

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
ab 21:00 Uhr	Dr. Martin Neumann, Dr. Peter Wright (bis ca. 17.00 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 Aktivitätsangeboten 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

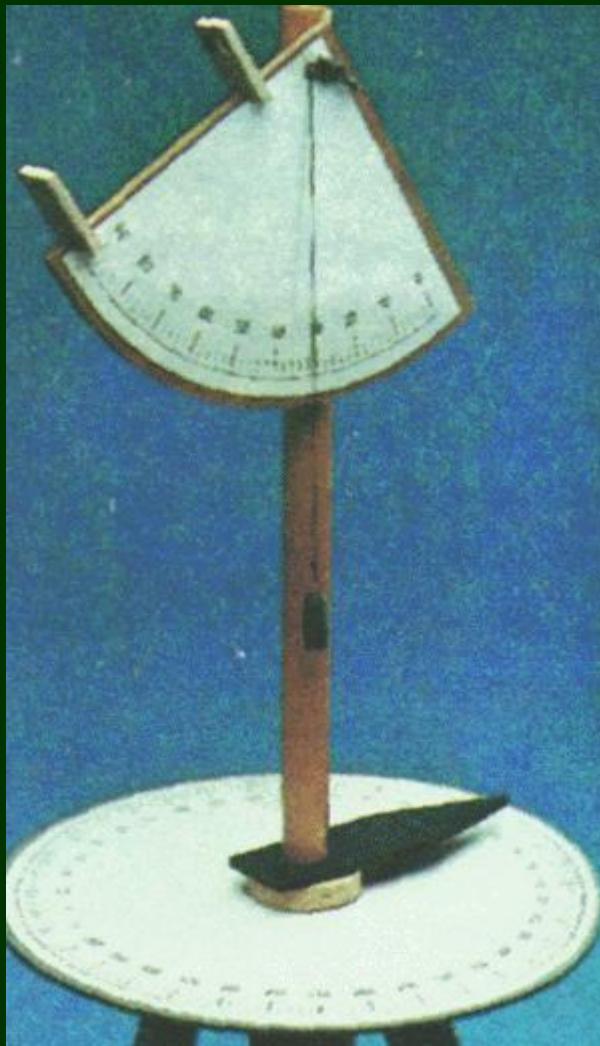
(noch zu vervollständigen)

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!

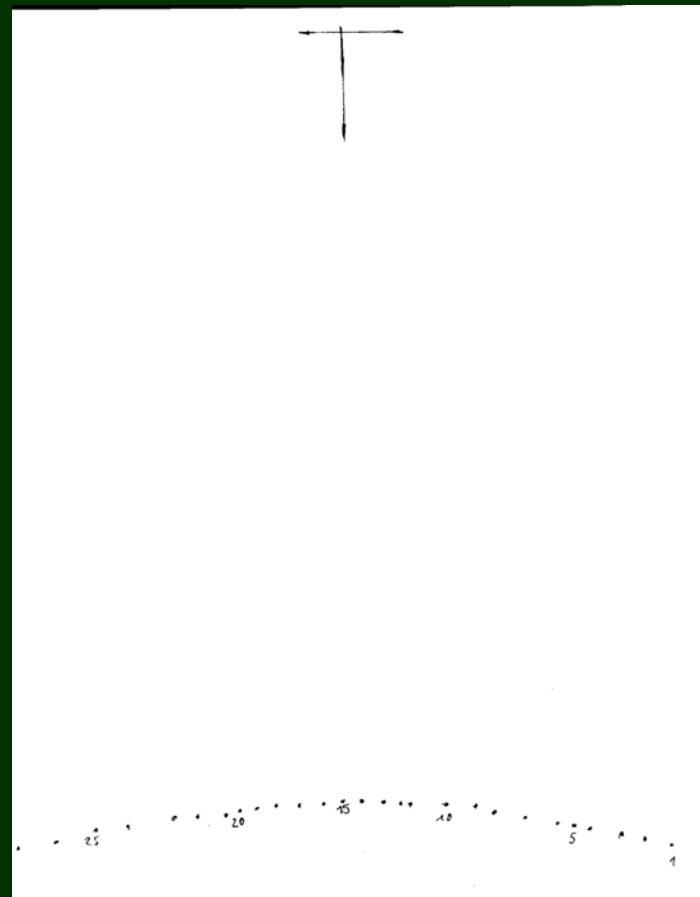


Gnomonische Bestimmung der Kulminationshöhe der Sonne



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:

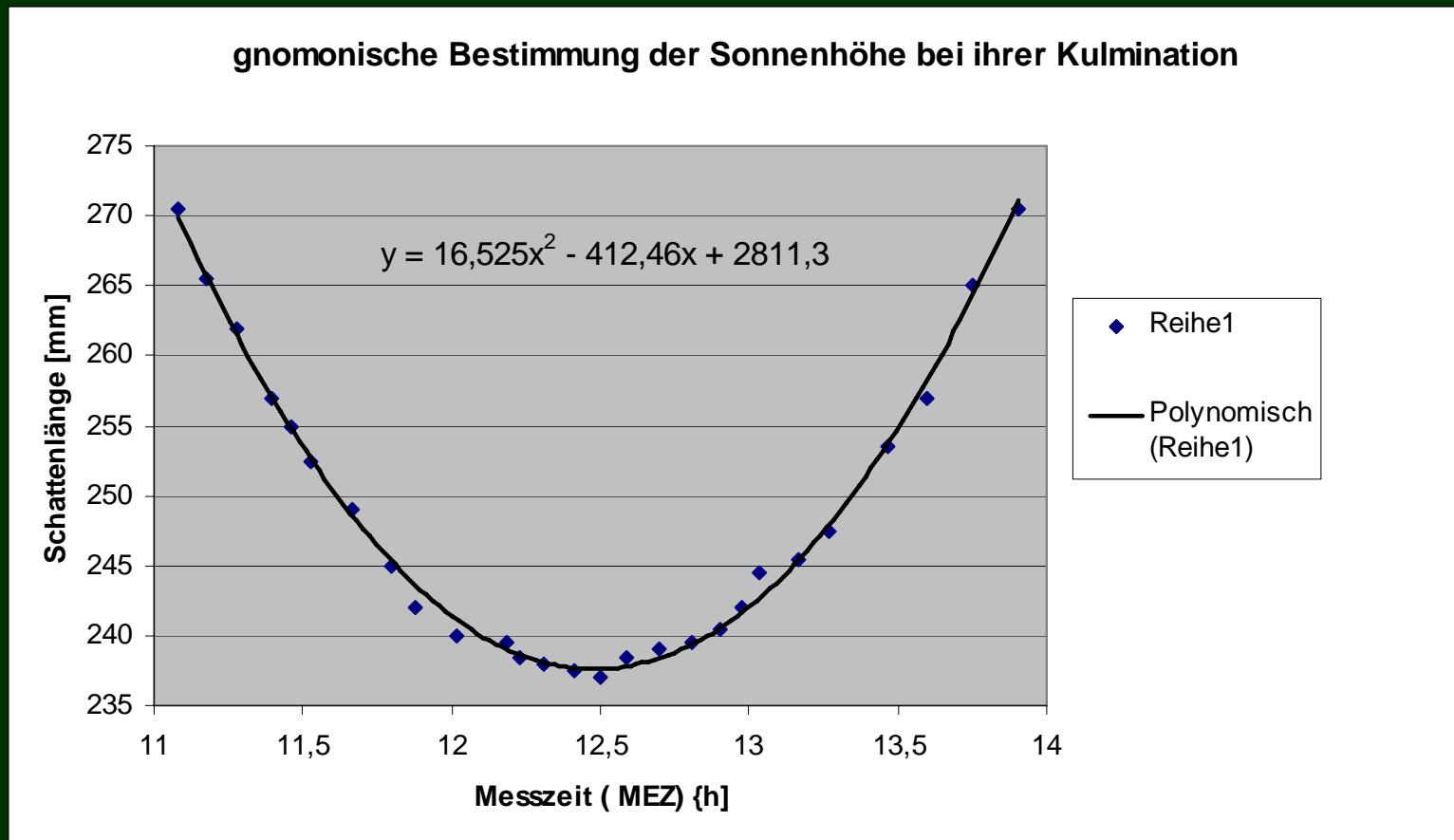
Polynom-Fit: $y = 16,525 \cdot x^2 - 412,46 \cdot x + 2811,3$

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

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

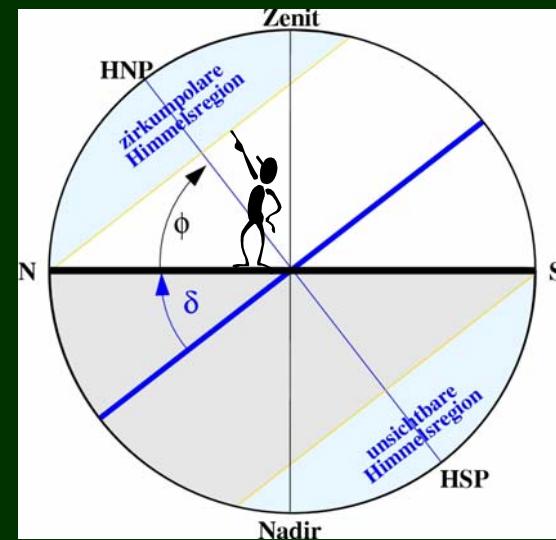
Berechnung der Kulminationshöhe:

