

UNIVERSITÄT  
HEIDELBERG  
ZUKUNFT  
SEIT 1386

## A collection of teaching materials regarding the Milky Way



MilkyWay@Schools 2021  
03.06.2021

Renate Hubele, ZAH/HdA





# Haus der Astronomie in Heidelberg

Unique Centre for Astronomy Education and Outreach in Heidelberg, Germany



Founded in 2008 and financed by the Max Planck Society, Heidelberg University and city of Heidelberg, as well as the private Klaus Tschira Foundation



# Haus der Astronomie – what we do

## What we do:



We offer all kinds of educational and outreach activities, including

- Public talks and events
- Exhibitions, both inhouse and a travelling exhibition
- Planetariums-show „Tour through the universe“
- Organise teacher trainings and student workshops
- Student internships
- Provide platforms for teaching materials
- Offer Astronomy kits for teachers to hire
- Houses the IAU Office for Astronomy Education  
<https://www.haus-der-astronomie.de/OAE>





# Haus der Astronomie – what we do

## Office for Astronomy Education (OAE) of the IAU :

- support the astronomy community and astronomy educators in bringing the fascination of astronomy into schools
- activities include:
  - establishing a worldwide network of National Astronomy Education Coordinators (NAECs),
  - promoting astronomy in national curricula
  - supporting teachers with evidence-based education research and professional development.
- facilitate discussion and knowledge sharing within the community, particularly between astronomy education researchers and astronomy education practitioners
- stocktaking of astronomy education world-wide



# Haus der Astronomie – what we do



## Useful resources:

- <https://www.haus-der-astronomie.de/3572995/Bildungsmaterialien>

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

Platform with science teaching materials, Initiative of Spektrum der Wissenschaft publishers and other partners, including HdA

- <https://astroedu.iau.org/en/>

Managed through the IAU OAE now



## **Astronomy Boxes: Selection of teaching materials for loan**

- **Collection of teaching materials grouped around one main topic**
- **Can be borrowed free of charge and used in school lessons**
- **Principle: Low-cost materials, suitable for simple reproduction**

# Haus der Astronomie – what we do

## Astronomy Boxes: Universe in a box

- Designed for 4-10 year old children worldwide
- Over 40 activities including necessary instructions for building your own box available online
- First prototype developed by Cecilia Scorza-Lesch of HdA, further developed and adapted under the framework of EU-UNAWE.

<https://www.unawe.org/resources/universebox/>





# The Milky Way Kit

## Astronomy Boxes: Milky Way Kit

- Collection of educational materials revolving around the Milky Way
- Designed for students grade 7 to 12 (around 13yrs up)
- Basic concept: Workshops designed to be used with school classes, but in individual groups
- Can be used either as stand-alone materials (workshops) or combined as a longer project
- Principle: Low-cost materials, suitable for simple reproduction
- Will be accompanied by a comprehensive handbook (soon...)
- Financed by the SFB 881

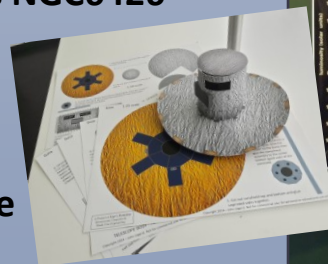




# The Milky Way Kit

## Contents (at the moment...)

- Blick in den Himmel
- Magnitudensystem
- Spektroskopie
- Sterne der Milchstraße
- Lernspiel interstellar Materie
- Dem Staub auf der Spur
- Dunkelwolkenmodell
- Gaia und die Milchstraße
- Entfernung der kl. Mag. Wolke
- Klassifikation offener Sternhaufen
- Klassifikation von Galaxien
- Die Staubige Milchstraße
- Die Energie-Erzeugung der Sterne
- Die Entstehung der ersten Sterne und ihre Merkmale
- das hydrostatische Gleichgewicht
- die Zustandsgrößen der Sterne
- Vermessung des Kugelsternhaufens NGC6426
- Vermessung von M76 mit TOPCAT
- Modell der lokalen Gruppe
- Eine galaktische Armillarsphäre
- Verschiedene Modelle und Bausätze
- ...



