		
21	13:02:00		
22	13:09:49		
23	13:15:58		
24	13:27:52		
25	13:35:44		
26	13:45:02		
27	13:54:08		

Berechnung der Kulminationshöhe: $\tan h_{\text{Kalm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\text{min}}$
(dazu kann die Taschenrechnerfunktion tan verwendet werden)

Großer Workshop (2 h 45 min)

Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers

Bestimmung des Winkeldurchmessers der Sonne aus Durchgangszeitmessungen

Bestimme den Winkeldurchmesser (scheinbaren Durchmesser) der Sonne aus Messungen der Durchgangszeit der Sonnenscheibe.

Zur Steigerung der Genauigkeit sind mind. 5 Messungen durchzuführen.

Der scheinbare Durchmesser der Sonne ρ ergibt sich dann aus der gemittelten Durchgangszeit t aus

$$\rho = t \cdot \cos \delta \cdot 1,0027 \cdot 15''/\text{s} \quad (\delta \dots \text{Deklination der Sonne}).$$

Der Faktor $\cos \delta$ berücksichtigt die Tatsache, dass der scheinbare Sonnendurchmesser bei verschiedenen Deklinationen verschiedenen Längenkreisunterschieden (Stundenkreise) entspricht.

Messwert	Durchgangszeit [s]
01	
02	
03	
04	
05	
06	
07	
08	
09	
10	



Auswertung:

$$\rho = t \cdot \cos \delta \cdot 1,0027 \cdot 15''/\text{s}$$

Bestimmung des Winkeldurchmessers der Sonne aus Durchgangszeitmessungen

Bestimme den Winkeldurchmesser (scheinbaren Durchmesser) der Sonne aus den gegebenen Messungen der Durchgangszeit der Sonnenscheibe. Der scheinbare Durchmesser der Sonne ρ ergibt sich dann aus der gemittelten Durchgangszeit t aus

$$\rho = t \cdot \cos \delta \cdot 1,0027 \cdot 15''/\text{s} \quad (\delta \dots \text{Deklination der Sonne}).$$

Der Faktor $\cos \delta$ berücksichtigt die Tatsache, dass der scheinbare Sonnendurchmesser bei verschiedenen Deklinationen verschiedenen Längenkreisunterschieden (Stundenkreise) entspricht.

04. 04. 2005, ca. 11:00 Uhr MESZ, $\delta = +5^\circ 38,8'$
Sternwarte Sonneberg

Messwert	Durchgangszeit
01	2 min 9 s
02	2 min 9 s
03	2 min 10 s
04	2 min 10 s
05	2 min 9 s



Auswertung:

$$\rho = t \cdot \cos \delta \cdot k_1 \cdot k_2$$

$k_1 \dots$ Umrechnungsfaktor Sonnenzeit-Winkel,

$$k_1 = \Delta t_{\text{Sun}} / \Delta t_{\text{Sonne}} = 1,0027$$

$k_2 \dots$ Umrechnungsfaktor Sonnenzeit-Sternzeit

$$k_2 = 360^\circ / t_{\text{Ster}} = 15^\circ/\text{h} = 15''/\text{s}$$

Vergleich mit Tabellenwert (siehe Sternkalender, scheinbarer Radius am 4. 4. 2005, 0^h UT):

Großer Workshop (2 h 45 min)

Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Bestimmung der Sonnenfleckenzahl A (oder R)

Bestimmung der Sonnenfleckenzahl – A-Netz (A-netz@Vds-Sonne.de)

Die Sonne wird ohne Vergrößerung (mit bloßem Auge) mit Filter beobachtet! (Schweißglas Nr.14 oder SOFI-Brille oder Objektivsonnenfilter). Nach Möglichkeit wird täglich eine Beobachtung durchgeführt und die als schwarze Punkte auf der Sonnenscheibe mit bloßem Auge sichtbaren Flecken werden gezählt (Fleckenzahl A).

Jeder gesichtete Fleck wird unabhängig von seinem Aussehen (ob er punktförmig, flächig oder länglich erscheint) nur als 1 Fleck gezählt (A=1). Nahe beieinander liegende Flecken müssen eindeutig voneinander trennbar sein, um als 2 Flecken (A=2) gezählt zu werden.