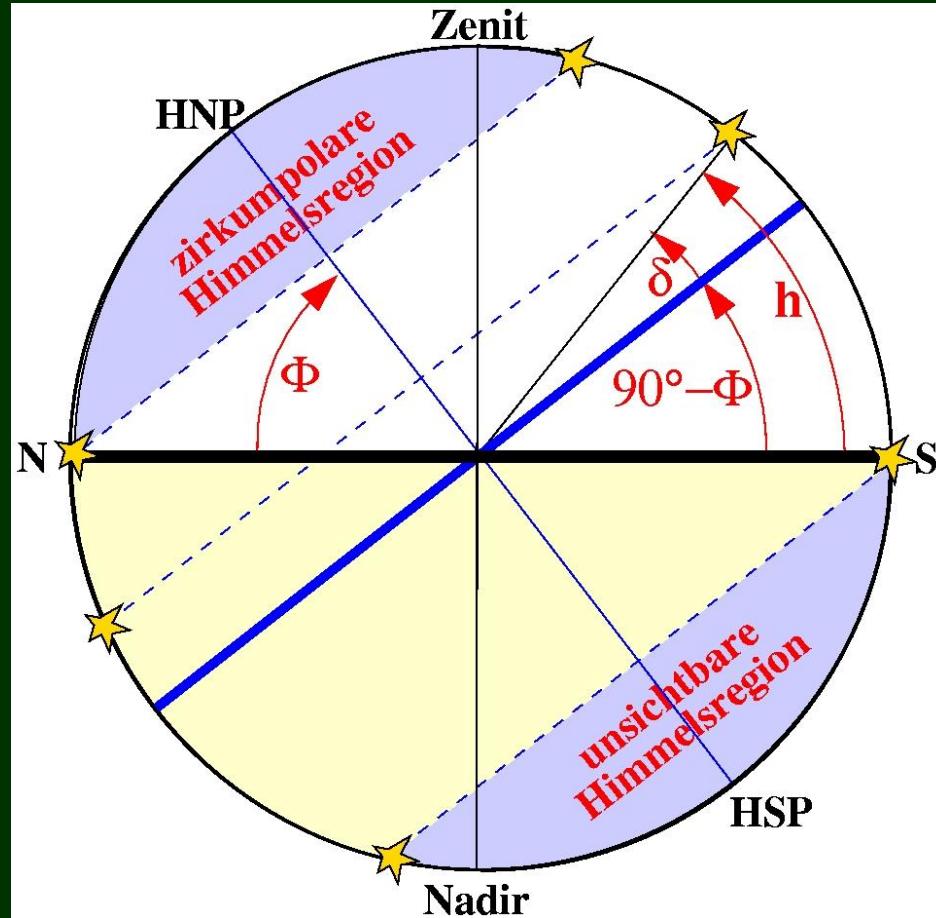
$$\tan h = H_{\text{Stab}} / y_{\text{Min}} = 92,5 \text{mm} / 237,6 \text{mm} = 0,389 \quad \rightarrow h \approx 21,3^\circ$$



Bestimmung der Deklination der Sonne aus ihrer Kulminationshöhe

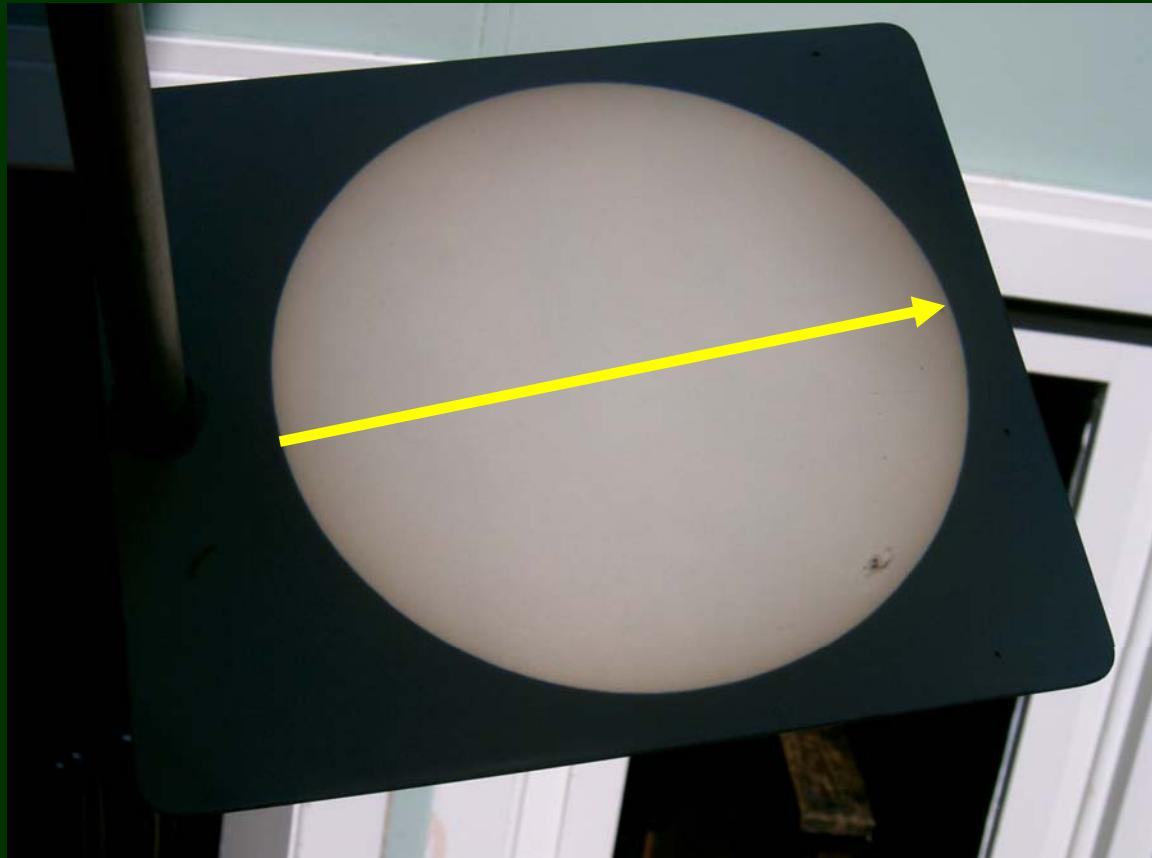
Wesentliches Modell: Meridionalschnitt durch die scheinbare Himmelskugel



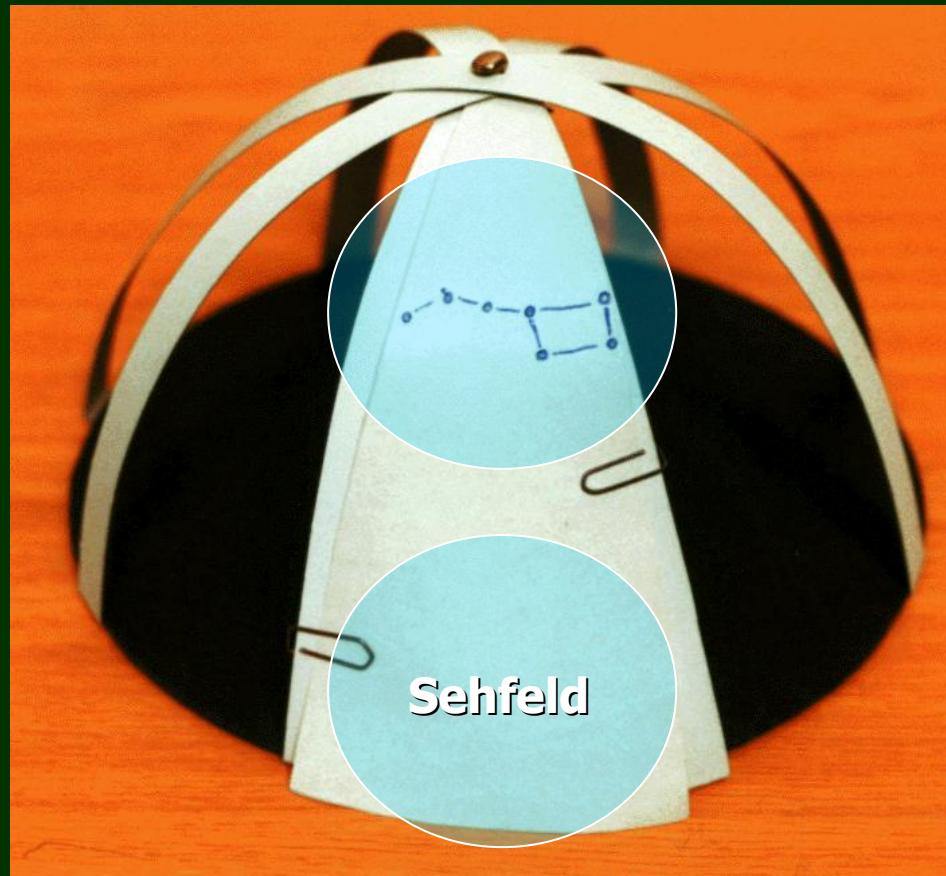


$$\delta = h - (90^\circ - \varphi)$$

Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers aus der Durchlaufzeit



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)

