

# **Botschaften im Sternlicht**

**Sternhelligkeiten und ihre Bestimmung**

**ein Projekt für die Oberstufe / obere Mittelstufe  
Lehrgangsnummer: 824587**

# Sternhelligkeiten und ihre Bestimmung

- **Einordnung ins Curriculum:**
  - Sinnesorgane, Logarithmus, Helligkeit (Licht)
  - objektiv/subjektiv
  - Messung und Mittelung
  - Arbeit mit Diagrammen
- **Fächerverknüpfungen** wichtig:
  - Bio, Ma, Ph, Info, ...
- **Projektcharakter / hoher Grad an Eigenaktivität:**
  - Helligkeitsbestimmung von Sternen nur mit dem Auge
- **Fortführung möglich:**
  - Einstieg in Photometrie, selbsttätige Weiterführung von Beobachtungen



<b>Mittwoch, 1. Oktober 2008:</b>	<b>Anreise bis 08.45 Uhr</b>
09.15 Uhr	Begrüßung
09.30 Uhr	Programmvorstellung
09.45 Uhr	<b>Gruppenpuzzle:</b> Mit den Sinnesorganen messen
11.30 Uhr	<b>Teilnehmerbeiträge:</b> Vorstellung der Ergebnisse im Plenum
12.00 Uhr	<b>Vortrag:</b> Die astronomische Helligkeitsskala
14.00 Uhr	<b>Vortrag mit Übung:</b> Die Argelandersche Stufenschätzmethode
16.00 Uhr	<b>Workshop:</b> Argelandersche Stufenschätzung
20.00 Uhr	<b>Himmelsbeobachtungen mit dem Fernglas:</b> Veränderliche Objekte am Sternenhimmel

### **Donnerstag, 2. Oktober 2008:**

08.45 Uhr	<b>Vortrag:</b> Veränderliche Sterne/Auswertung der Lichtkurven
09.30 Uhr	<b>Workshop:</b> Fertigstellung/Auswertung der Lichtkurven
11.30 Uhr	<b>Teilnehmerbeiträge:</b> Vorstellung der Workshopergebnisse
14.00 Uhr	<b>Vortrag:</b> Das Unterrichtsprojekt „Der Pulsationsveränderliche R Cas“
14.30 Uhr	<b>Workshop:</b> Projektplanung
16.00 Uhr	<b>Teilnehmerbeiträge:</b> Vorstellung der Workshopergebnisse
16.45 Uhr	Abschlussdiskussion

### **Essenszeiten**

<b>Frühstück:</b>	<b>07.30 – 09.00 Uhr</b>
<b>Mittagessen:</b>	<b>12.30 Uhr</b>
<b>Kaffee und Kuchen:</b>	<b>15.00 – 16.00 Uhr im Restaurant</b>
<b>Abendessen:</b>	<b>18:30 Uhr</b>

# MITTWOCH

# **Gruppenpuzzle/Workshop: Mit den Sinnesorganen messen**

(9.45 -12.00 Uhr)

## **Mit den Sinnesorganen messen (*Gruppenpuzzle*)**

Einfache Versuche zur Sinneswahrnehmung (Sehen, Hören, Tasten, Wärme empfinden) ermöglichen interdisziplinäres Arbeiten und interessante Selbsterfahrungen der Schüler.

Außerdem kann der Logarithmus „entdeckt“ werden.

In vier Gruppen werden Versuche zur Sinnesempfindung (Tasten, Schmecken, Hören, Sehen) gemacht. Die Beziehung zwischen Reiz und Wahrnehmung gilt es jeweils herzustellen.

# Gruppenpuzzle/Workshop: Mit den Sinnesorganen messen



"Die fünf Sinne"  
(Hans Makart; 1840 - 1884)  
(Das Gefühl \* Das Gehör \*  
Das Gesicht \* Der Geruch \*  
Der Geschmack)  
Bildquelle: zentrales Medienarchiv  
[Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/)

# **Gruppenpuzzle/Workshop: Mit den Sinnesorganen messen**

(9.45 -12.00 Uhr)

**Bildung** von Stammgruppen mit je 4 Mitgliedern,  
jedes Gruppenmitglied wird Experte zu einem der folgenden Themen:

- I Tastsinn
- II Geschmackssinn
- III Hörsinn
- IV Sehsinn



**Erarbeitung** von Wissen zu den 4 verschiedenen Themen in 4 Expertengruppen  
**→ 60 min**

**Weitergabe** des erworbenen Wissens in den Stammgruppen  
**→ 30 min**

**Vorbereitung** einer Kurzpräsentation (5 min) in den Expertengruppen  
**→ 15 min**

**Kurzpräsentationen** der Expertengruppen  
**→ 30 min**

# ARBEITSBLÄTTER



## Gruppenpuzzle „Mit den Sinnesorganen messen“ - Aufgaben

### Gruppe 1: Kraftlinien/Testlinie

Der Physiologe Ernst Heinrich Weber (1795-1878) stellte 1834 bei Untersuchungen des Testes fest, dass der gerade noch merkliche Gewichtsunterschied  $\Delta G$  von Ausgangsgewicht  $G$  abhängt und dass die Relation  $\Delta G/G$  nahezu konstant bleibt.

Der Testverlust ist mechanisch-dynamisch. Der Versuch kommt z. B. so zustande, wenn man das Handgelenk des Probanden zuzusammendrückt und Testmasse belastet wird, welche der Proband aber nicht sehen oder statuen darf. Sie kommt z. B. den Arma in einem großen Kasten an, dessen Türen offen sind. Der Versuchsergebnis kann man nur durch die Anzahl der Bogen-Papier (auch mit Heftklammern...) bestimmen. Es wird schmierig so viel Masse zugegeben, bis der Proband die Empfindung hat, dass sich das Gewicht im Vergleich zum gerade vorhandenen Gewicht verdoppelt hat. Dieser Wert ist der „Schwellenwert“ des Probanden (innerer Kreisradius) eines Kreises, dessen Gerichtsrahmen vergrößert wird.

Führen sie einen Versuch an um die Untersuchungen des Physiologen Ernst Heinrich Weber durch. Beschreiben sie kurz ihr Vorgehen. Die Ergebnisse sind in einer Tabelle festzuhalten und in einem Diagramm zu veranschaulichen. Notieren sie, was dann beim Versuch noch auffiel.

Zur Verfügung stehen: Waage(a),imer, „Verstärker“

**Zusammenfassung:**  
Für die logarithmische („Cognitiva“) Arbeitweise der Sinnesorgane lassen sich verschiedene Allgemeinlagen finden (Analoga auch als Merkmale).  
Suchen sie nach logarithmischen Abhängigkeiten, die im Alltag vorkommen und beschreiben sie diese. Machen sie dabei deutlich, wenn der Vorteil dieser Teufelsgutart besteht.



## Gruppenpuzzle „Mit den Sinnesorganen messen“ - Aufgaben

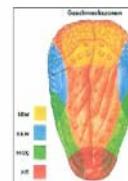
### Gruppe 2: Geschmacksraum

Die Zunge funktionieren teilweise so, dass eine automatische Ansprache ihrer Empfindlichkeit an den jeweiligen Bereich stattfindet. Dies soll im Folgenden für den Geschmacksraum untersucht werden.

Der Versuch könnte z. B. für die Geschmacksrichtung eingesetzt werden, dass der Geschmacksaufbau gestaltet wird, dass ein Teil des Schmelzkanals zum Schmelzkanal bekommt („Ausgangsschmack“) und dann sofort eine weitere Probe mit einem etwas anderen Salzgeschmack: Der Geschmack wird automatisch auf den entsprechenden Geschmacksraum übertragen. Bei zum Erreichen dieser Verdopplung ist jeweils wieder der Ausgangsschmack einzutragen, ansonsten kann es zu einem Geschmacksausgleich kommen, was die Geschmacksrichtung ungenau macht.

Es ist zu untersuchen, wie die Laufzeit der Reaktion empfunden wird (die Verlängerung der Laufzeit). Wie viele Stufen lassen sich wahnehmen?

Zur Verfügung stehen: Computer mit Internet Media Player ohne eine Visualisierung des Signals (z.B. Alarmsirene Wiederholen → Visualisierungen → Streifen und Wellen → Streifen oder Graph). Was versteht man unter Rosa Rauschen?



Zur Verfügung stehen: Fruchtsaft, 15 Trinkbecher, Salz, 1 Wasserweiter, 21 Leitungswasser

**Zusammenfassung:**  
Für die logarithmische („Cognitiva“) Arbeitweise der Sinnesorgane lassen sich verschiedene Allgemeinlagen finden (Analoga auch als Merkmale). Suchen sie nach logarithmischen Abhängigkeiten, die im Alltag vorkommen und beschreiben sie diese. Machen sie dabei deutlich, wenn der Vorteil dieser Teufelsgutart besteht.

## Gruppenpuzzle „Mit den Sinnesorganen messen“ - Aufgaben

### Gruppe 3: Hörraum

Die Sinnesorgane funktionieren teilweise so, dass eine akustische Ansprache ihrer Empfindlichkeit an den jeweiligen Bereich stattfindet. Dies soll im Folgenden für den Hörraum untersucht werden.

Zur Verfügung stehen Hörbeispiele in den 2 Audiodateien „SinnA“ und „SinnB“ mit einem Stereokop und in den 2 Audiodateien „RosaRauschen“ und „RosaRauschend“ mit einem Rauschgeneratoren. Beide Dateien sind in der gleichen Weise aufgenommen, nur die Frequenz der Laufzeit der Signale von Null bis hin zu (die Laufzeit entspricht der physikalisch meistreichen Stelle des Schalls, z. B. Schalldecke) erfolgt jeweils in zwei verschiedenen Moden. Die Anzahl der Stufen ist für beide Moden gleich groß.

Es ist zu untersuchen, wie die Laufzeit der Reaktion empfunden wird (die Verlängerung der Laufzeit). Wie viele Stufen lassen sich wahnehmen?

Zur Verfügung stehen: Computer mit Internet Media Player ohne eine Visualisierung des Signals (z.B. Alarmsirene Wiederholen → Visualisierungen → Streifen und Wellen → Streifen oder Graph).



Zur Verfügung stehen: Hörbeispiele 4 Audiobasis („RosaRauschenA“, „RosaRauschenB“, „SinnA“, „SinnB“), Computer mit Internet Media Player

**Zusammenfassung:**  
Für die logarithmische („Cognitiva“) Arbeitweise der Sinnesorgane lassen sich verschiedene Allgemeinlagen finden (Analoga auch als Merkmale). Suchen sie nach logarithmischen Abhängigkeiten, die im Alltag vorkommen und beschreiben sie diese. Machen sie dabei deutlich, wenn der Vorteil dieser Teufelsgutart besteht.

