

Unterrichtsmaterial zum Workshop

Faszination Weltraum

Wie Satellitenteleskope das All sehen - vom Farb-Bild zur Wissenschaft



Workshop

Faszination Weltraum: wie Satellitenteleskope das All sehen – vom Farb-Bild zur Wissenschaft

Kurzbeschreibung

Dieser Workshop beschäftigt sich mit digitalen Bildern von astronomischen Objekten, die zum großen Teil vom Hubble Weltraumteleskop stammen. Es werden Bilder aus verschiedenen Filtern zur Verfügung gestellt, die mithilfe der lizenzfreien Software *Aladin* bearbeitet und zusammengelegt werden. Aus den einzelnen schwarz-weißen Bildern werden so astronomische Farb-Bilder erstellt.

Eckdaten

Fächer: Physik, Astronomie

Klasse: ab 8. Klasse

Typ: Workshop mit Vortrag

Zeitraumen: 1 Tag

Kosten: keine

Ort: Klassenraum

Materialien: PCs, Java-Programm „Aladin Desktop“, Internetzugang, Projektor

Schlüsselwörter: Licht, Farben, Filter, digitale Bilder, astronomische Objekte

Ziele

Schülerinnen und Schüler machen sich mit den Eigenschaften des Lichtes vertraut (Wellenlänge, Farbe) und lernen die Bedeutung eines Filters kennen. Die Möglichkeiten der digitalen Bildbearbeitung (Kontrast, Helligkeit, Farbzuzuweisung) werden spielerisch erforscht. Die Teilnehmer lernen verschiedene astronomische Objekte (Nebel, Galaxien, Sternhaufen, Gravitationslinsen, u.v.a.) kennen und vertiefen sich in ein selbstgewähltes Thema.

Zusammenfassung der Aktivität

#	Titel	Beschreibung	Zeit
1	Einführung ins Thema	<p>Die Lehrkraft vermittelt den Schüler*innen die theoretischen Grundlagen für diesen Workshop. Dabei werden die Themenfelder Licht, Farbe, Schmalband- und Breitbandfilter und die physikalische Bedeutung von Farben in astronomischen Bildern abgedeckt.</p> <p>Dies kann mithilfe einer Präsentation, Videos, eines experimentellen Aufbaus oder anderen geeigneten Lehrmitteln geschehen.</p>	60 Minuten
2	Vorführung des Programms	Die Lehrkraft stellt an einem Beispiel den Ablauf der Bilderstellung, die Benutzeroberfläche und die Funktionen der Software <i>Aladin</i> vor.	30 Minuten
3	Bildbearbeitung mit der Software Aladin	Die Schüler*innen suchen sich aus der Sammlung von Hubble-Bildern ein astronomisches Objekt aus und erstellen damit ihr Farbbild.	90 bis 150 Minuten
4	Recherche und Vorbereitung der Präsentation	Die Schüler*innen führen eine Internetrecherche zu ihrem Objekt durch und bereiten eine Kurzpräsentation vor.	30 bis 60 Minuten
5	Kurzpräsentation (3-5 Minuten)	Die Schüler*innen präsentieren ihr Bild dem Kurs und liefern Informationen zu den gewählten Farben und Filtern. Zusätzlich erzählen sie Hintergrundinformationen zu dem astronomischen Objekt.	60 bis 90 Minuten (je nach Kursgröße)

Hinweise

- Die Rohbilder finden Sie unter folgendem Link:

<https://ruhr-uni-bochum.sciebo.de/s/D3lCcqrkaCFxpBH>

(Die Dateien sind relativ groß, am besten bereits im Vorfeld herunterladen und z.B. über ein Netzwerk oder USB-Sticks den Schülern zur Verfügung stellen.)

- Die nachfolgenden Seiten sind informell gehalten und können als Kopiervorlage benutzt werden
- Wenn Sie den Workshop mit Ihrer Klasse durchführen möchten, können Sie sich gerne bei uns melden!

esero@astro.rub.de

Wir unterstützen Sie gerne bei der Durchführung!

Bildquellen:

Titelbild:

Arp 271: ESO; ARP 148: NASA, ESA, the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration, and A. Evans (University of Virginia, Charlottesville/NRAO/Stony Brook University); M82: NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA); Acknowledgment: J. Gallagher (University of Wisconsin), M. Mountain (STScI) and P. Puxley (National Science Foundation); Arp 188: NASA, H. Ford (JHU), G. Illingworth (USCS/LO), M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), the ACS Science Team, and ESA; Pillars of Creation: NASA, Jeff Hester, and Paul Scowen (Arizona State University); NGC 6396: NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA); 30Dor: NASA, Stephan's Quintet: NASA, ESA, and the Hubble SM4 ERO Team; Hubble Ultra Deep Field: NASA, ESA; Bubble Nebula: NASA, ESA, Hubble Heritage Team; Cheshire Cat: NASA/ESA

