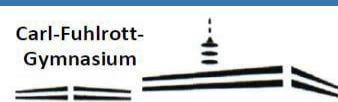


# Die Ausbildung am SCHÜLERLABOR ASTRONOMIE des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums in Wuppertal

Stand: 10.2.2020

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



Projektleitung Planetarium und Kurse:

Dipl.-Phys. StD Michael Winkhaus

CFG-Sternwarte und Kurse:

Dipl.-Phys. Bernd Koch



Kooperationspartner:

Prof. Dr. Johannes Grebe-Ellis, Fachbereich *Didaktik der Physik* an der Bergischen Universität Wuppertal

Partnerschaft:

Prof. Dr. hc Ernst-Andreas Ziegler  
Kinder- und Junior-Uni Wuppertal

Ausstattung der Sternwarte:

Baader Planetarium GmbH, Mammendorf

## Riesiger Ansturm auf Kurse der Junior-Uni

Bereits am ersten AnmeldeTag waren insgesamt 554 Plätze für die Seminare des dritten Semesters der Wuppertaler Junior-Uni vergeben. Trotz technischer und personeller Voraussetzungen machten am Sonntag, 10. Mai 2009, jedoch schon nach kürzester Zeit der hausinterne Internet-Server sowie die Telefonanlage "schlapp".



# Der Bedarf an Astronomie

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



**7. Mai 2003:** Beobachtung  
des Merkurtransits auf dem  
Schulhof

**Ergebnis: Über 300 Schüler  
meldeten sich zur  
gemeinsamen Beobachtung  
an!**

**8. Juni 2004:**

Beobachtung des  
Venustransits auf dem  
Schulhof

**Ergebnis: Über 600  
Schüler meldeten sich zur  
gemeinsamen Beobachtung  
an!**



# Der Bedarf an Astronomie

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

**Der Ausweg:** Die Astronomie-AG macht regelmäßige Beobachtungsangebote für alle Interessierten!

Aber dazu brauchen wir eine **Sternwarte** auf unserem Schuldach!

## Eine Sternwarte

auf dem Süddach  
des Schulzentrums Süd  
in Wuppertal



# Die Schulsternwarte des CFG Wuppertal

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

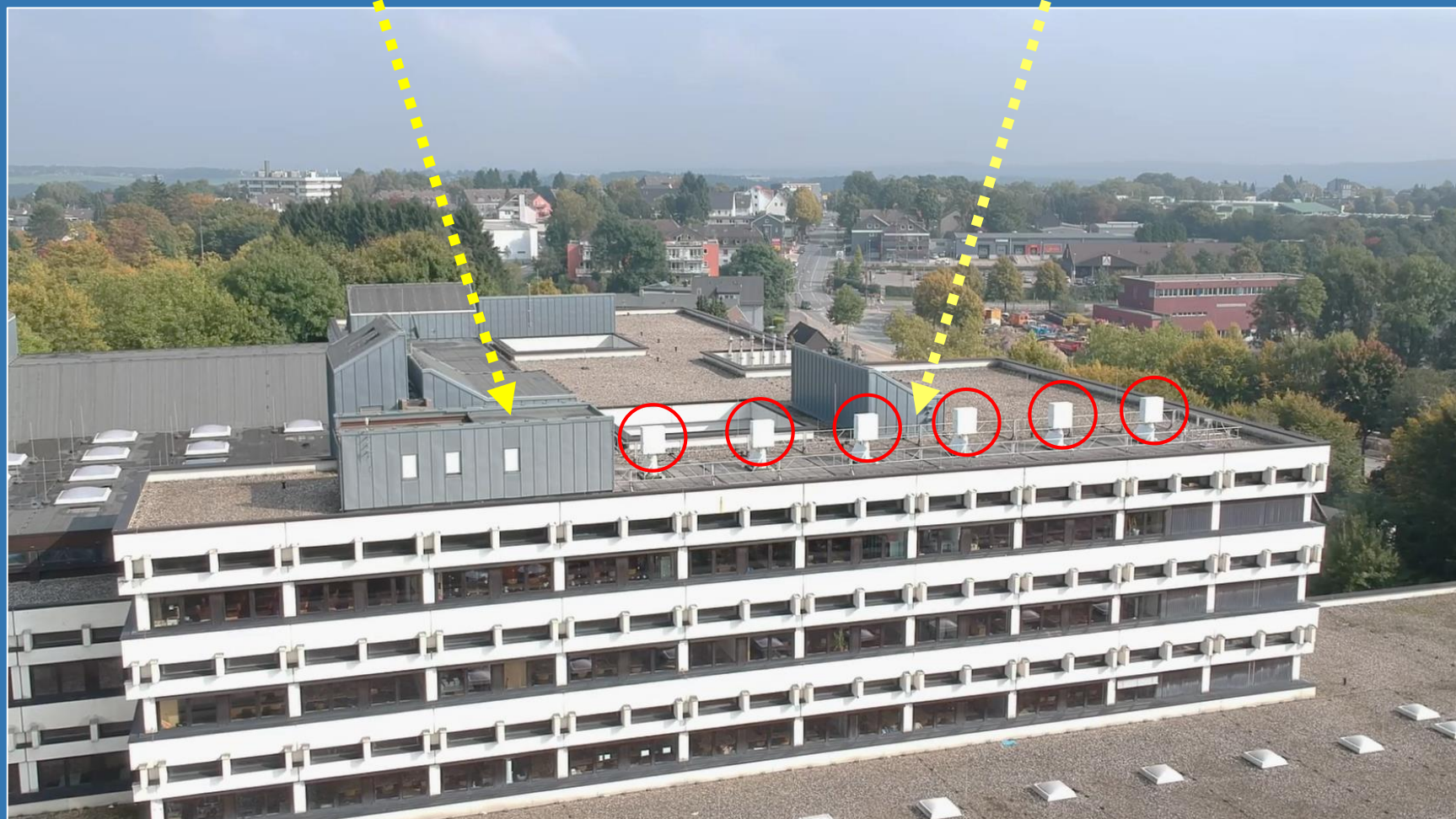


# Die Schulsternwarte des CFG Wuppertal

Station mit Planewave 0,5m CDK20-Teleskop  
auf 10Micron GM4000-Montierung

6 Beobachtungsinseln mit  
AstroPhysics 900GTO-Montierung

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Die Schulsternwarte des CFG Wuppertal

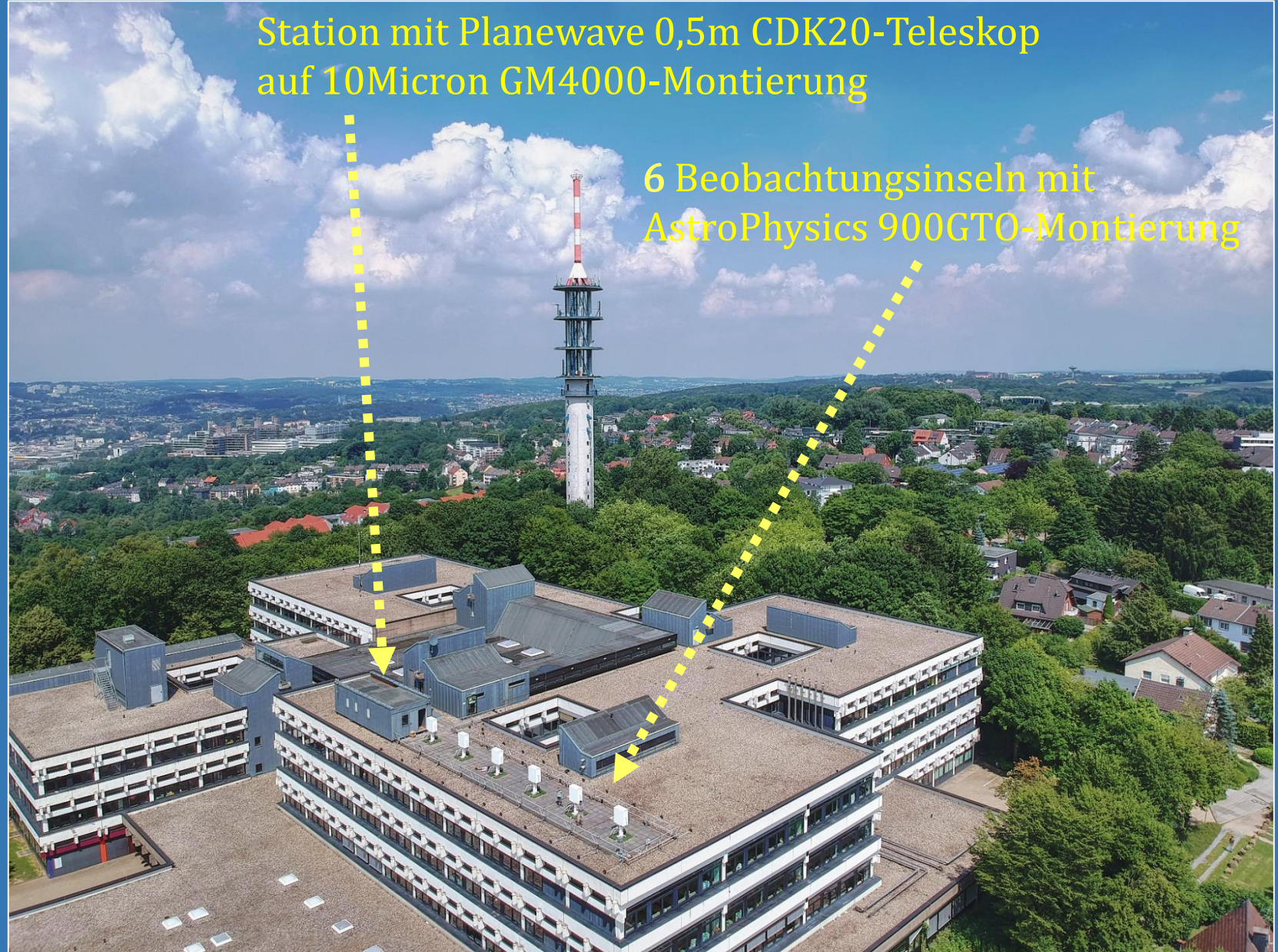
S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Die Schulsternwarte des CFG Wuppertal

Station mit Planewave 0,5m CDK20-Teleskop  
auf 10Micron GM4000-Montierung

6 Beobachtungsinseln mit  
AstroPhysics 900GTO-Montierung



S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Die Schulsternwarte des CFG Wuppertal

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



Flug über die Sternwarte

So wollten wir es nicht machen

## Warum nicht ?

Einer arbeitet,  
alle anderen  
gucken zu bzw.  
langweilen sich.



# Und das ist daraus geworden

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Und das ist daraus geworden

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# September 2016: Ein 0,5m-Teleskop am Haken

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



(c) Bernd Koch

# Das Innere der Sternwartenhütte

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Das Innere der Sternwartenhütte

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



0,5m Planewave CDK20

(c) Bernd Koch



TEC160mm Apo-Refraktor

(c) Bernd Koch

Montierung: 10Micron GM4000HPS

# Das Innere der Sternwartenhütte

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R

A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



Zubehörwagen für jede Beobachtungsinsel mit Celestron 11 EdgeHD und kleineren Refraktoren

Kontrolleinheit für 0,5m Planewave CDK20-Teleskop in Station 7



# Das Innere der Sternwartenhütte

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Das Innere der Sternwartenhütte

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Und so wird eine Insel aufgebaut ...

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Und so wird eine Insel aufgebaut ...

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Und so wird eine Insel aufgebaut ...

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Und so wird eine Insel aufgebaut ...