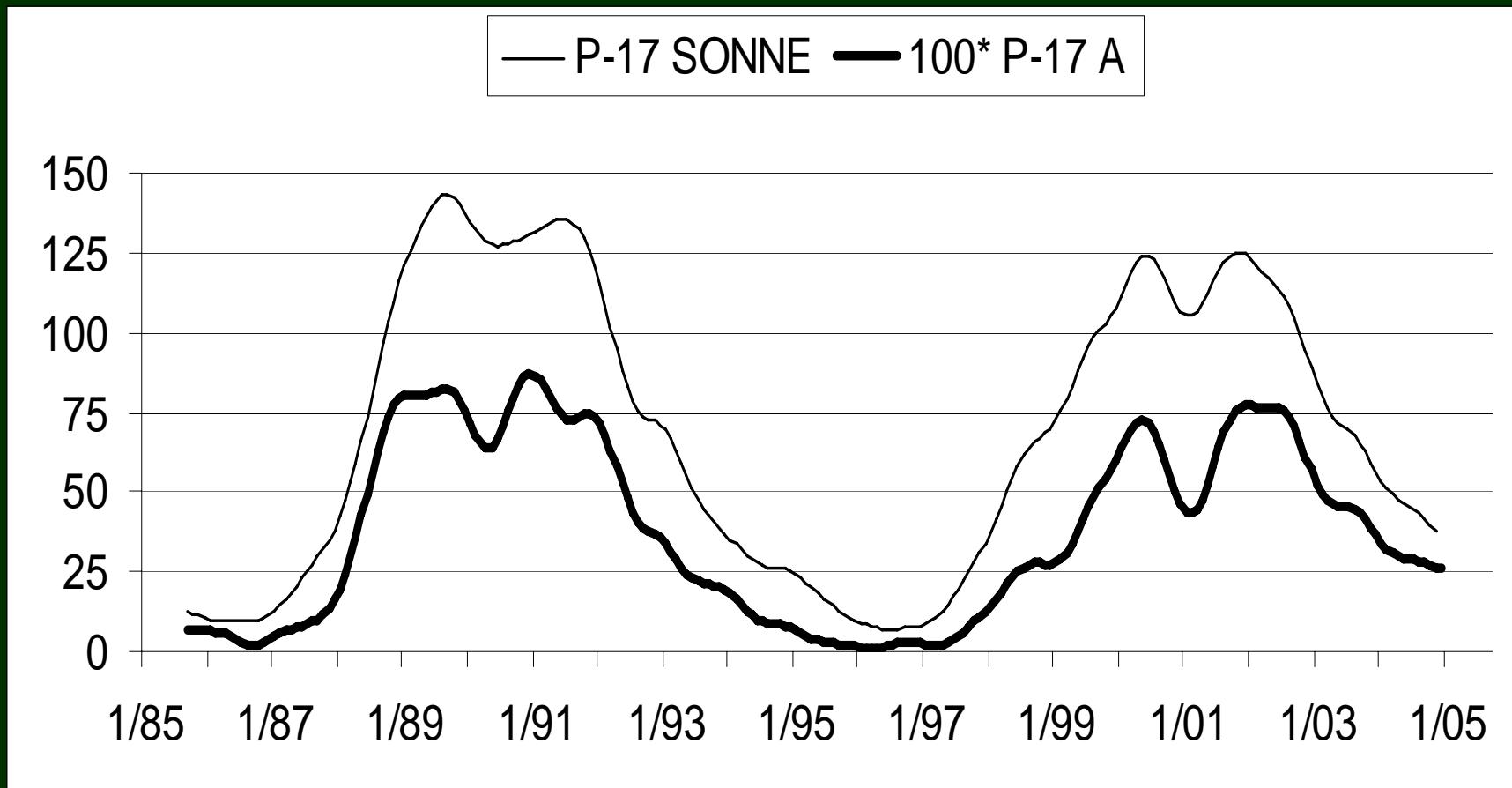
Nach Möglichkeit wird täglich eine Beobachtung durchgeführt und die als schwarze Punkte auf der Sonnenscheibe mit bloßem Auge sichtbaren Flecken werden gezählt (Fleckenzahl A).

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



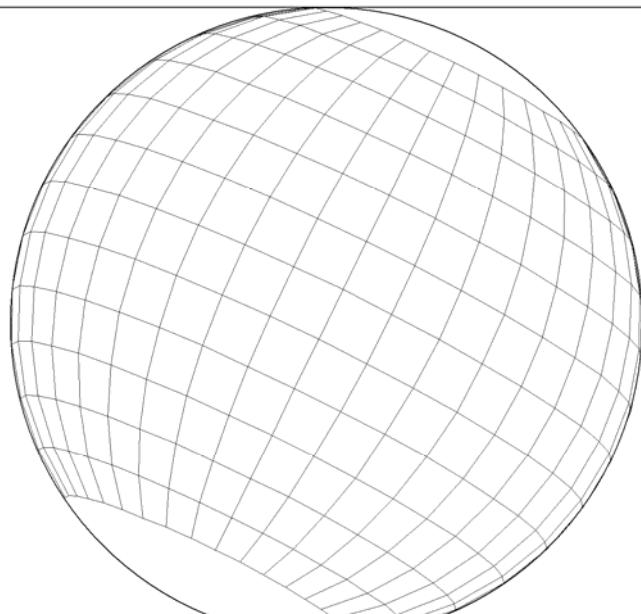
29. 03. 2001,
22:05 UT

Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne - Elementarisierung

- Kugel mit Koordinatennetz: „Sonnenkugel mit heliografischen Koordinatenlinien, Sonne bekommt die „Eigenschaft“ Rotationsachse (in Analogie zur Erdkugel mitgeografischen 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 Rotationdauer der Sonne

28:3:2001:22:5:104



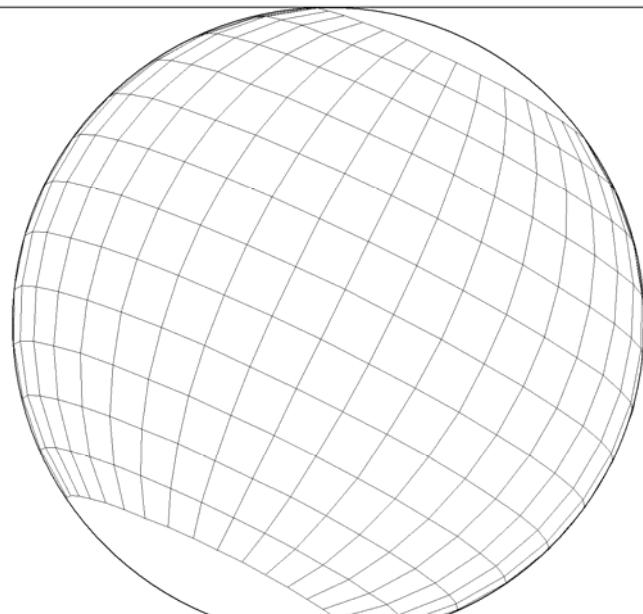
P : -26,0092
B0: -6,6945
L0: 152.3878

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



Bestimmung der Rotationdauer 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 von 16.07.2001-19.07.2001!
Nutzte 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.

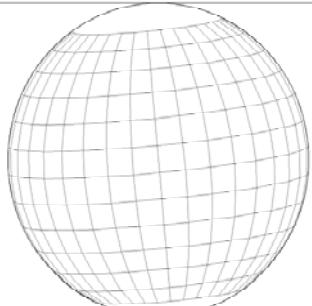
Folienvorlage

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

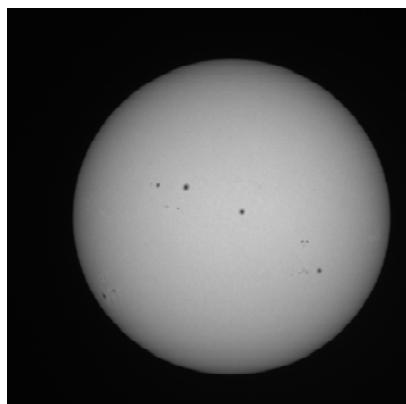
Das heliografische Koordinatennetz für den mittleren Beobachtungszeitpunkt gilt in etwa auch für die angrenzenden Tage.

Wie groß ist die heliografische Breite der Sonnenmitte?

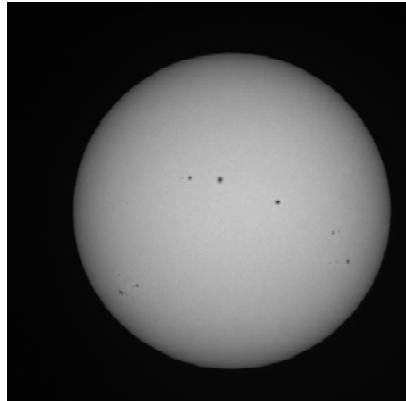
18.07.2001 9:35:102



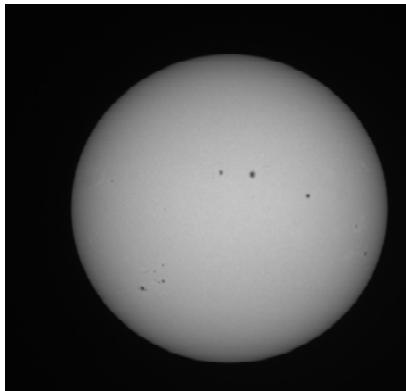
Datum : 18 Juli 2001
Uhrzeit : 9:35 Uhr UT
Rotation : 1978