Abbildung 1/4/5: <https://blog.vhszh.ch/farben-der-hubble-teleskop-bilder/>

Abbildung 2: ESA

Abbildung 3: doi.org/10.1093/mnras/stt2284

COPYRIGHT © ESERO GERMANY (CC BY-NC-ND 2.0 DE)

Farbbilder in der Astronomie

Verwendung von Filtern in der Astronomie

Die Aufnahme von astronomischen Daten erfolgt besonders im optischen Bereich über sogenannte CCD-Kameras (Charge-Coupled Devices). Diese erzeugen einen Strom, wenn Photonen auf sie treffen. Ähnliche werden auch in Digital- und Handykameras verwendet. Ein großer Unterschied ist jedoch, dass die meisten CCDs, die in der Astronomie verwendet werden, keine Farbbilder aufnehmen. Es werden also schwarz-weiß Bilder aufgenommen. Um trotzdem die Informationen der einzelnen Wellenlängen bzw. Farben zu bekommen, werden vor der Kamera Farbfilter in den Strahlengang eingebracht (Abbildung 1).



Abbildung 1: Breitbandfilter für die Farben Rot, Grün und Blau.

Diese Farbfilter lassen nur bestimmte Wellenlängenbereiche durch und blocken die anderen. Mit RGB (Rot-Grün-Blau) Breitbandfiltern kann man somit die entsprechenden Farben „rausfiltern“ und anschließend wieder zu einem Farbbild kombinieren. So ähnlich funktionieren auch die Farbrezeptoren im menschlichen Auge. Aus diesen drei Grundfarben werden alle anderen Farben zusammengemischt.

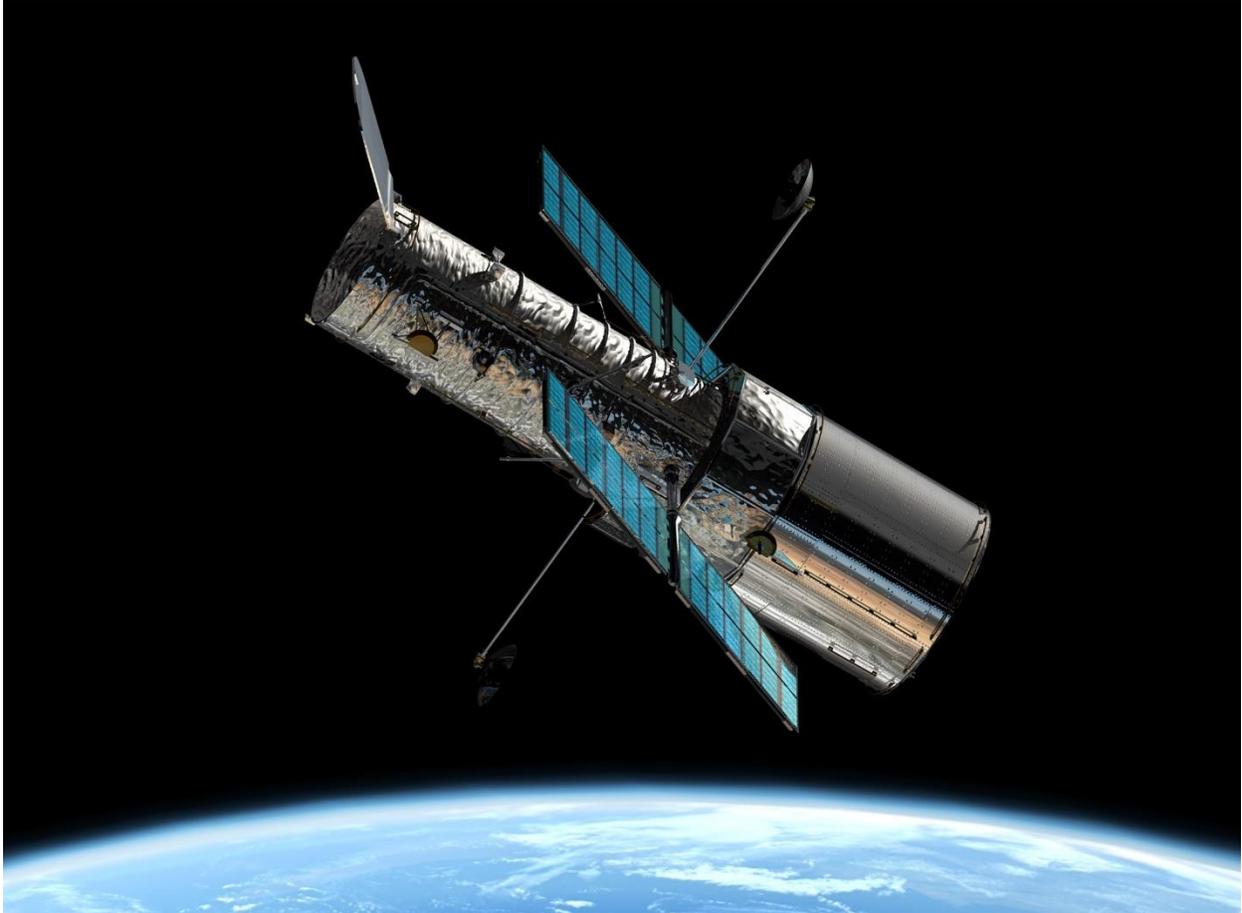


Abbildung 2: Das Hubble-Weltraumteleskop wurde gemeinsam von ESA und NASA entwickelt und liefert seit 1993 beeindruckende Bilder aus dem Weltall.