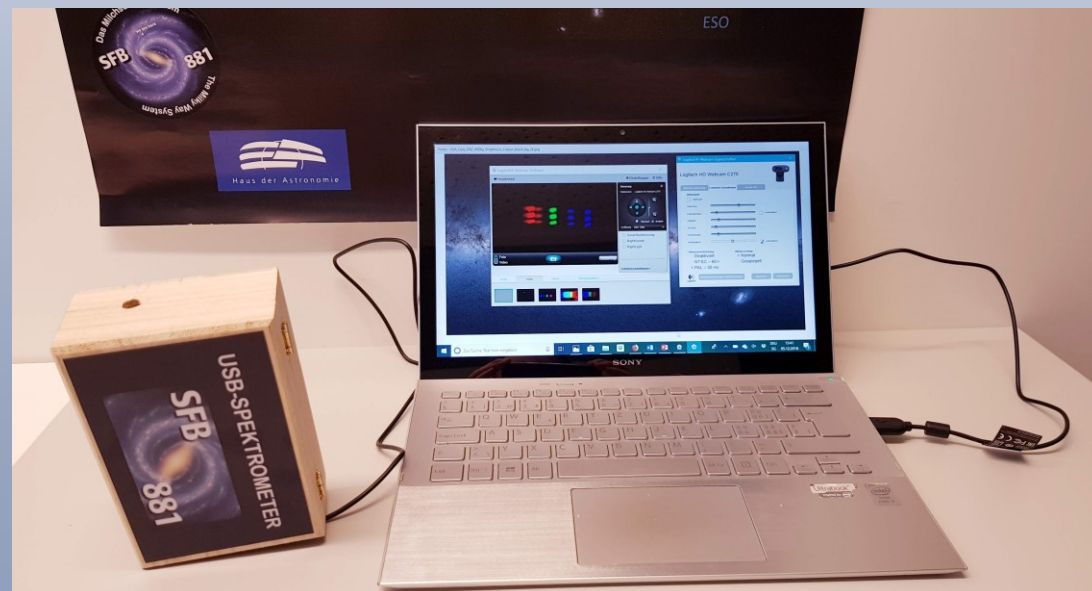




# The Milky Way Kit

## USB-Spectrometer

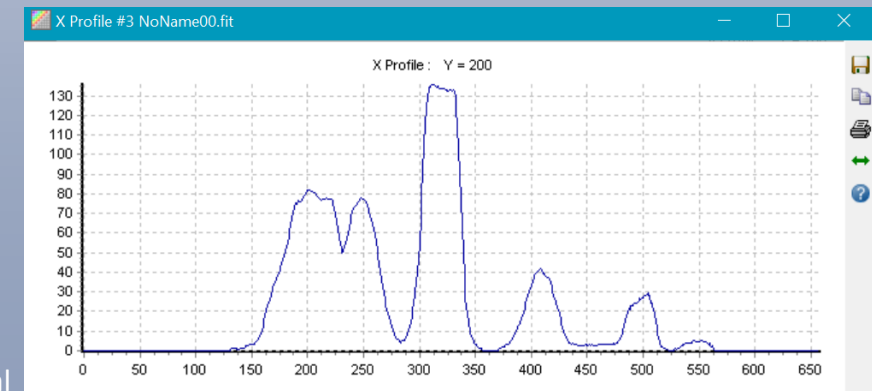
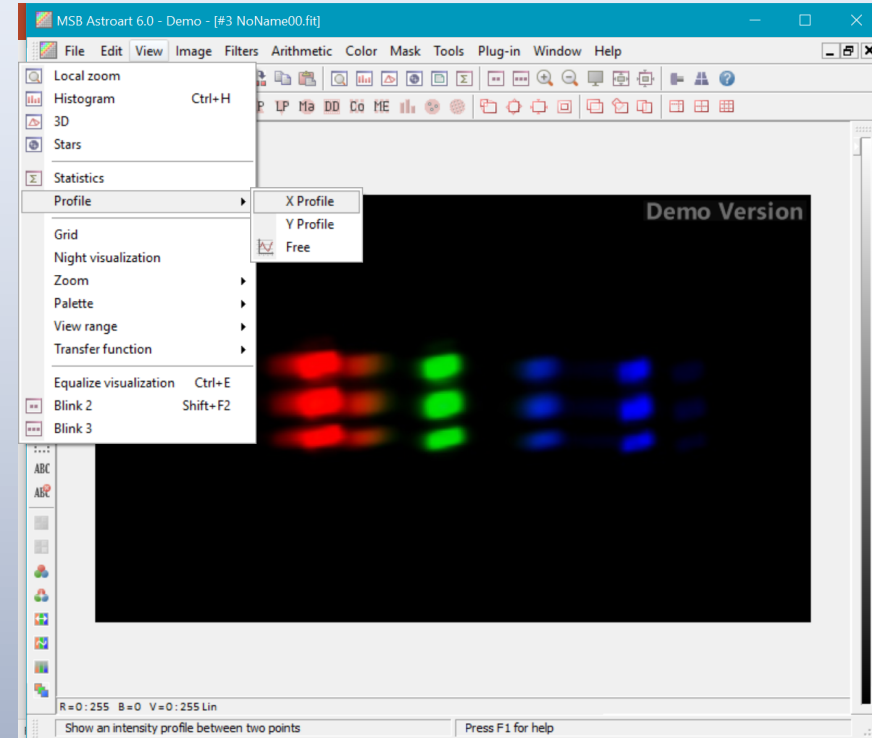
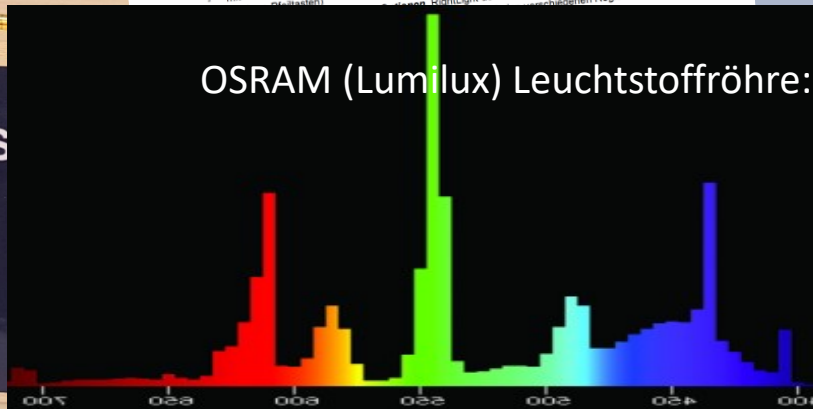
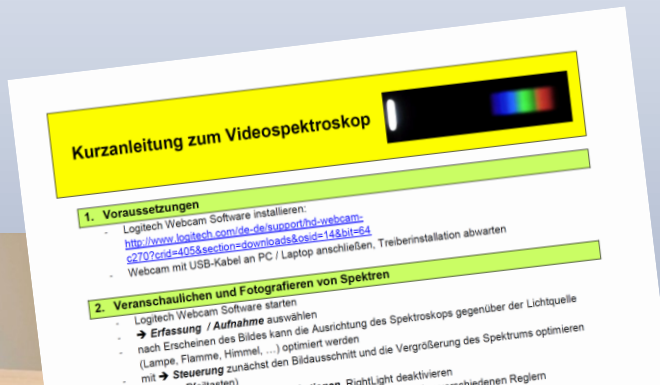
Compact DIY digital spectrometer including software and instructions for use



# The Milky Way Kit

## USB-Spectrometer

Compact DIY digital spectrometer including software and instructions for use





## Workshop: The Revolution of the Milky Way Map

### Gaia – Die Milchstraßen-Weltkarte wird revolutioniert

In Bezug auf eine kurze Mitteilung in sowie einen online-Beitrag von SuW 1/2014, desweiteren mit Bezügen zu Beiträgen in SuW 5/2013, SuW 6/2013 und SuW 10/2013; angelehnt an das Planetariumsprogramm zur Gaia-Mission