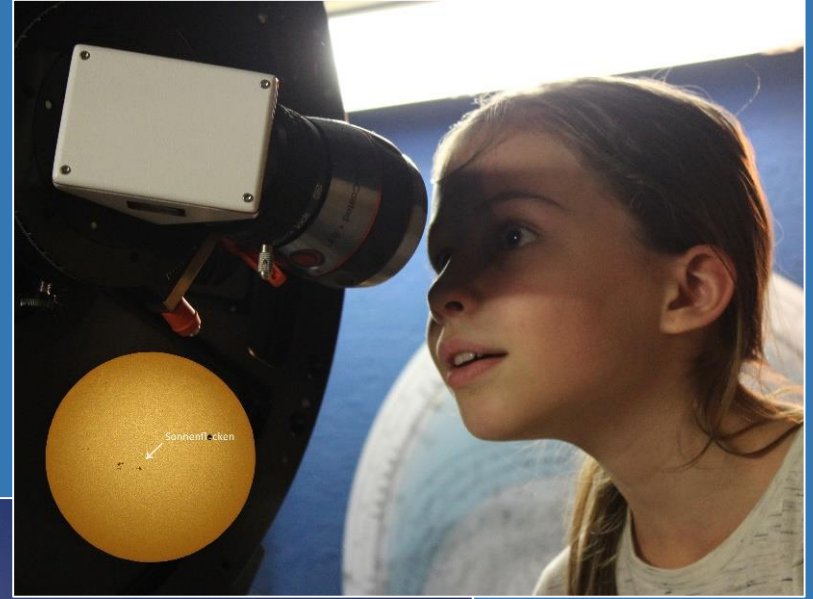
S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E





# Himmelsbeobachtung und Kurse mit Schulklassen

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E





# Kurse für Lehrer und Amateurastronomen

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

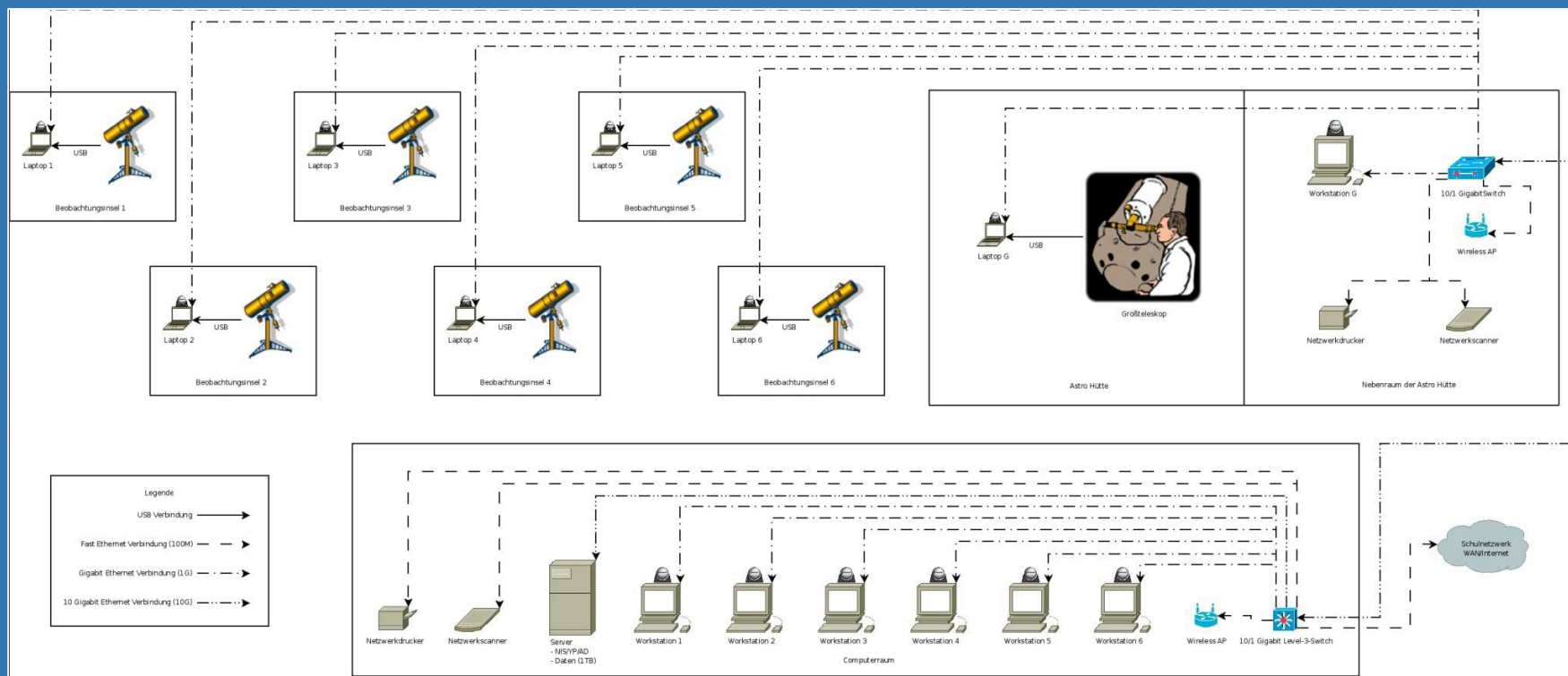


# Eine wichtige Ergänzung

## Vernetzung von Sternwarte und Kursraum 327:

An den Beobachtungsinseln gewonnene Daten werden im Netzwerk auf einer NAS-Festplatte zentral gespeichert und stehen im Astro-Kursraum 327 zur Auswertung zur Verfügung

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Astronomie-Ausbildung am Schülerlabor Astronomie

## Ziele des Kursangebots

- Forschendes, fächerübergreifendes Lernen und Arbeiten von Schülern und Studenten
- Projektorientierung und Teamfähigkeit
- Unterstützung bei wichtigen Wettbewerben (Jufo)
- Angebote der aktiven Naturbeobachtung zur Stärkung des Umweltbewusstseins
- Interesse wecken an Natur- und Ingenieurwissenschaften

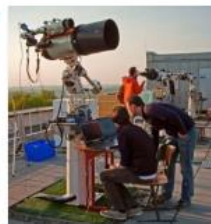


# Kurs Astrofotografie und digitale Bildbearbeitung

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

**D**ie Kurse zur Astrofotografie mit Digitalkameras und Videotechnik sowie zur digitalen Bildbearbeitung machen die Teilnehmer mit den fotografischen Aufnahmetechniken an der Sternwarte des Schülerlabors Astronomie des CFG vertraut. In diesen Kursen werden Kenntnisse in den Bereichen Bedienung von Teleskopen, Kameras und Zubehör sowie Bildaufnahme und Auswertung vermittelt. Kursleitung: Bernd Koch.

Jeder ein- oder zweitägige Kurs ist eine in sich geschlossene Lerneinheit. Dafür stehen sechs Teleskopeinheiten („Inseln“) für die eigene praktische Arbeit zur Verfügung. Die Teilnehmerzahl ist in den Kursen auf 12 begrenzt, es wird in Zweier-Teams an den Teleskopeinheiten gearbeitet ①.



① Teamarbeit an einer Teleskopeinheit

## Modul 1: Techniklehrgang



② Tutorials zur Canon EOS 450D Digitalkamera und den Videokameras ThelmaSource DMK41 und DBK21

Sechs identische Sätze von Kameras und Zubehör stehen 12 Teilnehmern zu Übungseinheiten im Kursraum zur Verfügung. Begleitet von schriftlichen Tutorials ② werden alle zur selbstständigen Arbeit an der Sternwarte des Schülerlabors Astronomie benötigten technischen Kenntnisse erlernt und intensiv eingeübt. Die Tutorials wurden speziell für diese Kurse entwickelt.



③ Tutorial zur Bildbearbeitung

## Modul 2: Lehrgang Digitale Bildbearbeitung

Anhand von Musterbildern- und Videos ③, die überwiegend bei früheren Kursen hier an der Sternwarte aufgenommen wurden, werden die Bearbeitungsschritte erlernt. Dafür steht jedem Kursteilnehmer ein Notebook mit umfangreicher Bildbearbeitungssoftware zur Verfügung.

## Modul 3: Vorbereitung auf den Beobachtungabend

Mit Hilfe von Planetariumssoftware wie Stellarium, WinJupos oder Virtual Moon Atlas erfolgt nun die inhaltliche Vorbereitung auf den Beobachtungabend, in der jahreszeitabhängig folgende Fragen beantwortet werden: Welche Sternbilder und Himmelsobjekte stehen gerade am Abendhimmel? Sind Planeten überhaupt sichtbar, und wann gehen sie auf bzw. unter? Ist beispielsweise der „Große Rote Fleck“ auf dem Planeten Jupiter gerade zu sehen? Und in welcher Phase befindet sich der Mond?



④ Aufbau von Teleskopen und Zubehör

## Modul 4: Aufbau der Teleskope und Himmelsfotografie

Die Teleskope der Sternwarte werden für die abendliche Beobachtung vorbereitet ④. Die Steuerung der Kameras erfolgt mit einem Notebook, auf dem auch die erhaltenen Bilder gespeichert werden.



Zunehmender Mond

## Kursergebnisse in der Astrofotografie und mit Videotechnik

Der Mond ist für Einsteiger in die Astrofotografie ein faszinierendes Ziel. Mit dem Pentax 75 Refraktor und der EOS 450D DSLR-Kamera gelingen sehr leicht Aufnahmen der Mondphasen. Mit dem Celestron 11 Edge HD Teleskop zoomt man sich ganz nahe an die Mondkrater und



Mondkrater Clavius  
Foto: Florian Kretschmann

Mare heran. Mit ausgefeilter Bildbearbeitungstechnik können die wirklichen Farben des Mondes dargestellt werden, die Auskunft über die chemische Zusammensetzung der Oberfläche geben.



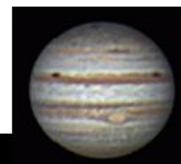
Foto des farbigen Vollmonds: Jonas Niepmann, Laurenz Sentis

Die Planeten unseres Sonnensystems werden mit Videotechnik aufgenommen. Die Farbvideokamera DBK21 kann bis zu 30 Bilder pro Sekunde aufzeichnen. Ein

Planetenvideo enthält rund 2000 Einzelbilder, die mit der Software GIOTTO addiert werden.



Venus am 19.5.2012



Jupiter und Saturn mit Celestron 11 Edge HD



Jupiter mit dem Großen Roten Fleck, 1.10.2011



Saturn am 21.5.2011. Foto: Marco Hodde

Venus und Mars mit 12,5“-Cassegrain. Fotos: Lehramtsstudenten der Universität Wuppertal und Bernd Koch

Mars am 28.3.2012

Faszinierende Deep-Sky-Aufnahmen von Sternhaufen, Nebeln und Galaxien gelingen in einer mondlosen Nacht mit dem Pentax 75 - Refraktor und der modifizierten Canon EOS 450 DSLR-Kamera, ausgestattet mit IDAS LPS-P2-Filter zur Reduktion des städtischen Streulichts. Die Sichtbarkeit lichtschwacher Himmelsobjekte wird erheblich verbessert.



Die Plejaden, das Siebengestirn. Foto: Paula Wagner

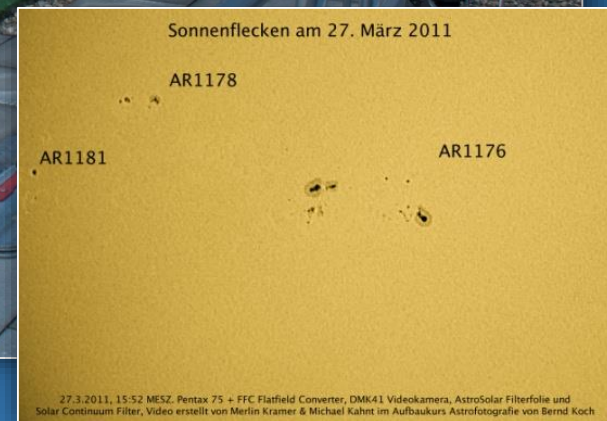
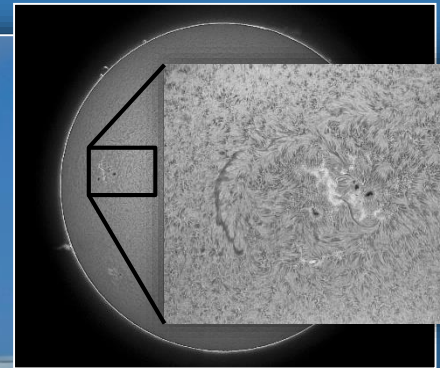


Der Hantelnebel. Foto: Benjamin Dick und Oscar Cuyper

# Beobachtung der Sonne im Weißlicht und in $H\alpha$

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

## Sonnenkurs mit Lehramtsstudenten der Bergischen Universität Wuppertal





# Workshop Spektroskopie mit dem DADOS-Spaltspektrografen

SCHÜLERLABOR ASTRONOMIE

H $\beta$

## Workshop

## Sternspektroskopie

H $\alpha$

In der optischen Spektroskopie beschäftigen wir uns mit der Zerlegung des weißen Lichts in seine Regenbogenfarben von Violett bis Rot. Die Analyse des Spektrums lässt Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung und den physikalischen Zustand des Körpers zu, der das Licht ausstrahlt oder einfach nur reflektiert. Sonne und Sterne erzeugen selbst Energie und produzieren Licht, das Monde und Planeten reflektieren.



① Tutorial zum Umgang mit dem DADOS-Spektrographen

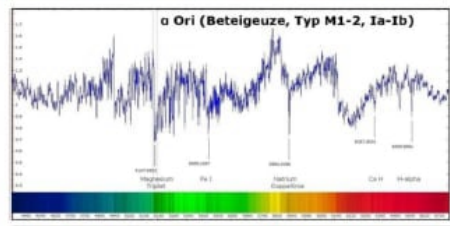
### Themen im Workshop Sternspektroskopie

- Atomtheorie, experimentelle Laborphysik zur Spektroskopie und Theorie der Sternspektroskopie. Zwei Kurstage, Dozent: Michael Winkhaus.
- Techniklehrgang zum Umgang mit dem DADOS-Spektrographen. Aufnahme und Kalibrierung der Spektren von Sonne, Mond, Planeten und Sternen mit den Teleskopen der Sternwarte. Zwei Kurstage, Dozent: Bernd Koch.
- Spektren reduzieren und astronomisch auswerten, z.B. mit den Programmen GIOTTO und VisualSpec. Ein Kurstag, Dozent: Ernst Pollmann.

Jedes Thema ist in sich abgeschlossen und wird von ausführlichem Schulungsmaterial ① begleitet. Für die praktische Sternspektroskopie stehen sechs Spektrographen vom Typ DADOS mit den Gittern 200 L/mm, 900 L/mm und 1800 L/mm zur Verfügung. Die Teilnehmerzahl ist in den Kursen auf 12 begrenzt, es wird in Zweiertams spektroskopiert ②.

### Ergebnisse aus Workshops zur Sternspektroskopie und Schülerarbeiten

Mit Hilfe der Methoden der Spektroskopie kommt man der Natur eines Sterns auf die Spur. Im Bild rechts erkennt



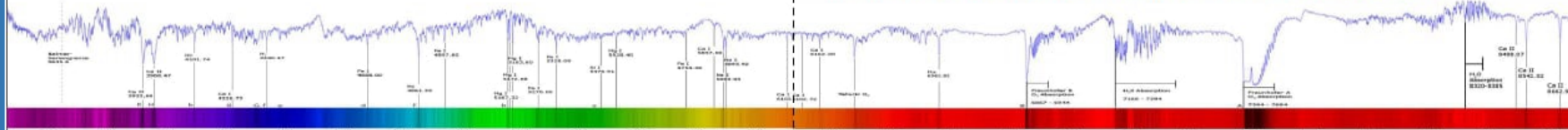
③ Spektrum des Riesensterns Betegeuze. DADOS 200 L/mm und Canon EOS 4500 (modifiziert). Facharbeit Benedikt Schneider



② DADOS am Pentax 75 auf C11

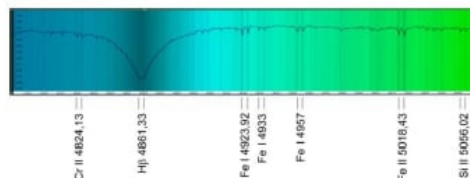
man das hoch aufgelöste komplexe Spektrum des Riesensterns Betegeuze ③, der in vielen Millionen von Jahren einmal als helle Supernova spektakulär explodieren wird.

Bereits im Jahr 1814 entdeckte der deutsche Optiker Joseph von Fraunhofer mit einem Spektrographen dunkle Linien im Spektrum der Sonne, anhand derer man den chemischen Aufbau der Sonne verstehen konnte ④.



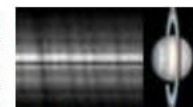
④ Das Spektrum unserer Sonne. Charakteristisch sind die dunklen Fraunhoferlinien des Spektraltyps G2V, sowie die Absorptionslinien unserer

Spektrum des Be-Sterns  $\gamma$  Cas. Facharbeit Lukas Kauzmann, Winnie Teichmann



⑤ Der spektroskopische Doppelstern  $\beta$  Aurigae. Celestron 11 Edge HD mit DADOS 1800 L/mm und Alccd 5.2 CCD-Kamera. Facharbeit Benjamin Dick, Oscar Cuypers

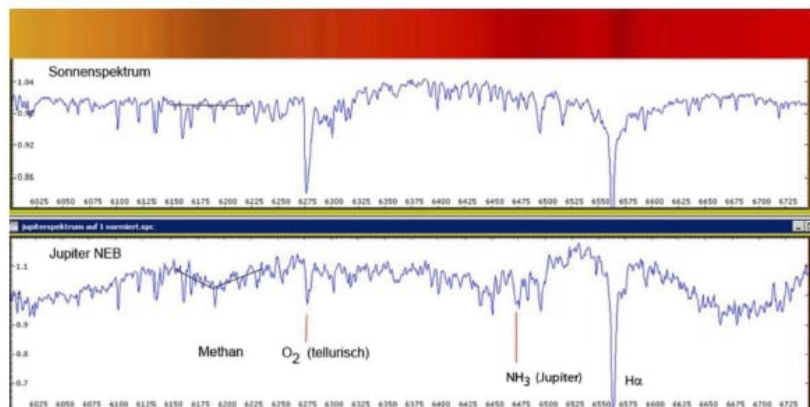
Unsere Sonne ist ein Einzelstern. Aber wie findet man heraus, ob ein Stern eine Doppel- oder Mehrfachsonne ist, wenn er im Teleskop nur wie ein einziger Stern erscheint? Ein gutes Beispiel dafür ist der Stern  $\beta$  (spricht: beta) Aurigae im Sternbild Fuhrmann ⑤. Zwei gleiche Sterne vom Typ A2 kreisen innerhalb von nur knapp 4 Tagen umeinander. In dieser Zeit verschieben sich die Spektren beider Sterne aufgrund des Dopplereffekts periodisch gegeneinander. Alle Linien erscheinen zeitweise doppelt, der direkte Nachweis eines spektroskopischen Doppelsterns ist damit geglückt!



⑥ Planet Saturn mit Spektrum. Besondere Lernleistung Kevin Prast

Mit dem DADOS-Spektrographen und dem Gitter mit 1800 L/mm gelang durch die Vermessung der geeigneten Spektrallinien die Bestimmung der Rotationsdauern der Planeten Jupiter und Saturn ⑥ am 12,5" Cassegrain.

Planeten weisen andere Atmosphären als Sterne auf. Der Nachweis der Moleküle Methan ( $\text{CH}_4$ ), Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und des molekularen Wasserstoffs  $\text{H}_2$  in den kühlen Wolkenbändern (NEB) des Riesenplaneten Jupiter ist mit dem DADOS-Spektrographen eindrucksvoll gelungen ⑦.

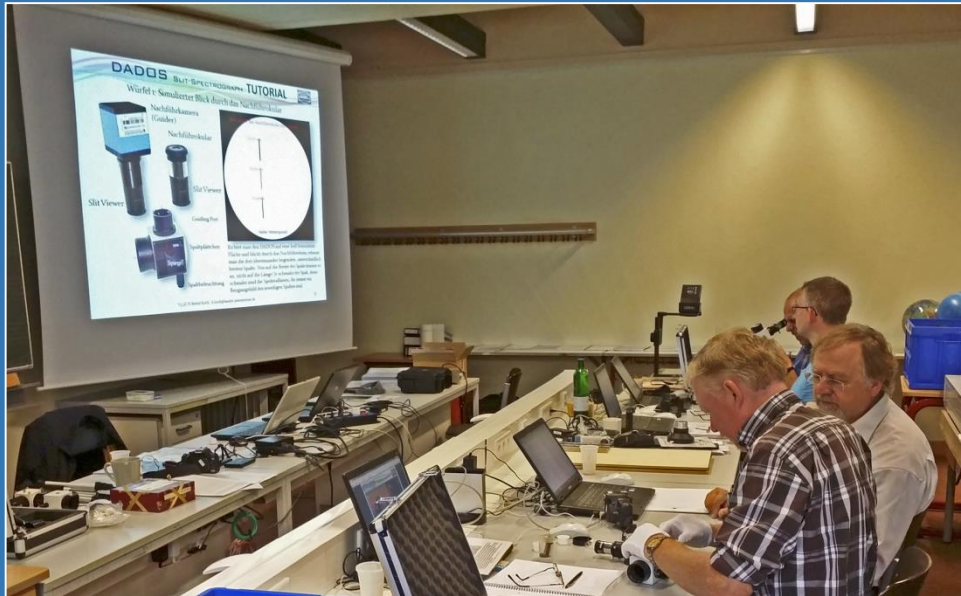


⑦ Spektrum des Planeten Jupiter, DADOS 900 L/mm und Canon EOS 450D. Facharbeit Robert Wroblowski, Marius Weise

Erdatmosphäre im roten Spektralbereich. DADOS 900 L/mm und Alccd 5.2 CCD-Kamera. Projektarbeit Johannes Felix Schnepf, Tom Schnee

# Vorbereitung der Beobachtung und Auswertung der Ergebnisse im Astro-Kursraum 327

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



nächster **Workshop**  
**Sternspektroskopie**  
2. - 6.10.2023

Veranstalter:  
Bergische Universität Wuppertal  
*FB Physik und ihre Didaktik*

Dozenten: Michael Winkhaus  
Bernd Koch, Ernst Pollmann



# ... danach praktische Spektroskopie an den Teleskopen

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

DADOS-  
Spaltspektrograf

Canon EOS und  
CCD-Kamera  
STF-8300M



Celestron 11 EdgeHD



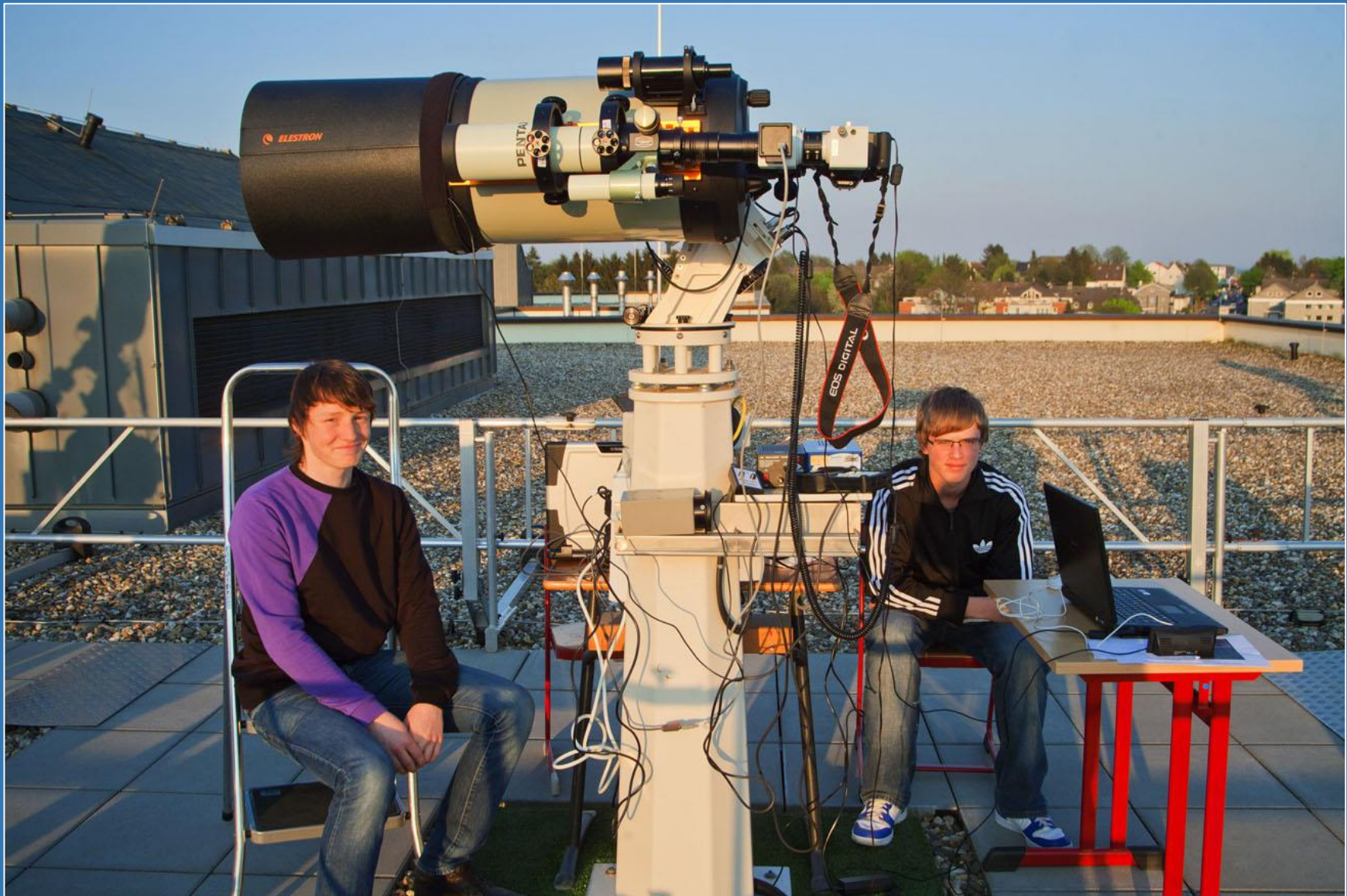
# ... danach praktische Spektroskopie an den Teleskopen

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# ... danach praktische Spektroskopie an den Teleskopen

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



## Und was machen wir bei schlechtem Wetter?



# Das Schüler - Planetarium

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Das Schüler - Planetarium

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Astronomie-Ausbildung am Schülerlabor Astronomie

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

- ✓ Astronomie-AG am CFG (Jahrgangsstufen übergreifend)
- ✓ Betreuung von Wettbewerbsarbeiten in der Oberstufe Q1/Q2: Jugend forscht, Physikpreis Bergisches Land
- ✓ Projektfach „Astronomie“ in der Q1 (Klasse 11) seit 2012, mit Anfertigung einer Jahres-Projektarbeit
- ✓ Besondere Lernleistung im Abitur mit Prüfung in Astronomie, falls eine Projektarbeit im Jahr zuvor angefertigt wurde
- ✓ Ausbildung der Lehramtsstudenten der Uni Wuppertal im Fachbereich *Physik und ihre Didaktik*
- ✓ Astronomisches Kursangebot für Schulen, lokale Bürgergruppen, Amateurastronomen ..
- ✓ Lehrerfortbildung



# Kurse am Schülerlabor Astronomie

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

Astrofotografie und digitale Bildbearbeitung  
Tageskurs 11-23 Uhr, mit Bernd Koch

Welcher Stern ist das?

Einführungskurs zum Kennenlernen der Sterne und Sternbilder  
Tageskurs 11-23 Uhr, mit Michael Winkhaus und Bernd Koch

Die Keplerschen Gesetze

Nach Möglichkeit zu einem Zeitpunkt, an dem Jupiter mit seinen Galileischen Monden an der Sternwarte erreichbar ist.  
Tageskurs 11-23 Uhr, mit Michael Winkhaus und Bernd Koch

Einführung in die Sternspektroskopie (mit dem DADOS Spaltspektrografen)  
Tageskurs 11-13 Uhr, mit Bernd Koch und Michael Winkhaus

Workshop Sternspektroskopie

Wochenkurs Mo.-Fr. 10-23 Uhr, in der ersten Herbstferienwoche von NRW  
Michael Winkhaus, Ernst Pollmann, Bernd Koch

Ablauf: Vorbereitung jeweils im Kursraum 327, dann praktische Arbeit an der Sternwarte und zuletzt Auswertung und Aufbereitung der Ergebnisse wieder im Kursraum 327

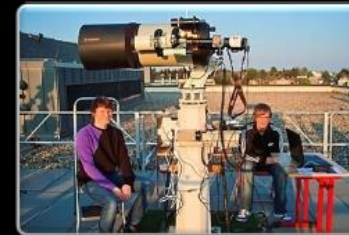
Carl-Fuhlrott-Gymnasium MINTec Schule BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL Junior Uni Forscherplattform Bergisches Land

# Schülerlabor Astronomie

Carl-Fuhlrott-Gymnasium | Jung-Stilling-Weg 45 | 42349 Wuppertal



März 2013 ... Jufo-aktiv!



Ostern 2011 ...technikverliebt!



Herbst 2012 ... nachtaktiv!



„Hier müsste man nochmal Schüler sein!“

Prof. Dr. Jörn-Uwe Fischbach



Winter 2013 ... naturverliebt!







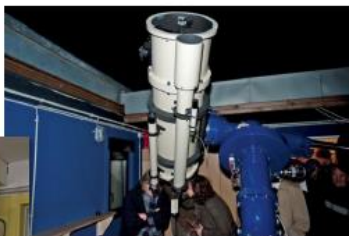
## Das Schülerlabor

Auf dem Dach des Wuppertaler Carl-Fuhlrott-Gymnasiums ist im Oktober 2009 ein einzigartiges „Schülerlabor Astronomie“ eingeweiht worden, das möglichst vielen Kindern und Jugendlichen die Faszination der Astronomie und Astrophysik vermitteln und das naturwissenschaftliche Bildungsangebot im Bergischen Land stärken soll. Europaweit wird damit erstmals eine Sternwarte als Bildungseinrichtung etabliert.



Sechs identische Beobachtungsinselformen sowie Station 7 mit dem 32cm Cassegrain-Reflektor auf dem Dach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums

Zur Verfügung stehen insgesamt sechs astronomische Beobachtungsinselformen und ein zentrales Sternwartegebäude mit einem Beobachtungsraum („Station 7“) und einem Aufenthaltsraum, in dem sich auch das komplette astronomische Zubehör für die Beobachtungsinselformen befindet.



Zu jeder Beobachtunginsel gehört einer der sechs identisch ausgestatteten Zubehörwagen. Fernsteuerung der Teleskope per Remote Control

Das Schülerlabor Astronomie wird neben schulischen Bildungsangeboten für alle Schulformen vor allem als Bestandteil des „BSL“ (Bergisches Science Lab) der Universität Wuppertal und der Wuppertaler Kinder- und Jugenduniversität („Junior-Uni“) genutzt. Ferner finden dort Lehrveranstaltungen im regulären Studiengang des universitären Lehramtsstudiums Physik, Lehrerfortbildungen und auch Lehrgänge für Amateurastronomen jeden Alters statt. Ein Hauptbestandteil des Angebotes ist die Durchführung und Betreuung von Schülerarbeiten (Facharbeiten, Projektarbeiten für „Jugend forscht“, den Röntgen-Physikpreis, andere Wettbewerbe und für „Besondere Lernleistungen“) und Studentenarbeiten (Bachelor- und Masterarbeiten an der Universität, Staatsarbeiten für Lehramtsanwärter).



## Astronomie

Zu Beginn eines Beobachtungsabends schieben die Schüler die Zubehörwagen auf die Beobachtungsinselformen, entfernen die Schutzhauben über den Montierungssäulen und installieren dann die Teleskope.



Insel 6 und Insel 1 mit Astro-Physics AP900-Montierung und Celestron 11 EdgeHD-Teleskopen, Teleskopsteuerung per Notebook.



Und dann kann nach Lust und Laune beobachtet oder an speziellen Projektaufgaben gearbeitet werden.



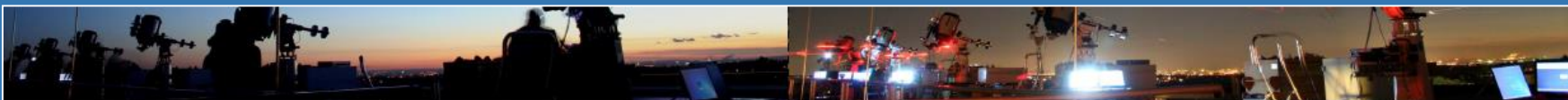
In einem weiteren astronomischen Projektraum befindet sich ein von der schuleigenen Astronomie-AG selbst gebautes Planetarium, in dem astronomische Lehrprogramme ablaufen und Shows bei jedem Wetter veranstaltet werden. Im Projektraum werden auch die Ergebnisse und Arbeiten der Schüler ausgestellt.

Astro-Projektraum mit Foucaultpendel und Planetarium (Mitte)



# Fach- und Projektarbeiten

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



**D**as Schülerlabor Astronomie zeigt seinen Wert vor allem in den dort entstehenden Arbeiten der Schüler und Studenten. Durch die zahlreichen Ausbildungsangebote am Gymnasium in Zusammenarbeit mit der Bergischen Universität und der Junior-Uni sind in den vergangenen Jahren zahlreiche Fach- und Projektarbeiten entstanden, von denen auch etliche mit Preisen bei „Jugend forscht“ und dem „Röntgen Physikpreis“ ausgezeichnet worden sind. Eine kleine Auswahl soll hier vorgestellt werden, um die Bandbreite und die Qualität der bearbeiteten Themen deutlich zu machen. Zur Statistik: Schon weit über 50 Projektarbeiten sind fertiggestellt worden.

## Astronomische Getriebemaschinen nach dem Antikythera-Mechanismus

Im Jahr 1900 fanden Taucher im Wrack eines vor über 2000 Jahren gesunkenen Schiffs einen komplexen Zahnradmechanismus, der zur Berechnung nahezu aller in der Antike bekannten astronomischen Kalenderdaten diente. Schüler haben nun Teile dieses „Antikythera-Mechanismus“ studiert und nachgebaut. Rechts ist der Mondphasencomputer von Marvin Huang und Florian Kretschmann abgebildet. Unten sieht man die „Drachenuhr“ mit Sonnen- und Mondzeiger im Tierkreis von André Kucharzewski und Toni Schuhmann. Der rote Zeiger ist der Drachenzeiger, der die Stellung des Knotenpunktes von Sonnen- und Mondbahn in der Ekliptik angibt. Stehen alle drei Zeiger übereinander, kommt es zu einer Finsternis.



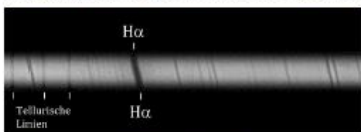
Der Antikythera-Mondphasencomputer



Das Getriebe der „Drachenuhr“ mit Sonnen- und Mondzeiger sowie dem roten Drachenzeiger im Tierkreis



## Doppler-Spektroskopie des Planeten Jupiter zur Bestimmung seiner Rotationsgeschwindigkeit

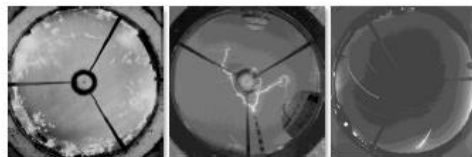


Jupiterspektrum mit dem Lihres III-Spektrographen: Die Schrägstellung der Linien infolge des Doppler-Effekts ist im Vergleich zu den geraden tellurischen Linien deutlich zu sehen.

Weil Jupiter rotiert, erscheint das Licht der Seite, die sich von uns weg bewegt, rotverschoben. Die sich auf uns zu bewegende Seite erscheint blauverschoben. Die Absorptionslinien im Jupiterspektrum entlang des Jupiteräquators sind daher geneigt. Erik Naaßner und Firas Al-Omari spektroskopierten Jupiter mit dem Lihres III-Spektrographen und bestimmten mit Hilfe des Doppler-Effekts aus dieser Schrägstellung ( $10 \text{ Px} = 1,2 \text{ \AA}$ ) die äquatoriale Rotationsgeschwindigkeit von Jupiter zu  $12,1 \text{ km/s}$  in sehr guter Übereinstimmung mit dem offiziellen Wert von  $12,6 \text{ km/s}$ .

## Bau einer Meteorkamera zur Überwachung des Wuppertaler Nachthimmels

Neben der ersten Beobachtungsinsel hat die Schülerin Sophia Haude ihre selbst gebaute Meteorkamera fest installiert. Die Kamera belichtet jede Nacht mehrere Stunden lang den Nachthimmel. Während die Sterne kreisförmige Spuren um den Polarstern erzeugen, fallen Meteore mit ihrer hellen, fast geradlinigen Bahn sofort ins Auge. Sophia fand auch eine Berechnungsmethode, mit der man den Landeort solcher Meteore auf der Erde bestimmen kann. Aber auch nächtliche Gewitter und Silvester-Feuerwerk können mit dieser Kamera festgehalten werden.



Bilder der Meteorkamera von Sophia Haude: Feuerwerk (links), Gewitterblitze und ein heller Meteor (rechts)



## Experimente in der Schwerelosigkeit

Immer wenn eine Kiste frei herunterfällt, herrscht im Inneren der Zustand der Schwerelosigkeit. Alexander Blinne hat nun eine solche Kiste entworfen und das Treppenhaus im CFG als „Fallturm“ umgerüstet. Die Falldauer beträgt ca. zwei Sekunden, und mit einer Kamera im Inneren der Kiste werden die Ereignisse aufgezeichnet.



Die Getränkebox ist mit einem Fallexperiment bestückt! Nach rund 2 Sekunden freien Falls in Schwerelosigkeit erfolgt die weiche Landung.

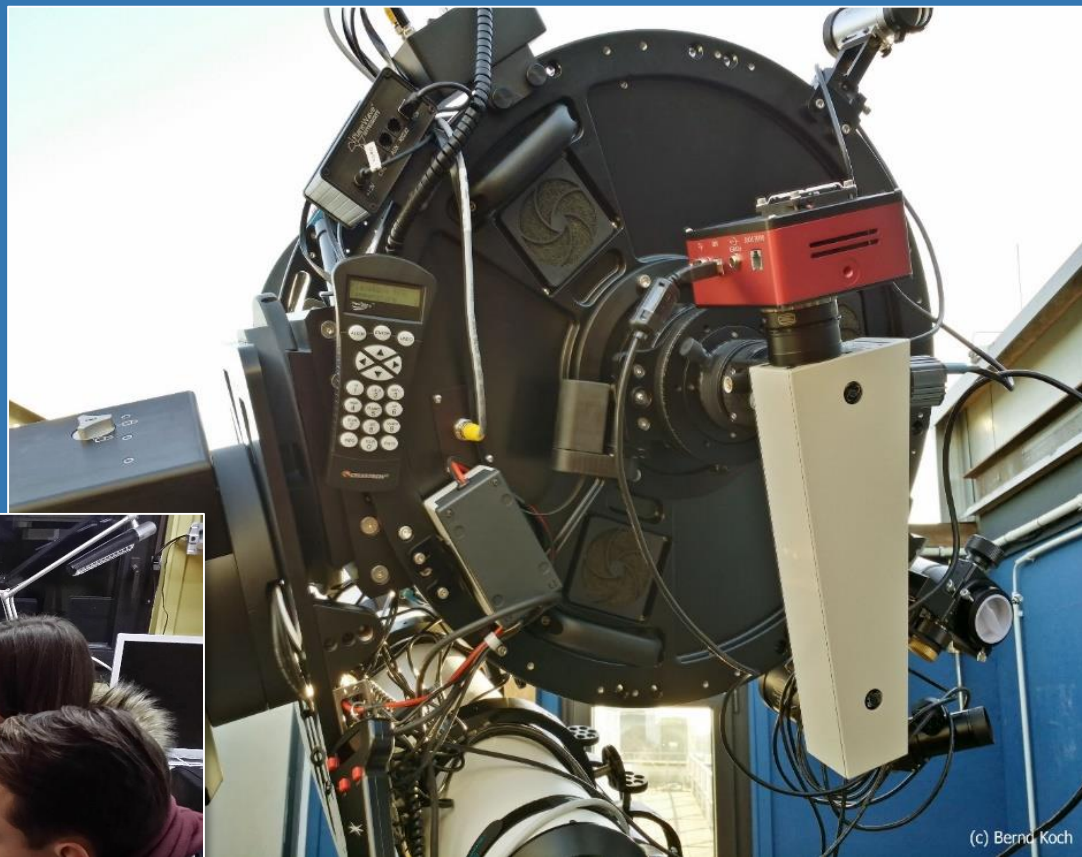


Vor und während der Schwerelosigkeit: Verformung von Flüssigkeiten, magnetische Abstoßung, Ausdehnung einer Luftblase im Wasserglas

# Projektarbeit Q1, Jahrgang 2016/17

Schüler-Projektarbeiten in der Q1 mit dem BACHES Echelle-Spektrografen  
in Station 7 am 0,5m Planewave CDK20

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

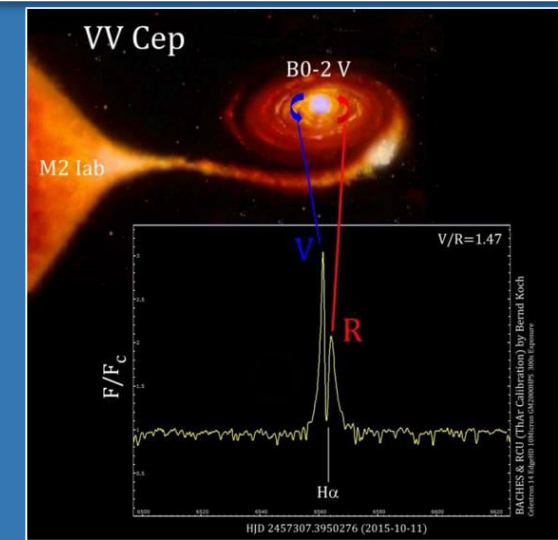
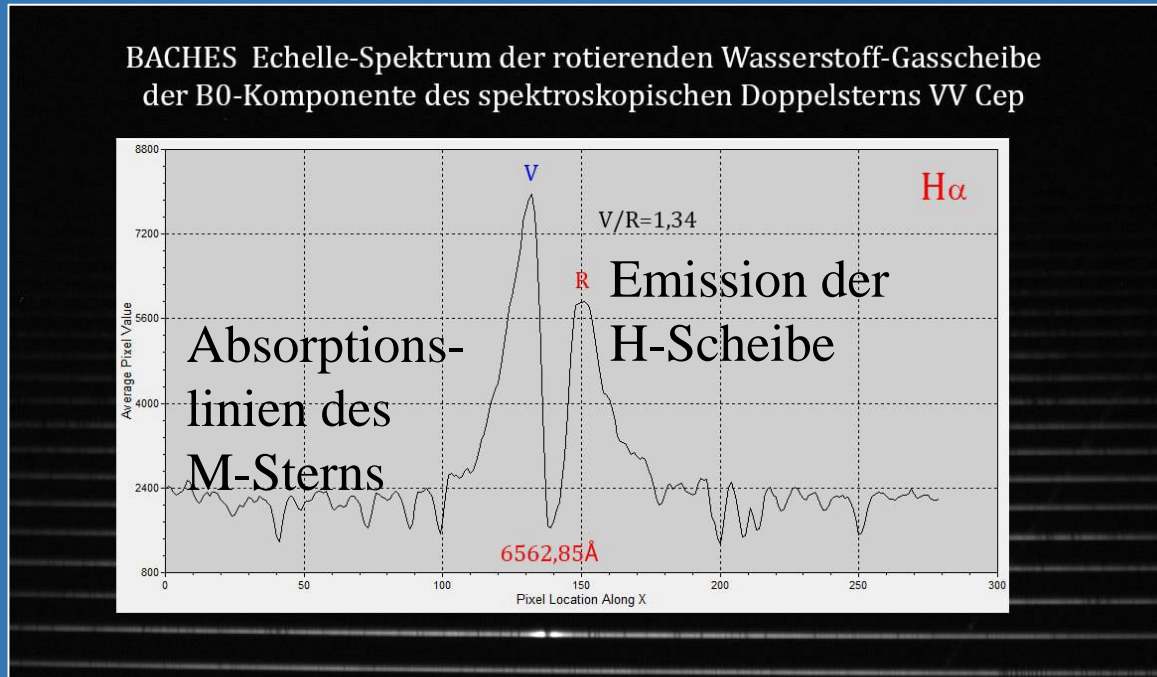


(c) Bernd Koch



## Schüler-Projektarbeiten mit dem BACHES Echelle-Spektrografen Langzeit-Monitoring des spektroskopischen Doppelsterns VV Cephei Kevin Pixberg, Fabian Neußer (Projektkurs Astronomie Q1 und Besondere Lernleistung im Abitur Q2)

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



2016-12-29 | Mitte der Aufnahme 18:07:57 UT | BACHES Echelle-Spektrograf  
Belichtung: 300s minus Darkframe | Self-Guiding: SpecTrack Software  
0,5m-Teleskop Planewave CDK20 | Montierung: 10Micron GM4000HPS  
Spektrum aufgenommen von Fabian Neußer (Projektarbeit Q1) am  
Schülerlabor Astronomie des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums, Wuppertal unter  
der Leitung von Bernd Koch. Kontakt: Bernd.Koch@astrofoto.de

Derzeit laufende streifende Bedeckung: 4. August 2017 bis 16. Mai 2019

Carl-Fuhlrott-Gymnasium  
Jung-Stilling-Weg 45, 42349 Wuppertal  
Jahrgangsstufe Q1, Schuljahr 2012/2013  
Arbeit für den Physik-Preis 2013



**Thema:** Spektroskopische und fotografische  
Untersuchung des offenen Sternhaufens  
Plejaden M45

**Verfasser:** Jan Martin Müller (17)

jan@haus9.de  
0202/474398  
Carl-Schurz-Str. 85  
42117 Wuppertal

Tobias Guthoff (17)

tobias.guthoff@gmail.com  
0202/408182  
Johannes-Holtmanns-Str. 16  
42349 Wuppertal

**Kursleiter:** Bernd Koch



	Durchschnittswert	Fehler in %	Referenzwert
FWHM [Å]	4,23	± 0,97	-
FWHM <sub>kor</sub> [Å]	4,2	± 1,063	-
FWHM [km/s]	191,67	± 1,063	-
EW [Å] (6530 – 6595 Å)	-2,66	± 8,8 %	-2,918 Å <sup>59</sup>
Δv <sub>peak</sub> [km/s]	74,92	± 1,222	-

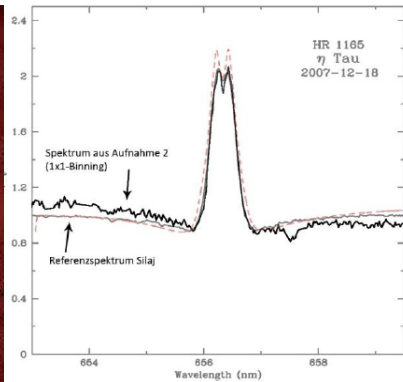
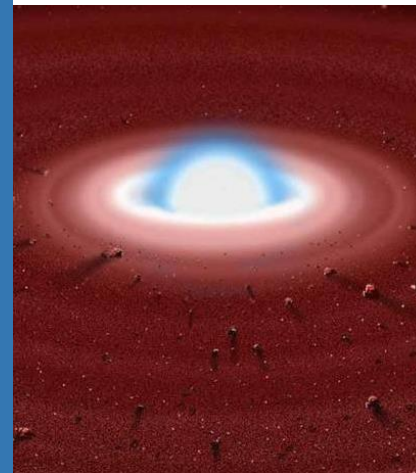


Abbildung 8: Beispielhafte Überlagerung eines in dieser Arbeit aufgenommenen Spektrums mit dem Referenzspektrum aus der Publikation von J. Silaj

## Übersicht über die Parameter des Sterns Eta Tauri (Alkyone)

### Allgemeines<sup>75</sup>:

Bezeichnung	Eta Tauri bzw. ηTau (Alkyone)
Objekt-Typ	Be-Stern
Spektralklasse	B7IIIe
Helligkeit	2,84 Mag
Entfernung	367,71 Lj
Rektaszension	3 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 29,1 <sup>s</sup>
Deklination	+24° 06' 18,5''

### Physikalische Parameter:

Parameter	Berechneter Wert	Referenzwert
Radialgeschwindigkeit (RV) [km/s]	8,45 ± 0,88	10,1
Rotationsgeschwindigkeit [km/s]	73,19 ± 1,06	74 ± 6
Inklinationswinkel i*		20°
Sternradius [R <sub>☉</sub> ]*		3,00 - 3,90
Sternmasse [M <sub>☉</sub> ]*		3,80 - 5,90
T <sub>eff</sub> [K]*		12000 - 15000
Scheibentemperatur T <sub>min</sub> [K]*		7843,0
Scheibentemperatur T <sub>max</sub> [K]*		17217,3
Scheibentemperatur T <sub>avg</sub> [K]*		12132,9
Scheibendichte i. d. Äquatorial-ebene [g/cm <sup>3</sup> ]*		5 × 10 <sup>-11</sup>

# Projektarbeit Q1, Jahrgang 2012/13

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

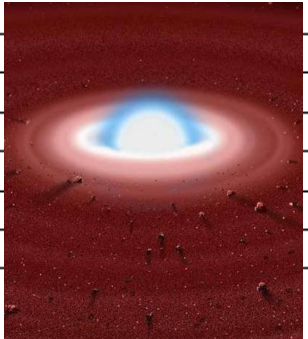
## Übersicht über die Parameter des Sterns Eta Tauri (Alkyone)

### Allgemeines<sup>75</sup>:

Bezeichnung	Eta Tauri bzw. $\eta$ Tau (Alkyone)
Objekt-Typ	Be-Stern
Spektralklasse	B7IIIe
Helligkeit	2,84 Mag
Entfernung	367,71 Lj
Rektaszension	$3^h 47^m 29,1^s$
Deklination	$+24^\circ 06' 18,5''$

### Physikalische Parameter:

Parameter	Berechneter Wert	Referenzwert
Radialgeschwindigkeit (RV) [km/s]	$8,45 \pm 0,88$	10,1
Rotationsgeschwindigkeit [km/s]	$73,19 \pm 1,06$	$74 \pm 6$
Inklinationswinkel $i^*$		$20^\circ$
Sternradius [ $R_\odot$ ]*		3,00 - 3,90
Sternmasse [ $M_\odot$ ]*		3,80 - 5,90
$T_{\text{eff}}$ [K]*		12000 – 15000
Scheibentemperatur $T_{\text{min}}$ [K]*		7843,0
Scheibentemperatur $T_{\text{max}}$ [K]*		17217,3
Scheibentemperatur $T_{\text{avg}}$ [K]*		12132,9
Scheibendichte i. d. Äquatorial-ebene [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]*		$5 \times 10^{-11}$



# Projektarbeit Q1/Q2, Jahrgang 2013-2015

## Nachweis extrasolarer Planeten

Carl-Fuhlrott-Gymnasium

Jung-Stilling-Weg 45, 42349 Wuppertal

### Exoplaneten

Warum wird nach ihnen gesucht?  
Und wie werden sie nachgewiesen?

Pascal Gimmler und Jan Rutenkolk

18.03.2015

Gesamtwerk

Pascal Gimmler

42369 Wuppertal, Mühle 15a

pascalgimmler@web.de

Jan Rutenkolk

42287 Wuppertal, Giveonstraße 13

asterix@rutis.de



Carl-Fuhlrott-Gymnasium  
Jung-Stilling-Weg 45, 42349 Wuppertal

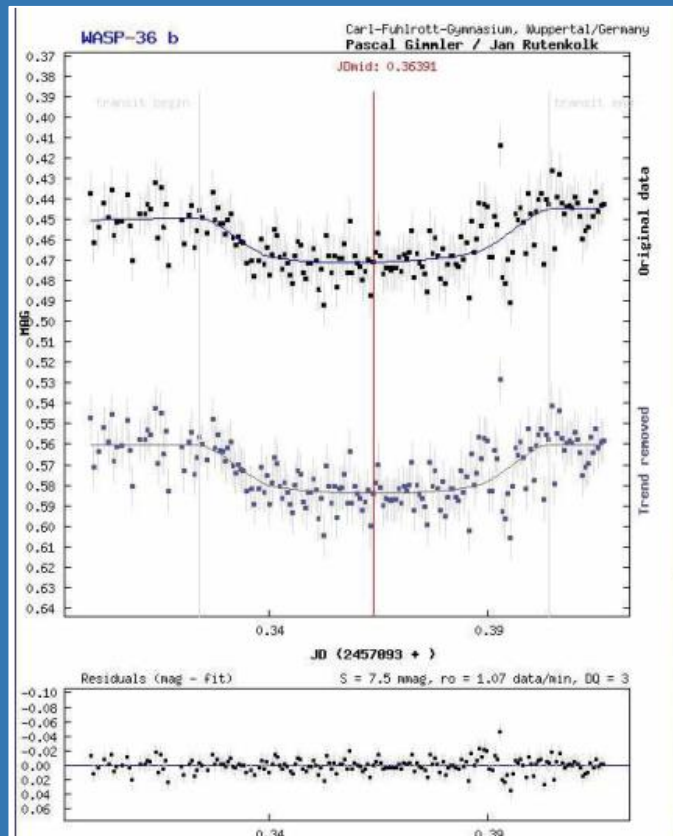
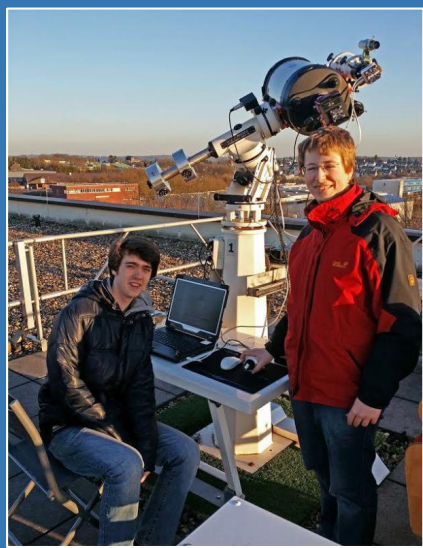
**Exoplaneten**  
Warum wird nach ihnen gesucht?  
Und wie werden sie nachgewiesen?

Pascal Gimmler und Jan Rutenkolk  
18.03.2015

**Gesamtwerk**

Pascal Gimmler  
42369 Wuppertal, Mühe 15a  
pascalgimmler@web.de

Jan Rutenkolk  
42287 Wuppertal, Gievestraße 13  
asterix@rutis.de



Variable Star and Exoplanet Section  
of Czech Astronomical Society

**ETD** Exoplanet Transit Database  
http://var.astro.cz/ETD

Střed tranzitu JDmid: 2457093.36391 +/- 0.00133

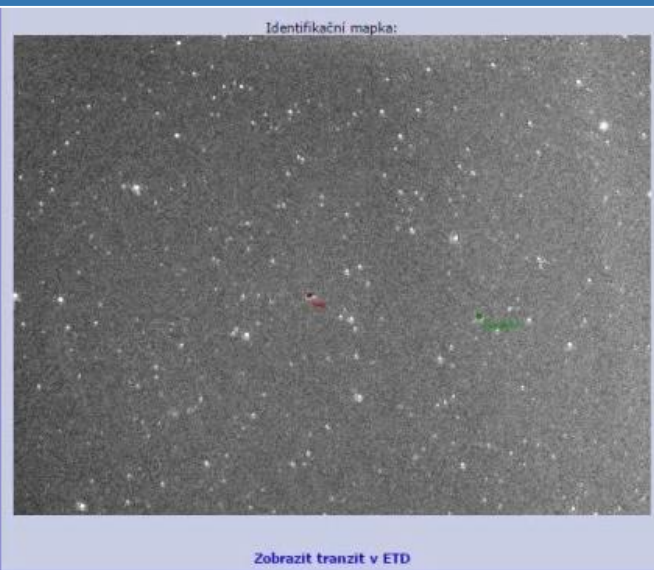
Střed tranzitu HJDmid: 2457093.36819 +/- 0.00133 (helcor = 0.00428)

Střed tranzitu - UT: 2015-03-11 20:44:01

Délka tranzitu: 115.3 +/- 5 minut

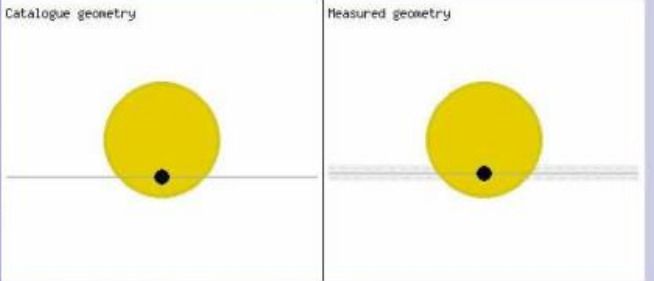
Hloubka poklesu: 0.024 +/- 0.0019 mag

Submitted data: geocentric based on UTC



Změřená geometrie systému

katalogové údaje	změřené parametry	Sun & Jupiter scale, i=90°
$R_p: 1.269 \pm 0.03 R_{Jup}$	$1.361_{-0.054}^{+0.052} R_{Jup}$	
$R_*: 0.943 \pm 0.019 R_{Sun}$	fixed, errors included in i	
$A: 0.02624 \pm 0.00027 AU$	fixed, errors included in i	
Per: 1.5373653 days	fixed	
$i: 83.65 \pm 0.21^\circ$	$84.15_{-0.69 1.21}^{+0.82 1.52}^\circ$	



VY SVĚTLIVKY a LEGENDA K OBRÁZKU

<http://var2.astro.cz/tresca/transit-detail.php?id=1426252915>



Carl-Fuhlrott-Gymnasium Jahrgangsstufe Q1

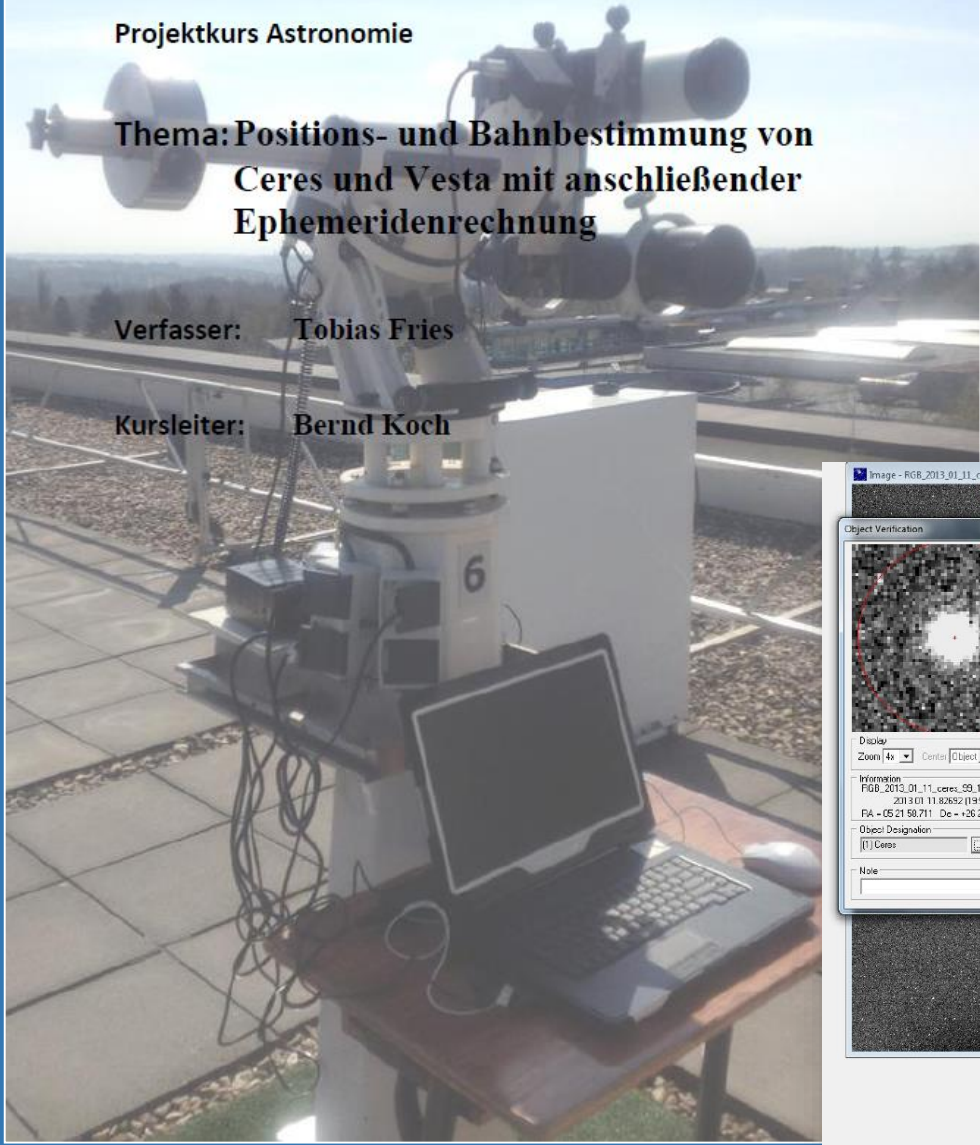
Wuppertal Schuljahr 2012/2013

Projektkurs Astronomie

**Thema: Positions- und Bahnbestimmung von Ceres und Vesta mit anschließender Ephemeridenrechnung**

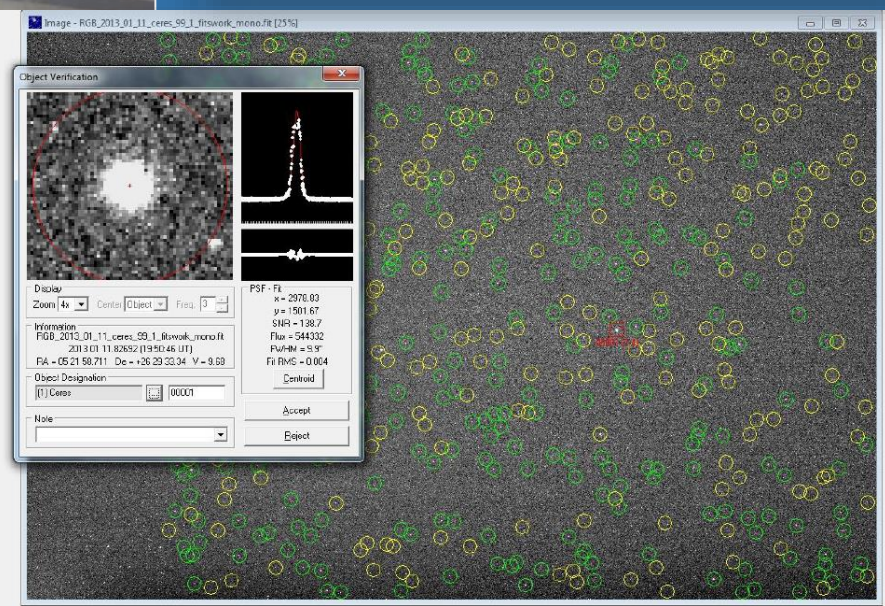
**Verfasser: Tobias Fries**

**Kursleiter: Bernd Koch**



## Zwergplaneten Ceres und Vesta im Sonnensystem

Bahnelement	NASA-Wert <sup>39</sup>	Eigener Wert
e	0,079	0,096
a	2,765 AE	1,044 AE
i	10,587°	2,337°
Ω	80,393°	93,970°
ω	72,590°	192,11°
T	2009-Feb-08,856	2013-Jul-24,273



Data Reduction Results									
Image	Detections	Ref Stars	Ref./Int.	Fit Order	dPA	dPa	Ref./Phot.	dMag	Zero Pt.
RGB_2013_01_11_ceres_99_1	5811	609	316	2	0.34°	0.31"	545	0.39mag	24.02mag

## 7.4 Berechnung der Massen und Bahnradien

Der Spectroscopic Binary Solver gibt nach dem Fitten der Kurve als maximale Radialgeschwindigkeiten  $|K_1| = 107,757 \text{ km/s}$  und  $|K_2| = 111,839 \text{ km/s}$  an. Nun können die Bahnradien und die Massen der Sterne errechnet werden. Dazu wird die Systemumlaufzeit wie vom Programm errechnet mit  $T = 3,96372 \text{ d} = 342465,408 \text{ s}$  angenommen.

$$r_1 \cdot \sin i = \frac{K_1 \cdot T}{2\pi} = \frac{107,757 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 342465,408 \text{ s}}{2\pi} = 5,873 \cdot 10^6 \text{ km} = 5,873 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$r_1 = \frac{5,873 \cdot 10^9 \text{ m}}{\sin(71,7^\circ)} = 6,186 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$r_2 \cdot \sin i = \frac{K_2 \cdot T}{2\pi} = \frac{111,839 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 342465,408 \text{ s}}{2\pi} = 6,096 \cdot 10^6 \text{ km} = 6,096 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$r_2 = \frac{6,096 \cdot 10^9 \text{ m}}{\sin(71,7^\circ)} = 6,421 \cdot 10^9 \text{ m}$$

Damit ergeben sich auch die Massen:

$$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2}{G \cdot T^2} \cdot (r_1 + r_2)^3 = \frac{4\pi^2 \cdot (6,186 \cdot 10^9 \text{ m} + 6,421 \cdot 10^9 \text{ m})^3}{6,67384 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \cdot (342465,408 \text{ s})^2} = 1,012 \cdot 10^{31} \text{ kg}$$

$$M_1 = \frac{M_1 + M_2}{r_1 + r_2} \cdot r_2 = \frac{1,012 \cdot 10^{31} \text{ kg}}{12,607 \cdot 10^9 \text{ m}} \cdot 6,421 \cdot 10^9 \text{ m} = 5,154 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$M_2 = \frac{M_1 + M_2}{r_1 + r_2} \cdot r_1 = \frac{1,012 \cdot 10^{31} \text{ kg}}{12,607 \cdot 10^9 \text{ m}} \cdot 6,186 \cdot 10^9 \text{ m} = 4,966 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

Aus diesen Werten kann die Masse der Sterne in Sonnenmassen ausgerechnet werden.

$$M_{\text{Sol}} = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$M_1 = \frac{4,966 \cdot 10^{30}}{1,98 \cdot 10^{30}} = 2,603 M_{\text{Sol}}$$

$$M_2 = \frac{5,154 \cdot 10^{30}}{1,98 \cdot 10^{30}} = 2,508 M_{\text{Sol}}$$

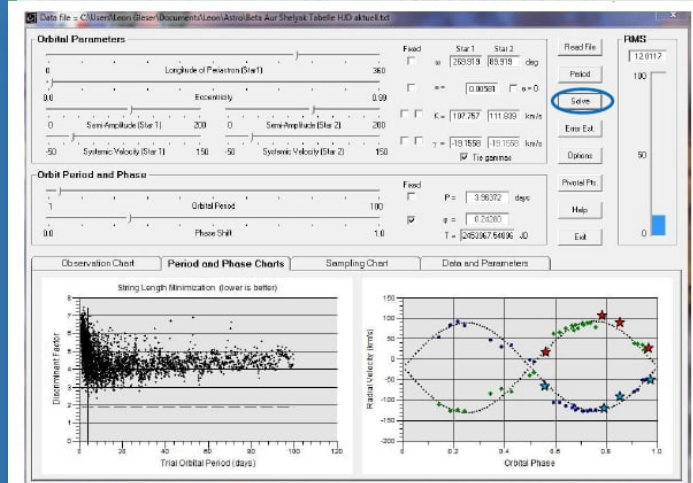
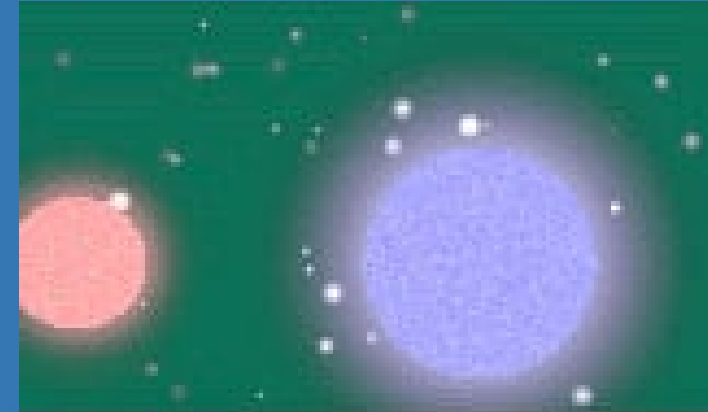
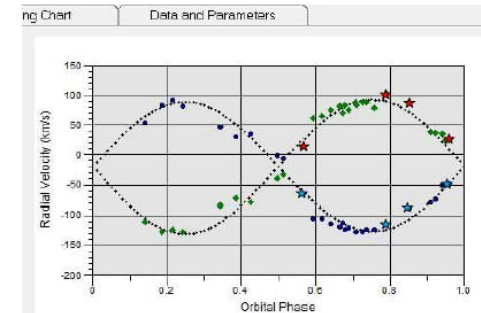


Abbildung 42: Solve mit der verschobenen Phase - Die eigenen Messpunkte sind mit \* und \* markiert.



# Astrofotografie = Datengewinnung für Projektarbeiten Q1, Jahrgang 2011/12

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

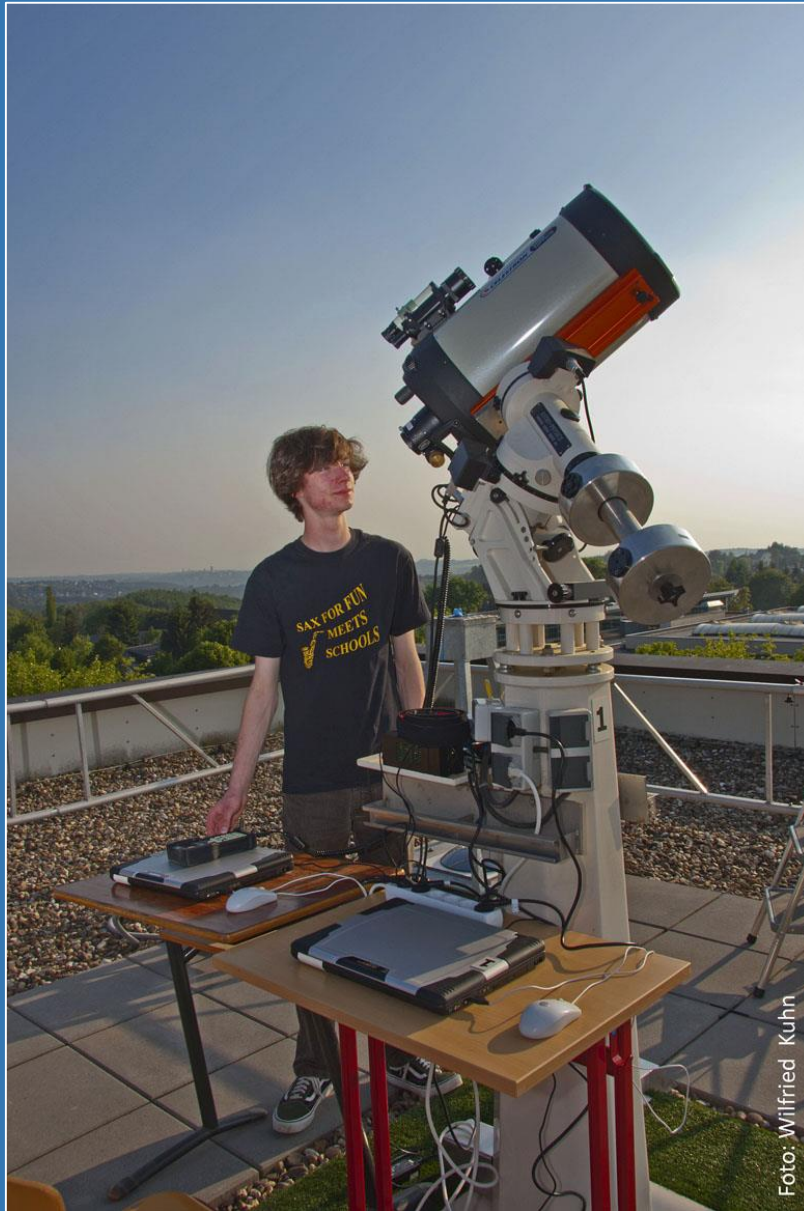
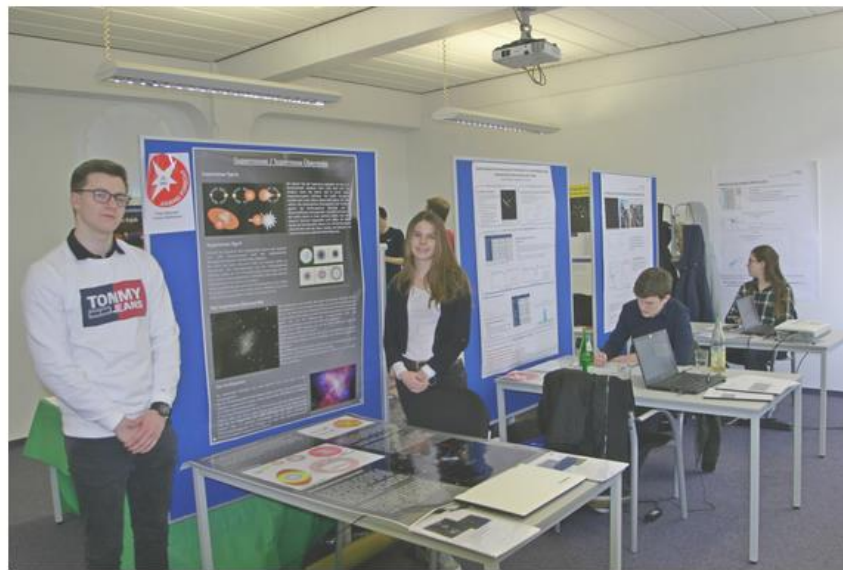


Foto: Wilfried Kuhn



Foto: Bernd Koch



Von links nach rechts: Philip Weinem und Franka Stallmann (Supernovae und Planetarische Nebel), Moritz van Eimern (Leuchtkräftige Blaue Veränderliche Sterne) und Aileen Lehnert (Farbenhelligkeitsdiagramme von offenen Sternhaufen)



Solingens Oberbürgermeister Tim Kurzbach im Gespräch mit Juliane Neusser

# Jugend forscht Regionalwettbewerb in Solingen 2019



Lokalzeit  
BERGISCHES LAND



00:15:56  
00:29:22



# Sieger im Jugend forscht NRW-Landeswettbewerb 2019 in Leverkusen

## Spektroskopische Untersuchung der LBV-Sterne Deneb und P Cygni

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



Juliane und Moritz überzeugten Besucher, Medienschaffende und nicht zuletzt die Jury mit der Präsentation ihrer Forschungsergebnisse. Foto: Bayer AG

<https://www.schuelerlabor-astronomie.de/1-platz-im-nrw-landeswettbewerb-jugend-forscht/>

# Sieger im Jugend forscht NRW-Landeswettbewerb 2019 in Leverkusen

## Spektroskopische Untersuchung der LBV-Sterne Deneb und P Cygni

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Das CFG errang den Titel *Jugend forscht Schule 2019*

beim Bundeswettbewerb in Chemnitz im Mai 2019. Unsere Siegerarbeit in NRW mit Juliane Neußer und Moritz van Eimern wurde Dritter im Bundeswettbewerb



Die brandenburgische Bildungsministerin und Vizepräsidentin der Kultusministerkonferenz, Britta Ernst, und Schulleiter Reinold Mertens bei der Übergabe des Preises. Foto: Jugend forscht.







# 2. Platz Jugend forscht NRW Landeswettbewerb 2017

## Spektroskopie des Katzenaugennebels NGC 6543

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



jugendforscht Astronomikurs der Sternwarte - CFG

### Spektroskopie des Katzenaugennebels NGC 6543

Jonathan Hilberg und Immanuel Gehlmann  
Carl-Fuhlrott-Gymnasium (CFG) - Wuppertal

#### Ende eines Sterns – Ein Planetarischer Nebel entsteht

Am Ende eines Sterns' Leben befindet es sich am Ende der Sternentwicklung. In dieser Phase verliert der "sterbende Stern" eine Hülle aus einem Gasdampf seiner Materie als Sternwinde werden in einen expandierenden Hohlraum abgeweht. Der zurückbleibende Stern emittiert sich selbst zu einem kleinen Zwerg, der seine Energie nur durch seine Gravitation erhält. Diese dann stark jedoch noch Energie in Form von Licht als Nebel wird die Hülle – der Planetarische Nebel – zum Leuchten anregt. Mit dem Leuchten des Nebels wird aus die genaue Sternentwicklung und der Lebenszyklus ermittelt.

#### Der Katzenaugennebel NGC 6543

Der Planetarische Nebel, den wir untersuchen, ist ein Sternexpansions NGC 6543. Er wurde am 11. Februar 1789 entdeckt und es wird die erste entdeckte Planetarische Nebel. Als Nebel der Typus entsteht, tritt er in der Regel in einem Leuchtgas, in seinem Nebel, das die Hülle des Sterns umgibt. "Katzenaugen" ist ein Name für eine ungewöhnliche Konfiguration, die sich bildet, die sich durch die unterschiedlichen Expansionsraten der Nebelteilchen bildet. Später geschätzt wurde der Nebel 1000 Jahre vorher entstanden und im Jahr 1845 von dem Amateurastronomen William Herschel.