Das Hubble-Weltraumteleskop besitzt sogar ein ganzes Set von Filtern, um einen möglichst großen Bereich abzudecken (Abbildung 3). Dabei kann das Teleskop sogar ein Teil der Ultraviolett- und Infrarotstrahlung mit seiner CCD-Kamera aufnehmen, die wir mit dem menschlichen Auge gar nicht wahrnehmen können.

Hubble setzt allerdings nicht nur Breitband-Filter ein, die einen relativ großen Bereich des Lichtes passieren lassen, sondern auch Schmalband-Filter. Schmalband-Filter lassen nur einen ganz schmalen Bereich passieren, der einer Emissionslinie eines Elements entspricht (Abbildung 4). Damit lässt sich das „Leuchten“ eines speziellen Elements sichtbar machen und es können Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung gezogen werden.

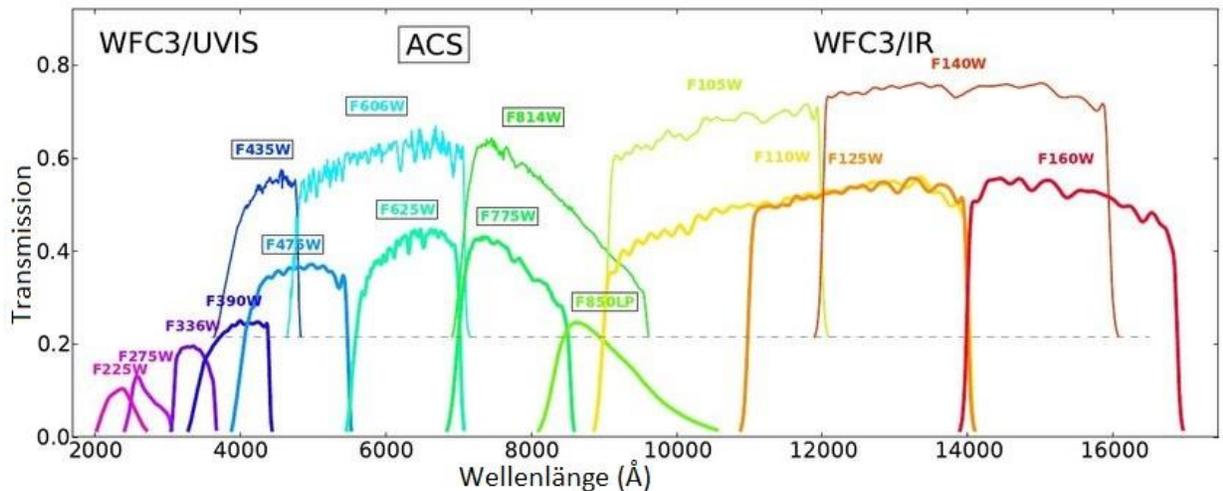


Abbildung 3: Filter lassen nur Licht aus einem bestimmten Wellenlängenbereich durch, der Rest wird geblockt. Dementsprechend bedeutet Transmission (y-Achse) Durchlässigkeit. Das hier gezeigte Filter-Set des Hubble-Weltraumteleskops deckt den Spektralbereich vom UV (links) bis zum Infrarot (rechts) ab.

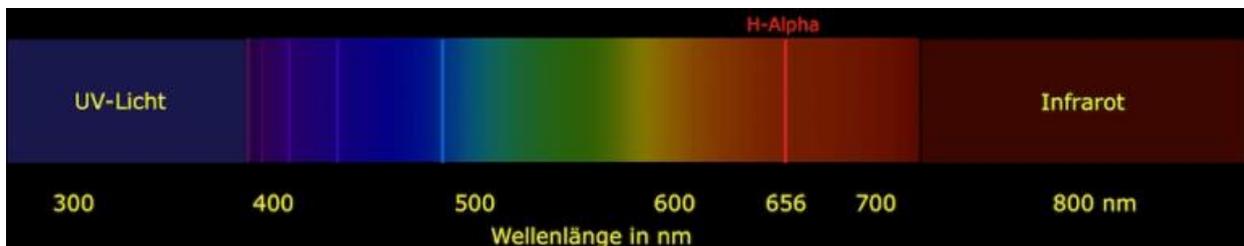


Abbildung 4: Emissionslinie H-Alpha bei 656 nm. Diese Linie wird von heißem Wasserstoff ausgesendet, der zum Beispiel in Emissionsnebeln vorkommt.