Cecilia Scorza, Dirk Brockmann-Behnsen, Olaf Hofschulz, Olaf Fischer

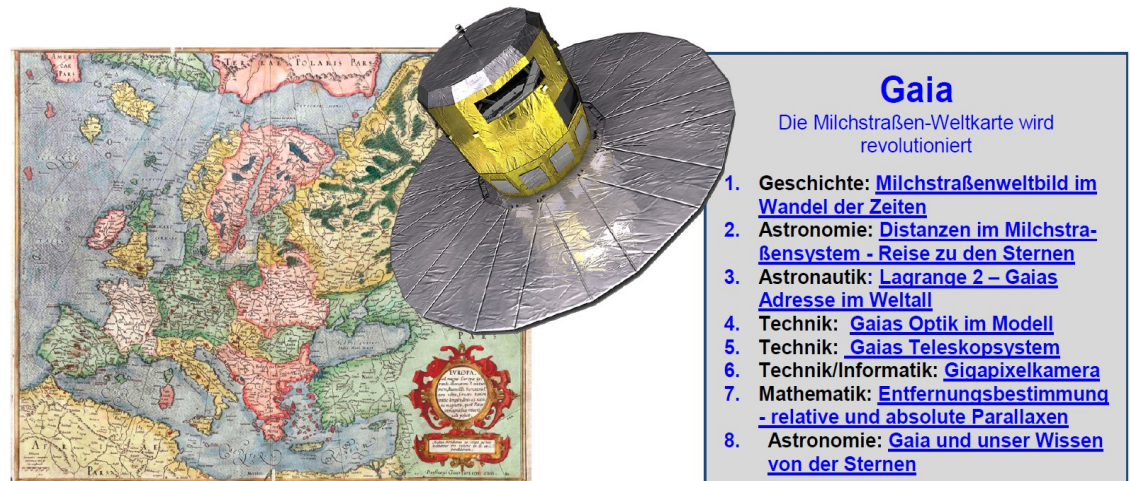


Abbildung 1: Die Mercator-Europa-Karte von 1589 unterscheidet sich in fernen Regionen deutlich von der heutigen Karte Europas. Analog wird Gaia die bestehende Karte vom Milchstraßensystem verändern (Bilder: Bild Karte: Tartu University Library, Mercator, Gerardus, 1512-1594 Mercator, Rumold, 1545-1599; Bild Gaia: ESA/C. Carreau).

# Der Milchstraßen-Koffer

## Workshop: The Revolution of the Milky Way Map

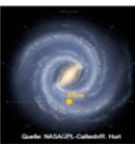
4 / 36

**Stadtplanzeichner am Ort der Wohnung**


**Zentrum**  
Wir gehen hier davon aus, dass sich die Dichte der Lampen (in Häusern und außerhalb) zum Stadtzentrum hin vergrößert. Zählt man in der Nacht bei einem 360°-Rundumblick (nicht erhöht) die Lampen pro Richtungsbereich, so kann man auf die Richtung zum Stadtzentrum schließen.

**Durchblick**  
An Nebeltagen können wir den Sichtkontakt zur ferneren Umgebung und vielleicht auch zum Stadtzentrum verlieren. Im nahen Infrarot wird die Durchsicht besser.

**Astronom am Ort der Sonne**



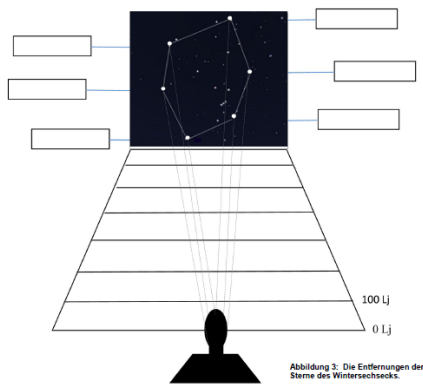
Die Astronomen gehen davon aus, dass sich die Menge der **Stirne** zum Zentrum des Milchstraßensystems hin vergrößert. Durch **Stirne** der Sterne (Sterne pro Himmelsbereich) erhält man erste Hinweise auf den dezentralen Ort der **Stirne** und die Richtung zum galaktischen Zentrum im Sternbild **Stirne**.



Der interstellare Staub (Staub zwischen den **Stirne**) verhindert den direkten Blick ins galaktische Zentrum. Um tiefer in die Galaxis hinein blicken zu können, beobachten die Astronomen im **Infrarot** des elektromagnetischen Spektrums.

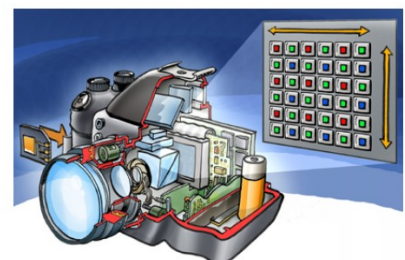
Stern	Entfernung [Lj]	Temperatur	Spektraltyp	Radius [Sonnennradien]
Kapella	42,2			12
Aldebaran	70			25
Rigel	650			76
Sirius	8,6			1,7
Prokyon	11,2			1,8
Pollux	33,7			8