## Gruppenpuzzle „Mit den Sinnesorganen messen“ - Aufgaben

### Gruppe 4: Sehsinn

Die Sinnesorgane funktionieren teilweise so, dass eine akustische Ansprache ihrer Empfindlichkeit an den jeweiligen Bereich stattfindet. Dies soll im Folgenden für den Sehsinn untersucht werden. Dazu sollen zwei Versuche durchgeführt werden.



Erster Versuch geht es um die Bezeichnung der Fassungsfähigkeit, die durch einen direkt verschobenen Bildschirm abgedeckte Overheadprojektion erzeugt. Ein Overheadprojektor eignet sich deshalb sehr gut, weil er eine relativ gleichmäßig ausgespeicherte „Lichtfläche“ besitzt. Die Größe dieser leuchtenden Fläche und damit die Größe der abgebildeten Projektionsfläche lässt sich durch aufgelegte Blätter leicht messen (siehe Abb. 1). Das Volumen dieses Bereichs kann durch die Formel  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$  berechnet werden. Der Betrachter sollte beim Blick auf den Bildschirm mit Probenköpfen umher gehen, um die Helligkeit im Raum 2. B. beim Blick auf die Zimmerecke zu wahnehmen?

Zur Verfügung stehen: Computer mit Internet Media Player ohne eine Visualisierung des Signals (z.B. Alarmsirene Wiederholen → Visualisierungen → Streifen und Wellen → Streifen oder Graph).

Zweiter Versuch: die Lochziele (siehe Abb. 2), ermöglicht quantifizierbare Ansprüche zur Überprüfung. In Abb. 2 ist darüber hinaus mit jedem Bildschirm zur aktiven Helligkeitsmessung. Die Lochziele stellt im Prinzip eine Blende mit vielen kleinen gleichgroßen Öffnungen dar, die in der Größe „Lochmillo“ erscheinen. Jede Lochblende steht im Modellversuch für einen Stern. Zwei Farben zu je vier Lochblenden repräsentieren zwei verschiedene Zwischenzonen am Strahlengittern. Beim ersten Versuch soll die aktive Helligkeitsmessung am Bildschirm mit dem Linsenstrahlengittern stattfinden, wobei sich rechts im Bildschirm ein Bereich mit einem Durchmesser von ca. 7 mm befindet. Beim zweiten Versuch soll die aktive Helligkeitsmessung am Linsenstrahlengittern stattfinden, wobei sich links im Bildschirm ein Bereich mit einem Durchmesser von ca. 21 mm befindet. Beim geometrischen Zwischenzonen (geometrische Reihe) ändert sich die Lochblende jeweils um den Faktor vier, wieder beginnend mit einem ersten einzelnen Lochloch.

Der Betrachter der Lochziele wird vor die Aufgabe gestellt, zu beurteilen, welche der dargestellten Helligkeitsabfolgen als gleichmäßig abgestuft erscheint.

Welche Schlußfolgerung kann auf den Zusammenhang zwischen Helligkeitsänderung (Empfindung) und Änderung des Strahlengitters (Real) gezogen werden?

Zur Verfügung stehen: Overheadprojektor, Pappblenden, Lochziele

**Zusammenfassung:**  
Für die logarithmische („Cognitiva“) Arbeitweise der Sinnesorgane lassen sich verschiedene Allgemeinlagen finden (Analoga auch als Merkmale). Suchen sie nach logarithmischen Abhängigkeiten, die im Alltag vorkommen und beschreiben sie diese. Machen sie dabei deutlich, wenn der Vorteil dieser Teufelsgutart besteht.

# **Die astronomische Helligkeitsskala**

(12.00 -12.30 Uhr)

## **Die astronomische Helligkeitsskala**

Die Größenklassenskala der Astronomie beruht auf der speziellen Art und Weise der Verarbeitung von physikalischen Reizen in den Sinnesorganen. Diese funktionieren so, dass eine automatische Anpassung ihrer Empfindlichkeit an den jeweiligen Messbereich stattfindet.

Nach einigen allgemeinen und umrahmenden Bemerkungen zur astronomischen Helligkeitsskala wird im Vortrag aufgezeigt, wie die Augeneindrücke an die Messungen angeschlossen werden, d. h. wie der bekannte Zusammenhang zustande kommt.

$$m_1 - m_2 = -2,5 \cdot (\log S_1 - \log S_2)$$

A wide-angle photograph of a dark night sky, densely populated with stars of various sizes and colors. In the foreground, the dark silhouette of a mountain range or large rock formation is visible against the starry background.

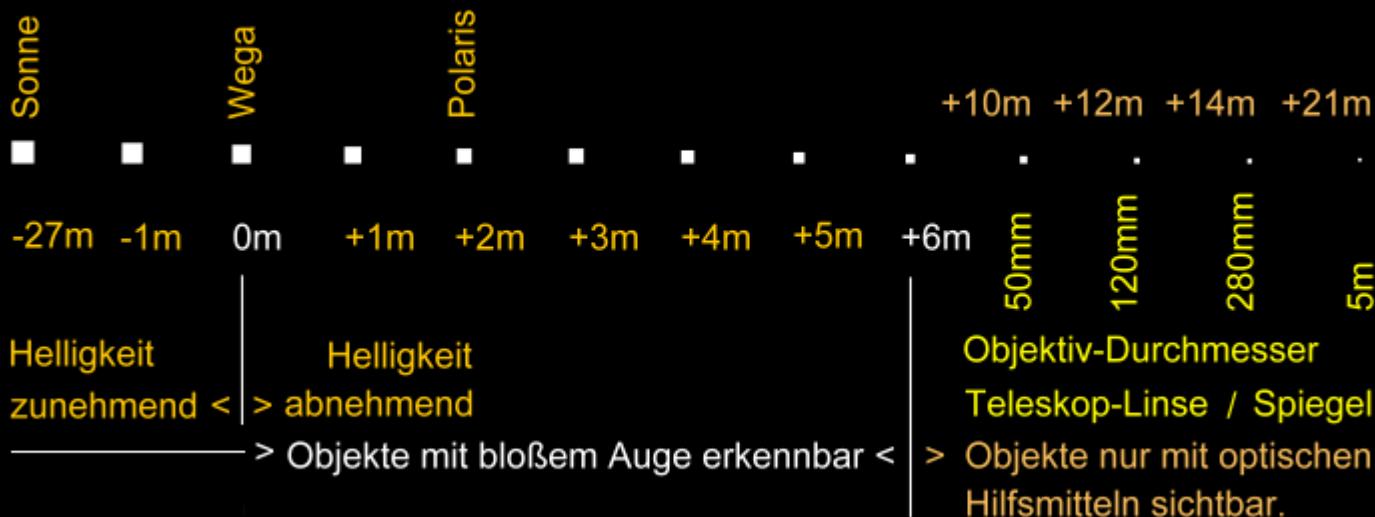
# Die astronomische Helligkeitsskala

Bildquelle: Wally Pacholka (Astropics.com)

# Die astronomische Helligkeitsskala

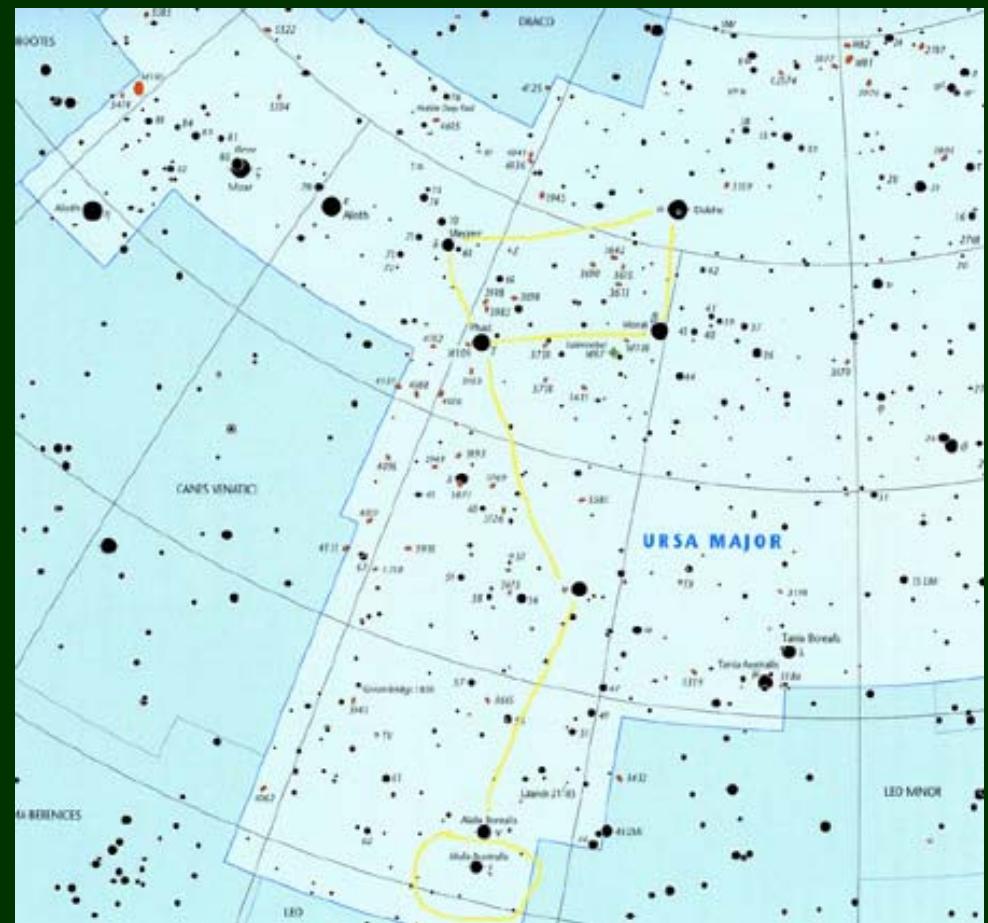
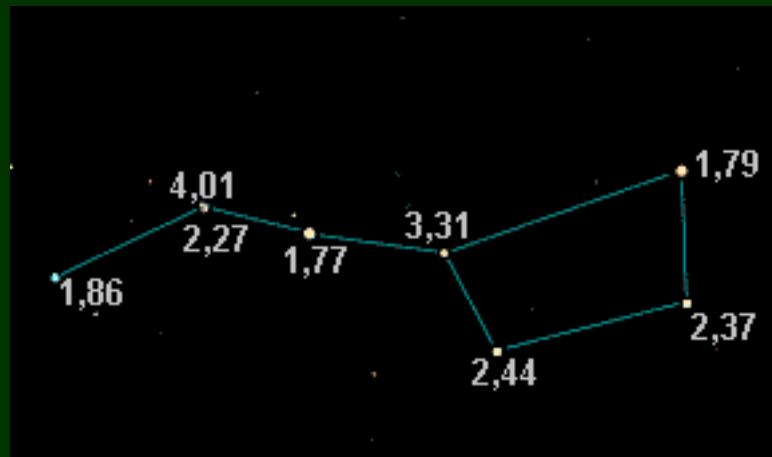
- Scheinbare Helligkeit **m** (Empfindungsgröße)
- Hipparch (2. Jh. v. Chr.): alle mit bloßem Auge sichtbaren Sterne (**Δm** auffallend), Skala von 1<sup>m</sup> bis 6<sup>m</sup> (15 Sterne mit 1<sup>m</sup>, 150 Sterne mit 3<sup>m</sup>)