Farbbilder, die mithilfe von Schmalband-Filtern erstellt wurden, sehen dementsprechend nicht so aus, wie das menschliche Auge sie wahrnehmen würde. Das gilt auch für Aufnahmen, die außerhalb des visuellen Spektrums aufgenommen wurden. Trotzdem hat die farbliche Darstellung einen hohen wissenschaftlichen Wert (Abbildung 5).

In Sternentstehungsgebieten werden wenige, aber dafür sehr massereiche und heiße Sterne geboren. Diese sind nicht besonders langlebig und leuchten vor allem im

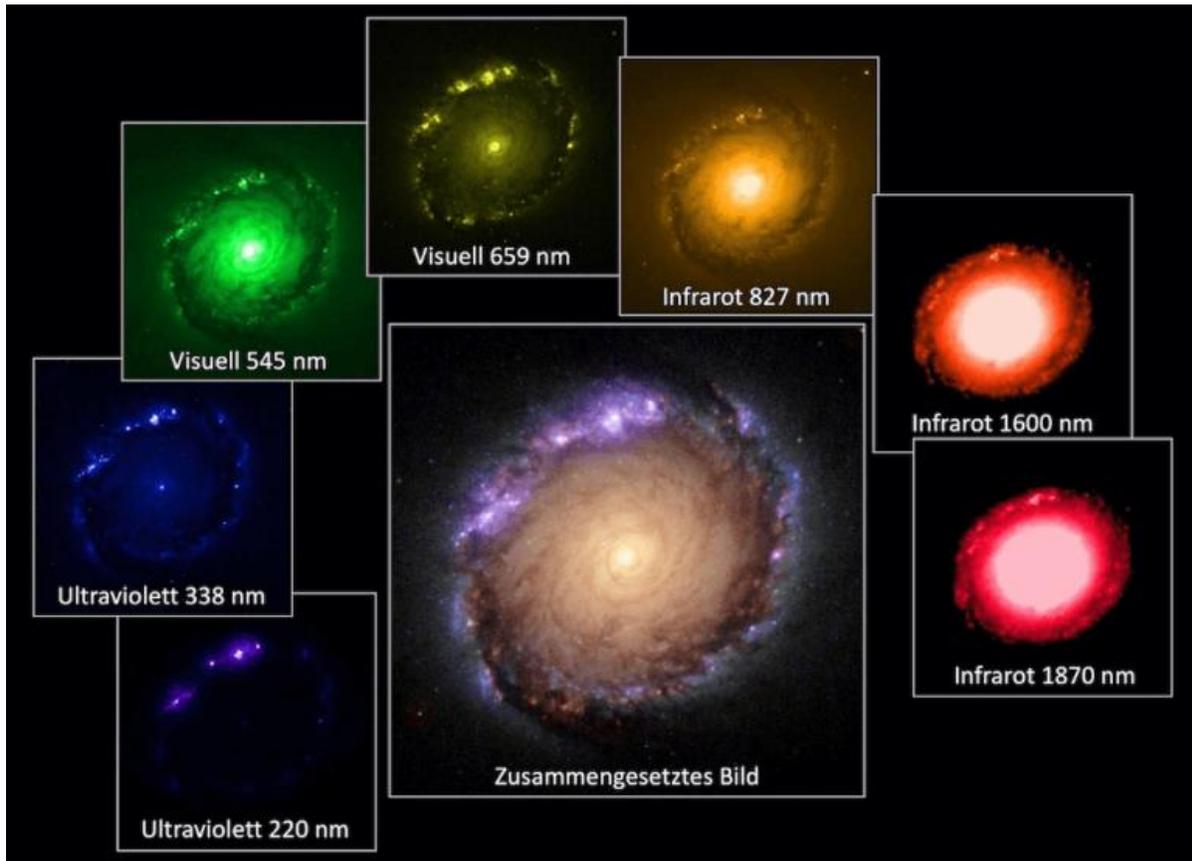


Abbildung 5: Balken-Spiralgalaxie NGC 1512. Die Farbkomposition entspricht nicht mehr so, wie das menschliche Auge sie sehen würde. Trotzdem lassen sich dadurch wichtige Eigenschaften der Galaxie betonen.

Ultravioletten und blauen Spektralbereich. Ist also eine Galaxie beispielsweise hell im UV, könnte das auf nicht allzu lang zurückliegende Sternentstehung hinweisen. Diese massereichen Sterne ionisieren auch das Gas um sie herum. Da dies zum größten Teil Wasserstoff ist, ist die H-Alpha Linie sehr deutlich in diesen Sternentstehungsgebieten zu sehen. Sternentstehungsgebiete und Galaxien enthalten Staub. Dieser ist im optischen Bereich als Verdunklung, im Infrarot allerdings als hellere Quelle zu beobachten. Kombiniert man also Filter mit bestimmten Eigenschaften, so kann man durch einen schnellen Blick auf ein (gut gemachtes) Bild bereits viel über die Charakteristik eines Objektes lernen.