Tabelle 2: Daten der Sterne des Winterschsecks



### Aufgaben: „Gepixelte Bilder - Gaias CCD-Kamera“ [← zurück zum Anfang!](#)

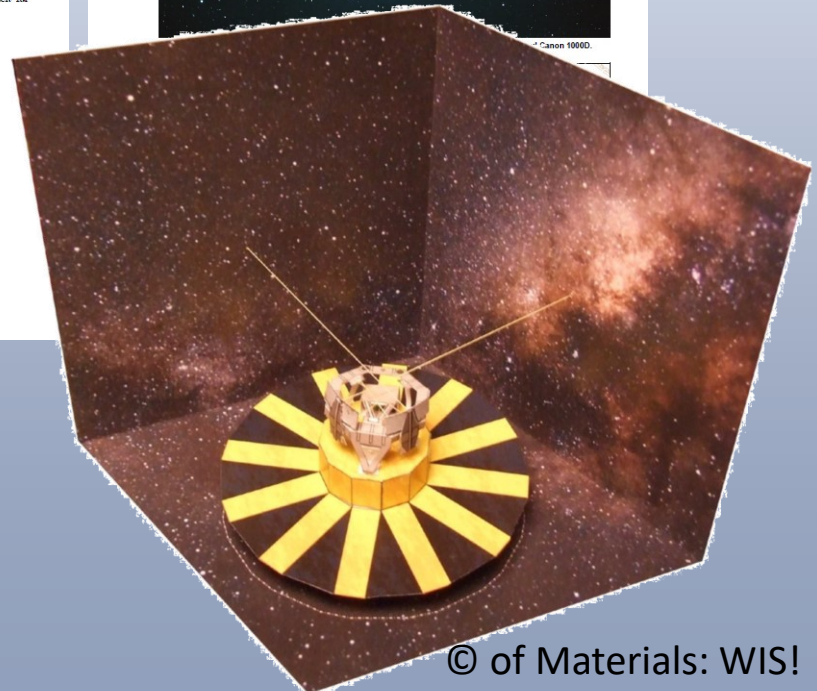
- Die Gigapixel-CCD-Kamera von Gaia besitzt 106 CCDs mit jeweils  $4500 \times 1966$  Pixeln. Berechne die Gesamtpixelanzahl.
- Vergleiche die Pixelanzahl mit der einer heute gebräuchlichen Digitalkamera.
- In der professionellen Astronomie finden fast nur SW-CCD-Kameras Anwendung. Für wissenschaftliche Zwecke ist die farbige Aufnahme oft gar nicht wichtig. Wenn aber doch Farbbilder erzeugt werden sollen, dann z.B., indem man 3 Aufnahmen nacheinander durch einen Rot-, einen Grün- und einen Blaufilter (RGB) anfertigt und diese anschließend zu einem farbigen Sonnenbild addiert bzw. mischt.
  - Erläutere das Prinzip, nach dem aus den 3 einfarbigen Aufnahmen (RGB) das farbige Gesamtbild erzeugt wird.
  - Recherchiere, was man unter einer Bayermatrix versteht.
  - Welche Vorteile haben Schwarzweiß-CCD-Kameras gegenüber Farbkameras.
- Die Sterne legen aufgrund der Rotation der Sonde innerhalb von 30 s eine Strecke zurück, die der maßstäblichen Pfeillänge in Abb. 7 oben entspricht. Berechne die Geschwindigkeit, mit der die Sterne über die CCDs driften.
- Benenne die Aufgaben der einzelnen CCD-Felder.
- Die Belichtungszeit ist durch die Durchgangszeit eines Sternes durch ein Pixel bzw. eine CCD gegeben. Ein Pixel besitzt eine Breite von 10 Mikrometern. Berechne die Belichtungszeit für einen Pixel bzw. einen ganzen CCD-Chip.



Digitalkameras gehören heutzutage zur Ausstattung beinahe eines jeden Haushalts. Hier das Schnittbild einer Digitalkamera mit RGB-CCD-Bildsensor (Quelle: Wikimedia Commons, Autor: Wellenman)

### ANLEITUNGSBLATT

- Ermittle die Koordinaten (Rektaszension und Deklination) von 6 hellen Sternen aus der gegebenen Aufnahme der Plejaden. Nutze dazu den Ausschnitt der Sternkarte in der unteren Abbildung, um die Koordinaten möglichst genau abzulesen. Trage deine Ergebnisse in die folgende Tabelle ein.





## Student Workshops: The Stars of the Milky Way

### Goals:

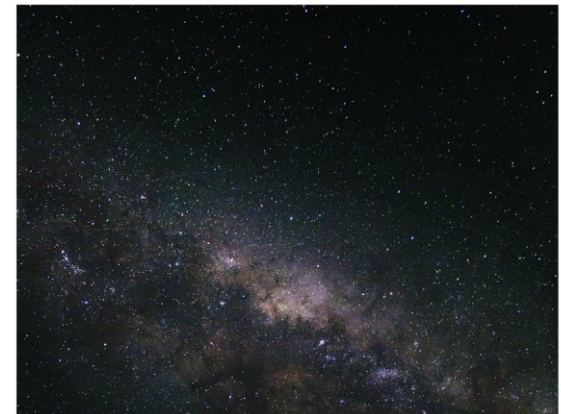
- Getting to know the most important stellar parameters and processes
- Classification of stars according to their properties
- Hertzsprung-Russel diagram
- Addition: Life cycle of stars



Die Sterne der Milchstraße



Workshop: Die Sterne der Milchstraße



## Student Workshops: The Stars of the Milky Way

### 1.1 What's a star?

#### Aktivität 1: Die Kernfusion in der Sonne

- (a) Wie viel Masse wandelt die Sonne pro Sekunde in Energie um, wenn in ihrem Kern pro Sekunde etwa 500 Millionen Tonnen Wasserstoff zu Helium umgewandelt werden?
- (b) Die Sonne besitzt eine Gesamtmasse von  $2 \times 10^{33}$  g. Bedeutet dies, dass die Sonne auf Grund dieses Massenverlusts irgendwann verschwinden wird? Diskutiere und argumentiere.

#### Aktivität 1:

- (a) Der Massenverlust beträgt 0.7% der Ursprungsmasse:

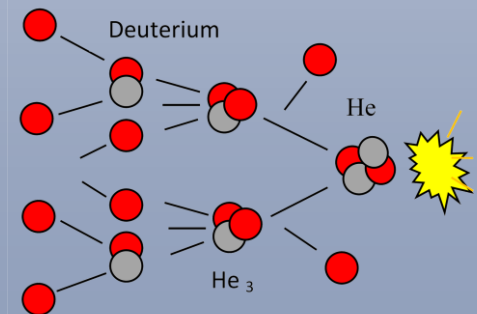
$$\Delta M = 0.007 \cdot 500 \times 10^9 \text{ kg} = 3.5 \times 10^9 \text{ kg}$$

Mit  $E = mc^2$  beträgt die abgestrahlte Energie pro Sekunde:

$$\Delta E = 3.5 \times 10^9 \text{ kg/s} \cdot (2.99 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 31.5 \times 10^{25} \text{ J/s}$$

- (b) Zeit bis zum theoretischen Verbrauch allen Brennstoffes:

$$\tau = 2 \times 10^{33} \text{ g} / 500 \times 10^{12} \text{ g/s} = 4 \times 10^{18} \text{ s} = 1.3 \times 10^{11} \text{ Jahre}$$

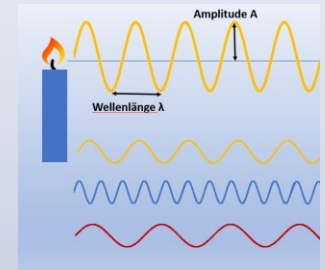
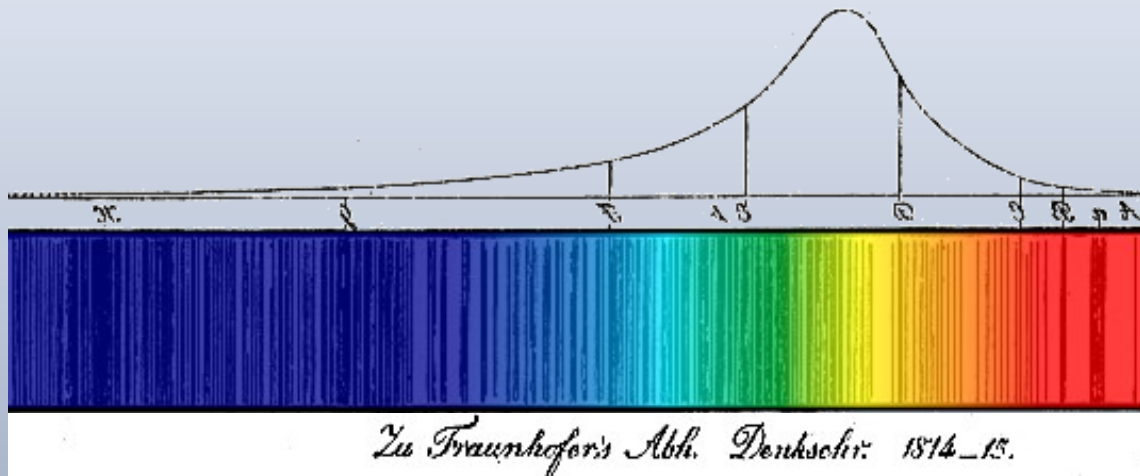




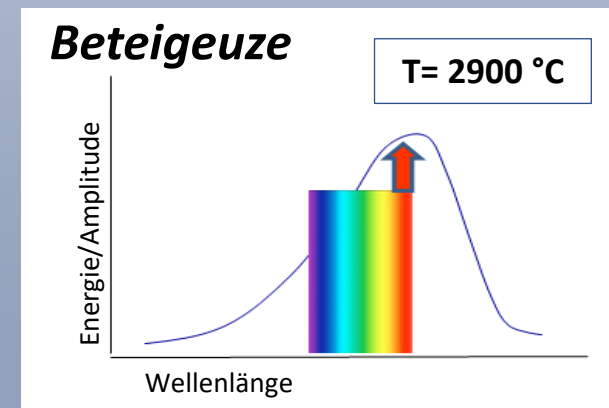
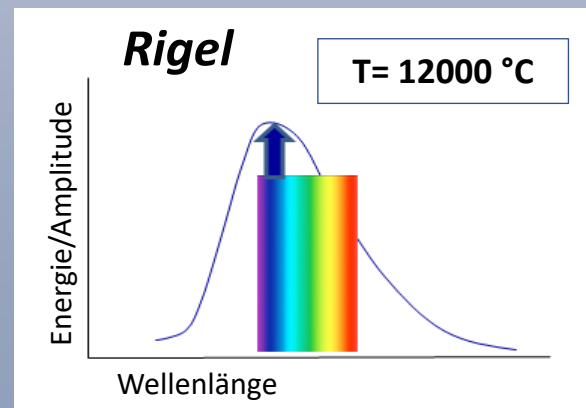
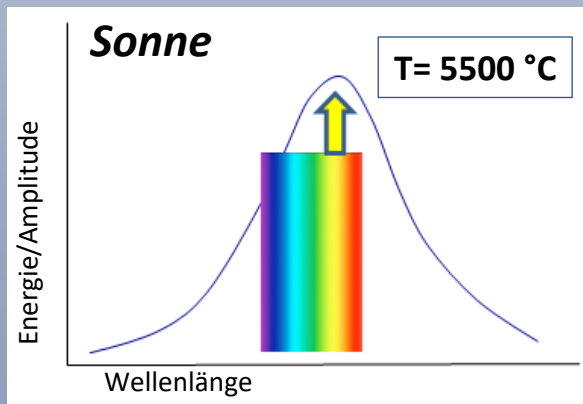
# The Milky Way Kit

## Student Workshops: The Stars of the Milky Way

### 1.2 The Colour of Stars



$$2,9 \text{ mm K} = \lambda_{\text{max}} \cdot T$$



# The Milky Way Kit

## Student Workshops: The Stars of the Milky Way

### 1.3 Luminosity of Stars

#### Aktivität 4: Berechnung der Leuchtkraft der Sonne:

Die Energie  $f$ , die von der Sonne abgestrahlt wird und außerhalb der Erdatmosphäre pro Zeiteinheit und pro Flächeneinheit senkrecht ankommt, die sogenannte **Solarkonstante**, beträgt

$$f = 1367 \text{ Watt/m}^2 \quad (1.4)$$

Der Abstand der Erde von der Sonne beträgt

$$r = 1AU = 1.5 \times 10^{11} \text{ m} \quad (1.5)$$

Berechne die Leuchtkraft  $L_{\odot}$  der Sonne.

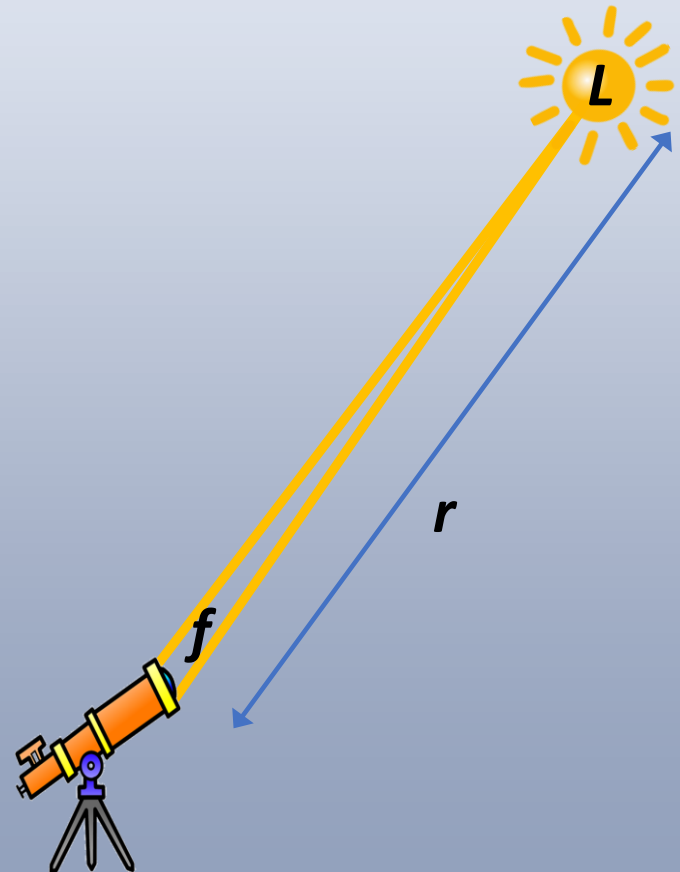
#### Aktivität 5: Leuchtkraft:

Vervollständige mithilfe der Sternkärtchen die Leuchtkraft der Sterne in Tabelle 1.2.

#### Aktivität 6: Sonne und Kapella im Vergleich:

Betrachte Kapella, den hellsten Stern des Sternbildes Fuhrmann. Mit  $T_{\text{Kapella}} = 5150 \text{ K}$  hat er näherungsweise die gleiche Temperatur wie die Sonne ( $T_{\odot} = 5840 \text{ K}$ ), ist aber 141-mal heller als diese.

Aus Gleichung 1.6 wissen wir, wie die Leuchtkraft  $L$  vom Sternradius  $R$  und der Oberflächentemperatur  $T$  abhängt. Kannst Du davon ausgehend die größere Leuchtkraft von Kapella erklären?












# The Milky Way Kit

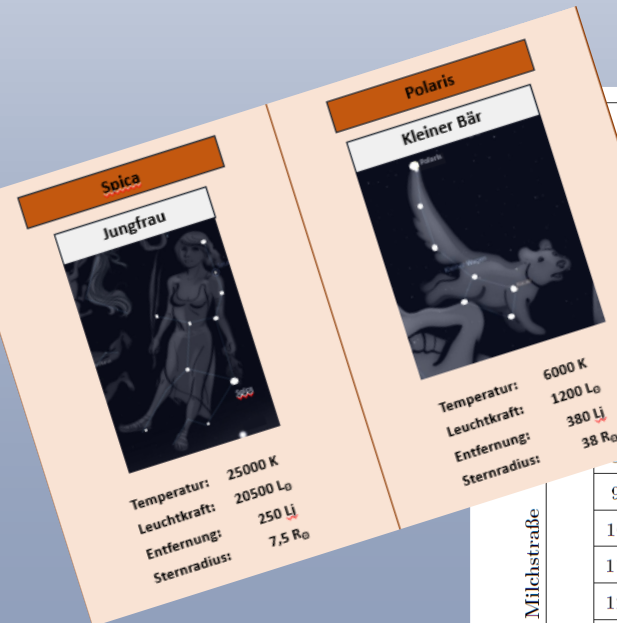
## Student Workshops: The Stars of the Milky Way

### 1.2 The Colour of Stars

#### Aktivität 2: Sternfarben

Vervollständige mithilfe der Sternkärtchen und Tabelle 1.1 die Farben und Spektraltypen der Sterne in Tabelle 1.2.

Spektraltyp	Oberflächentemperatur in $K$	Sternfarbe	
O	30000 - 60000	blau	
	10000 - 28000	blauweiß	
	7500 - 10000	weiß	
	6000 - 7500	gelbweiß	
K	5000 - 6000	gelb	
	3500 - 5000	orange	
M	2000 - 3500	rot	