## Größenklassen



VSS

# Die astronomische Helligkeitsskala



- Scheinbare Helligkeiten in Sternkarten

# Die astronomische Helligkeitsskala

- Woher?



$$m_1 - m_2 = -2,5 \cdot (\log S_1 - \log S_2)$$

Absoluter Empfindungs-unterschied      Relativer Reiz-unterschied

$$dm \propto \frac{dS}{S} \quad \rightarrow \quad dm = c \cdot \frac{dS}{S}$$

$$m + m_0 = c \cdot \ln S + c_0 = c \cdot \ln S + c \cdot \ln S_0$$

$$m_1 - m_2 = c \cdot (\ln S_1 - \ln S_2) = c \cdot \ln\left(\frac{S_1}{S_2}\right) = c' \cdot \log\left(\frac{S_1}{S_2}\right)$$

$$c' = \frac{m_1 - m_2}{\log\left(\frac{S_1}{S_2}\right)} = \frac{-1}{\log 10^{0,4}} = -2,5$$

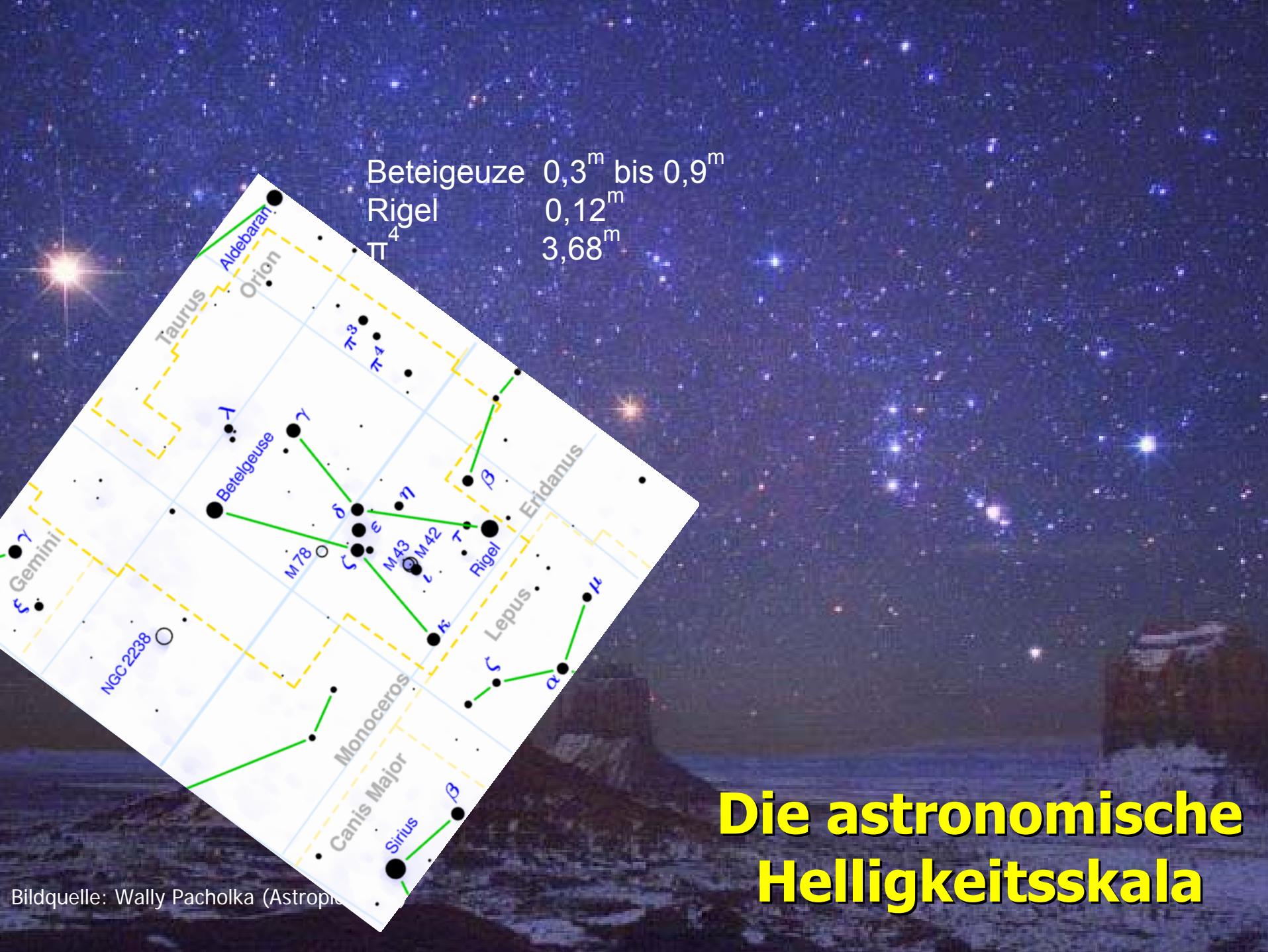
$$m_1 - m_2 = -2,5 \cdot \log\left(\frac{S_1}{S_2}\right)$$

# Die astronomische Helligkeitsskala

## Einige Zahlen

$$\Delta m \rightarrow S_1/S_2$$

1	$10^{0,4}$
2	$10^{0,8}$
5	$10^2$
10	$10^4$
15	$10^6$



# Die astronomische Helligkeitsskala

Bildquelle: Wally Pacholka (Astrophoto)

# **Die Argelandersche Stufenschätzmethod**

(14.00 -16.00 Uhr, Kaffeepause: 15.30-16.00 Uhr)

## **Die Argelandersche Stufenschätzmethode (Vortrag mit Übungsteil)**

Die Argelandersche Stufenschätzmethode ermöglicht die schnelle Ermittlung der Helligkeit eines Sterns allein mit Hilfe der Augen. Sie beruht auf dem visuellen Helligkeitsvergleich eines Sterns unbekannter Helligkeit (z. B. ein veränderlicher Stern) mit mindestens zwei Sternen bekannter und konstanter Helligkeit.

Die Argelandersche Stufenschätzmethode wird eingeführt und dann gleich anhand weiterer projizierter Sternfeldbilder in Zweiergruppen geübt. Das Ziel besteht in der beispielhaften Erstellung der Lichtkurve des Veränderlichen R Cas aus 23 Stufenschätzungen (Zeitraum: ca. 15 Monate). Es soll noch keine Interpretation des Ergebnisses vorgenommen werden. Die verwendeten Daten werden im folgenden Workshop durch viele neue Daten ergänzt.

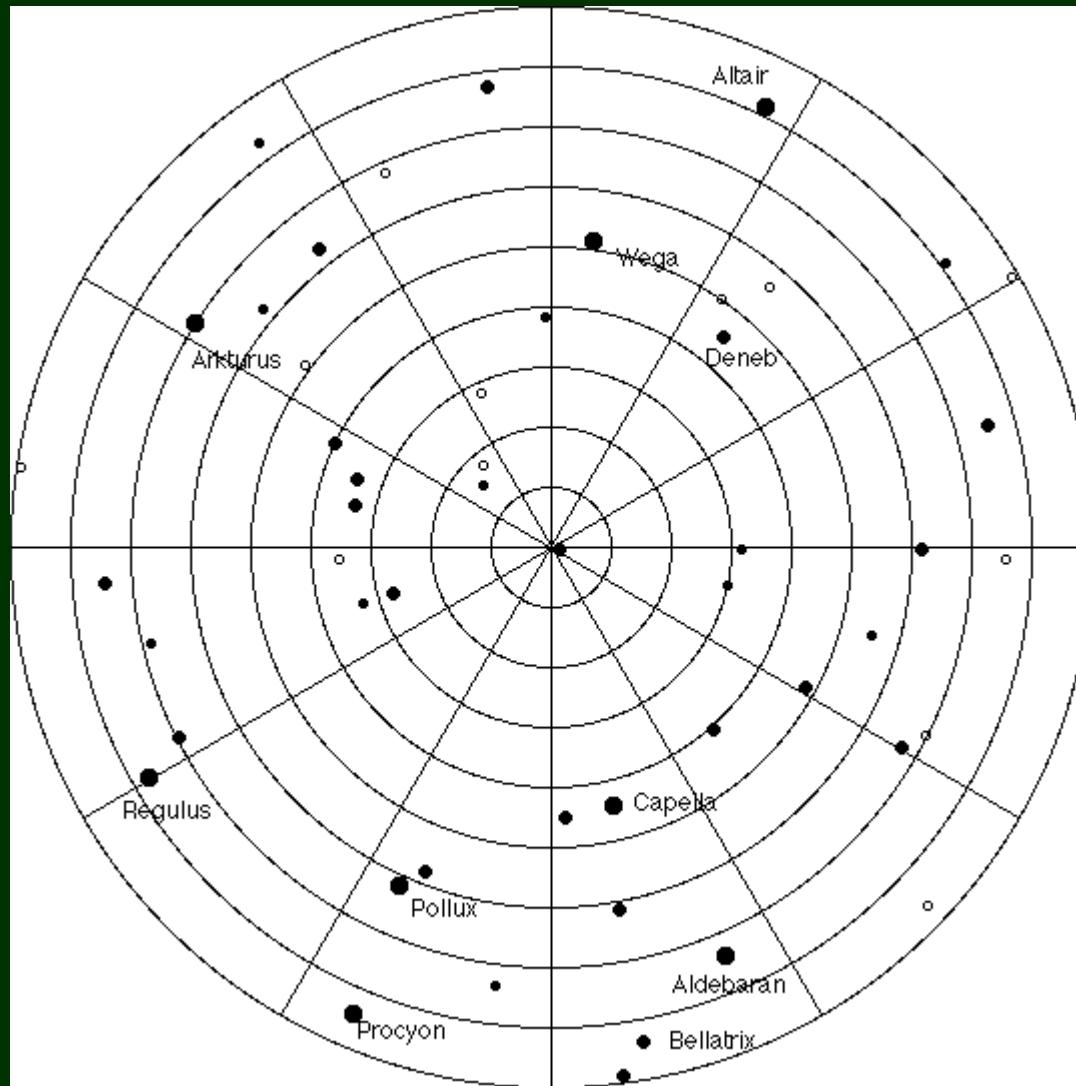
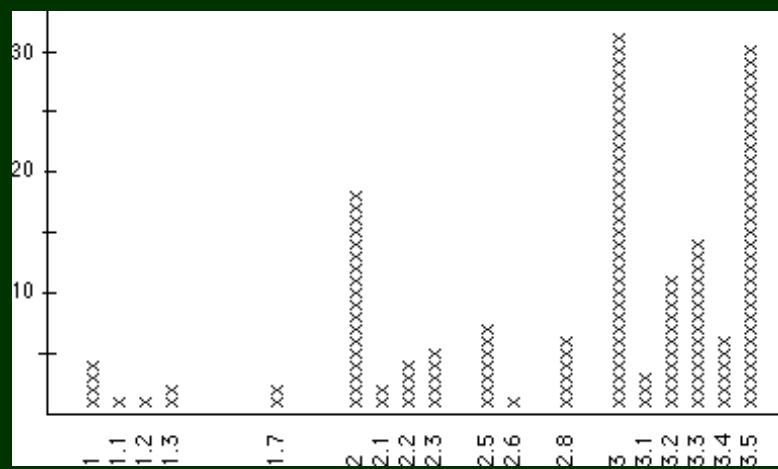
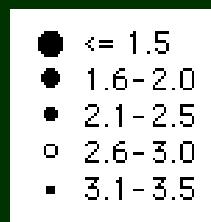
# Die Argelandersche Stufenschätzmethode

- Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875)
- Bonner Durchmusterung
- außerdem noch:  
Pickeringsche Bruchmethode



# Die Argelandersche Stufenschätzmethode

Karte des nördlichen Sternenhimmels nach den Daten aus der Bonner Durchmusterung ( $m < 3,5$ )



# Die Argelandersche Stufenschätzmethode

Jeder bekommt 3 Schriftstücke:

# Argelandermethode



## Die Argelanderische Stufenschätzmethode

### 1. Stufenschrägung

Die Argelanderische Stufenschätzmethode beruht auf dem visuellen Helligkeitsvergleich eines Sterns unbekannter Helligkeit (z. B. von vierfelicher Stufe) mit mindestens zwei Sternen bekannter Helligkeit (A und V). Der Vergleichsstern und ein Vorstern festlegen und in einer Umbrückplatte einzurichten, um das wiederholte Auftauchen der Sterne zu erleichtern. Der vierfeliche Stern wird mit V verglichen. Das hellste der Vergleichsterne, welcher heller als V im Maximaum seiner Helligkeit ist, erhält die gleiche Stufe wie V. Ein Stern, der zwischen A und V liegt, erhält eine Stufe, die nach Helligkeit alphabetisch geordnet ist. Man ordnet jedes Helligkeitsunterschiede eine Stufenzahl (hier zwischen A und 4, siehe Tab. 1) durch den entsprechenden Kleinbuchstaben zu (z. B. a Stufen von A zu V), welche nach folgendem Schema sind:

A v. V.

4 v. V.	Nach mehrmaligem Vergleich erscheinen beide Sterne gleich hell. oder manchmal erscheint A manchmal V heller.
A 1 v. V.	A und V erscheinen nur auf den ersten Blick gleich hell, nach wiederholtem Übergang erscheint A etwas heller als V, während V etwas heller als A
A 3 v. V.	A erscheint hell und unverzweigt etwas heller als V
A 4 v. V.	A erscheint auf den ersten Blick heller als V
A v. V.	A erscheint erstaunlich heller als V

Tabelle 1: Definition der Unterschiede (siehe z. B. bei Bracht, R., Müller, D., Spitzbergen, E., Himmelsbeobachtungen mit dem Fernglas, Berlin: Akademie Verlag, 1963, S. 229 - 230).

Für eine vollständige Schätzung kann das Schema

A v. V. b. V.

Das bedeutet, dass A aus n Stufen heller ist als V und V aus m Stufen heller ist als B. An dieser Stelle sei schon einmal erwähnt, dass es bei den Stufen von subjektiver Weise handelt, die sich nicht aus von Beobachter zu Beobachter unterscheiden, sondern sich auch mit zunehmender Erfahrung verändern.

Zum Beispiel ist die Tabelle und für die folgende Auswertung werden die ermittelten Werte wieder Schätzungen in eine Tabelle eingesetzt (siehe Tab. 2). In eine vollständige Tabelle müssen die Nmen des beobachteten Vierfachsterns der Zerpunkt der Schätzung in Johnsonschen und Bürgerlichen Dienst (das Johnsonsche Datum ist eine kontinuierliche Tagenzählung und somit besser für die Schätzungen geeignet) sowie die Schätzungen der vier Stufen hinzugefügt werden. Die Auswertung der Schätzwerte eingesetzten werden. Die Anzahl der Spalten für die Berechnung der Stufendifferenzen muss den Vergleichstermenen hängt von ihrer Anzahl ab, wobei bei einer größeren Anzahl mehr Vergleichsterne benötigt werden, um eine möglichst genaue Schätzung zu gewährleisten.

Stufe	Schätzungen (A v. V. B)				$\Delta = a - b$	$\Delta = c - d$	$\Delta = e - f$	$\Delta = g - h$	Korrektions- stufenwerte	Endgültige Feststel- lung
	B	C	D	E						

Tabelle 2: Tafel zur Aufstellung der Ergebnisse einer Stufenschätzung mit 4 Vergleichsternen (A ... H).

## Argelander-Beispiel



## Die Argelandersche Stufenschätzmethode am Beispiel von R Cassiopeiae

Abbildung: Schätzfeld 3 von R. Cas. Ausschnitt aus Fotoplatten der Sondergruppe Photometrischer Objekte des Sternwarte Bochum. Die Platten sind auf die Größe des Himmelsfeldes von 10° x 10° abgestimmt und zeigen die Positionen der Vergleichsternen A und B sowie der R. Cas. Die Platten sind aufeinander abgestimmt.

Platte 1: Aufnahmen am 21.10.1966.  
Platte 2: Aufnahmen am 27.10.1966.  
Rote 1: Aufnahmen am 27.10.1966.

Auf den Ausschnitten mit dem Schätzfeld (Abb.) ist der Veränderliche R.Cas mit einem R markiert. Die Vergleichsterne sind mit A, B und C beschriftet, wobei A den hellsten und C den schwächsten Vergleichstern darstellt. (Für R.Cas werden noch weitere fünf schwächeren Vergleichsterne benötigt).

Platte 1 wurde im Beispiel so ausgesucht, dass R gerade seine maximale Helligkeit hat. Es lässt sich somit feststellen, dass die Helligkeit des Veränderlichen R zwischen den Hellgrößen der Vergleichsterne A und B liegt. A und B werden also als Vergleichsterne für diese Schätzung benutzt.

Platte 2 wurde im Beispiel so ausgesucht, dass R gerade seine minimale Helligkeit hat. Es lässt sich somit feststellen, dass die Helligkeit des Veränderlichen R zwischen den Hellgrößen der

Vergleichsterne A und B liegt. A und B werden also als Vergleichsterne für diese Schätzung benutzt.

## Tabelle-Übung

Die Schätzung erfolgt in gleicher Front anhand von projizierten Himmelsaufnahmen.

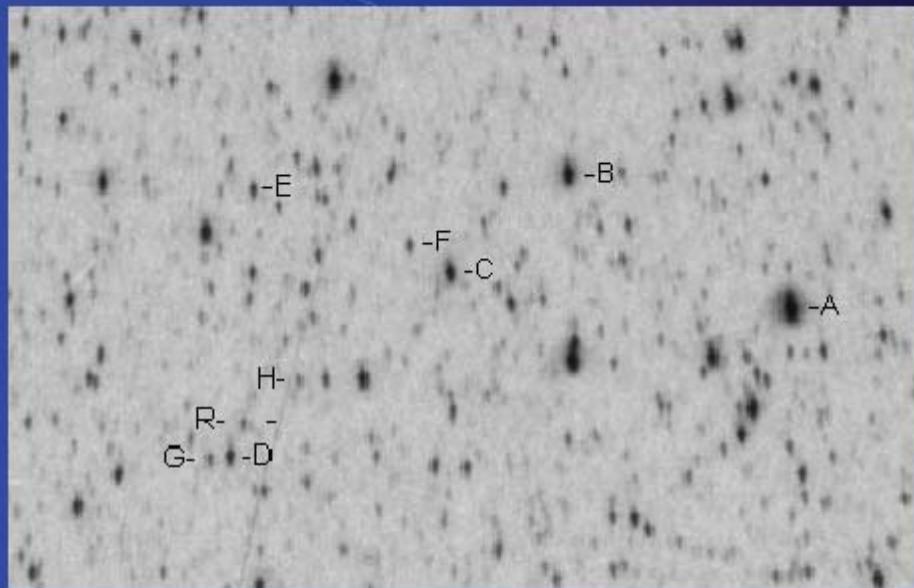
# **Veränderliche Sterne in der Schule**

## **Lichtkurven selbst gemacht**

oder

# **Die Argelandersche Stufenschätzmethode**

## **Über Stufen zum Himmel**



R Cas

20.1.1966      JD=2439146,331

# **Gruppenfoto**

**Workshop (2 h 30 min)**

**Argelandersche Stufenschätzung von R Cas**

(insgesamt ca. 5 h Zeit)  
(16.00 -18.30 Uhr)

**Argelandersche Stufenschätzung (*Arbeit in Zweiergruppen*)**

Die zuvor erlernte Methode soll nun gleich zur Anwendung kommen. Dazu wird Datenbasis des bereits kennen gelernten Veränderlichen Sterns R Cas auf einen Beobachtungszeitraum von mehr als 5 Jahre erweitert (nun insgesamt 83 Schätzungen). Ziel ist die Durchführung aller möglichen Schätzungen und die Korrektur der Daten. Die Fertigstellung der Auswertung und die Erstellung der Lichtkurve von R Cas kann im folgenden Workshop erfolgen.