#### Messaufbau

Messaufbau für die Aufnahme von Emissionsspektren mit Fraunhofer-Korrekturen

1. Teleskop (Celestron 11 Zoll)
2. Emissionsspektroskop (Auriga) mit Filtern in verschiedenen Wellenlängen
3. CCD-Kamera
4. Videokamera
5. Auswertesystem (Auriga)

#### Auswertung der Spektren

Die Auswertung der Spektren erfolgt mit dem Softwarepaket "Spectra" (www.spectra.de). Hierbei wird die Intensität der Linien in Abhängigkeit der Wellenlänge gemessen. Die resultierenden Spektren werden dann mit den Spektren von Referenzsubstanzen verglichen, um die chemische Zusammensetzung zu bestimmen.

#### Nachweis der Zusammensetzung des Nebels

Emissionsspektroskopie: einzelne Wellenlängen des Lichts (als Photonen), die durch Übergänge der Elektronen einer jeden Atomart entstehen. Wie typisch für jedes Atom

#### Elektronentemperatur – NGC 6543

Die Elektronentemperatur des Nebels wird durch die Intensität der Emissionen bestimmter Linien bestimmt. Die Temperatur wird durch die Intensität der Emissionen bestimmter Linien bestimmt. Die resultierende Temperatur ist ein Maß für die Energie der Elektronen im Nebel.

#### Chemische Zusammensetzung – NGC 6543

Die chemische Zusammensetzung des Nebels wird durch die Intensität der Emissionen bestimmter Linien bestimmt. Die resultierende Zusammensetzung ist ein Maß für die relative Menge der verschiedenen Elemente im Nebel.

#### Ergebnisse

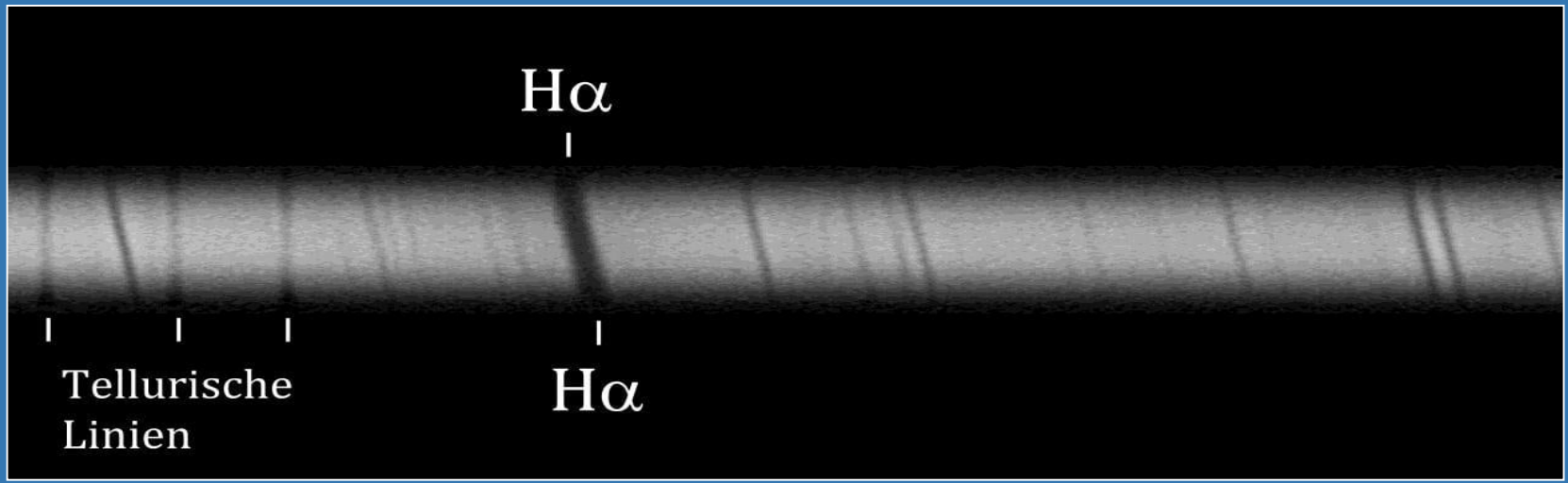
Die Ergebnisse der Messungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Die Werte sind in Abhängigkeit der Wellenlänge und der Intensität der Emissionen angegeben.

Wellenlänge (nm)	Intensität
4101	0,12
4340	0,25
4861	0,18
6563	0,35
6716	0,15
6731	0,12
7319	0,10
7774	0,08
8446	0,05

# 2. Platz Jugend forscht NRW-Landeswettbewerb 2013

## Bestimmung der Jupiter-Rotation

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

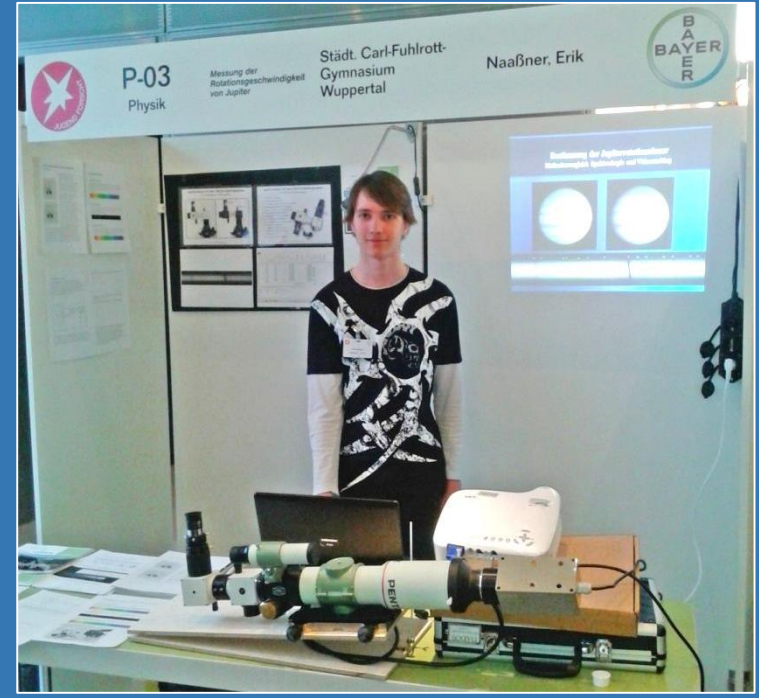



Nr. der Linie	x (Oben) [Px]	x (Unten) [Px]	x-Differenz [Px]	$\lambda$ [Å]	$\Delta\lambda$ [Å]	Auswahl	v [km/s]	v [km/s]	
1	145	160	15	6493.788	1.072119		12.3721196	12.37212	
2	165	170	5	6494.994	1.072119		12.3698222	12.36982	
3	195	210	15	6496.654	1.072119		12.3698154	12.36981	
4	334	350	16	6516.053	1.88024		13.86273791	13.86274	
5	364	389	25	6518.38	1.072119		12.325443	12.32544	
6	429	445	16	6527.3	1.88024		13.5392694	13.53926	
7	487	502	15	6534	1.072119		12.2989713	12.29896	
8	583	608	25	6545.24	1.072119		12.2799471	12.27994	
9	737	762	25	6562.852	1.072119		12.24192182	12.24192	
10	792	809	17	6569.23	1.072119		12.24192182	12.24192	
11	842	859	17	6575.02	1.072119		14.86126198	14.86127	
12	942	959	17	6586.256	1.072119		13.51716802	13.51717	
13	1000	1016	16	6592.926	1.072119		13.50349353	13.50349	
14	1104	1120	16	6609.490	1.072119		13.46965281	13.46965	
15									
16									
17									
18	Durchschnitt:		9.892857143 Pixel						
19						Geschwindigkeit (Mittelwert)	12.09 km/s +/-	0.84 km/s	
20						Katalogwert:	12.6 km/s		
21									
22									
23									
24	Abbildungmaßstab:					Linienverschiebung durch Lihres III anhand der atmosphärischen Linien:			
25	Spektrallinie	$\lambda$ [Å]	x [Px]	Abb. Maßstab M [Px/Å]		Linien	x (oben) [Px]	x (unten) [Px]	Differenz
26	H alpha	6562.85	737			1	673	579	6
27	Fe I	6575.02	842			2	401	405	5
28	Differenz	12.17	105	8.627773213		3	323	329	6
29						4	30	36	6
30						Durchschnitt:			6.76
31									

Abb. 31: Tabelle zur Berechnung der Rotationsdauer von Jupiter (Lihres III)

Entsprechend der Rechnung zur Auswertung der DADOS-Messung ergeben sich folgende Werte für die Messung mit dem Lihres III:

- Katalogwerte [9], [10]: 12,6 km/s oder 9h 55m 30s
- Messergebnisse: 12,1 km/s oder 10h 19m 14s
- Damit beträgt die Abweichung ca. 4%.






**P-01**  
Physik

3-Farben-Videographie  
des Jupiters  
mit Hilfe von  
3 simultanen Aufnahmen


Städt. Carl-Fuhlrott-  
Gymnasium  
Wuppertal

Schwager,  
Anton Sebastian  
Zilgalvis, Michael

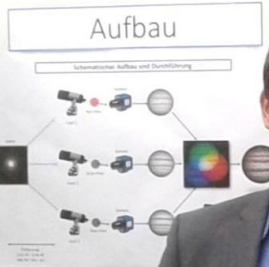



**Die Schulsternwarte**



**Aufbau**



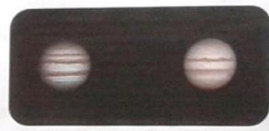
**Planet Jupiter**




**Verarbeitung**

**Techn. Grundlagen**


Methodenvergleich




Rotations des Jupiters  
12.01.2013







Nachweis des Dopplereffekts mit einem BACHES Echelle-Spektrografen

Bestimmung der Umlaufgeschwindigkeiten  
von Planeten, der Sonne und spektroskopischen Doppelsternen  
an der Sternwarte des Schülerlabors Astronomie  
des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums, Wuppertal

Thesis  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Master of Education (M.Ed.)

Teilstudiengang der Thesis: Physik

Studiengang Master of Education  
Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen  
der Bergischen Universität Wuppertal

vorgelegt von Burkhard Johannes Siringhaus

Matrikel Nr.: 946321

Erstprüfer: Professor Dr. Johannes Grebe-Ellis

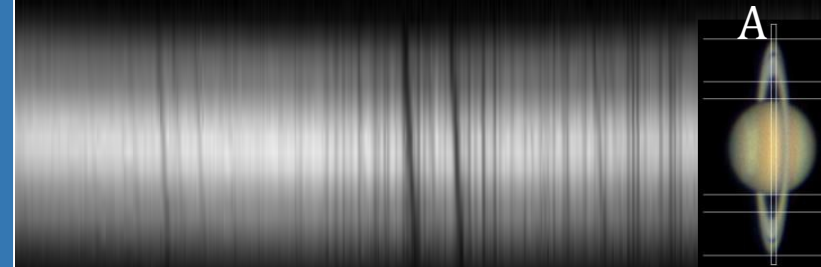
Zweitprüfer: Dr. Oliver Passon

Betreuer: StD Dipl.-Phys. Michael Winkhaus

Dipl.-Phys. Bernd Koch

Datum: 30. März 2017

## Saturnspektrum 26.8.2016



Planetenkugel:  $v = 6,9 \pm 2,7$  km/s. Literatur: 9,8 km/s  
Außenkante A-Ring:  $v = 17,1 \pm 1,3$  km/s. Lit: 16,91 km/s

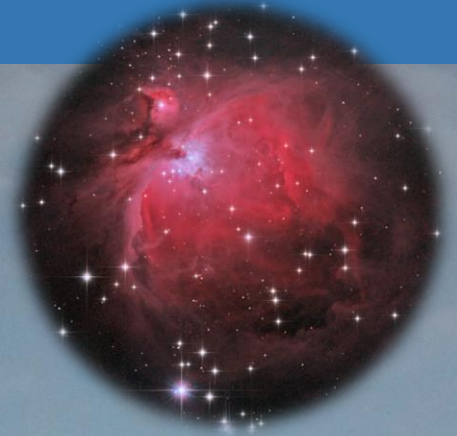
Messung mit D=80mm, f=600mm Refraktor  
und BACHES Echelle Spektrograf



Beobachtungsinsel 1 Schülerlabor Astronomie

# Der Winter 2013 ....

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



# Unterstützer des Schülerlabors Astronomie

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E

			
			
			
			
			
			
			
			
			
<p>Gegründet 1892</p>			

Michael Winkhaus & Bernd Koch

Carl-Fuhlrott-Gymnasium Wuppertal

Terminvereinbarung für Veranstaltungen:

[Michael.Winkhaus@t-online.de](mailto:Michael.Winkhaus@t-online.de)

[Bernd.Koch@astrofoto.de](mailto:Bernd.Koch@astrofoto.de)

S  
C  
H  
Ü  
L  
E  
R  
L  
A  
B  
O  
R  
  
A  
S  
T  
R  
O  
N  
O  
M  
I  
E



Foto: Josef Pepa Jira