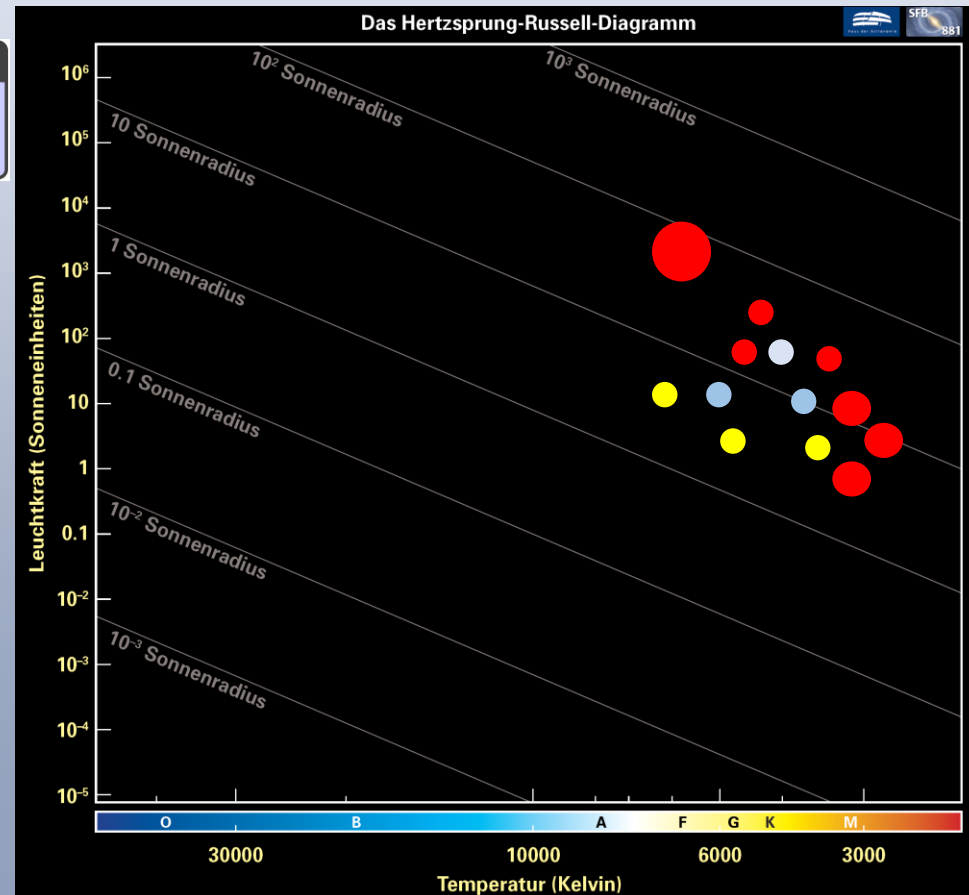
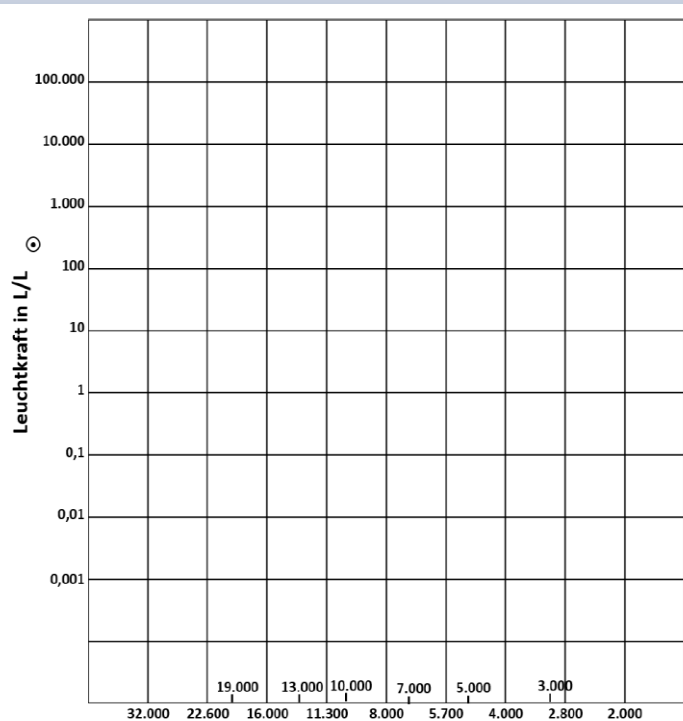
	Sternname	im Sternbild	Temperatur in $K$	Sternfarbe	Spektraltyp	Leuchtkraft in $L_{\odot}$	Entfernung in $L_j$	Radius in $R_{\odot}$
	Dubhe	großer Bär	4660	orange	K	224	123	30
	61 Cygni A							
	Sirius A							
	Sirius B		25200			0,027		0,00864
	Bellatrix							
	Altair							
	Regulus							
	Spica							
	Deneb							
9	Procyon							
10	Sirrah							
11	Antares							
12	Wega							
13	$\alpha$ Centauri A							

## Student Workshops: The Stars of the Milky Way

### 2. Hertzsprung-Russell diagram

#### Aktivität 5: Das Hertzsprung-Russell Diagramm:

Trage die Positionen der Sterne aus Tabelle 1.2 in das H-R-Diagramm in Abbildung 2.2 gemäß ihrer Leuchtkraft  $L/L_{\odot}$  und Temperatur  $T$  ein.