Aladin Sky Atlas

Um nun aus den in verschiedenen Filtern aufgenommenen schwarz-weiß Bildern Farbbilder zu erstellen, kann *Aladin Sky Atlas* verwendet werden. Dort können externe Daten geladen und bearbeitet werden. Jedem Bild wird ein Farbkanal (rot, grün, blau) zugeordnet. Diese drei Bilder werden dann zu einem Farbbild zusammengesetzt. Ein Beispiel ist in Abbildung 6 zu sehen.

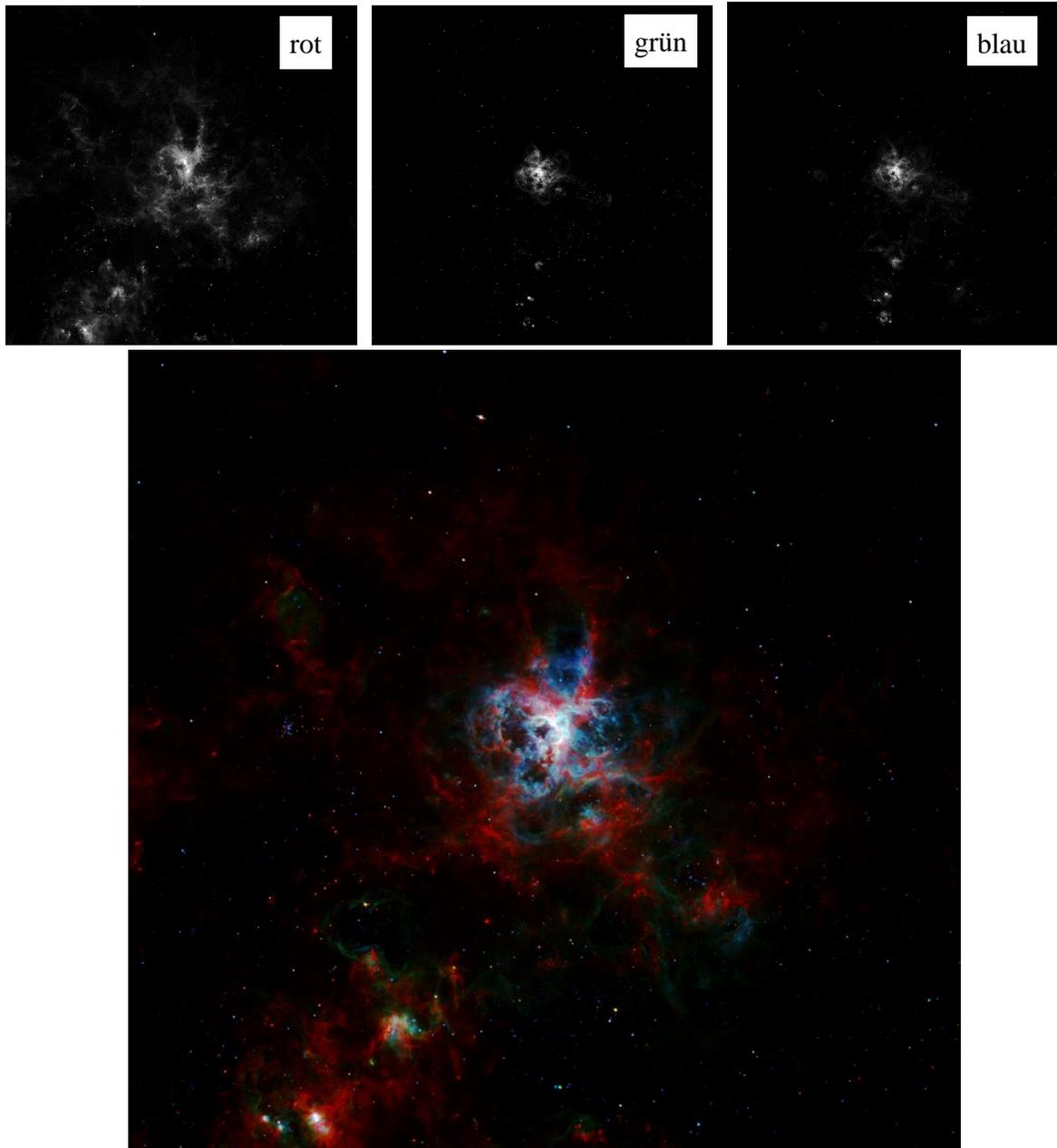


Abbildung 6: Zustandekommen eines Farbbildes am Beispiel von 30 Doradus (Tarantelnebel).