# Argelandersche Stufenschätzung von R Cas

## (Workshop 2,5 h, Arbeit in Zweiergruppen)

Jede Gruppe bekommt 3 Schriftstücke und einen Datensatz von 83 Himmelsaufnahmen (Dateien oder Ausdrucke)

Plattenabelle



Tabelle



Vergleichssterne



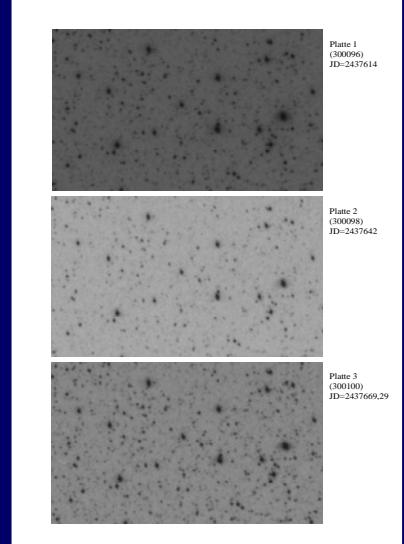
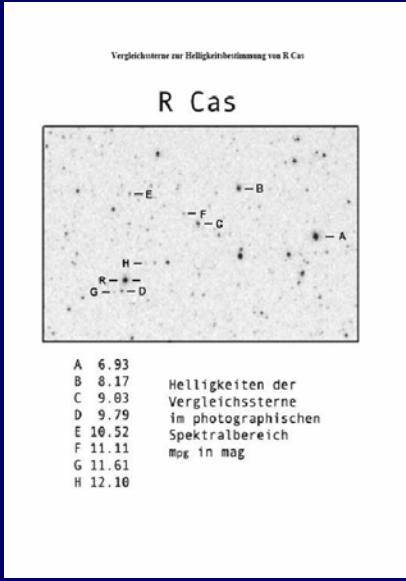
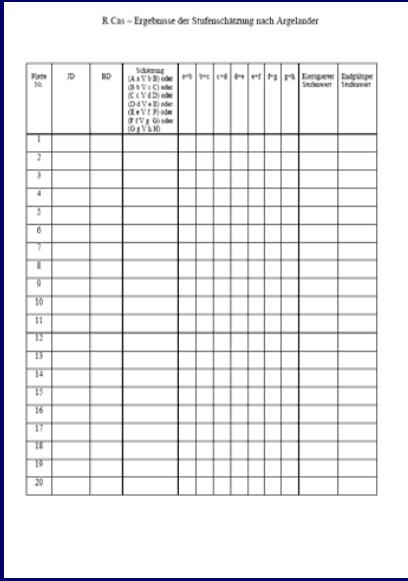
Himmelsaufnahmen



Verwendete Fotoplatten des Sternfeldes (Mitte: $\alpha=0^\circ \delta=60^\circ$ ) mit dem Veränderlichen R Cas									
Platte Nr.	Daten-Nr.	Juliantisches (JD) 245 ...	Bürglerisches Datum (BD)	Platte Nr.	Daten-Nr.	Juliantisches (JD) 245 ...	Bürglerisches Datum (BD)		
1	300096	7041	01. 10. 1961	41	300221	8675241	08. 10. 1964		
2	300098	7042	08. 12. 1961	42	300222	8675252	04. 10. 1964		
3	300100	7069,28	04. 01. 1962	43	300224	8695477	11. 10. 1964		
4	300101	7069,59	04. 01. 1962	44	300225	8695487	11. 10. 1964		
5	300102	7066	21. 10. 1962	45	300227	8705415	08. 11. 1964		
6	300103	7870	24. 07. 1962	46	300228	8735367	09. 12. 1964		
7	300104	7885	08. 08. 1962	47	300229	8745291	09. 12. 1964		
8	300109	7885	08. 08. 1962	48	300231	8815291	24. 08. 1965		
9	300112	7902	25. 08. 1962	49	300234	8845312	20. 03. 1965		
10	300117	7910	02. 09. 1962	50	300238	8885374	02. 05. 1965		
11	300122	7934	26. 09. 1962	51	300239	8905217	21. 05. 1965		
12	300123	7937	01. 10. 1962	52	300240	8915220	29. 10. 1965		
13	300128	7949,59	01. 10. 1962	53	300241	8935234	08. 08. 1965		
14	300133	7947,89	09. 10. 1962	54	300243	8955570	25. 08. 1965		
15	300137	7964	26. 10. 1962	55	300245	9025489	19. 09. 1965		
16	300138	7965	26. 10. 1962	56	300246	9025498	19. 09. 1965		
17	300140	8003	02. 12. 1962	57	300255	9075768	03. 10. 1965		
18	300144	8045	15. 10. 1963	58	300261	9055467	21. 10. 1965		
19	300145	8045	15. 10. 1963	59	300262	9055476	21. 10. 1965		
20	300151	8174	24. 09. 1963	60	300270	9095744	22. 11. 1965		
21	301044	8226	14. 07. 1963	61	300276	9146323	20. 01. 1966		
22	301058	8255	13. 08. 1963	62	300278	9120290	15. 01. 1966		
23	301062	8286	13. 08. 1963	63	300283	9125278	26. 04. 1966		
24	301063	8303	13. 08. 1963	64	300284	9125287	26. 04. 1966		
25	300173	8252,424	22. 10. 1963	65	300285	9270539	26. 05. 1966		
26	300177	8345,406	09. 11. 1963	66	300296	9285496	09. 06. 1966		
27	300181	8345,406	09. 11. 1963	67	300297	9285498	09. 06. 1966		
28	300183	8398,288	03. 01. 1964	68	300298	9317449	10. 07. 1966		
29	300188	8413,315	18. 01. 1964	69	300290	9305153	24. 07. 1966		
30	300190	8439,310	13. 02. 1964	70	300292	9350350	12. 08. 1966		
31	301033	8458,400	01. 04. 1964	71	300296	9350449	21. 08. 1966		
32	301036	8458,400	01. 04. 1964	72	300297	9375290	01. 09. 1966		
33	302024	8532,526	16. 05. 1964	73	300300	9384471	16. 05. 1966		
34	302023	8584,206	07. 07. 1964	74	300307	9405346	07. 10. 1966		
35	302025	8611,214	07. 07. 1964	75	300308	9415230	14. 10. 1966		
36	302026	8611,214	08. 08. 1964	76	300309	9415232	14. 10. 1966		
37	302029	8636	28. 08. 1964	77	300313	9442490	12. 11. 1966		
38	302123	8643	04. 09. 1964	78	300315	9504344	09. 01. 1967		
39	302124	8643	04. 09. 1964	79	300316	9504344	09. 01. 1967		
40	302129	8670,492	01. 10. 1964	80	300317	9525267	30. 01. 1967		

s dem Archiv der Sternwarte Sonnenberg, Sonnenberg Sky Panel: [www.ssw.tu-dresden.de/cosy/cosy/index.htm](http://www.ssw.tu-dresden.de/cosy/cosy/index.htm)

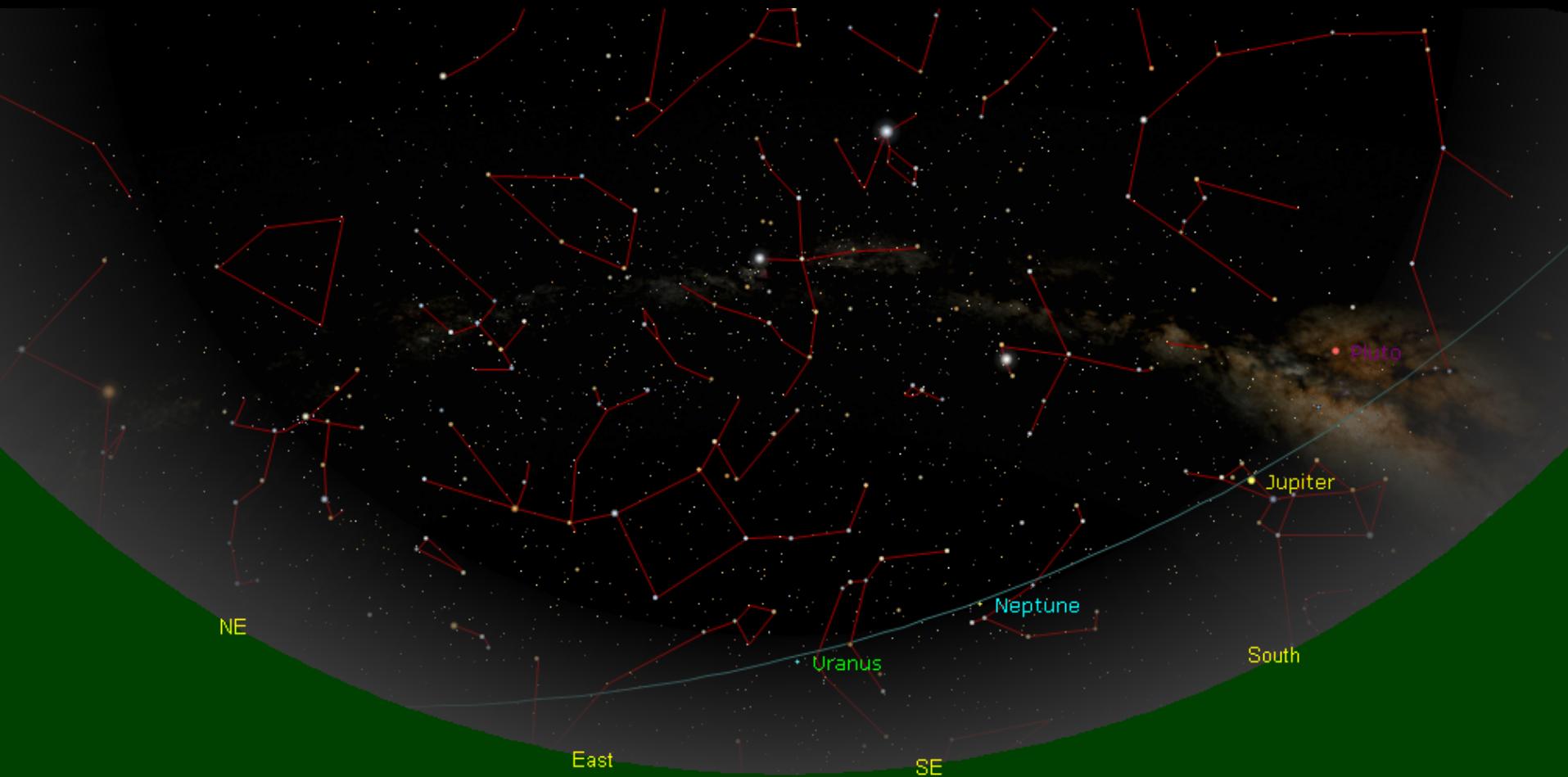
Umfang der Methode: graues Feld (6.18); Gruppe 1: 1-20 gelb; Gruppe 2: 21-40 blau; Gruppe 3: 41-60 grün



Die Schätzung (Arbeit in Gruppen) anhand von Himmelsaufnahmen, die entweder auf dem Bildschirm oder ausgedruckt vorliegen.

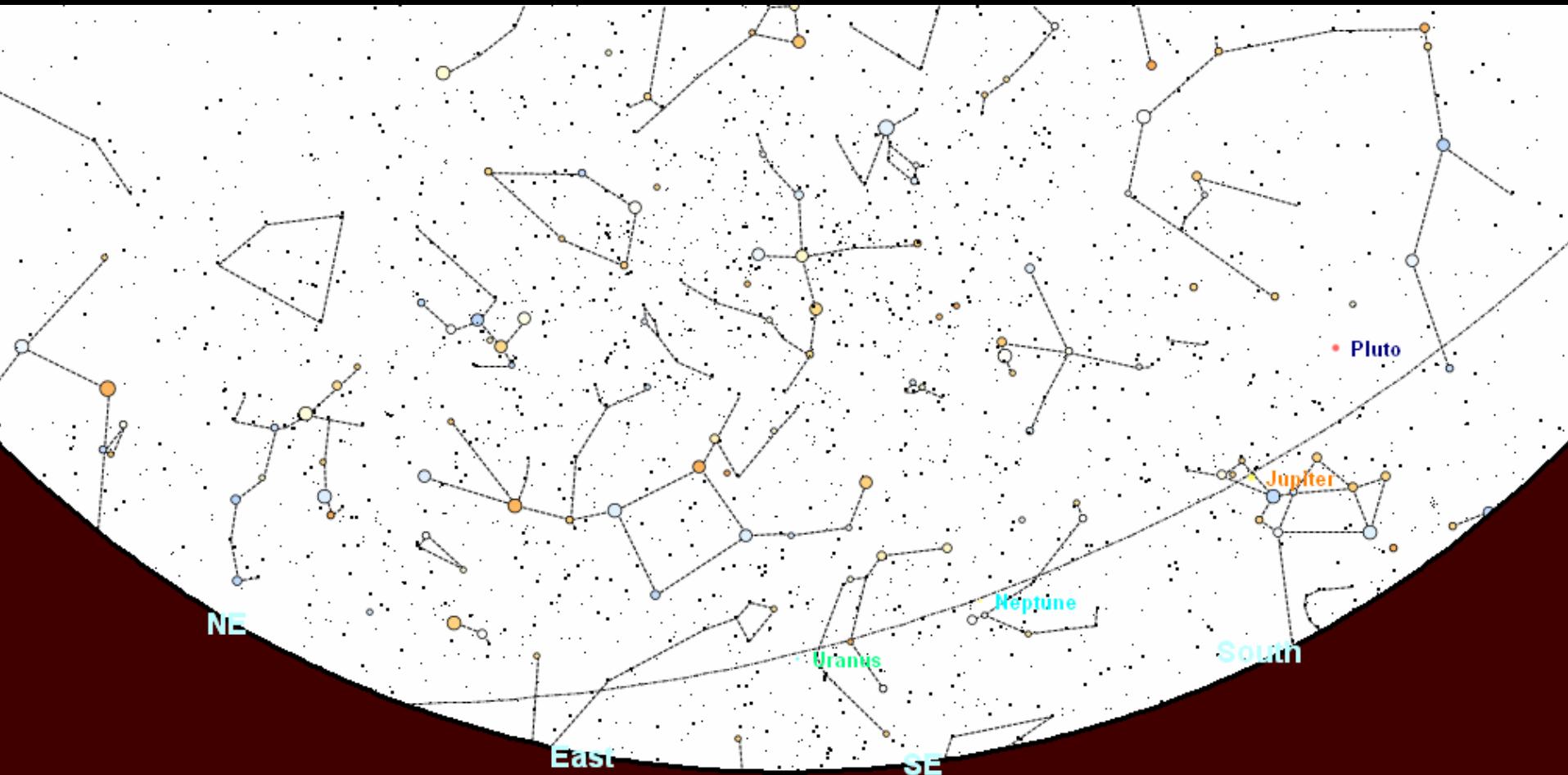
# Beobachtungsabend: Himmelsbeobachtungen mit dem Fernglas

## 1. Oktober 2008, Bad Wildbad, 20 Uhr



# Beobachtungsabend: Himmelsbeobachtungen mit dem Fernglas

## 1. Oktober 2008, Bad Wildbad, 20 Uhr



**Sternbilder beschriften, Veränderliche aufsuchen und einzeichnen  
( $\beta$  Per,  $\beta$  Lyr,  $\delta$  Cep), Planeten aufsuchen**

# **Beobachtungsabend: Himmelsbeobachtungen mit dem Fernglas**

## **1. Oktober 2008, Bad Wildbad, 20 Uhr**

### **ISS - Visible Passes**

1 Oct	-2.1	20:24:47	10	WNW	20:27:42	59	NNE	20:28:39	36	ENE
1 Oct	1.4	22:00:14	10	W	22:00:14	10	W	22:00:14	10	W



<http://www.heavens-above.com/>

# DONNERSTAG

# **Veränderliche Sterne und ihre Lichtkurven**

(8.45 -9.30 Uhr)

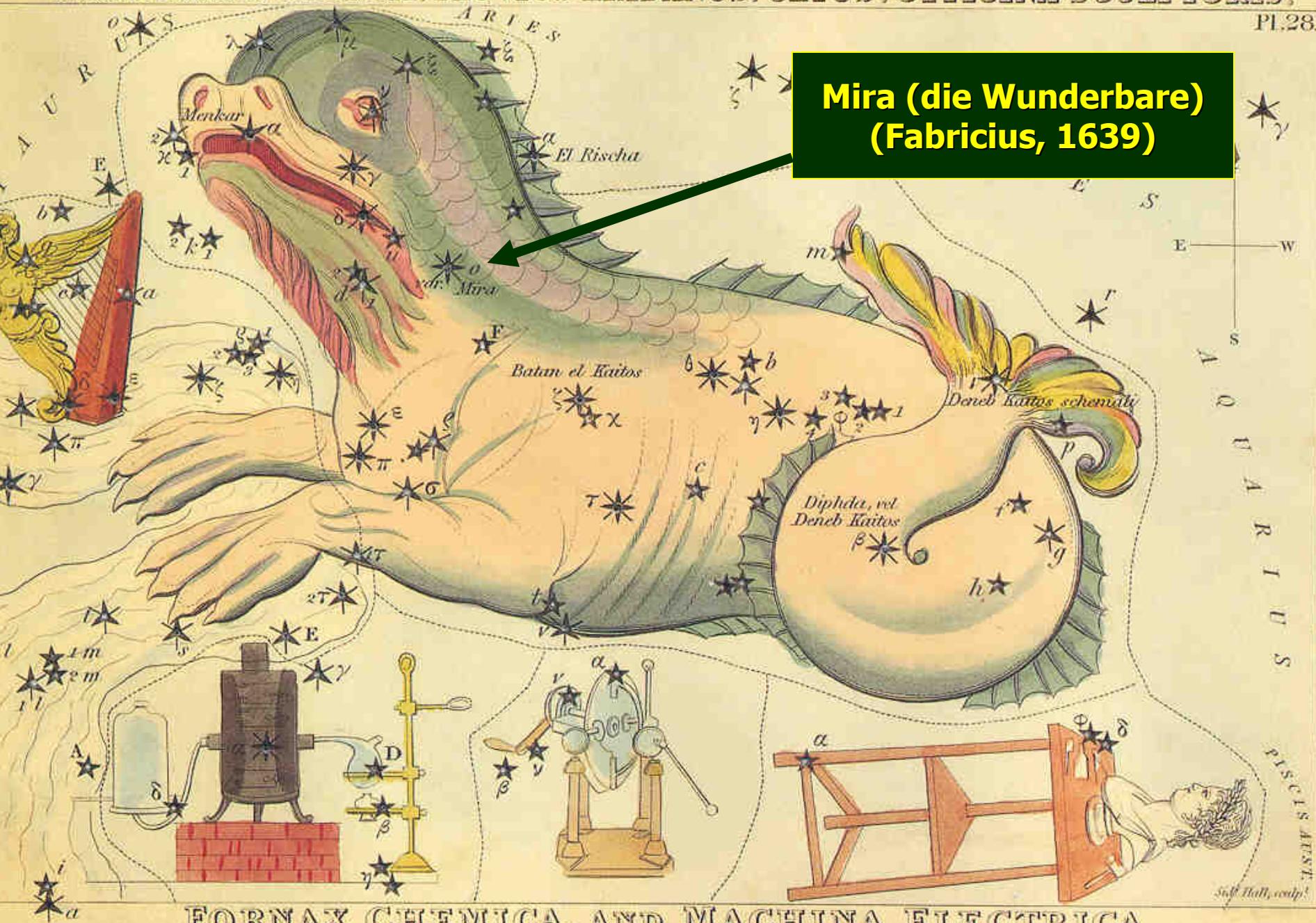
## **Veränderliche Sterne/Auswertung der Lichtkurven**

Es wird in kurzer Überblick über die Erforschung veränderlicher Sterne gegeben. Im Kern des Vortrags steht die Vorstellung der wesentlichen Typen von Veränderlichen (Ursache der Veränderlichkeit, charakteristische Lichtkurve).

### **Veränderliche Sterne**

(nach Vorlagen von Dr. Peter Kroll und Thomas Weber,  
Sternwarte Sonneberg)

# Mira (die Wunderbare) (Fabricius, 1639)



**Fortsetzung Workshop**  
**Argelandersche Stufenschätzung**  
(2 h Gruppenarbeit + 1 h Ergebnisvorstellung)  
(9.30 -12.30 Uhr)

**Fertigstellung/Auswertung der Lichtkurven**

Nachdem die Auswertung der Schätzdaten von R Cas abgeschlossen ist, kann die Lichtkurve gezeichnet werden. Anschließend erfolgt Interpretation der Lichtkurve (Kurvenverlauf, Periode, Amplitude, Amplitudenfolge), wobei auch Bezüge zum Veränderlichentyp hergestellt werden sollen. Zum Abschluss empfiehlt sich ein Lichtkurvenvergleich zwischen der selbst generierten Kurve und den Daten, die von Amateurbeobachtern gewonnen wurden (siehe: AAVSO Light Curve Generator: <http://www.aavso.org/data/lcg/>, R Cas  
10.11.1961 – 13.04.1967)

## **Was zu tun ist:**

- Fertigstellung der Auswertung
- Zeichnen der Lichtkurve (EXCEL)
- Interpretation der Lichtkurve  
(Periode, Amplitude, Auffälligkeiten, Veränderlichentyp)
- Vergleich mit Ergebnissen Anderer  
(siehe: AAVSO Light Curve Generator:  
<http://www.aavso.org/data/lcg/>,  
R Cas 10.11.1961 – 13.04.1967)
- Vorbereitung Präsentation
- Präsentation

# **Ein Unterrichtsprojekt „R Cas“**

(14.00 -14.30 Uhr)

## **Das Unterrichtsprojekt „Der Pulsationsveränderliche R Cas“**

Das eigene Tun und Erfolgserlebnisse tragen zur Motivation der Schüler für die Naturwissenschaften und die Mathematik bei. Es wird ein 12stündiges Schulprojekt als Einstieg in die Veränderlichenforschung vorgestellt, welches viel eigenes Tun ermöglicht und Aussicht auf Erfolg verspricht. Das Projekt kann über das Internet abgerufen werden.

# Ein Unterrichtsprojekt „R Cas“

## Projekt „Veränderliche Sterne - Lichtkurven selbst gemacht“

### Projektziel

Das wesentliche Ziel des Projektes besteht darin, die Schüler ein *typisches Beispiel wissenschaftlicher Arbeitsweise*, die seit Jahrzehnten im Zentrum der Forschungsarbeit vieler Sternwarten stand, erleben zu lassen. (Auch wenn heute die Computer einen großen Teil der Datenauswertung übernehmen, die Programme basieren auf den gleichen Prinzipien.) Das eigene Tun und das Erfolgserlebnis tragen zur Motivation der Schüler für die Naturwissenschaften und die Mathematik bei.



An der Sternwarte Sonneberg wird seit vielen Jahrzehnten Veränderlichenforschung betrieben. Nach mehr als 80 Jahren fotografischer Überwachung des Himmels lagern im Sonneberger Archiv heute mehr als 275.000 Fotoplatten (die zweitgrößte Sammlung auf der Erde), auf denen die Geschichte des Lichtwechsels aller bei ca. 50° nördlicher Breite sichtbaren Himmelsobjekte bis zu einer gewissen Mindesthelligkeit aufgezeichnet ist. Mit dieser „Chronik des Sternenhimmels“ ist ein einmaliger Datenschatz gegeben, der noch viele ungelüftete Geheimnisse in sich birgt.

# Ein Unterrichtsprojekt „R Cas“

## Stoffverteilung – Stundenübersicht

### 1. Stunde

*Thema:* In der Astronomie beginnt (fast alles) mit der Beobachtung

*Inhalte:* Geschichtliches, Begriff der Veränderlichkeit, Aufsuchen von einigen hellen Sternen, die als veränderlich bekannt sind, auf Sternkarte (und am Himmel)

### 2. Stunde

*Thema:* Der Lichtwechsel von Veränderlichen

*Inhalte:* Lichtkurve (scheinbare Helligkeit, Julianische Tageszählung), Lichtkurven und physikalische Hintergründe für wesentliche Typen Veränderlicher Sterne

### 3. Stunde

*Thema:* Der fotografierte Himmel

*Inhalte:* Sternfeldaufnahmen (Sternbild, Sternhelligkeiten, Abbildungsfehler, Beschreibung der Sternbildchen), Auffinden von Veränderlichen, Orientierung auf Fotoplatte (Mustererkennung) und Ausschneiden des „Schätzgebiets“



## 4.-5. Stunde

*Thema:* Die Argelandersche Stufenschätzmethode

*Inhalte:* Schätzung und Auswertung (Einstieg und Übung), die erste selbst erstellte Lichtkurve

## 6.-9. Stunde

*Thema:* Der Veränderliche R Cas

*Inhalte:* Stufenschätzung am Beispiel des Veränderlichen R Cas (nun mit deutlich mehr Daten als beim Einstieg), Auswertung der Ergebnisse bis hin zur Lichtkurve, Interpretation der Lichtkurve

## 10.-11. Stunde

*Thema:* Was uns die Lichtkurve verrät

*Inhalte:* Interpretation der Lichtkurve: Amplitude und evt. Amplitudenvariationen, Periode und evt. Periodenvariationen, Veränderlichentyp von R Cas, Maximumszeit, Vergleich Lichtkurve, die von anderen gewonnen wurde, Fakten und Zusammenhänge zu Mira-Sternen

## 12. Stunde

*Thema:* Rückkehr zur Beobachtung

*Inhalte:* Beobachtung und Vorhersage von besonderen Zeitpunkten in den Lichtkurven verschiedener Veränderlicher, weitere Veränderliche im gegebenen Sternfeld, Ausblick: Verlängerung der Messreihe für R Cas, Planung der Beobachtung eines Algol-Minimums

**4.-5. Stunde - Die Argelandersche Stufenschätzmethode**

**Handout**  
Unter Ihnen befindet sich ein Handout zum Thema.

**Didaktisch-methodische Kommentare**

Die Argelandersche Stufenschätzmethode ist eigentlich nur das ganz allgemeine Prinzip der Stufenschätzmethoden. Es handelt sich um eine Art Schätztechnik, die auf der Stufenschätzmethode beruht. Sie besteht darin, dass man die einzelnen Stufen einer Lichtkurve abtrennt und dann die entsprechenden Werte für die einzelnen Stufen bestimmt. Das kann man z.B. durch die Anwendung der Gaußschen Methode oder der Methode der kleinsten Quadrate tun. Das Handout enthält eine kurze Erklärung der Methode und eine Übungsaufgabe.

**Materialien, Versuchsaufgaben, Versuchsergebnisse**

**Didaktisch**

- Argelander, Bruno: Hörunterrichtsstunde 2011
- Präsentationsfile (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Arbeitsblatt (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Lernzettel (.pdf)
- Übungsaufgabe (.pdf)
- Lösung der Übungsaufgabe (.pdf)
- Ergebnis der Übungsaufgabe (.pdf)

**Aufgaben**

- Berechnen Sie die Stufenhöhen der 17 Hörunterrichtsstunden Frederic Tréboulland. Dazu müssen Sie die einzelnen Stufen der Lichtkurve trennen und dann die entsprechenden Werte bestimmen. Das kann man z.B. durch die Anwendung der Gaußschen Methode oder der Methode der kleinsten Quadrate tun.

**6.-9. Stunde - Der Veränderliche R Cas**

**Handout**  
Unter Ihnen befindet sich ein Handout zum Thema R Cas und seine Beobachtungen in den Jahren 1910-1911.

**Didaktisch-methodische Kommentare**

Es handelt sich um eine Art Schätztechnik, die auf der Stufenschätzmethode beruht. Sie besteht darin, dass man die einzelnen Stufen einer Lichtkurve abtrennt und dann die entsprechenden Werte für die einzelnen Stufen bestimmt. Das kann man z.B. durch die Anwendung der Gaußschen Methode oder der Methode der kleinsten Quadrate tun. Das Handout enthält eine kurze Erklärung der Methode und eine Übungsaufgabe.

**Materialien, Versuchsaufgaben, Versuchsergebnisse**

**Didaktisch**

- Argelander, Bruno: Hörunterrichtsstunde 2011, Methoden
- Arbeitsblatt (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Präsentationsfile (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Arbeitsblatt (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Lernzettel (.pdf)
- Übungsaufgabe (.pdf)
- Lösung der Übungsaufgabe (.pdf)
- Ergebnis der Übungsaufgabe (.pdf)

**10.-11. Stunde - Was uns die Lichtkurve verrät**

**Handout**  
Unter Ihnen befindet sich ein Handout zum Thema R Cas und seine Beobachtungen in den Jahren 1910-1911.

**Didaktisch-methodische Kommentare**

Es handelt sich um eine Art Schätztechnik, die auf der Stufenschätzmethode beruht. Sie besteht darin, dass man die einzelnen Stufen einer Lichtkurve abtrennt und dann die entsprechenden Werte für die einzelnen Stufen bestimmt. Das kann man z.B. durch die Anwendung der Gaußschen Methode oder der Methode der kleinsten Quadrate tun. Das Handout enthält eine kurze Erklärung der Methode und eine Übungsaufgabe.

**Materialien, Versuchsaufgaben, Versuchsergebnisse**

**Didaktisch**

- Argelander, Bruno: Hörunterrichtsstunde 2011, Methoden
- Arbeitsblatt (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Präsentationsfile (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Arbeitsblatt (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Lernzettel (.pdf)
- Übungsaufgabe (.pdf)
- Lösung der Übungsaufgabe (.pdf)
- Ergebnis der Übungsaufgabe (.pdf)

**12. Stunde - Rückkehr zur Beobachtung**

**Handout**  
Unter Ihnen befindet sich ein Handout zum Thema R Cas und seine Beobachtungen in den Jahren 1910-1911.

**Didaktisch-methodische Kommentare**

Es handelt sich um eine Art Schätztechnik, die auf der Stufenschätzmethode beruht. Sie besteht darin, dass man die einzelnen Stufen einer Lichtkurve abtrennt und dann die entsprechenden Werte für die einzelnen Stufen bestimmt. Das kann man z.B. durch die Anwendung der Gaußschen Methode oder der Methode der kleinsten Quadrate tun. Das Handout enthält eine kurze Erklärung der Methode und eine Übungsaufgabe.

**Materialien, Versuchsaufgaben, Versuchsergebnisse**

**Didaktisch**

- Argelander, Bruno: Hörunterrichtsstunde 2011, Methoden
- Arbeitsblatt (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Präsentationsfile (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Arbeitsblatt (.pdf) Hörunterrichtsstunde 2011
- Lernzettel (.pdf)
- Übungsaufgabe (.pdf)
- Lösung der Übungsaufgabe (.pdf)
- Ergebnis der Übungsaufgabe (.pdf)

- Anknüpfung an verschiedene Wissens- und Könnensbereiche  
(Periode, Amplitude, Lichtabsorption, Lichtquelle, Diagramm, ...)
- Umgang mit wissenschaftlichen Originaldaten
- grundlegende Methode der Astronomie: Photometrie
- Subjektivität der Messung und Messfehlerproblematik
- Arbeit mit Bildern von Sternfeldern: die Fähigkeit der Mustererkennung
  - Vielfältiger Computereinsatz  
(Bildanzeige, Auswertung, Recherche, Beobachtungsplanung, Simulation, ...)
  - Vertiefung von Teilthemen / Möglichkeiten für Referate  
(Frauen in der Astronomie, Himmelsüberwachung gestern und heute, Sternentwicklung/HRD, Veränderlichentypen, Algol mit Pappschablonen, Himmelsfotografie, Transitplaneten, ...)

# **Ein Unterrichtsprojekt „R Cas“**

12ständiges Schulprojekt im Internet unter:



[http://www.naturwissenschaften-  
entdecken.de/lichtkurven.php?sid=705472362620141236221829682966](http://www.naturwissenschaften-entdecken.de/lichtkurven.php?sid=705472362620141236221829682966)  
80



<http://www.wissenschaft-schulen.de/artikel/866824>



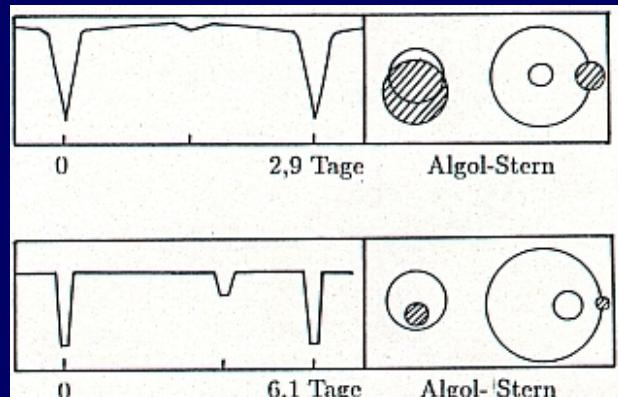
# Workshop (75 min Gruppenarbeit + 30 min Ergebnisvorstellung)

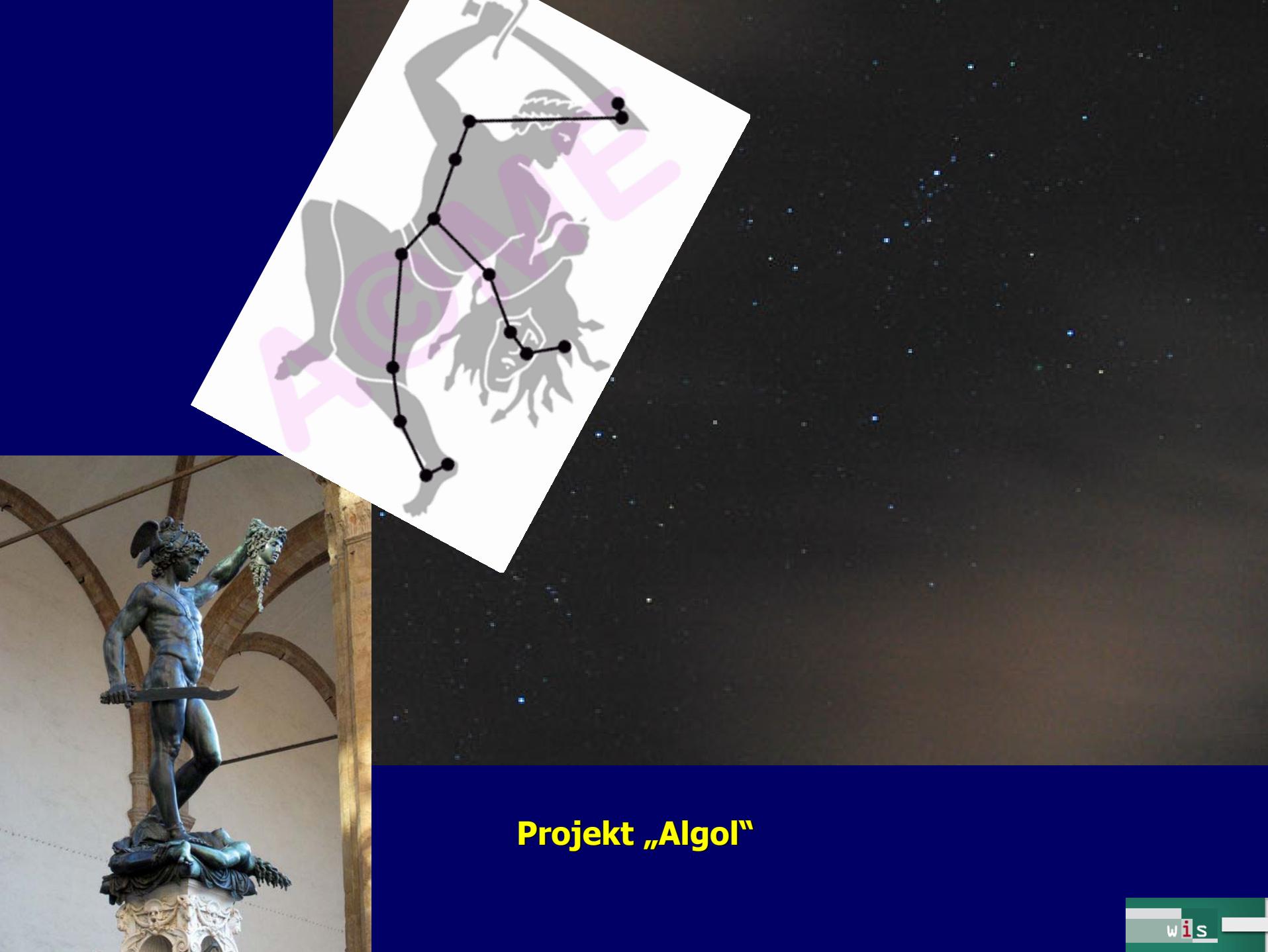
## Projektplanung

(14.30 -16.00 Uhr/16.00 – 16.45 Uhr, Kaffeepause: 15.30-16.00 Uhr)

### Projektplanung

Sternhelligkeiten können zum Teil auch direkt am Himmel geschätzt werden. Dazu ist es nötig, diese Sterne identifizieren, d. h. auffinden zu können (Umgebungskarte) und evt. auch zur richtigen Zeit zu beobachten. So lohnt die Beobachtung des Bedeckungsveränderlichen Algol nur im Zeitraum seines Hauptminimums, während dem er innerhalb einiger Stunden einen mit dem bloßen Auge sichtbaren Helligkeitsabfall zeigt. Damit man das Minimum beobachten kann, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein: Minimumszeit für Algol (Quelle: <http://home.pages.at/vollmann/var/algol2007.htm>), möglichst kein Mondlicht, möglichst günstige Abendzeit, möglichst große Höhe. Es muss geplant werden.





## Projekt „AlgoI“

# **Projektplanung**

Workshop (75 min Gruppenarbeit + 30 min Ergebnisvorstellung)

## **Helligkeitsschätzung am Himmel: Algol**

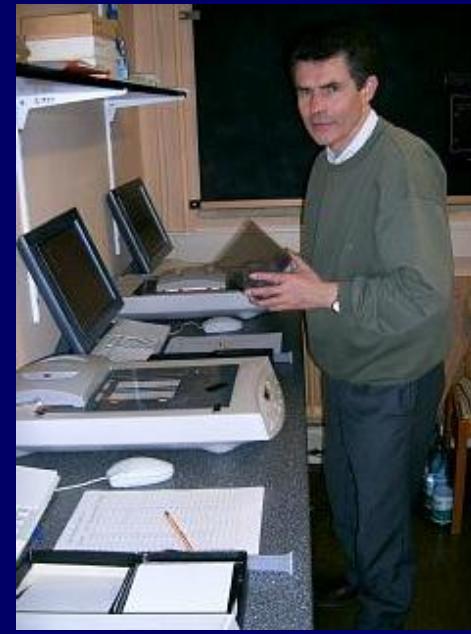
- möglichst im Hauptminimum:  
<http://home.pages.at/vollmann/var/algol2008.htm>
- möglichst kein Mondlicht:  
<http://www.astrovieviewer.de/interaktive-sternenkarte.php>  
oder drehbare Sternkarte, Sternkalender, Stellarium, ....
- möglichst günstige Abendzeit:  
<http://www.astrovieviewer.de/interaktive-sternenkarte.php>  
oder drehbare Sternkarte, Sternkalender, Stellarium, ....
- möglichst große Höhe:  
<http://www.astrovieviewer.de/interaktive-sternenkarte.php>  
oder drehbare Sternkarte, Sternkalender, Stellarium, ....
- Karte mit Vergleichssternen:  
<http://www.aavso.org/images/Betaper-aa.gif>
- Helligkeiten der Vergleichsterne:  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Perseus\\_\(Sternbild\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Perseus_(Sternbild))
- und noch mehr .....

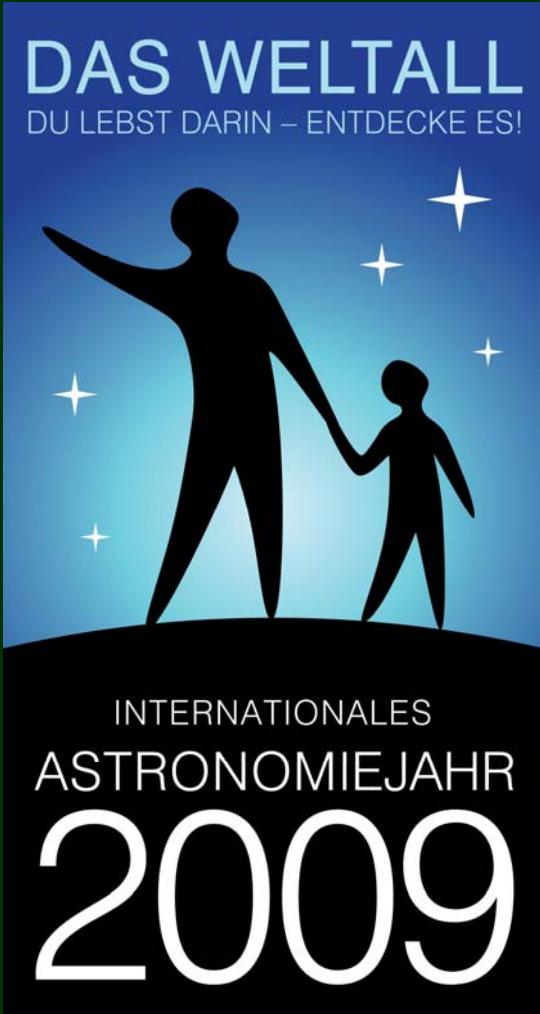
**Es muss geplant werden!**

## Weitere Projektplanung

### Weitere Helligkeitsschätzungen auf Himmelsaufnahmen:

Sonneberger Plattensammlung kann bald abgerufen werden unter dem Link  
[http://www.stw.tu-ilmenau.de/observatory/observatory\\_4.html](http://www.stw.tu-ilmenau.de/observatory/observatory_4.html)





## Abschlussdiskussion

- Feed back / Reisekosten
- Adressliste für Verschickung von Material-CD
- Fortbildungsinhalte auch im Internet
- Jahr der Astronomie

<http://www.astronomy2009.de/aktivitaeten/was-ist-los-in/baden-wuerttemberg>