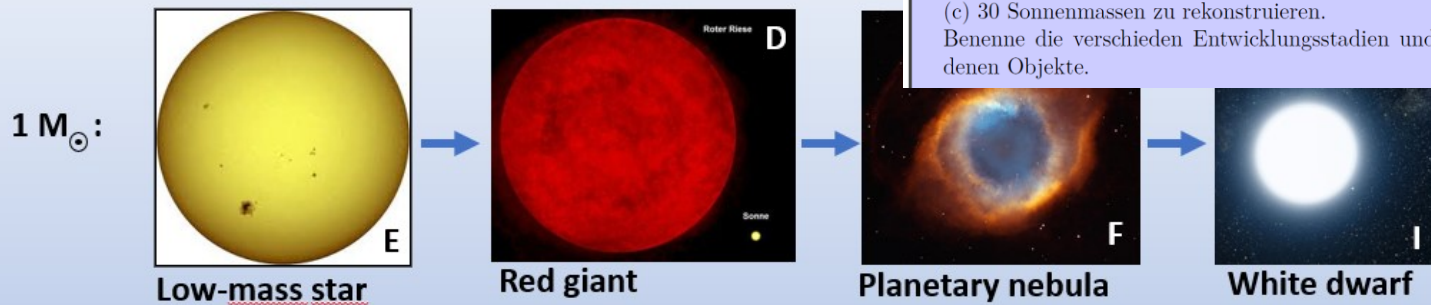




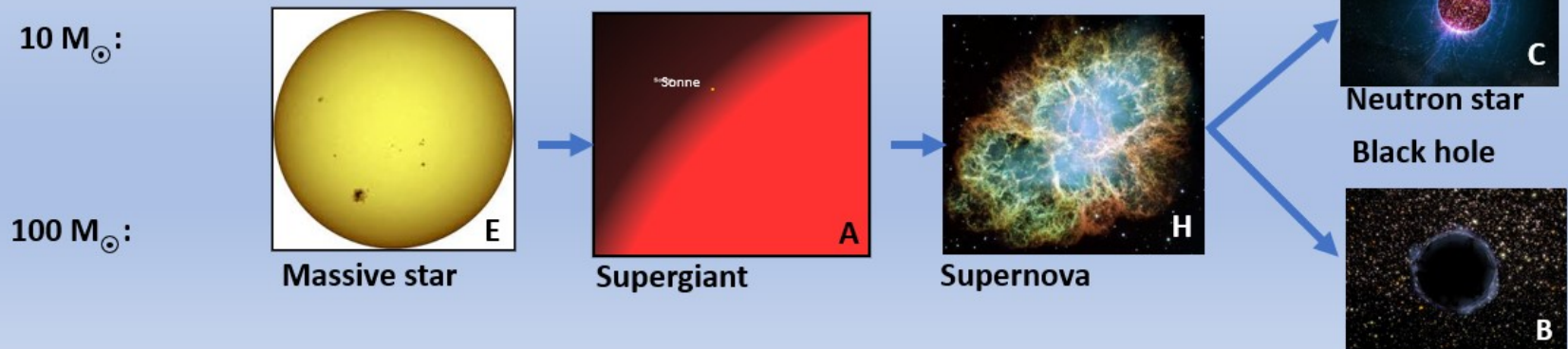
## Student Workshops: The Stars of the Milky Way

### 2. Life cycle of Stars

#### The evolution of a low-mass star:



#### The evolution of a massive star:



#### Aktivität 9: Entwicklungswege der Sterne:

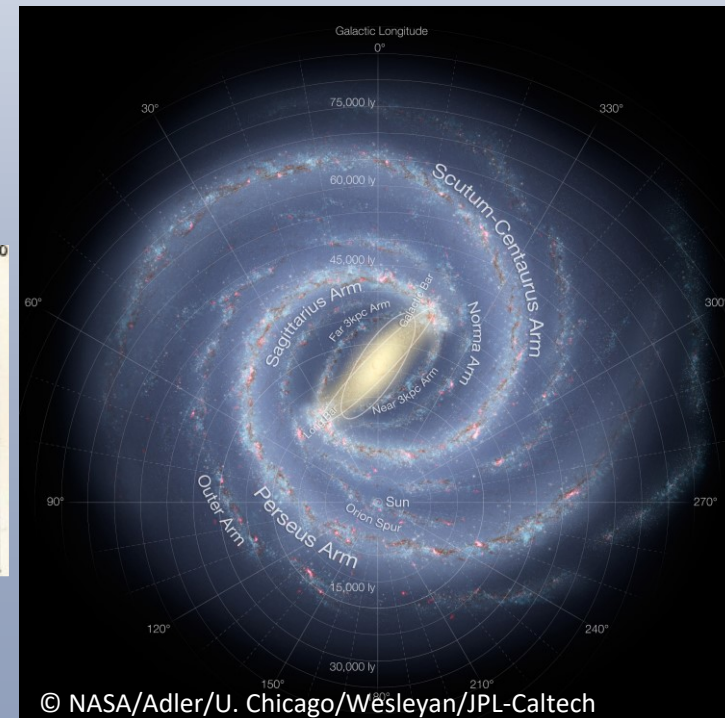
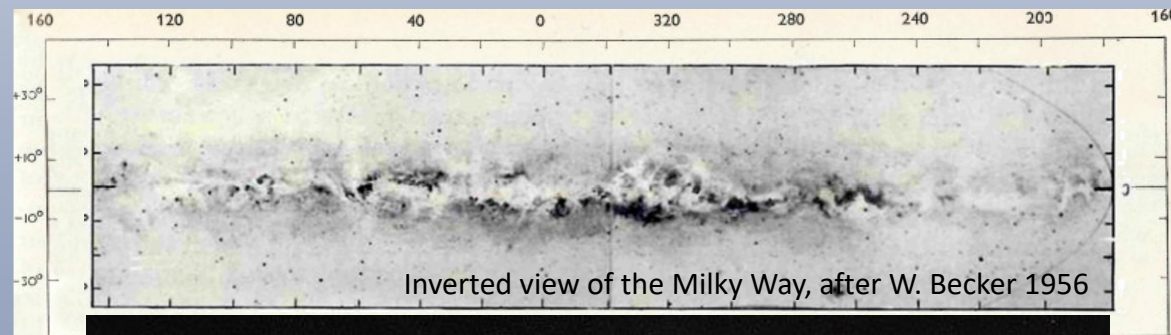
Versuche anhand der folgenden Bilder die Entwicklungsstadien der Sternen von:  
(a) 1 Sonnenmasse,  
(b) 10 Sonnenmassen und  
(c) 30 Sonnenmassen zu rekonstruieren.  
Benenne die verschiedenen Entwicklungsstadien und die daraus entstandenen Objekte.

# The Milky Way Kit

## Student Workshop: The dusty Milky Way

author: Arndt Latußeck, Josephinum Hildesheim

- Idea: Location of the solar system within the Milky Way prevents an overall view of the galaxy.
- So how do we know it's a spiral galaxy?
- Task: What does a spiral galaxy look like galactic point of view?





# The Milky Way Kit

## And many more...

- Blick in den Himmel
- Magnitudensystem
- Spektroskopie
- Sterne der Milchstraße
- Lernspiel interstellar Materie
- Dem Staub auf der Spur
- Dunkelwolkenmodell
- Gaia und die Milchstraße
- Entfernung der kl. Mag. Wolke
- Klassifikation offener Sternhaufen
- Klassifikation von Galaxien
- Die Staubige Milchstraße
- Die Energie-Erzeugung der Sterne
- Die Entstehung der ersten Sterne und ihre Merkmale
- das hydrostatische Gleichgewicht
- die Zustandsgrößen der Sterne
- Vermessung des Kugelsternhaufens NGC6426
- Vermessung von M76 mit TOPCAT
- Modell der lokalen Gruppe
- Eine galaktische Armillarsphäre
- Verschiedene Modelle und Bausätze
- ...



## Concept of Milky Way Box:

- borrow box from us
- build your own
- use any part of interest to you
- We are still in the final stages of development/testing