Die Arbeitsoberfläche von Aladin

In Abbildung 7 wird die Arbeitsoberfläche von Aladin Sky Atlas gezeigt. Sie teilt sich in die Hauptareale:

- **Stack:** hier wird die Liste der geladenen Bilder angezeigt
- **Bildbereich:** hier wird das im Stack aktuell angewählte Bild angezeigt
- **Explorer:** Aladin kann, wenn es eine Internetverbindung hat, auf viele Archive zugreifen. Auf diese Weise bekommen Sie Zugriff auf unzählige astronomische Aufnahmen von einer Vielzahl von Teleskopen bzw. Instrumenten. Im Explorer kann man eine Auswahl dieses Angebots durchsuchen. *(Der Explorer hat keine Relevanz in diesem Workshop)*

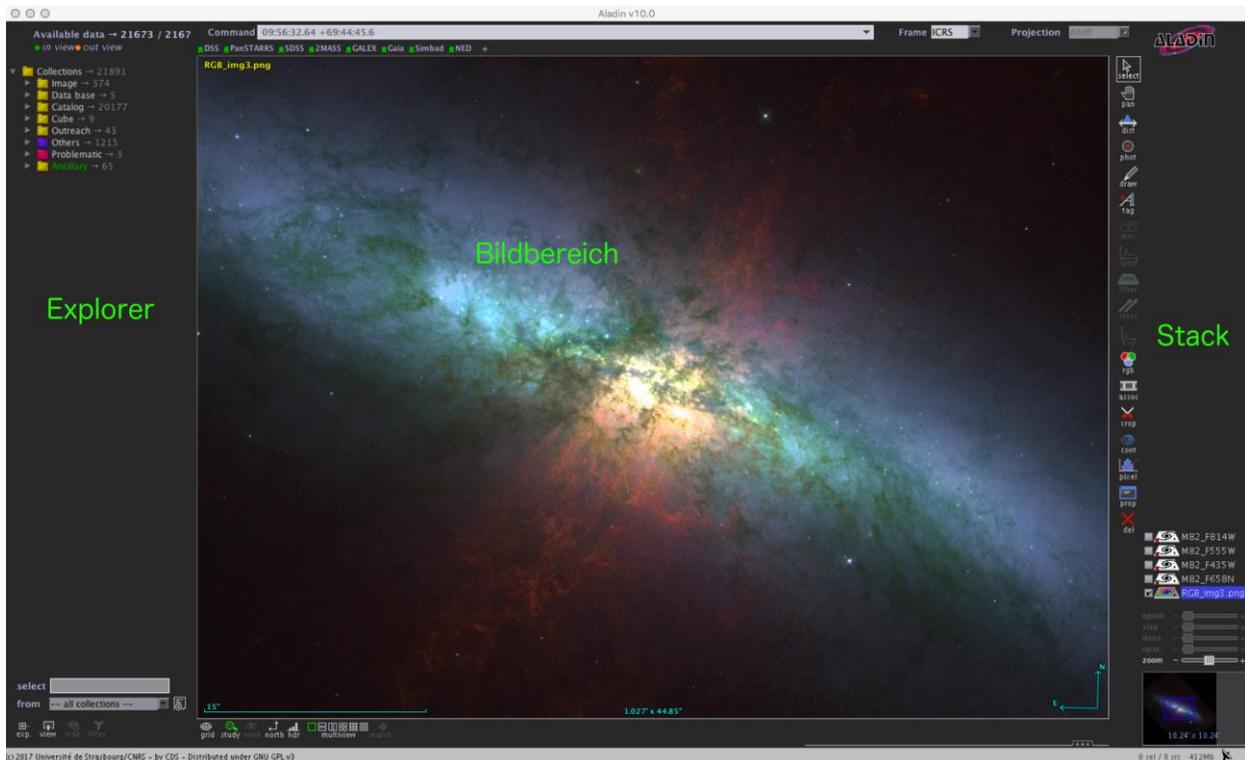
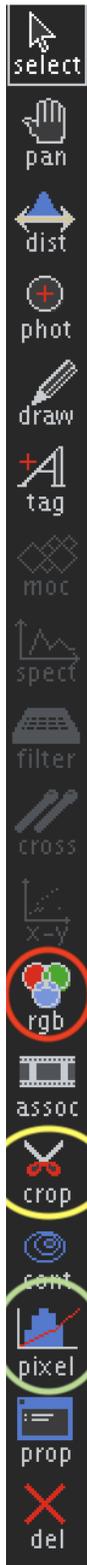


Abbildung 7: Die Aladin Arbeitsoberfläche. Das Beispielbild zeigt die Galaxie M82, aufgenommen mit dem Hubble Weltraumteleskop.

Aufgaben bis zur Erstellung eines eigenen Farbbildes



Aufgabe 1: Starte die Aladin Anwendung durch Doppelklick auf das Icon auf dem Desktop.

Aladin Sky Atlas ist ein frei zugängliches, Java -basiertes Programm des CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg). Das Programm kann unter folgender Adresse für verschiedene Betriebssysteme heruntergeladen werden: <https://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl?frame=downloading>.

Aufgabe 2: Lade die Aufnahmen unterschiedlicher Filter des ausgewählten astronomischen Objekts hoch.

Nimm dazu die Bild-Dateien aus dem jeweiligen Ordner und ziehe sie nach unten rechts in den Stack. Alternativ können die Dateien in der oberen Schaltfläche über **File -> load local file** hochgeladen werden.

Aufgabe 3: Optimierte den dynamischen Bereich der unterschiedlichen Bilder.