Unbedingt sind auch alle Beobachtungen jener Tage aufzuführen, an denen kein Fleck gesehen wurde (A=0).

Tag/Monat/Jahr	A
17/05/2006	
18/05/2006	
19/05/2006	



Großer Workshop (2 h 45 min)

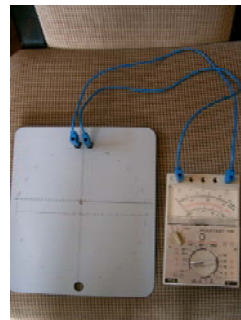
Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Registrierung der Randverdunklung der Sonne

Bestimmung der Randverdunklung der Sonne

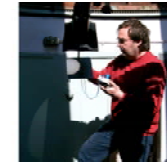
Bestimme die Randverdunklung der Sonne, indem du den Fotostrom misst, der im Licht der projizierten Sonnenscheibe entlang des Sonnendurchmessers an verschiedenen Messpunkten erzeugt wird.
Stelle den Verlauf des Fotostroms über dem Sonnendurchmessers dar! (Der Fotostrom ist proportional zur Lichtintensität).

Position auf Sonnendurchmesser	Fotostrom [mA] (ohne Filter)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	



Bestimmung der Randverdunklung der Sonne

Stelle die Randverdunklung der Sonne aus den gegebenen Werten des entlang des Sonnendurchmessers an verschiedenen Messpunkten ermittelten Fotostroms dar! (Der Fotostrom ist proportional zur Lichtintensität).



Position auf Sonnendurchmesser	Fotostrom [mA] (ohne Filter)
1	1,7
2	4
3	4,3
4	4,6
5	4,8
6	4,9
7	5
8	5,15
9	5,2
10	5,25
11	5,35
12	5,4
13	5,4
14	5,45
15	5,45
16	5,5
17	5,5
18	5,5
19	5,5
20	5,5
21	5,4
22	5,4
23	5,35
24	5,25
25	5,25
26	5,2
27	5,2
28	5,15
29	5,1
30	5,05
31	4,95
32	4,8
33	4,65
34	4,5
35	4,2
36	3,7
37	1,3

Großer Workshop (2 h 45 min)

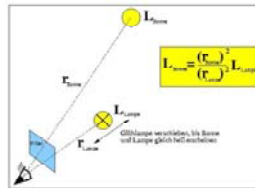
Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Bestimmung von Sonnenleuchtkraft und Solarkonstante

Experimentelle Abschätzung der Leuchtkraft der Sonne

Das Prinzip der Relativbeobachtung kann zur Abschätzung der Leuchtkraft der Sonne L_{Sonne} (Tabellenwert $\approx 3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$) angewendet werden. Dazu wird die Sonne durch einen entsprechend dimensionierten Filter (z. B. Filterfolie zur Sonnenbeobachtung) beobachtet. Gleichzeitig wird das Licht einer Glühlampe (mind. 100W) betrachtet. Der Abstand der Lampe r_{Lampe} wird solange verändert, bis sie gleichhell wie die Sonne erscheint. Unter Nutzung des zuvor erarbeiteten Zusammenhangs $L_{\text{Sonne}}/L_{\text{Lampe}} = r_{\text{Sonne}}^2/r_{\text{Lampe}}^2$ kann die Leuchtkraft berechnet werden.

Ein Fehler des Verfahrens besteht darin, dass Sonne und Lampe nicht als Punktquelle erscheinen. Dieser Fehler wird behoben, wenn beide Quellen den gleichen Raumwinkel einnehmen. Auch der Fehler durch Absorption kann vernachlässigt werden, wenn man die Absorption von Erdatmosphäre und Glaskolben einfach gleichsetzt. Da die Spektren von Sonne und Lampe verschiedene Schwerpunkte besitzen, kann aus der „Menge“ des sichtbaren Lampenlichts alleine aber nicht genau auf die „Menge“ des Sonnenlichts geschlossen werden. Dieser Fehler kann nicht einfach vernachlässigt werden. Man kann ihm begegnen, indem man die gesamte Strahlung (alle Spektralbereiche) auffängt (Bolometrie). Die Abschätzung der Sonnenleuchtkraft mit Hilfe der relativen Bolometrie (Vergleich der durch UV-, sichtbare und IR-Strahlung hervorgerufenen Wärmeempfindung von Lampe und Sonne) kann wie dargestellt erfolgen.



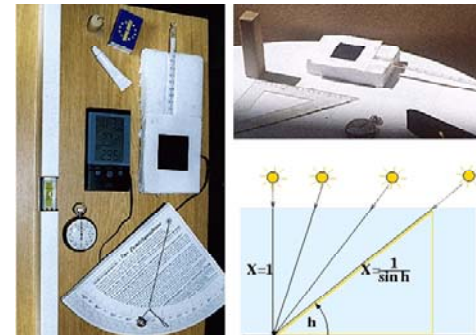
Bestimme die Leuchtkraft der Sonne mit Hilfe des „Wangenbolometers“!

Bestimmung der Solarkonstante

Bestimme die Solarkonstante der Sonne auf Grundlage von Messungen und Überlegungen zur Kalorimetrie und Strahlungsphysik!

Wie folgt ist vorzugehen:

1. Bestimmung des Temperaturanstiegs $\Delta\theta_{\text{Erwärmung,h}}$ innerhalb von 5min bei Sonnenbestrahlung (Sonnenhöhe h).
2. Bestimmung des Temperaturabfalls $\Delta\theta_{\text{Abkühlung,h}}$ durch Wärmestrahlung innerhalb von 5min (die Messung beginnt ausgehend von der Endtemperatur, die Anordnung steht nun im Schatten, Sonnenhöhe h).
3. Berechnung der insgesamt aufgenommenen Wärmemenge (Sonnenhöhe h):
 $Q_h = m_A \cdot c_A \cdot (\Delta\theta_{\text{Erwärmung,h}} + \Delta\theta_{\text{Abkühlung,h}})$
4. Berechnung des Strahlungsstroms, der in der Zeit t bei Höhe h auf waagerechte Fläche A auftrifft: $S_h = Q_h / (A \cdot t)$.
5. Hochrechnung auf Strahlungsstrom, der bei senkrechtem Strahlungseinfall von waagerechter Fläche aufgenommen werden würde: $S = S_h \cdot 1/\sin h$.
6. Berechnung der Werte $\log S$.
7. Darstellung der Werte im $\log S$ -X-Diagramm (per Hand und z. B. mit EXCEL) und Bestimmung des Schnittpunktes mit der $\log S$ -Achse bei $X=0$ ($\log S_0$).
8. Berechnung der Solarkonstante S_0 und Korrektur mit dem Faktor von $\approx 1,15$, der sowohl die spektrale Undurchlässigkeit der Erdatmosphäre als auch die Reflexionsverluste an der Rußschicht berücksichtigt.



Einfacher Versuch zur Bestimmung der Solarkonstante. Eine Grundplatte (Brett oder Tischplatte) wird mit Hilfe einer Wasserwaage horizontal eingerichtet. Auf der Grundplatte liegt, eingebettet in Styropor, der Aluminiumblock (5cm x 5cm x 1cm), dessen Oberfläche mit einer Kerzenflamme rußgeschwärzt wurde (Schwarzer Körper). Im Aluminiumblock befindet sich eine Bohrung, in welche der Temperaturfühler ins Zentrum des Blocks eingbracht werden kann (im linken Bild sind sogar zwei verschiedene Thermometer im Einsatz). Ein guter Wärmeleitungskontakt zwischen Aluminiumblock und Temperaturfühler wird durch Wärmepaste oder auch einfach durch Aluminiumbleche gewährleistet. Die Höhenmessung kann mit Hilfe eines Pendelquadranten (Projektionsmethode) oder anhand der Schattenlänge eines senkrecht stehenden Schattenwerfers erfolgen. Rechts unten: Bei verschiedenen Sonnenhöhen h legt die Sonnenstrahlung unterschiedlich lange Wege durch die extingierende (absorbierende und streuende) Atmosphäre zurück. Der Weg wird hier in Vielfachen des Weges in Zentrichtung, der Luftmasse X angegeben. Für das planparallele Atmosphärenmodell gilt: $X = 1/\sin h$, wobei für $h=90^\circ$ der Weg $X=1$ ist. Das planparallele Atmosphärenmodell ist für die betrachteten Sonnenhöhen ausreichend genau, das Kugelschalenmodell ist also nicht nötig.

Großer Workshop (2 h 45 min)

Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Spektrenbeobachtung, Herschel-/Ritterversuch

Spektren beschreiben



In der Abbildung werden einige Handspektroskope gezeigt, die eine Freihandbeobachtung der Spektren von hellen Lichtquellen (z. B. Taghimmel, Mond, Glühlampen, Leuchtstofflampen) ermöglichen.

Die besagten Lichtquellen sind zu beobachten und ihr Spektrum ist zu beschreiben!

Nachweis der Infrarotstrahlung der Sonne nach Herschel

Friedrich Wilhelm Herschel konnte 1800 die Infrarotstrahlung nachweisen, indem er mit Thermometern die erwärmende Wirkung der Strahlung in verschiedenen Bereichen des Spektrums untersuchte und dabei feststellte, dass es auch bei einem jenseits des sichtbaren roten Spektralbereichs positionierten Thermometer zu einer Temperaturerhöhung kommt.

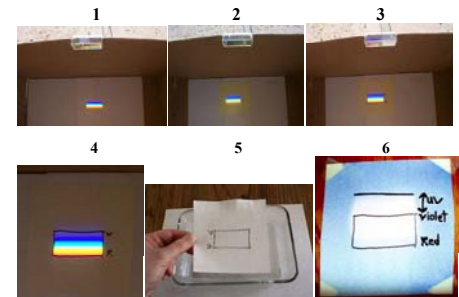


Der Herschel-Versuch ist nachzuahmen.

Nachweis der Ultraviolettstrahlung der Sonne

Die Ultraviolettstrahlung der Sonne ist wie folgt nachzuweisen!

- (1) Das Licht der Sonne wird mit einem Prisma spektral zerlegt. Das Spektrum wird dabei auf dem Boden eines Schuhkartons abgebildet.
- (2) Nun lege man ein Stück Blaupapier an die Stelle, an der das Spektrum abgebildet wird.
- (3) und (4)
- (4) Das sichtbare Spektrum wird mit einem Faserstift umrahmt (rotes und violettes Ende mit R und V markieren).
- (5) Nach ca. 1-2 min Belichtungszeit wird die belichtete Seite des Blaupapiers in die Dämpfe einer 25%igen Ammoniaklösung gehalten (Achtung!).
- (6) Die belichteten Bereiche des Blaupapiers bleiben hell. Überraschend ist die Tatsache, dass auch ein Streifen jenseits des Violetten hell bleibt – ein Beleg dafür, dass dort eine unsichtbare Strahlung (UV) vorliegt.



Der Versuch ist nachzuahmen, eigene Erfahrungen sind zu notieren.

**Präsentation der Ergebnisse
Erfahrungsaustausch (mit Protokoll !!!)
(1 h)**

Radiowellen der Sonne

(Vortrag+Workshop, Dr. Martin Neumann, Dr. Peter Wright)

+ *Gruppenfoto!*

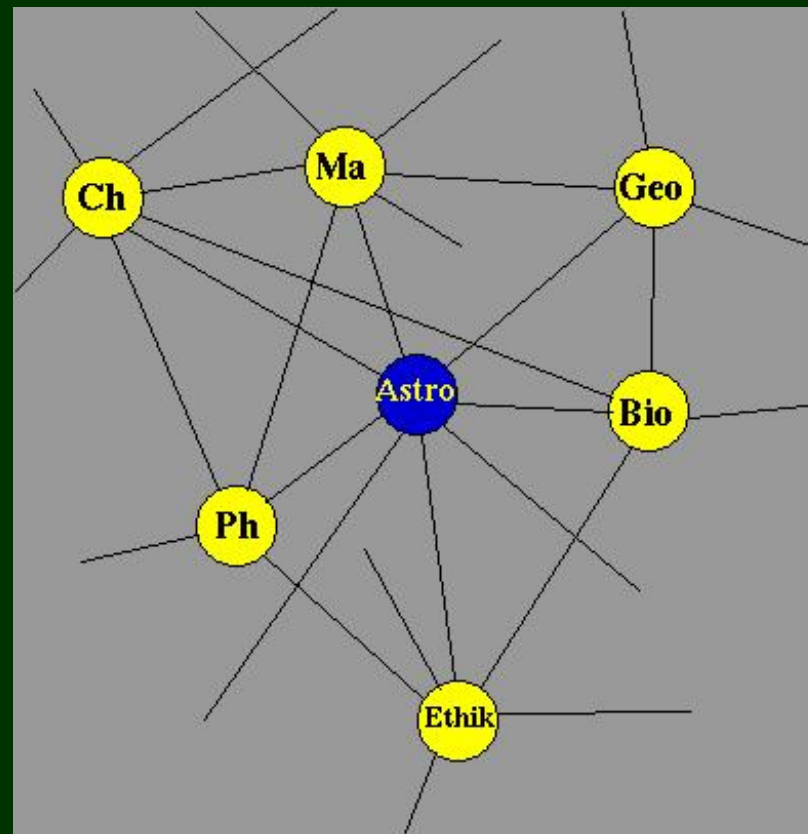
Beobachtungsabend

- Fortsetzung der Arbeit vom Vorabend

FREITAG

Die Sonne im Netzwerk der Wissenschaften (Schulfächer)

- Modelle verändern sich
- Wissenschaften sind verknüpft



Die Sonne im Unterricht NWT

Vom Wandel der Modellvorstellungen zur Sonne

1. Energiequelle der Sterne (North, S. 305-309)

„Chemische Reaktionswärme-Hypothese“

(aber: max. einige tausend Jahre)



„Meteorhypothese“

1848, Robert Meyer, Bombardement durch Kleinkörper

(aber: pro Jahr 1/17.000.000 der Sonnenmasse nötig ... unrealistisch)



„Kontraktionshypothese“

Helmholtz/Kelvin, einige 10 Mio Jahre

(aber: Alter der irdischen Gesteine viel größer)



„Thermonukleare Fusionsreaktionen“

1939, Weizsäcker/Bethe

2. Sternentwicklung

Noch **um 1900** bestand die allgemein akzeptierte Ansicht, dass Sterne ihr Leben als heiße Objekte beginnen und im Laufe ihrer Entwicklung auskühlen (Sterne als etwa gleich große Objekte).

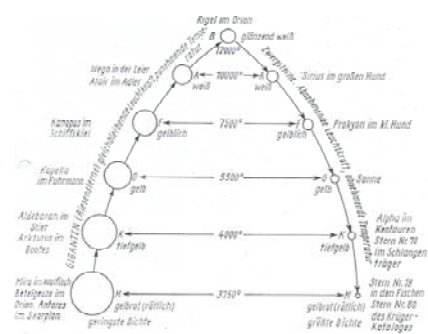
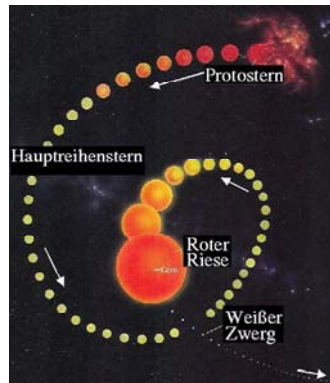


Abb. 2. Vorstellung über Sternentwicklung nach der Entdeckung der Riesen und Zwerge
(Aus A. Kräuse: Himmelskunde für jedermann. Stuttgart 1941, S. 238)



3. Sonnenflecke

Ch. Scheiner (1575-1650)

Sonnenflecke als kleine Planeten, die vor der Sonnenscheibe vorbeilaufen

J.-J. Lalande (1732-1804)

Sonnenflecke als Felseninseln in einem leuchtenden Meer

F. W. Herschel (1738-1822)

Sonne als dunkler fester Himmelskörper umgeben von einer selbst- und einer nichtleuchtenden Wolkenhülle, Lücken in beiden Gasschichten hielt man für die Sonnenflecken.

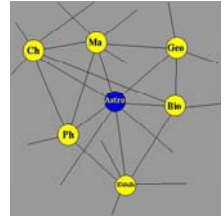
G. R. Kirchhoff (1824-1887)

Sonne besteht aus einem festen oder tropfbar flüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur, Sonnenflecken sind spezielle Wolkenformationen, die für die Abkühlung der darüber liegenden Teile der Atmosphäre sorgen

Workshop (1 h 15 min + 1 h Präsentation) Untersuchungen zur Sonne/Fächerverknüpfendes zur Sonne

Die Sonne im Netzwerk der Wissenschaften (Schulfächer)

Die Sonne im Unterricht NWT
Verknüpfungen von der Astronomie zu verschiedenen
(anderen) Schulfächern



Disziplin / Schulfach	Bezüge
Biologie	Fotosynthese, spektrale Empfindlichkeit des Auges, Sonnenbrand, Lichttherapie, Baumringe und Aktivitätszyklus
Chemie	Herkunft der Elemente
Deutsch	Wörter mit Sonne
Geografie	Klimazonen, Erdzeitalter, Jahreszeiten, Wetter, Polarlichter, Wendekreise, Polarkreise
Geschichte	Sonnengott Ra, Anlage Goseck (erstes Sonnenobservatorium)
Mathematik	$1/r^2$ -Gesetz, cos-Funktion („Verdünnung“ der Sonnenstrahlung mit wachsendem Abstand und bei Schrägeinfall)
Religion	Sonnenkult, Heliozentrismus und Geozentrismus
Philosophie	der Jenaer Physiker Ritter und die Romantik
Physik	Solartechnik, Störungen im Funkempfang, Sonnenkollektoren

Workshop (1 h 15 min + 1 h Präsentation) Untersuchungen zur Sonne/Fächerverknüpfendes zur Sonne

Projektidee:
Fächerverknüpfendes zur
Sonne

Projektentwicklung:

Gemeinsam mit Schülern, Beispiel „Sonne und Licht“

Welche Stichwörter finden wir zur Thematik (rund um Sonne und Licht)?

1. Stufe: Stichwortsammlung

Sonne, Fotosynthese, Farben, Auge, Sehen, Fotodiode, Spektrum, Sonnenlicht, natürliches Licht, Kunstlicht, Lichttherapie, Leben in Polarnacht, Helligkeit, Strahlungsleistung, Lampen, Energie, Licht und Schatten, Dämmerung, ...

Welche Fächer wollen/können wir mit dem Projekt bedienen?

2. Stufe: Stichwortsortierung/-zuordnung

Astronomie: Sonne, Strahlungsleistung, Helligkeit, ...

Physik: Sonnenlicht, Spektrum, Energie, Fotodiode, Licht und Schatten, Kunstlicht, ...

Technik: Lampen, ...

Biologie: Auge, Sehen, Lichttherapie, Fotosynthese, ...

Kunst: Farben, ...

Was sind wichtige Stichwörter (Wissen und Können) für die Allgemeinbildung?
(vielfältige Schüleraktivität muss möglich sein)

Strahlungsleistung, Energie, Solarkonstante, Spektrum, Lampen, Fotosynthese, Farben

3. Stufe: Verknüpfungen (Abschnitte), Ergänzungen, Aktivitäten

- *Sonne als „größte Glühlampe“:* natürliches Licht, Bestimmung der Leistung, Vergleich mit Glühlampen und anderen Strahlern (Vergleich der Spektren: Handspektroskop, Ursachen des Leuchtens, ...)
- *Künstliche Beleuchtung:* Spektren („Farbgehalt“) von verschiedenen Lichtquellen, Lampen für verschiedene Zwecke (Bau einer speziellen Lampe)
- *Sonneneinstrahlung auf Erde:* Bestimmung Solarkonstante, Helligkeit bei verschiedenen Sonnenhöhen, Bedeutung des Lichts für das Leben: Fotosynthese (Pflanzenentwicklung bei versch. Helligkeiten), Lichttherapie, Leben in Polarnacht, Sehen und Auge
- *Farben:* Sonnenlicht, Spektralfarben, Farben der Sterne, additive Farbmischung (Newton'schen Farbkreis anfertigen), Farben in der Kunst

Und jetzt muss es konkret werden!

4. Stufe: Stoffverteilungsplan

Anhang

„Entdeckung“ der
Sonne in der
Schule
im sichtbaren
Spektralbereich



„Entdeckung“ der
Sonne in der
Schule
durch das
„Radiofenster“