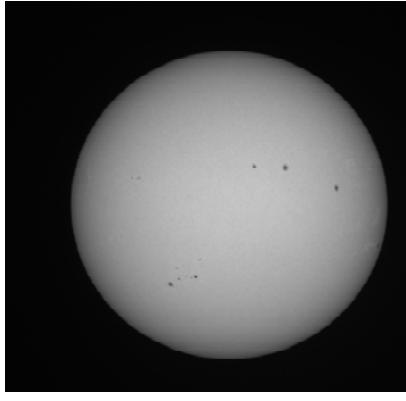
16. 07. 2001,
21:35 UT



17. 07. 2001,
21:35 UT



18. 07. 2001,
21:35 UT



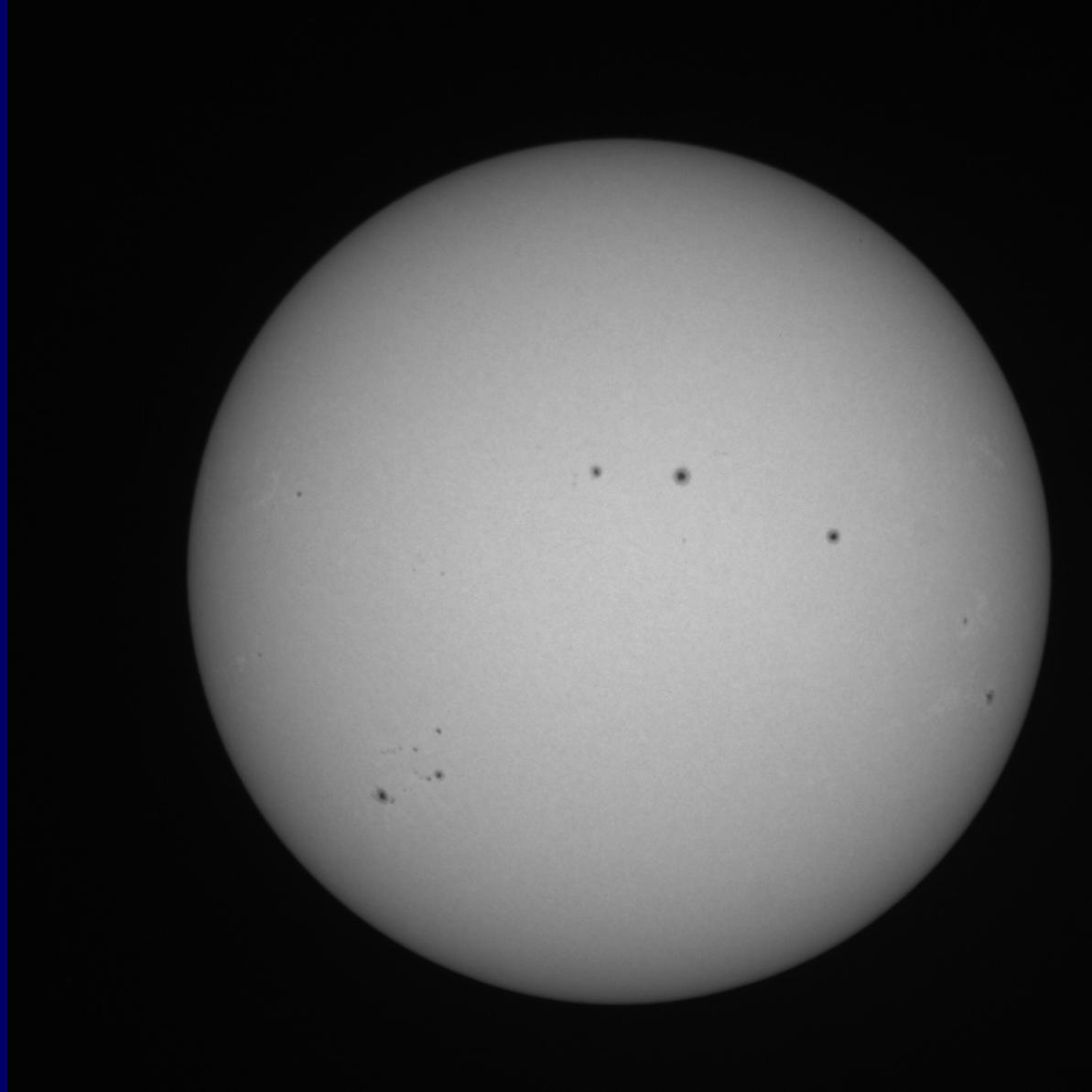
19. 07. 2001,
21:35 UT

Workshop - Ergebnisse



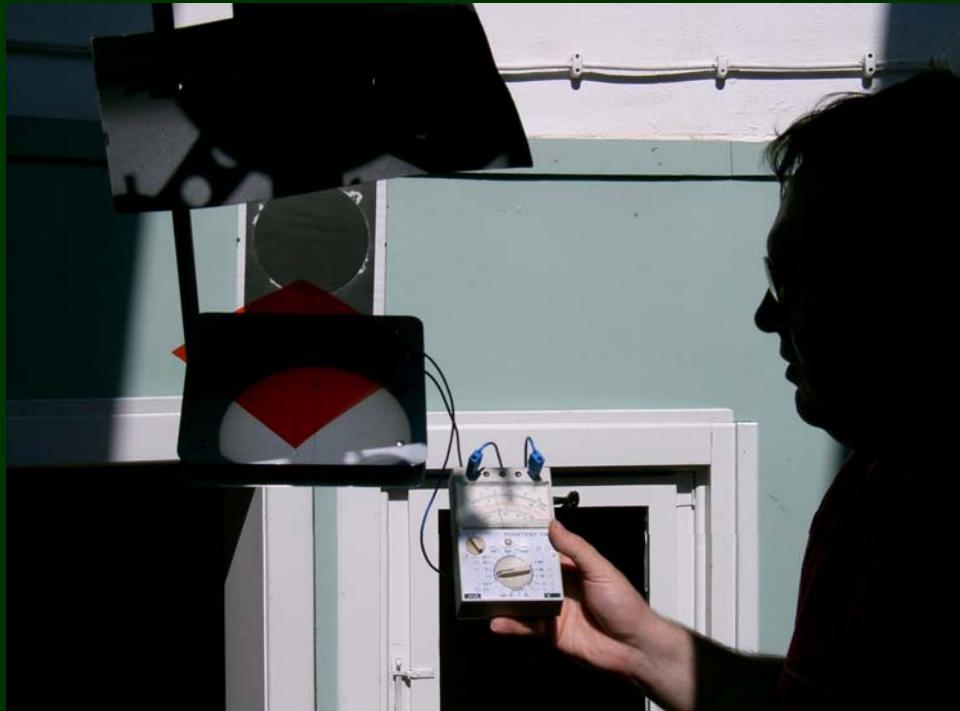
28. 03. 2001

Workshop - Ergebnisse

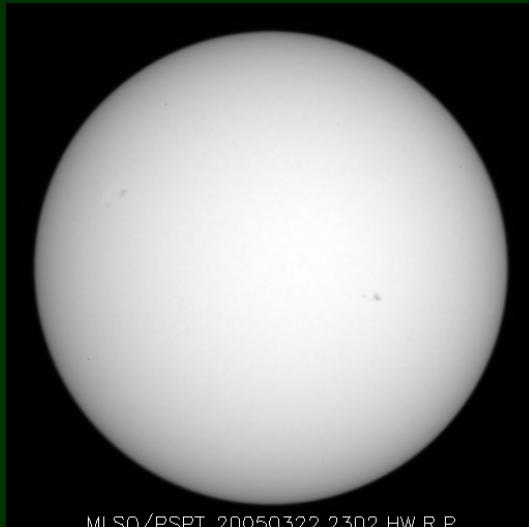


18. 07. 2001

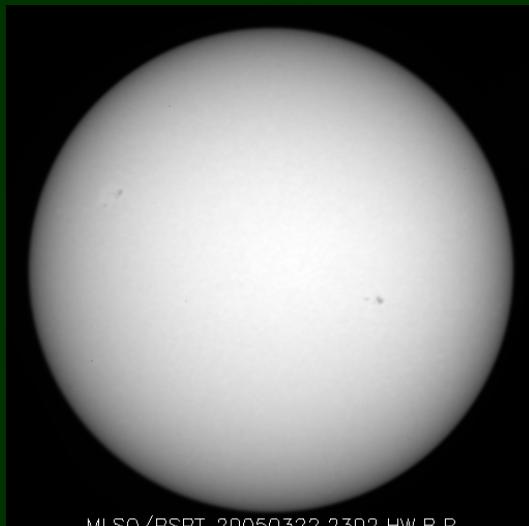
Fotometrische Untersuchungen der Sonne



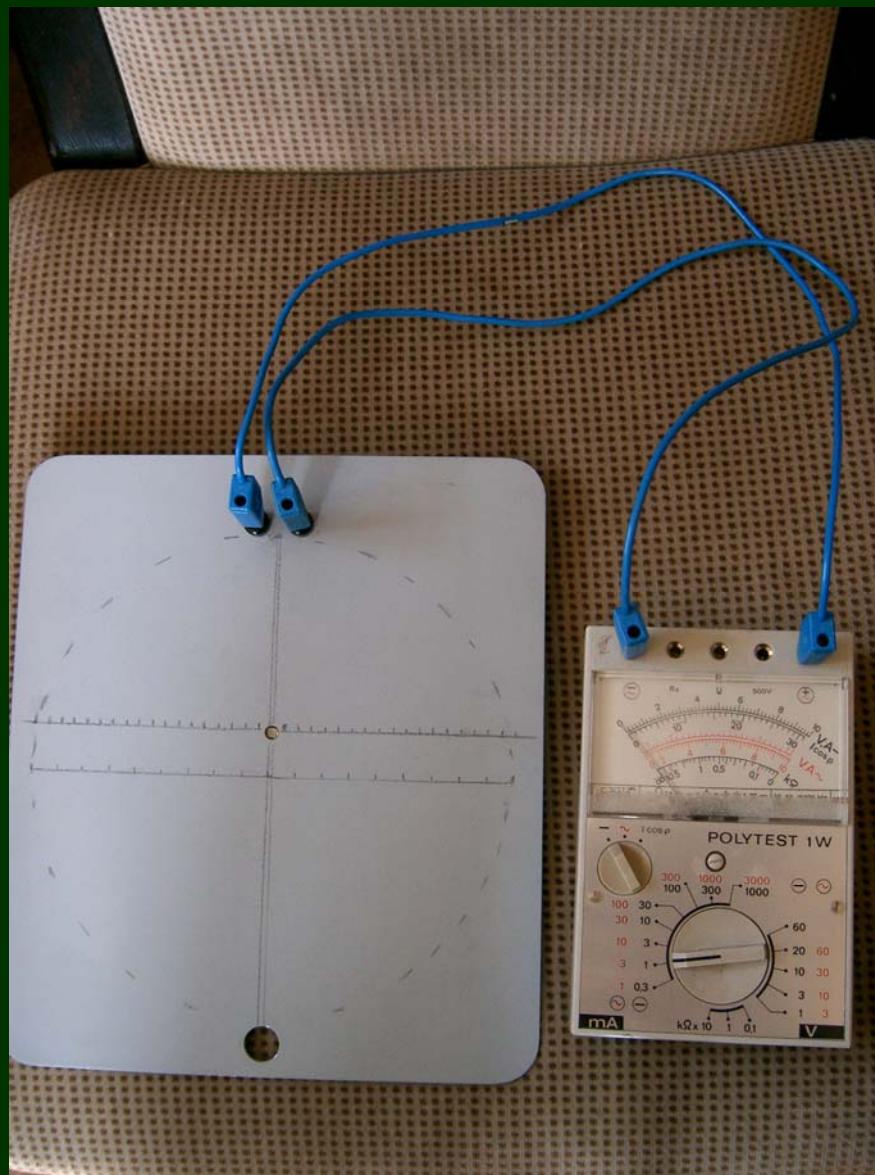
**Bestimmung der
Randverdunklung der Sonne**



MLSO/PSPT 20050322.2302.HW.R.P



MLSO/PSPT 20050322.2302.HW.B.P

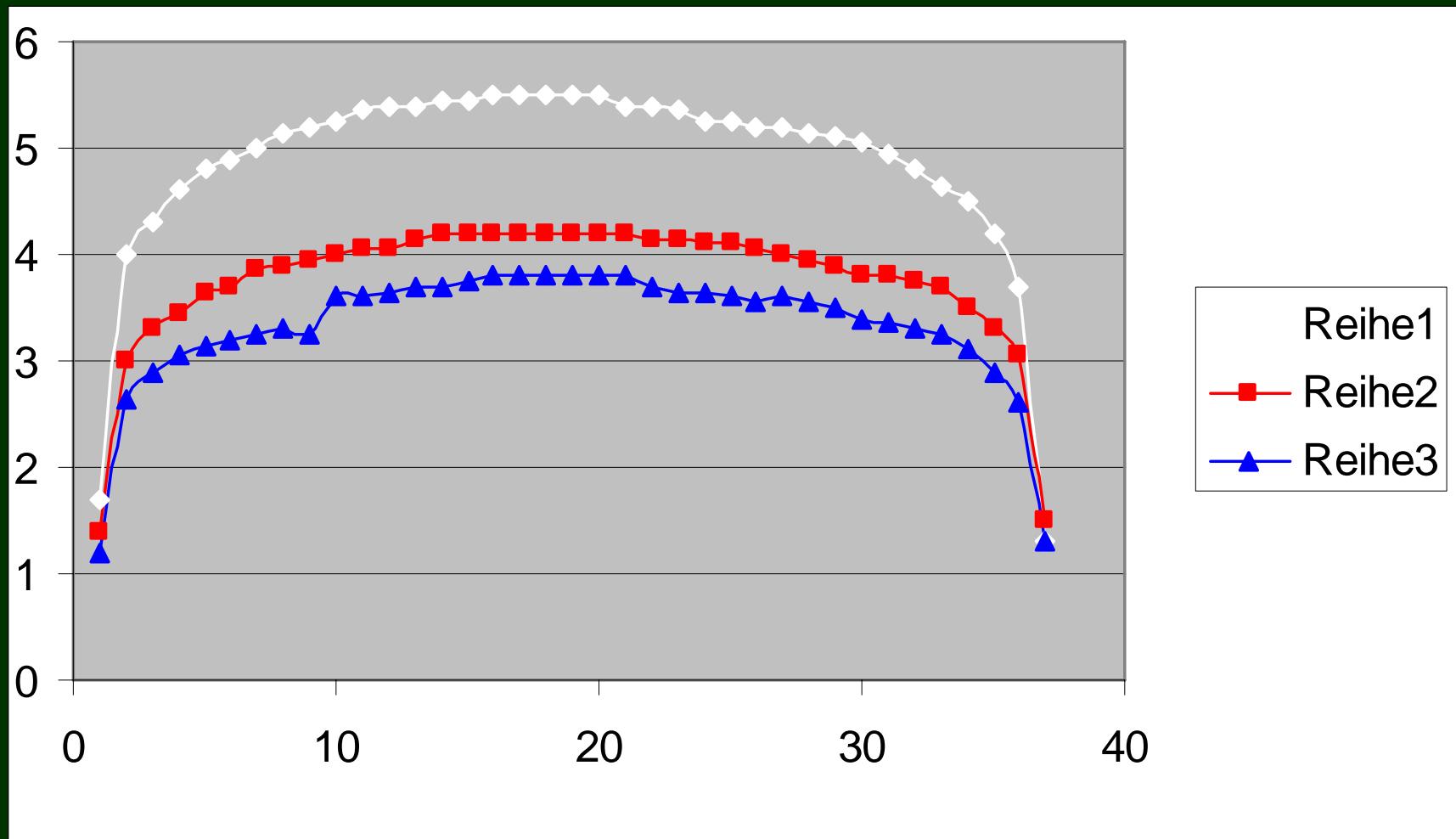


Einfache Hilfsmittel

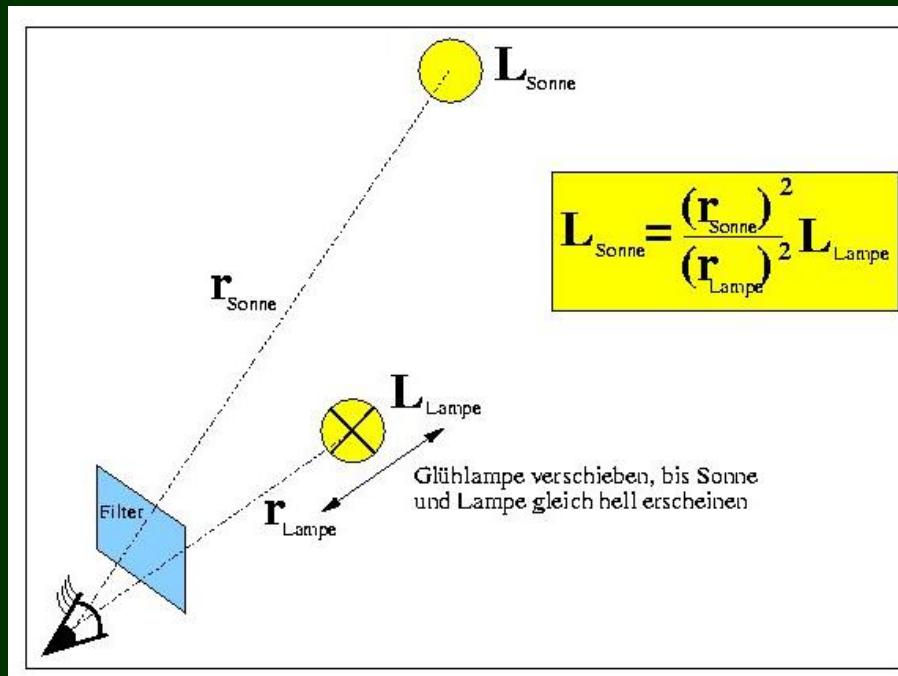
- Projektionsschirm mit Messöffnung
 - Fotodiode
 - Amperemeter (mA)



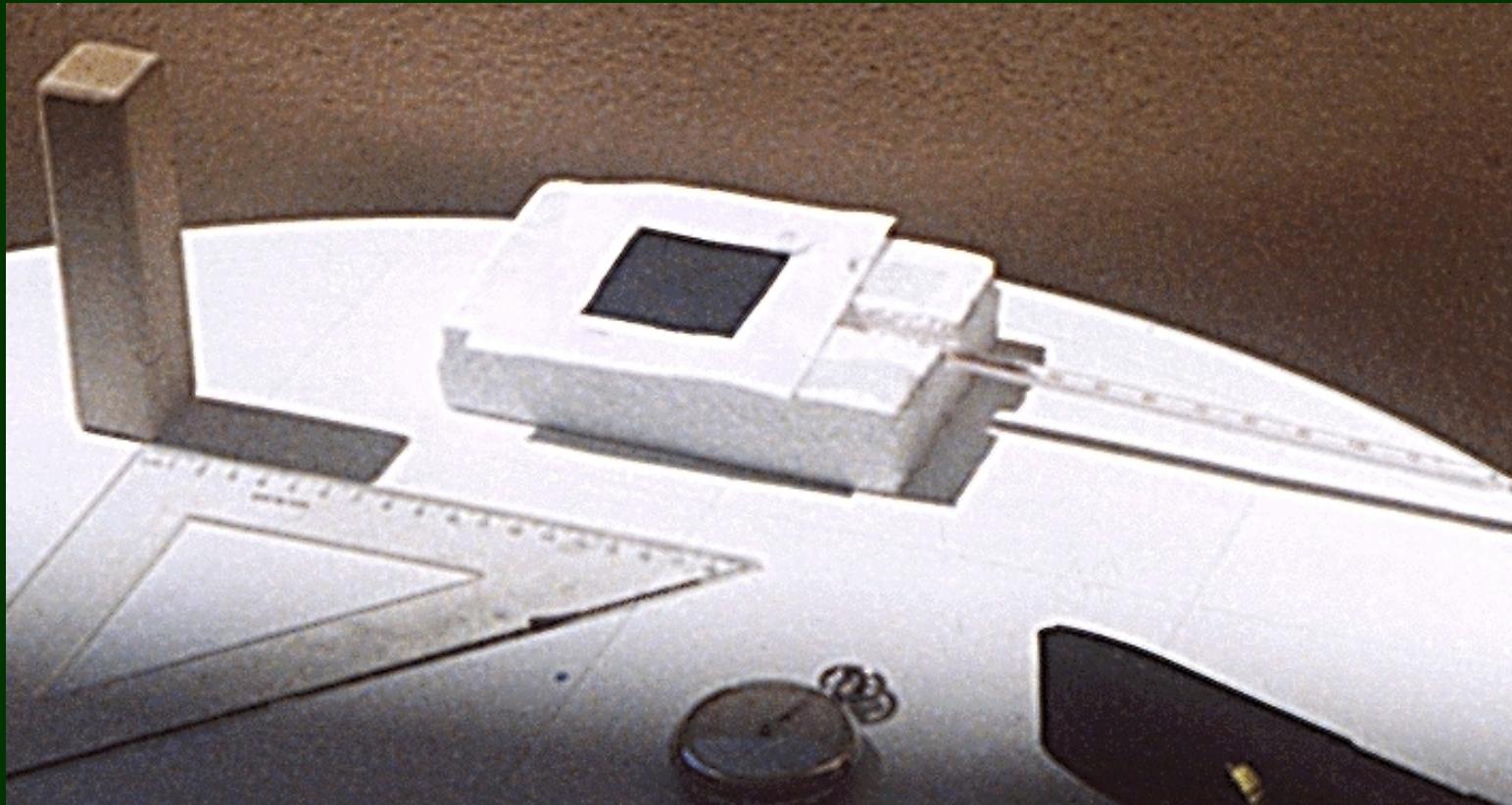
Erste Ergebnisse

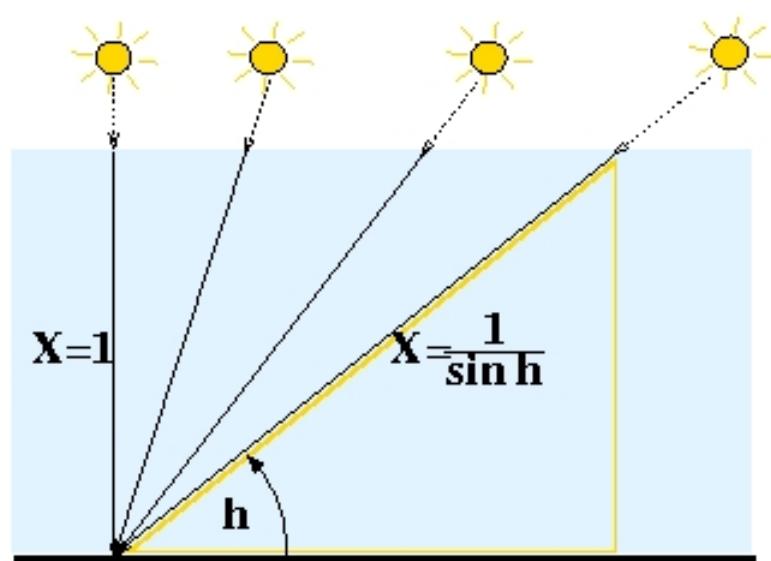
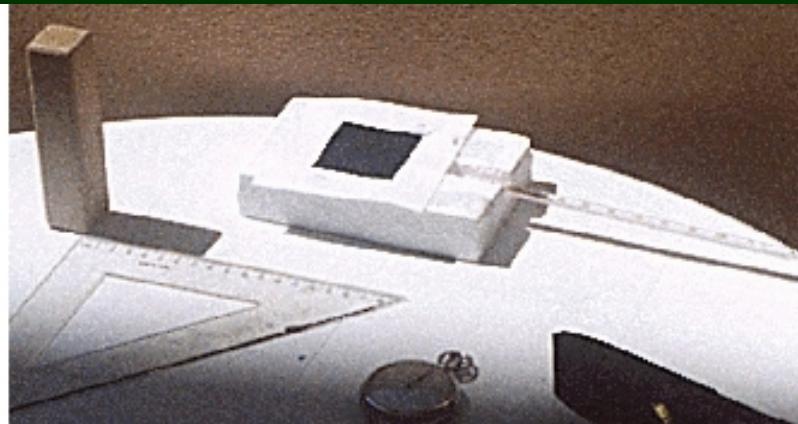
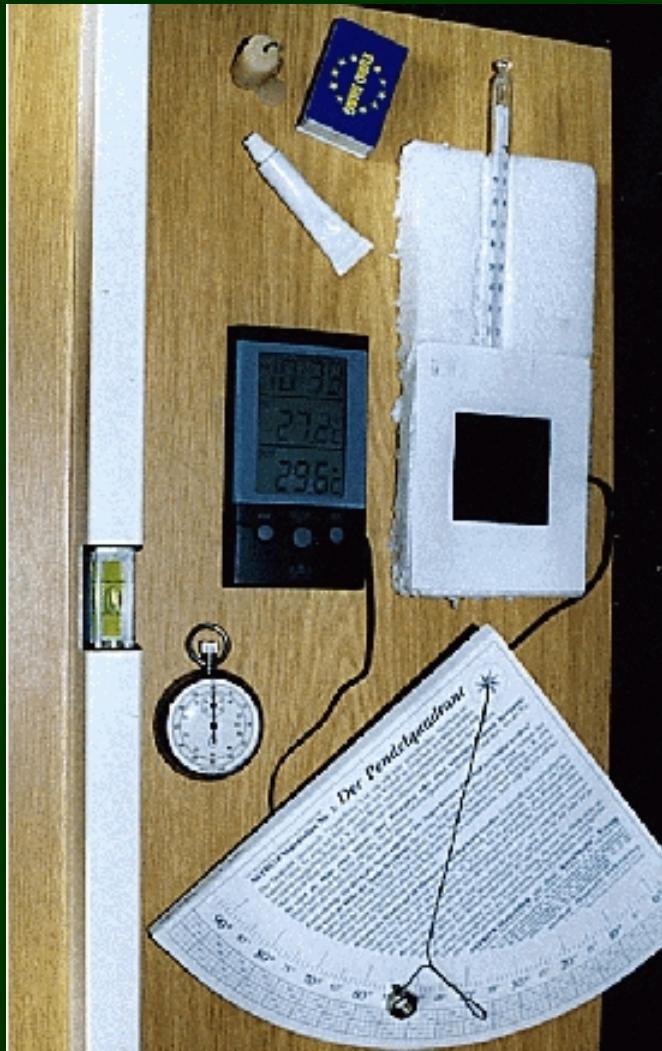


Leuchtkraft - Relativmessung



Bestimmung der Solarkonstante mit einfachsten Mitteln





Fotometrische Untersuchungen der Sonne

l [cm]	h [$^{\circ}$]	$X = 1/\sin h$	$\Delta \theta_{\text{Erwärmung}}$ [K]	$\Delta \theta_{\text{Abstrahlung}}$ [K]	Q_h [kWs]	S_h [kW/m ²]	S [kW/m ²]	$\log S$
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				

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

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

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

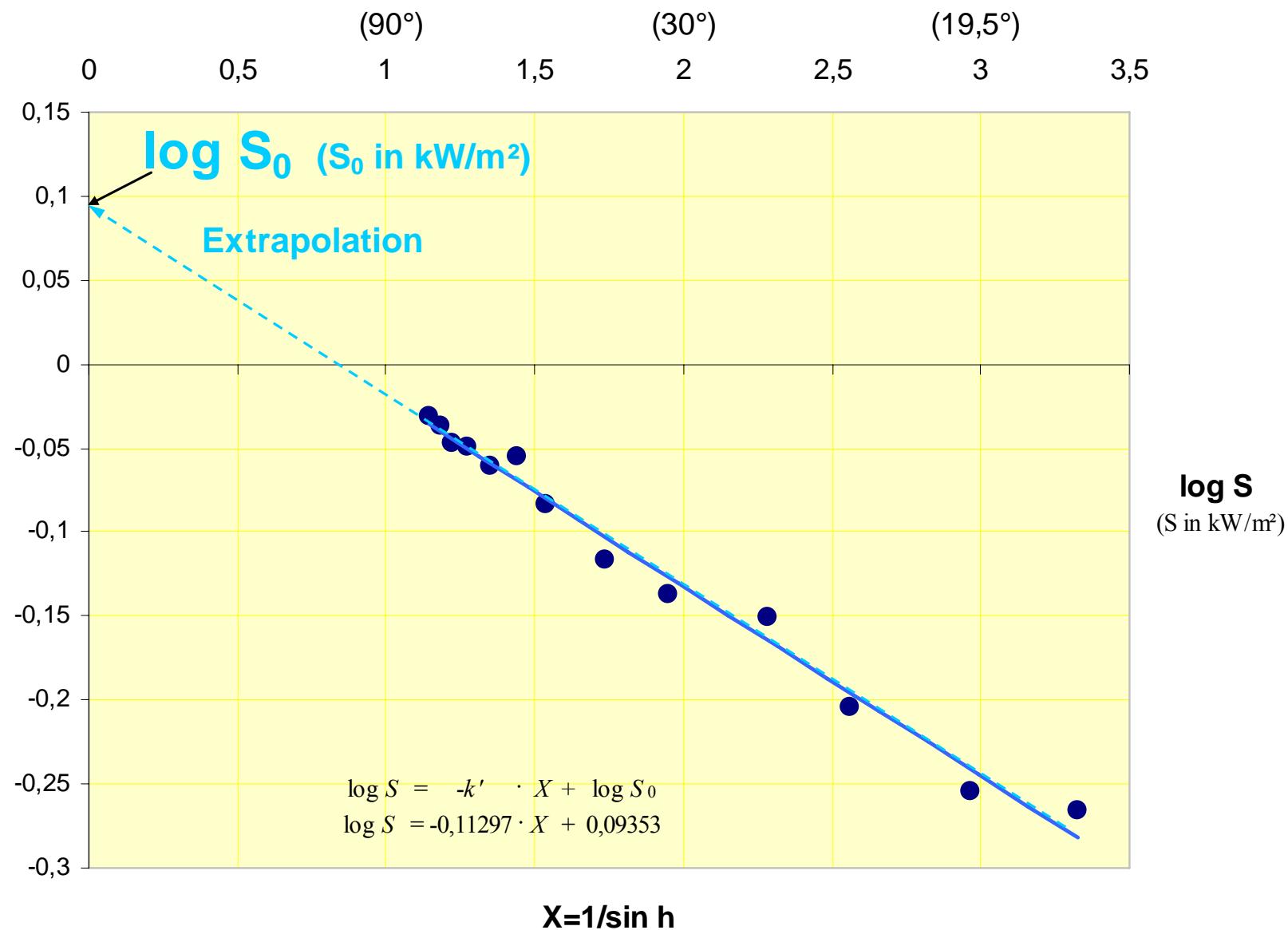
$$6. S = S_h \cdot 1/\sin h$$

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

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

$$4. Q_h \cdot 1,05$$

$$8. S_0 \cdot 1,095$$



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

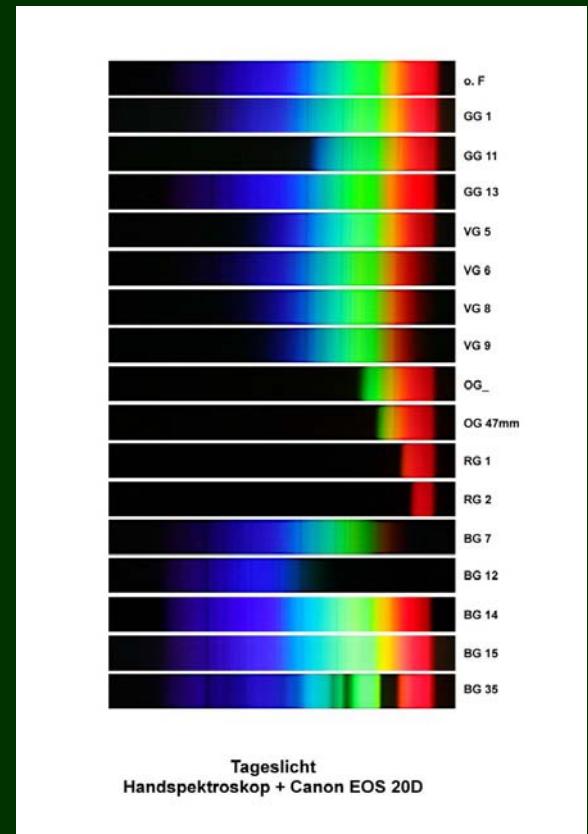
Beobachtungsabend

17. Mai 2006, Stuttgart, 21 Uhr

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

DONNERSTAG

Das Spektrum der Sonne



Herschel-Versuch



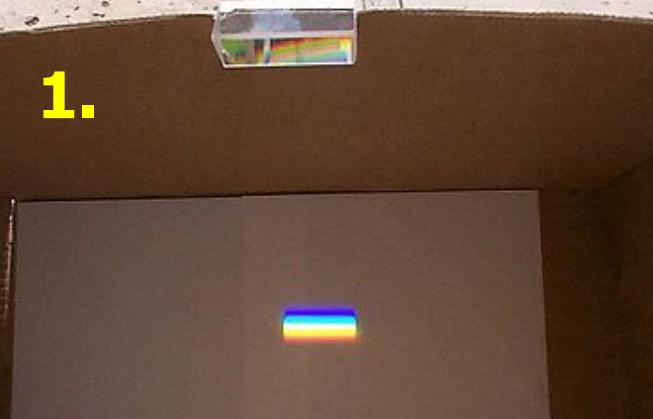
Das Spektrum der Sonne

Variation zum Ritter-Versuch

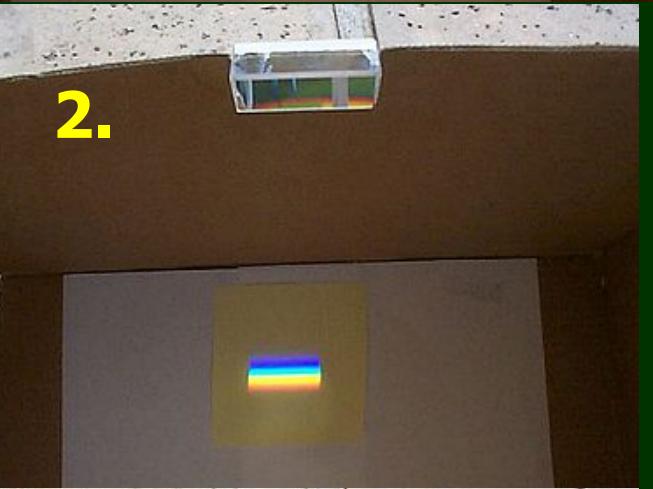


Das Spektrum der Sonne

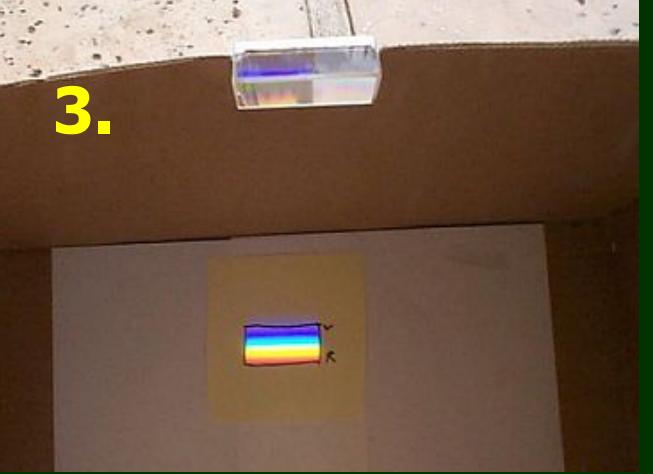
1.



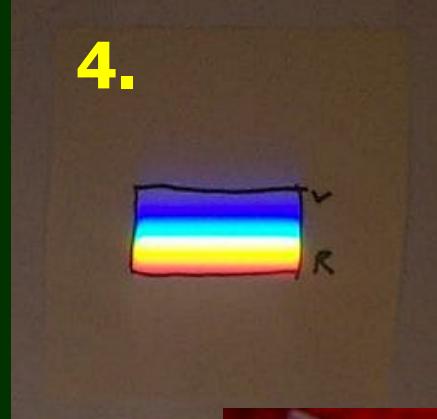
2.



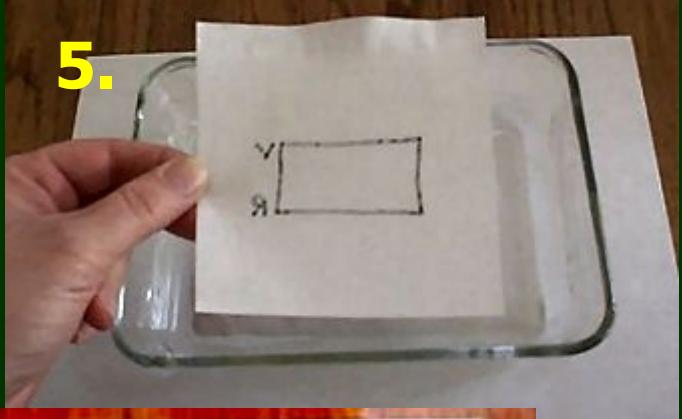
3.



4.



5.



Ergebnis



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

Großer Workshop (2 h 45 min)

Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Sonnenfleckenregistrierung

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_{Kulm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kulm}}(90^\circ - \varphi)$ 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: $\tan h_{\text{Kulm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\min}$
(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_{Kulm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kulm}}(90^\circ - \varphi)$ 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: $\tan h_{\text{Kulm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\min}$
(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_{Kulm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kulm}}(90^\circ - \varphi)$ 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 $\varphi \approx 50,718^\circ$, 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			
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: $\tan h_{\text{Kulm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\min}$
(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_{Kulm}) für den Beobachtungstag. Mittels der Beziehung $\delta = h_{\text{Kulm}}(90^\circ - \varphi)$ 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 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: $\tan h_{\text{Kulm}} = H_{\text{Stab}} / l_{\min}$
(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.

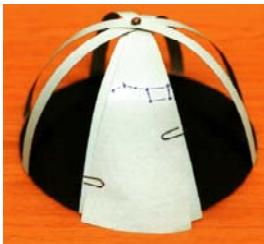
Zur Steigerung der Genauigkeit sind mind. 5 Messungen durchzuführen.

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

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

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

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

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

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

$$k_1 \dots \text{Umrechnungsfaktor Sonnenzeit-Winkel,}$$

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

$$k_2 \dots \text{Umrechnungsfaktor Sonnenzeit-Sternzeit}$$

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

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 Sonnenfleckenrelativzahl A (oder R)

Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl – 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 Sonnendurchmesser 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:

- Bestimmung des Temperaturanstiegs $\Delta\theta_{\text{Erwärmung},h}$ innerhalb von 5min bei Sonnenbestrahlung (Sonnenhöhe h).
- Bestimmung des Temperaturabfalls $\Delta\theta_{\text{Abstrahlung},h}$ durch Wärmestrahlung innerhalb von 5min (die Messung beginnt ausgehend von der Endtemperatur, die Anordnung steht nun im Schatten, Sonnenhöhe h).
- Berechnung der insgesamt aufgenommenen Wärmemenge (Sonnenhöhe h):

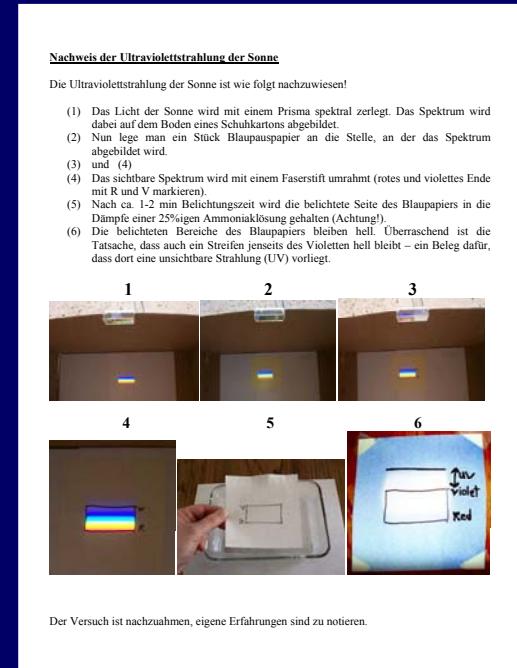
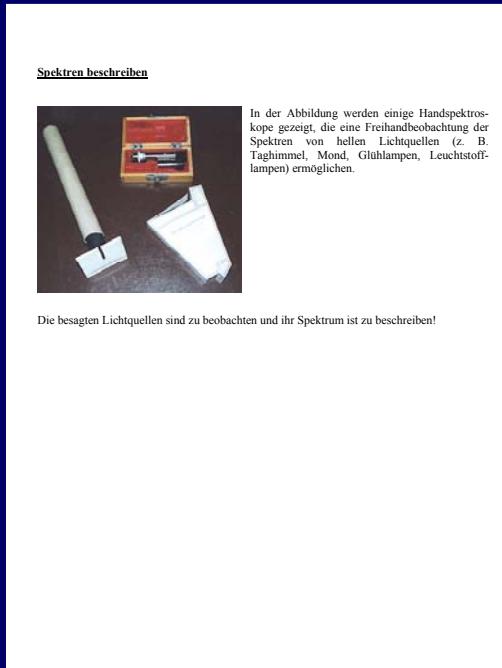
$$Q_h = m_h \cdot c_A \cdot (\Delta\theta_{\text{Erwärmung},h} + \Delta\theta_{\text{Abstrahlung},h})$$
- Berechnung des Strahlungsstroms, der in der Zeit t bei Höhe h auf waagerechte Fläche A auftrifft: $S_h = Q_h / (A \cdot t)$.
- Hochrechnung auf Strahlungsstrom, der bei senkrechtem Strahlungseinfall von waagerechter Fläche aufgenommen werden würde: $S = S_h / \sin h$.
- Berechnung der Werte $\log S$.
- Darstellung der Werte im $\log S$ - $\log S_0$ -Diagramm (per Hand und z. B. mit EXCEL) und Bestimmung des Schnittpunkts mit der $\log S$ -Achse bei $X=0$ ($\log S_0$).
- 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 in der Rußschicht berücksichtigt.

Einfacher Versuch zur Bestimmung der Solarkonstante: Eine Grundplatte (Brett oder Tischplatte) wird mit Hilfe einer Wasserwaage horizontal ausgerichtet. Auf die Platte wird ein Block aus Stahl und Aluminium („Wangenbolometer“) dezentriert. Auf einer Kellertafel wurde eine „Schwarze Kugel“ (ein Aluminiumblock) befindet, die eine Dose, in welche der Temperaturfühler ins Zentrum des Blocks eingebettet werden kann (im linken Bild sind sogar zwei verschiedene Thermometer im Einsatz). Ein guter Wärmeleitungskontakt zwischen Aluminiumblock und Temperaturfühler wird durch Wärmefleipaste oder auch einfach durch Aluminiumfolien gewährleistet. Die Heizung kann mit Hilfe eines Pendelheizers (Projektionsheizer) oder eines der Schalenheizer eingeschaltet werden. Die Heizung wird so eingestellt, dass die Temperatur des „Wangenbolometers“ $\Delta\theta$ liegt. Bei verschiedenen Sonnenhöhen h liegt die Sonnenstrahlung unterschiedlich lange Wege durch die extinzierende (absorbierende und streuende) Atmosphäre zurück. Der Weg wird hier in Vielfachen des Weges in Zenitrichtung, 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 aber nicht nötig.

Großer Workshop (2 h 45 min)

Astrometrische, photometrische und spektroskopische Untersuchungen der Sonne

Spektrenbeobachtung, Herschel-/Ritterversuch



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

Radiowellen der Sonne

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

+ *Gruppenfoto!*

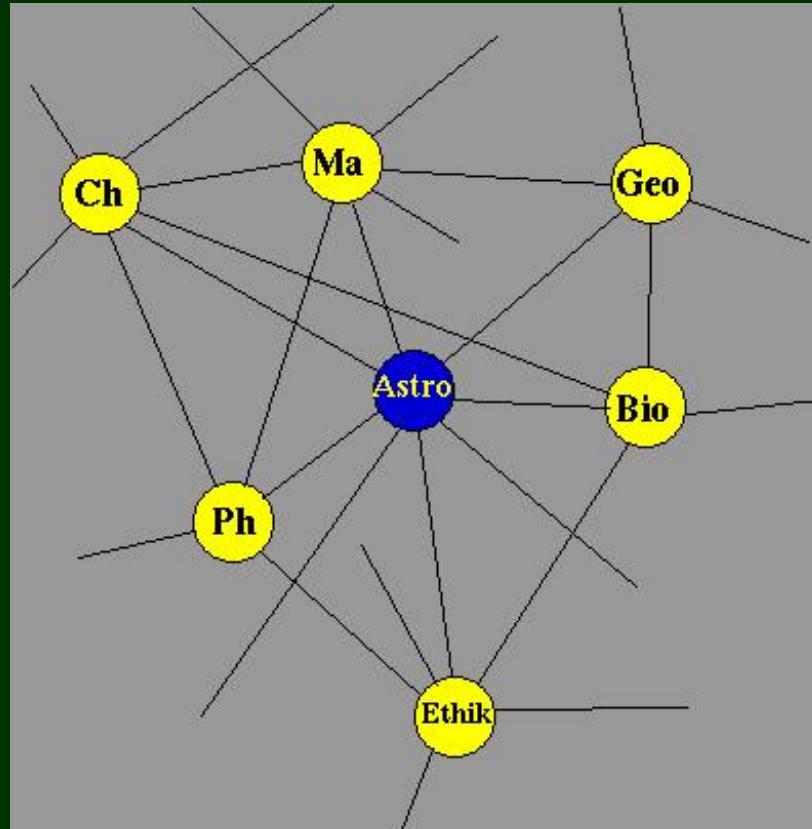
Beobachtungsabend

- Fortsetzung der Arbeit vom Vorabend

FREITAG

Die Sonne im Netzwerk der Wissenschaften (Schulfächer)

- Modelle verändern sich
- Wissenschaften sind verknüpft



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“

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).

The diagram illustrates the 12 Chinese zodiac animals and their associations with celestial symbols and planetary influences:

- Rooster (鸡):** Associated with the star 'Wu Meng' (戊戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Jupiter' (Jupiter) and 'Mercury' (Mercury).
- Dog (狗):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Cat (猫):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Monkey (猴):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Rabbit (兔):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Dragon (龙):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Sheep (羊):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Horse (马):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Goat (羊):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Pig (猪):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Rooster (鸡):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).
- Dog (狗):** Associated with the star 'Xu Meng' (戌戌) and the planet Mars (火星). Influenced by 'Mercury' (Mercury) and 'Venus' (Venus).

Legend:

- Wu Meng (戊戌): Represented by a circle with a dot.
- Xu Meng (戌戌): Represented by a circle with a cross.
- Mercury (水星): Represented by a circle with a horizontal line.
- Venus (金星): Represented by a circle with a vertical line.
- Jupiter (木星): Represented by a circle with a diagonal line.
- Mars (火星): Represented by a circle with a vertical line and a horizontal line.

Aus 2. Vorstellung über Sternentwicklung nach der Entdeckung der Riesen und Zwerge
 (Aus A. Krause: Himmelskunde für jedermann. Stuttgart 1941. S. 228)

3. Sonnenflecke

Ch. Scheiner (1575-1650)

Sonnenflecke als kleine Planeten, die vor der Sonnenscheibe vorbeilaufen

J.-J. Lalande (1732–1804)

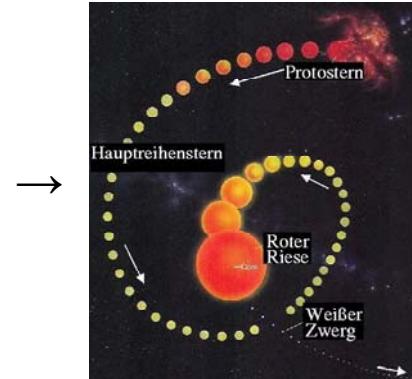
Sonnenflecke als Felseninseln in einem leuchtenden Meer

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 tropfbaren 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

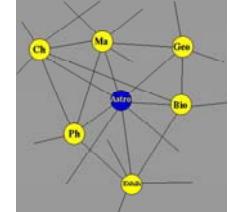


Workshop (1 h 15 min + 1 h Präsentation)

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, Lichtherapie, 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: Stichwortortierung/-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 (Newtonschen Farbkreisel 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“