Zunächst kannst du den Kontrast der einzelnen Bilder anpassen, indem du mit der rechten Maustaste auf den Bildbereich klicken, gedrückt hältst und die Maus nach links und rechts bewegst. Für ein gutes Farbbild sollte der Kontrast der Bilder ähnlich sein.

Klicke auf die **Pixel**-Schaltfläche (siehe grüner Kreis, links). Es öffnet sich ein Fenster (Abbildung 8), in dem ein Histogramm angezeigt wird. Das Histogramm zeigt, wie viele Pixel des Bildes welche Helligkeit (angegeben in Counts) besitzt. Über dem Histogramm findest du zwei Felder in denen scheinbar willkürliche Werte stehen. Diese Werte setzen den dynamischen Bereich des Bildes fest. Der untere Wert bestimmt, ab wann ein Pixel als komplett schwarz dargestellt wird, und der obere, ab welcher Helligkeit ein Pixel als komplett weiß dargestellt wird. Spiele mit diesen Werten, bis du die gewünschten Strukturen in deinem Bild hervorgehoben hast bzw. entdecke verschiedenen Strukturen in deinem Bild! Versuche, eine geeignete Einstellung für alle drei Filter zu finden. Ein ähnliches Level des Hintergrundes ist dabei ein guter erster Anhaltspunkt. Es gibt noch verschiedene Einstellungsmöglichkeiten, die in Abbildung 8 erläutert werden.

Aufgabe 4: Kombiniere drei Einzelbilder zu einem RGB-Farbbild.

Klicke auf die **RGB**-Schaltfläche (siehe roter Kreis, links). Du kannst nun jedem Bild eine Farbe zuweisen. Die Bilder werden dann anstatt in Graustufen, in Grün-, Blau- bzw. Rotstufen dargestellt und kombiniert. Klicke auf Create, um das Farbbild zu erstellen.



Aufgabe 5: Optimierte die Farbkanäle.

In der Realität wird dein erster Versuch nicht annähernd das gewünschte Ergebnis liefern. Diese Aufgabe trainiert die Frustrationstoleranz. Ist das Bild verunglückt, beginne wieder mit Aufgabe 3. Hat das Bild nur einen leichten Farbstich kannst du es eventuell noch retten. Klicken wieder auf die **Pixel**-Schaltfläche. Nun öffnen sich drei Histogramme der drei Farbkanäle (Abbildung 8). Klicke auf die Pfeile an den x-Achsen der Histogramme, um den dynamischen Bereich der einzelnen Farbkanäle anzupassen. So kannst du einen Farbstich zu reduzieren.

Aufgabe 6: Schneide das Bild bei Bedarf zu.

Bist du mit deinem Bild zufrieden und möchtest es aber verkleinern, oder einen markanten Bereich ausschneiden, klicke auf die **Crop**-Schaltfläche (siehe gelber Kreis, links). Ziehe mittels Drag & Drop ein Kästchen um den Bereich, den du ausschneiden möchtest. Klicke anschließend auf Ok. Das Bild erscheint im Stack, in dem sich auch die anderen Bilder befinden.

Aufgabe 7: Speichere dein Bild.

Klicke oben auf **File** und wähle **Export Planes**. Die gewünschte Datei musst du mit einem Häkchen markieren und umbenennen. Wähle nun den Dateityp aus. Als .fits-Datei kann das Bild anschließend noch in Aladin bearbeitet werden. .fits-Dateien können aber von den meisten konventionellen Programmen nicht angezeigt werden. Beabsichtigt man, das Bild in einer Präsentation o.Ä. einzusetzen, bietet sich das Speichern als .png oder .jpg an. Bestimme anschließend den Speicherort (**Browse...**) und klicke auf **Export**. Bevor das Fenster oder gar Aladin geschlossen wird, kontrolliere bitte unbedingt, ob die Datei ordnungsgemäß gespeichert wurde!

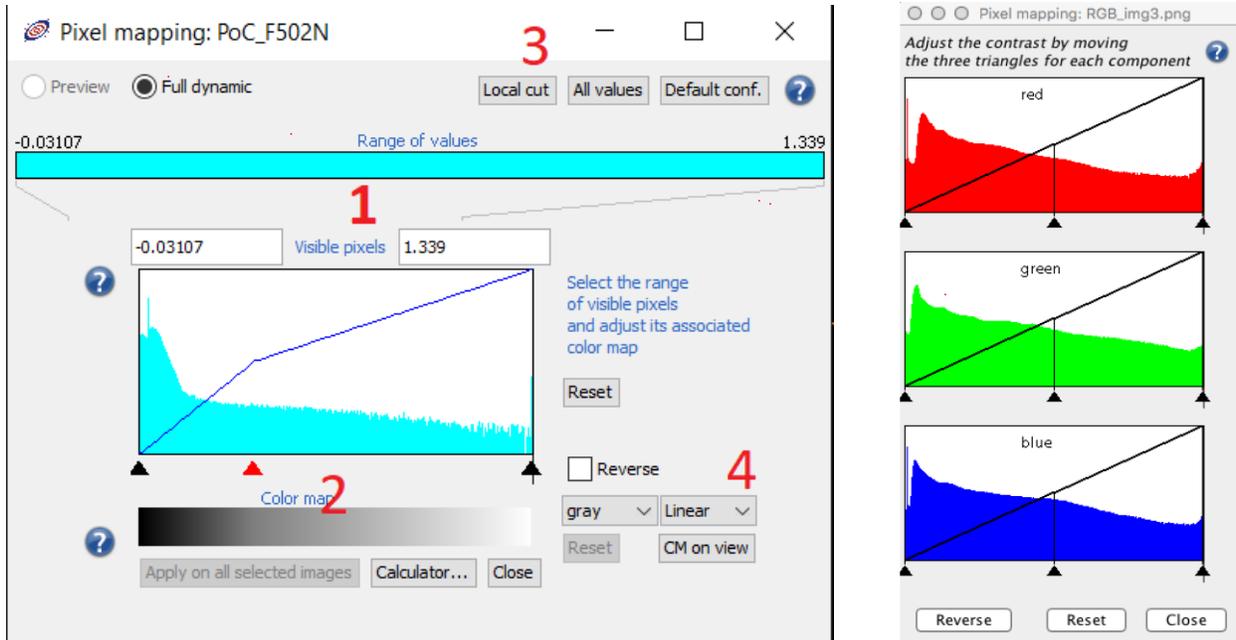


Abbildung 8: Pop-Up Fenster, nach Aktivierung der Pixel-Schaltfläche. Links: Beim Schwarz-Weiß-Bild. Rechts: Beim erstellten Farb-Bild.

1. **Range of Values:** Der dynamische Helligkeitsbereich des Bildes ist entscheidend für die Qualität des Bildes. Der untere Wert bestimmt, ab wann ein Pixel als komplett schwarz dargestellt wird, und der obere, ab welcher Helligkeit ein Pixel als komplett weiß dargestellt wird.
2. Hier stellst du an drei Reglern die „Gewichtung“ der einzelnen Helligkeiten ein. Ziehe die Regler nach links und rechts und beobachte, wie sich dein Bild verändert. Diese Einstellung ist ebenso entscheidend für die Qualität des Bildes.
3. **Local cut:** Der dynamische Helligkeitsbereich wird am aktuellen Bildausschnitt festgelegt. Zoome an eine bestimmte Stelle des Bildes und drücke auf diese Schaltfläche. Der dunkelste Pixel wird dann als niedrigster Wert festgelegt, der hellste Pixel als obere Grenze. Dies kann gelegentlich nützlich sein, falls man mit seiner Helligkeitsanpassung nicht weiterkommt.
4. Klickt man auf „**Reverse**“ erhält man ein Negativ des Bildes, dies ist oft angenehmer für unsere Augen. Bei der Schaltfläche „**Linear**“ kann man die Helligkeitsverteilung z.B. auf eine logarithmische oder quadratische Skala ändern. Bei der Schaltfläche „**gray**“ kann man das Bild in Falschfarben darstellen. Das sieht teilweise sehr schön aus, für die Farberstellung sollte es aber weiterhin auf „gray“ gestellt werden.

Filter von astronomischen Bildern

Filtername	Spektraler Bereich bzw. Element	Filtername	Spektraler Bereich bzw. Element
F300W	Ultraviolett	F775W	Rot
F330W	Ultraviolett	F814W	Infrarot
F380W	Ultraviolett	F850LP	Infrarot
F390W	Ultraviolett	FR914M	Infrarot
F435W	Blau	F110W=1100	Infrarot
F450W	Blau	F160W=1600	Infrarot
F469N	Helium	g	Grün
F475W	Blau	r	Rot
F487N	Wasserstoff	i	Infrarot
FR459M	Blau	Ha	Wasserstoff
F502N	Sauerstoff	OIII	Sauerstoff
F547M	Grün	SII	Schwefel
F555W	Grün	B	Blau
F606W	Rot	V	Grün
F625W	Rot	R	Rot
F631N	Sauerstoff	I	Infrarot
F656N	Wasserstoff	Z	Infrarot
F658N	Stickstoff/Wasserstoff*	H	Infrarot
F660N	Wasserstoff*	J	Infrarot
F673N	Schwefel	K/Ks	Infrarot
F702W	Rot		

Wasserstoff* = rotverschobener Wasserstoff

Die Zahl im Filternamen steht für die zentrale Wellenlänge des Filters. Der Buchstabe nach der Zahl für: W (Wide) – Breitband-Filter;
N (Narrow) – Schmalband-Filter

Erstellen von Farb-Bildern mit Aladin

Name des Objekts: _____

Verwendete Filter: rot: _____ blau: _____ grün: _____

Entfernung vom Sonnensystem: _____

Größe des Objektes: _____

Weitere Informationen:

Hier ist Platz, um dein fertiges Bild einzukleben: