

Faszinierendes Weltall

Wie Weltraumteleskope das All sehen



Faszinierendes Weltall

Wie Weltraumteleskope das All sehen

Kurzbeschreibung

In dieser Aktivität lernen SchülerInnen, wie digitale Bilder von astronomischen Objekten mithilfe der lizenzfreien Software Aladin erstellt werden. Den SchülerInnen werden dazu Bilder aus verschiedenen Filtern zur Verfügung gestellt, aus den einzelnen schwarz-weißen Bildern werden so astronomische Farb-Bilder erstellt. Die verwendeten Daten stammen dabei vom James-Webb Weltraumteleskop und dem Hubble Weltraumteleskop. Die Unterschiede zwischen den Teleskopen werden ebenfalls aufgegriffen.

Eckdaten

Fach: Physik, Astronomie, Mathematik

Jahrgangsstufe: ab 8. Klasse

Typ: Workshop mit Vortrag

Schwierigkeitsgrad: Mittel

Zeitaufwand: Ein-tägiger Workshop

Kosten: keine

Ort: Klassenraum

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

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

Lernziele

SchülerInnen machen sich mit den Eigenschaften des Lichtes vertraut (Wellenlänge, Farbe, Energie) und lernen die Bedeutung astronomischer Filter kennen. Die Möglichkeiten der digitalen Bildbearbeitung (Kontrast, Helligkeit, Farbzuzuweisung) werden spielerisch erforscht. Außerdem vergleichen Sie die Eigenschaften (Filter, Aufbau, Aufnahmen) der Weltraumteleskope. Die TeilnehmerInnen lernen verschiedene astronomische Objekte (Nebel, Galaxien, Sternhaufen, Gravitationslinsen, u.v.a.) kennen und vertiefen sich in ein selbstgewähltes Thema.

Zusammenfassung der Aufgaben

Aktivität	Titel	Beschreibung	Ergebnis	Dauer
1*	Aufwärmübung	Die Lehrkraft fragt die SchülerInnen, was sie unter dem Begriff „Licht“ verstehen, und notiert sie (auf z.B. einer Tafel oder mit Mentimeter)	Die SchülerInnen sammeln z.B. folgende Begriffe: Hell/dunkel, Intensität, Strahlen, Teilchen (Photon), Welle, Farben, bunt, Energie, Wellenlänge, Frequenz, Lichtgeschwindigkeit, Absorption, Emission, Transmission. Damit sind sie auf die „Einführung“ vorbereitet und überlegen sich ggf. Fragen zum Vortrag.	10 Minuten
2	Einführung	Die Lehrkraft vermittelt den SchülerInnen 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. Es werden die Eigenschaften der Weltraumteleskope von Hubble und JWST verglichen. Dies kann mithilfe einer Präsentation, Videos, eines experimentellen Aufbaus oder anderen geeigneten Lehrmitteln geschehen.	Die SchülerInnen haben die Grundkenntnisse zum Verständnis der Erstellung von astronomischen Bildern erlernt und können dieses im folgenden Anwenden.	45 Minuten
3	Vorführung des Programms	Die Lehrkraft stellt an einem Beispiel den Ablauf der Bilderstellung, die Benutzeroberfläche und die Funktionen der Software Aladin vor. Dazu kann das passende Video verwendet werden.		30 Minuten
3	Bildbearbeitung mit der Software Aladin	Die SchülerInnen suchen sich aus der Sammlung von Hubble- und JWST-Bildern ein astronomisches Objekt aus und erstellen damit ihr Farbbild.	Die SchülerInnen erstellen erfolgreich ein Farbbild ihres gewählten Objekts. Dieses kann (wenn möglich) ausgedruckt werden.	90 Minuten
4	Recherche und Vorbereitung der	Die SchülerInnen führen eine Internetrecherche zu ihrem Objekt durch und		30 Minuten

	Präsentation	bereiten eine Kurzpräsentation bzw. einen Steckbrief vor.		
5	Kurzpräsentation (3-5 Minuten)	Die SchülerInnen präsentieren ihr Bild dem Kurs und liefern Informationen zu den gewählten Farben und Filtern. Zusätzlich erzählen sie Hintergrundinformationen zu dem astronomischen Objekt.		60-90 Minuten (je nach Kursgröße)

*optional

Hinweise

- Die nachfolgenden Seiten können als Kopiervorlagen für den Unterricht verwendet werden und sind daher informell gehalten
- Die Rohbilder finden Sie unter folgendem Link: <https://ruhr-uni-bochum.sciebo.de/s/dVy96jXcpyI90V5>

Wenn Sie den Workshop mit Ihrer Klasse durchführen möchten, können Sie sich gerne bei uns melden!

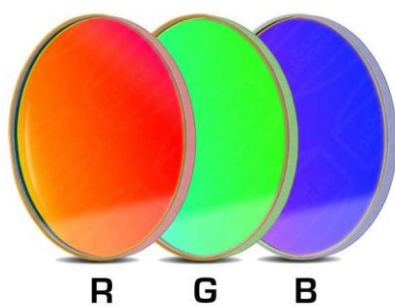
esero@astro.rub.de

Wir unterstützen Sie gerne bei der Durchführung!

Einführung - 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).

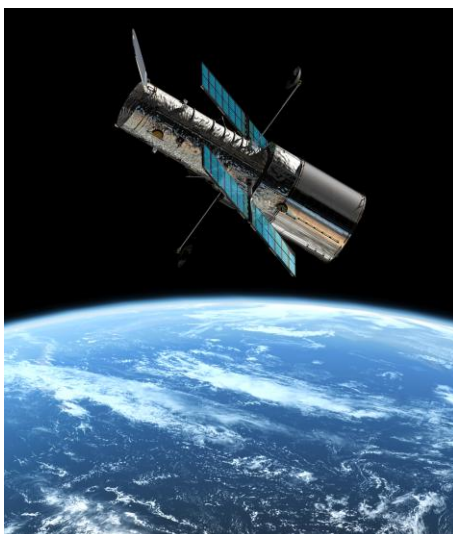


Diese Farbfilter lassen nur bestimmte Wellenlängenbereiche durch und blocken die anderen. Mit RGB (Rot-Grün-Blau) Breitbandfiltern kann man somit die entsprechenden Farben „rausfiltern“ und anschließend wieder zu einem Farbbild kombinieren. So ähnlich funktionieren auch die Farbrezeptoren im menschlichen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

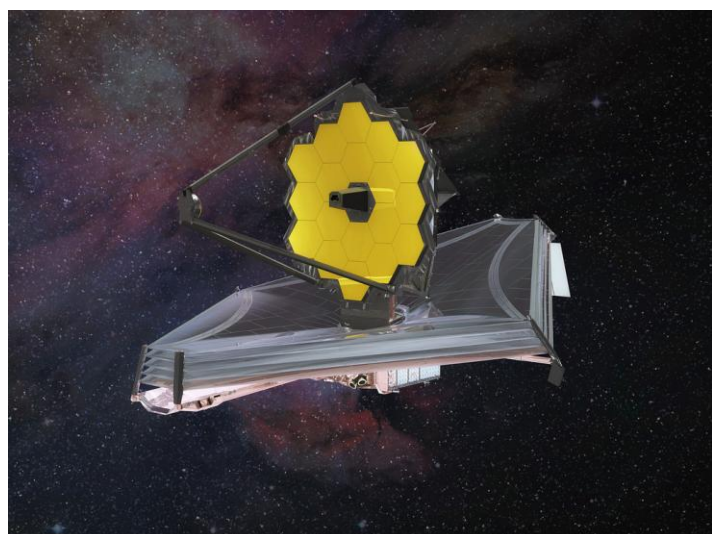
[Abb. 1]: Breitbandfilter (Rot, Grün, Blau) für optische Teleskope (oft für Astrofotografie verwendet).

Unterschiede der Optik – Hubble und James-Webb im Vergleich

Das All in allen Farben: Mit Breitbandfiltern durch das Spektrum

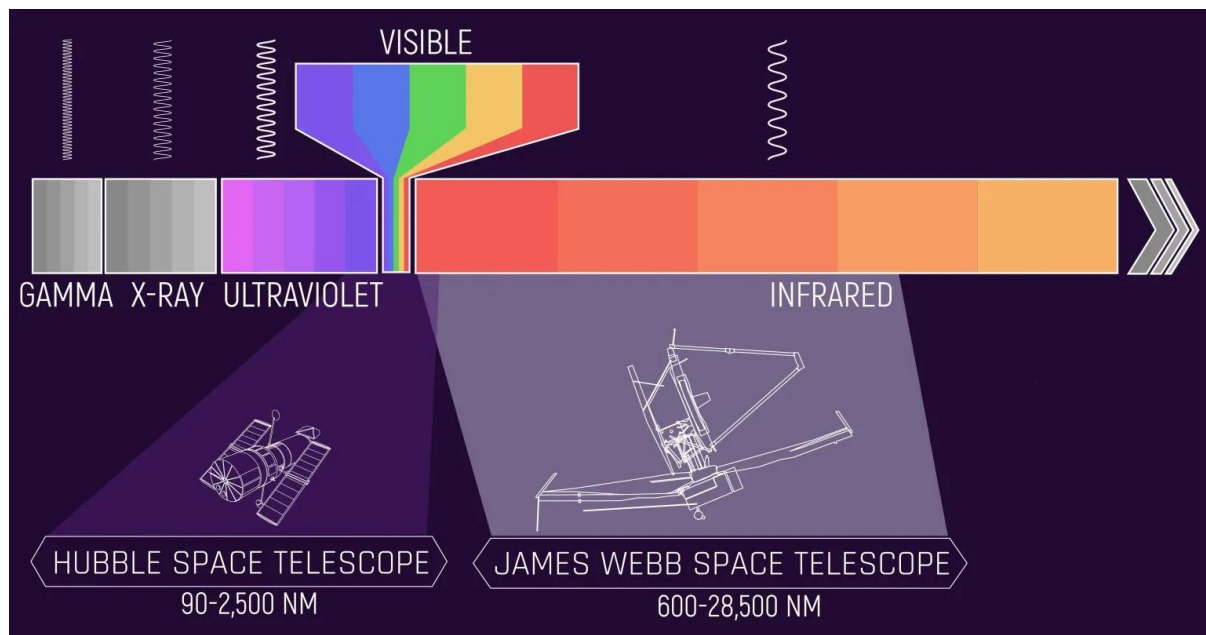


[Abb.2]: Fotografie des Hubble-Weltraumteleskops



[Abb. 3]: Darstellung des James-Webb-Weltraumteleskops

Das Hubble Teleskop wurde 1990 gestartet und wurde in vielen grundlegenden Bereichen der Astrophysik genutzt (z.B. Galaxienentdeckung, Beobachtung der Objekte im Sonnensystem, Aufnahme von Sternen, Nebeln, etc.). Das James-Webb Weltraumteleskop wurde 2022 gestartet und wurde im Hinblick auf die genauere Betrachtung des Universums gebaut (z.B. Suche nach ersten Objekten nach dem Urknall, Untersuchung der Entstehung – und Weiterentwicklung – von Galaxien, Schwarzen Löchern, Sternen und Planetensystemen, etc.). Das lässt sich in der Astronomie mit verschiedenen Bereichen des **elektromagnetischen Spektrums** erreichen.



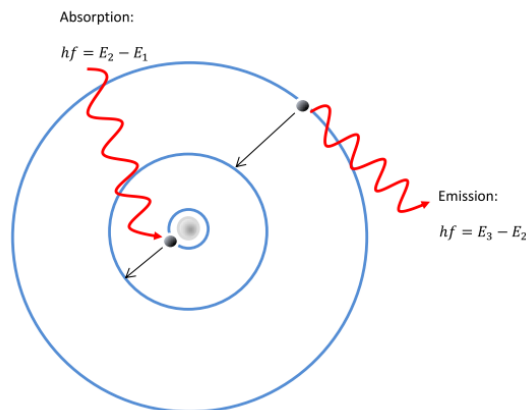
[Abb. 4]: Spektralbereiche des Hubble-Weltraumteleskops (UV, sichtbares Licht, nahes Infrarotlicht) und des James-Webb-Teleskops (Rotes sichtbares Licht, nahes Infrarotlicht, mittleres Infrarotlicht).

Aufgrund der verschiedenen Spektralbereiche benötigen die Teleskope andere Filter. Bei Teleskopen spricht man von **Breitbandfiltern** und **Schmalbandfiltern**. Diese funktionieren wie eine hochpräzise Auswahlhilfe: Sie lassen nur ganz bestimmte Wellenlängen durch und teilen so das einfallende Licht in exakte Bereiche auf. So werden in Schmalbandfiltern **Emissionslinien** beobachtet. Emissionslinien entstehen, wenn Atome oder Moleküle Energie abgeben und dabei Licht in einer ganz exakten Wellenlänge aussenden. Schmalbandfilter isolieren genau dieses Licht.

Schmalbandfilter - Emissionslinien durch atomare und molekulare Übergänge

Atome bestehen nach dem **Bohrschen Atommodell** aus einem Atomkern im Zentrum und darum liegenden Elektronenbahnen. Den Elektronenbahnen unterschiedlicher Elemente lassen sich verschiedene Energien zuordnen, wobei die Energiezustände außen höher sind und nach innen kleiner werden. Trifft nun Licht, also ein Energiepaket mit $E = h \cdot f$, wobei h das Planck'sche Wirkungsquantum (eine Konstante) und f die **Frequenz** ist, auf das Atom, kann die Energie aufgenommen werden – diesen Prozess nennt man **Absorption**. Dabei wird ein Elektron auf eine höhere Schale befördert. Nach den Naturgesetzen streben Atome den **niedrigsten Energiezustand** an, das wäre in diesem Fall eine niedrigere Schale um den Kern. Das Elektron fällt also wieder auf eine

niedrigere Schale und gibt dabei die Energiedifferenz der Bahnenergien ab. Das resultiert dann in der **Emission** von Licht dieser Energie.



Kontinuierlich



Emission



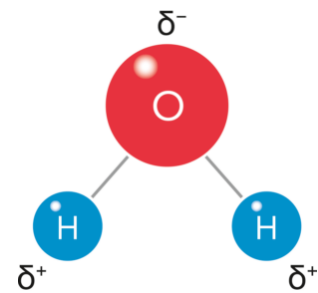
Absorption



[Abb.5]: Das Bohrsche Atommodell mit Emission und Absorption, die Welle symbolisiert die Welleneigenschaft des Lichts.

[Abb.6]: Das kontinuierliche Spektrum und Spektrallinien der Emission und Absorption von Wasserstoff.

Neben einzelnen Atomen kommen im Universum **Molekülverbindungen** wie Wasser (H_2O) vor. Moleküle bestehen aus Verbindungen von Atomen, im Fall von Wasser, aus zwei Wasserstoffen und einem Sauerstoffatom. Durch **Schwingungen** (Vibrationen und Rotationen) - wie die einer Feder - kann es zur Absorption und Emission von Licht kommen. Moleküle strahlen vor allem im Infrarotbereich, da ihre Schwingungen weniger Energie benötigen als Elektronenübergänge.



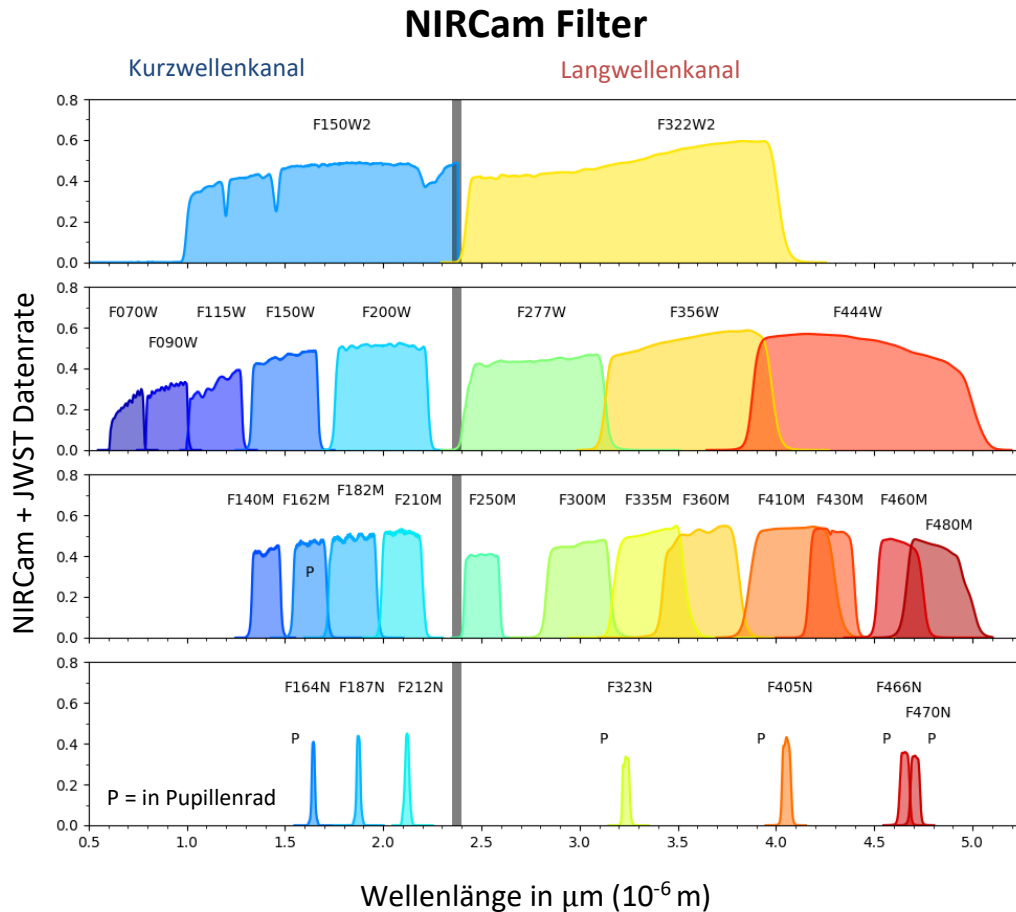
[Abb.7]: Das Wassermolekül

Hubble-Weltraumteleskop

Die Breitbandfilter des Hubble-Teleskops liegen im Wellenlängenbereich von 90 bis 2.500 nm. Es nutzt Schmalbandfilter für Gase wie Wasserstoff ($H\alpha$ -Linie), Schwefel oder Sauerstoff. Das hilft AstronomInnen, die chemische Zusammensetzung von z.B. bunten Nebeln zu verstehen.

James-Webb-Weltraumteleskop

Die Breitbandfilter des James-Webb-Teleskops liegen zwischen 600 und 28.500 nm. Dies deckt einen großen Spektralbereich ab. Da Webb im Infraroten arbeitet, nimmt es das Licht auf, das durch Staub hindurchfliegt. Seine Schmalbandfilter sind darauf spezialisiert, die Wärmestrahlung von Molekülen (wie z.B. Wasser oder Methan) zu finden z.B. in den Atmosphären fremder Planeten. Schmalbandfilter nehmen daher kleine charakteristische Spektralbereiche auf (siehe Abb. 8).



[Abb.8]: Breitbandfilter (oben, mit W gekennzeichnet) und Schmalbandfilter (unten, mit N gekennzeichnet) des James-Webb-Teleskops

Farbbilder, die mithilfe von Filtern erstellt wurden, sehen dementsprechend nicht so aus, wie das menschliche Auge sie wahrnehmen würde. Das gilt auch für Aufnahmen, die außerhalb des sichtbaren Spektrums angefertigt wurden. Trotzdem hat die farbliche Darstellung einen hohen wissenschaftlichen Wert. In **Sternentstehungsgebieten** werden wenige, aber dafür sehr massereiche und heiße Sterne geboren. Diese sind nicht besonders langlebig und leuchten vor allem im 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 Infraroten allerdings als hellere Quelle zu beobachten. Kombiniert man also Filter mit bestimmten Eigenschaften, so kann man durch einen schnellen Blick auf ein durch gezielt gewählte Filter gemachtes Bild bereits viel über die Charakteristik eines Objektes lernen.



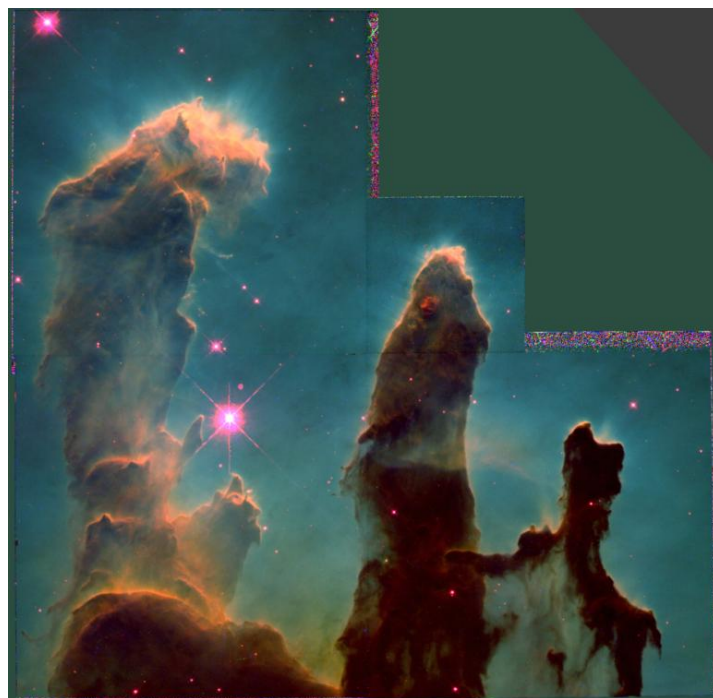
[Abb.9]: Zusammengesetztes Farbbild. Links: Basierend auf Hubble Aufnahmen. Rechts: Basierend auf James-Webb Aufnahmen

Teleskope verwenden in der Regel viel mehr Schmal- und Breitbandfilter als die RGB-Filter, sie nutzen oft viele Eigenschaften verschiedener Molekülverbindungen oder Elemente.

Weiter werden wir das Verfahren zur Erstellung eines Bildes vereinfachen (Verwendung von nur drei Filtern) und mit Aladin Sky Atlas ein eigenes RGB-Bild erstellen.

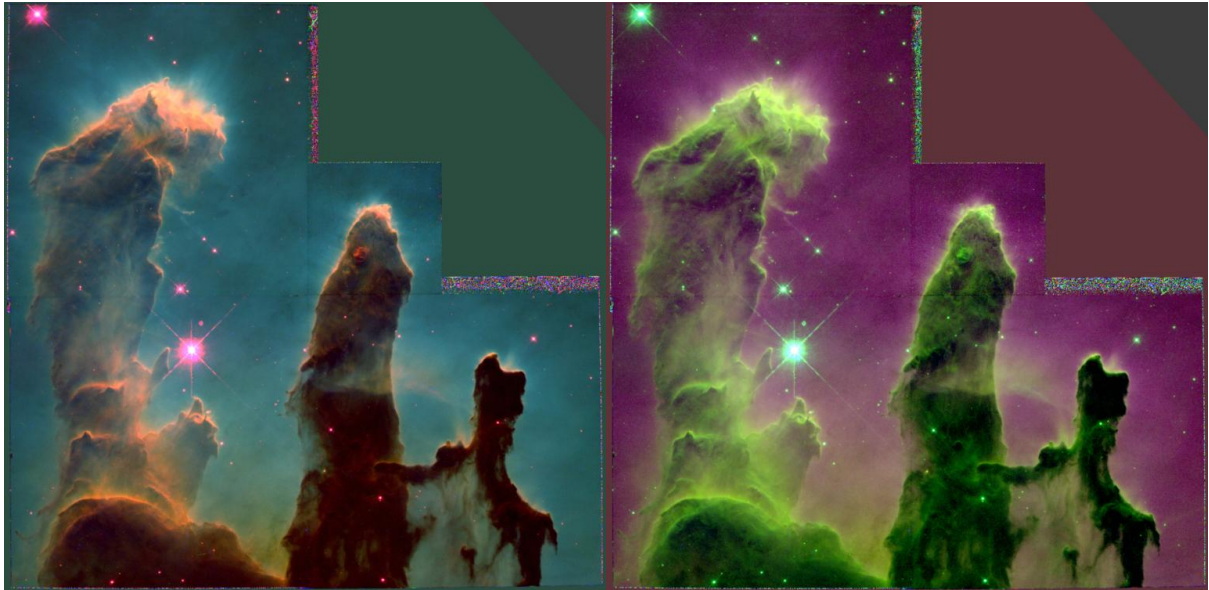
Aladin Sky Atlas

Um nun aus den in verschiedenen Filtern aufgenommenen Bildern Farbbilder zu erstellen, kann die Software Aladin Sky Atlas verwendet werden. Dort können externe Daten eingeladen und bearbeitet werden. Jedem schwarz-weiß Bild wird ein Farbkanal (rot, grün, blau) zugeordnet. Diese drei Bilder werden dann zu einem Farbbild zusammengesetzt. Ein Beispiel ist in Abbildung 10 zu sehen.



[Abb.10]: Zustandekommen eines astronomischen Farbbildes am Beispiel von Säulen der Schöpfung (Adlernebel).

Welche Filter in welchen Farbbereichen liegen, ist in der Tabelle „Filter von astronomischen Bildern“ am Ende zusammengestellt. Die Farben können anders gewählt werden, so dass unterschiedliche Darstellungen von ein und demselben Objekt entstehen (siehe Abbildung 11)

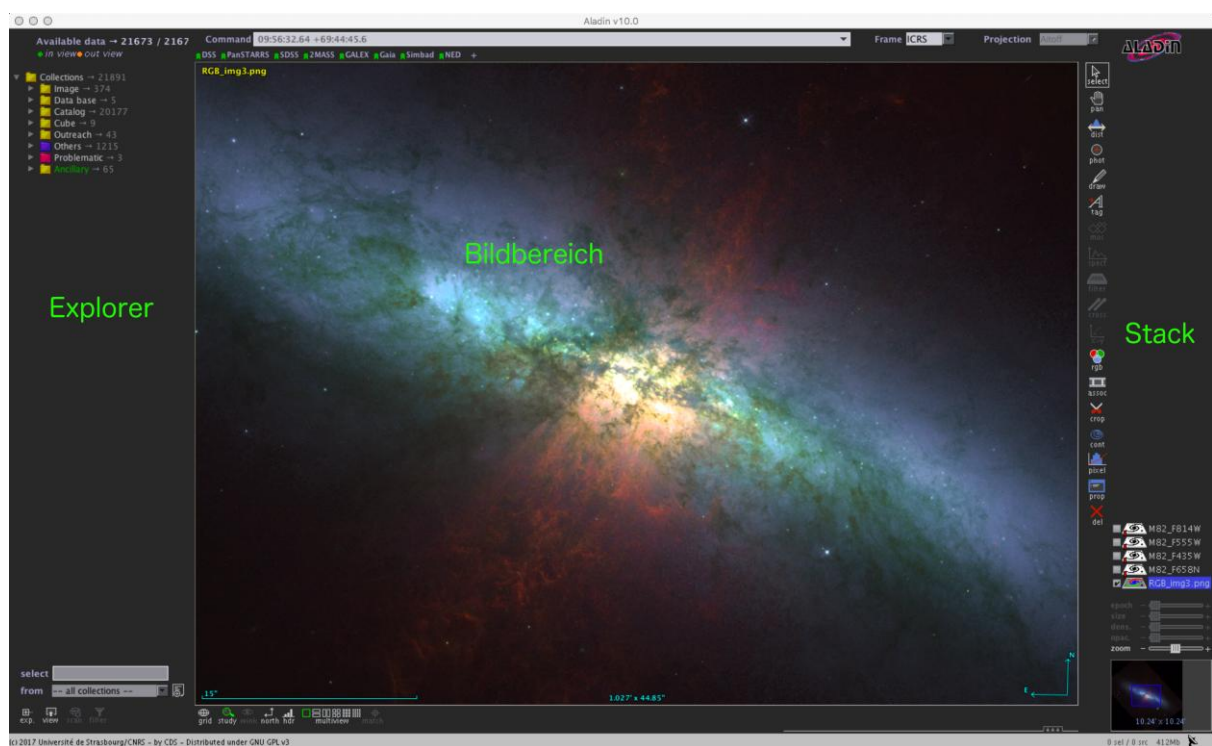


[Abb. 11]: Die einzelnen Filter können unterschiedlichen Farbkanälen zugeordnet werden. Es entstehen unterschiedliche Farbbilder von ein und demselben Objekt

Die Arbeitsoberfläche von Aladin

In Abbildung 13 wird die Arbeitsoberfläche von Aladin Sky Atlas gezeigt. Sie teilt sich in die Hauptbereiche:

- **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).*



[Abb. 13]: Die Aladin-Arbeitsoberfläche. Das Beispielbild zeigt die Galaxie M82, aufgenommen mit dem Hubble Weltraumteleskop.

Aufgaben bis zur Erstellung eines Eigenen Farbbildes

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



Info: Aladin Sky Atlas ist ein frei zugängliches, Java -basiertes Programm des CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg). Du kannst das Programm unter folgender Adresse für verschiedene Betriebssysteme herunterladen:

<https://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl?frame=downloading>.

Aufgabe 2: Laden Sie drei Aufnahmen unterschiedlicher Filter des ausgewählten astronomischen Objekts hoch.

Nimm dazu die Bilddateien aus dem jeweiligen Ordner und ziehe sie nach unten rechts im Stack.

Aufgabe 3: Optimieren Sie den dynamischen Bereich der unterschiedlichen Bilder.

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

Klicke auf die **PIXEL**-Schaltfläche (s. grüner Kreis, links). Es öffnet sich ein Fenster* (s. Abb. links), in dem du ein Histogramm findest, das zeigt, wie viele Pixel Ihres Bildes welche Helligkeit (hier angegeben in Counts) haben. Über dem Histogramm findest du zwei Felder, in denen scheinbar willkürliche Werte stehen. Diese Werte setzen den dynamischen Bereich Ihres Bildes fest. Spiele mit diesen Werten, bis du die gewünschten Strukturen in Ihrem Bild hervorgehoben hast, bzw. entdecke die verschiedenen Strukturen in Ihrem Bild! Versuche, geeignete Einstellungen 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 15 erläutert werden.

*Manchmal erscheint das Pop-up Fenster nicht im Vordergrund. Mit einem Klick auf das Fenster in der Taskleiste kann man es dann anzeigen lassen.

Aufgabe 4: Kombinieren Sie die drei Einzelbilder zu einem RGB-Farbbild.

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

Aufgabe 5: Optimieren Sie die Farbkanäle.

In der Realität wird dein erster Versuch vermutlich nicht annähernd das gewünschte Ergebnis liefern. Diese Aufgabe trainiert die Frustrationstoleranz. Ist das Bild verunglückt, beginnst du wieder mit Aufgabe 3. Hat das Bild nur einen leichten Farbstich, kannst du es eventuell noch nachbearbeiten. Klicke wieder auf die **PIXEL**-Schaltfläche. Nun öffnen sich die drei Histogramme der drei Farbkanäle (s. Abb. 16). Klicken Sie auf die Pfeile an den x-Achsen der

[Abb. 14]:
Taskleiste
Aladin

Histogramme, um den dynamischen Bereich der einzelnen Farbkanäle anzupassen, um so einen Farbstich zu reduzieren.

Aufgabe 6: Schneiden Sie das Bild bei Bedarf zu.

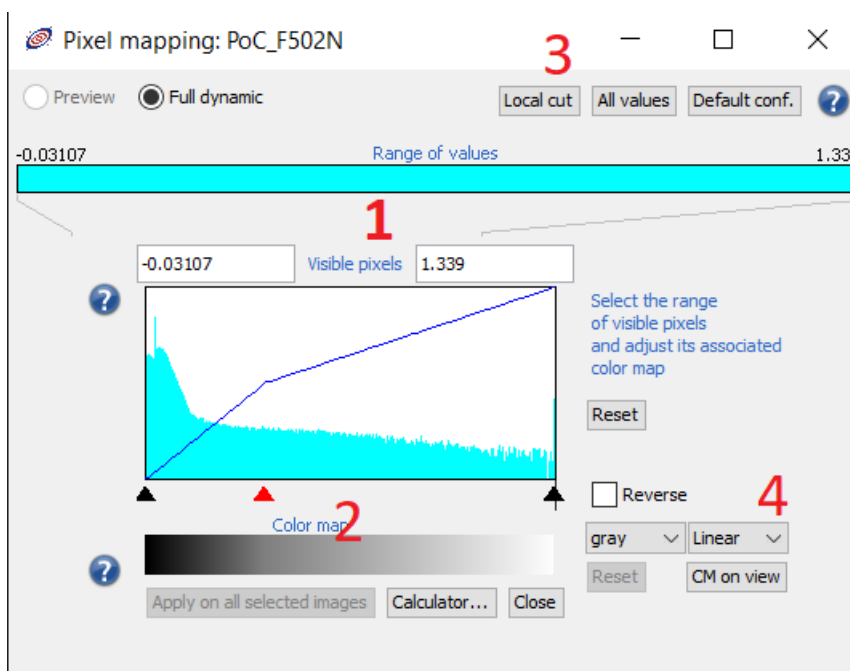
Bist du mit deinem Bild zufrieden und möchtest es aber verkleinern, oder einen markanten Bereich ausschneiden, klickst du auf die **CROP**-Schaltfläche (s. gelbe Ellipse, links). Ziehe mittels Drag & Drop ein Kästchen um den Bereich, den du ausschneiden möchtest. Klicke anschließend auf **OK**. Das Bild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

Aufgabe 7: Speichern Sie Ihr Bild.

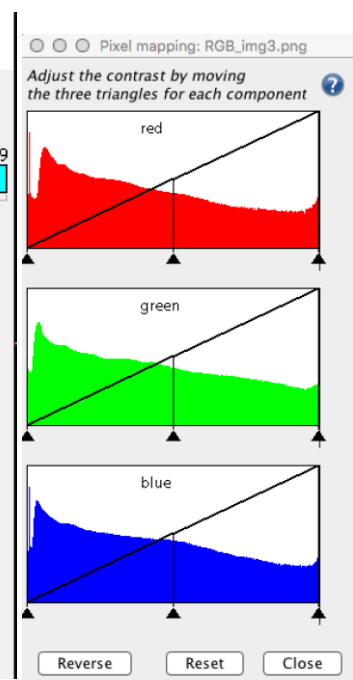
Hier nutzt du die Funktion **SAVE THE CURRENT VIEW**. Das ist besonders praktisch, weil genau der Ausschnitt und die Helligkeitseinstellungen gespeichert werden, die du gerade auf deinem Bildschirm siehst.

Klicke oben im Menü auf **FILE** und wähle den Punkt **SAVE THE CURRENT VIEW**. Entscheide dich nun für ein Format. Wenn du das Bild in einer Präsentation oder ausdrucken möchtest, wähle **PNG** oder **JPG**. Klicke auf **BROWSE**, um den Speicherort auf deinem Computer festzulegen und gib der Datei einen passenden Namen. Bestätige deine Auswahl mit einem Klick auf **Export**.

Bevor du das Fenster oder Aladin schließt, kontrolliere bitte unbedingt in deinem Ordner, ob die Datei ordnungsgemäß gespeichert wurde und so aussieht, wie du es dir vorgestellt hast!



[Abb. 15]: Pop-Up Fenster, nach Aktivierung der Pixel-Schaltfläche im monochromen Modus.



[Abb. 16]: Pop-Up Fenster, nach Aktivierung der Pixel-Schaltfläche im Farbmodus.

Nützliche Funktionen des Pop-up-Fensters sind:

1. **Range of Values:** Der dynamische Helligkeitsbereich ist entscheidend für die Qualität deines Bildes. Mit dem unteren Wert bestimmst du, ab wann ein Pixel komplett schwarz dargestellt wird; der obere Wert legt fest, ab welcher Helligkeit ein Pixel als reines Weiß erscheint.
2. **Helligkeits-Gewichtung:** Hier stellst du an drei Reglern die Gewichtung der einzelnen Helligkeitsstufen ein. Ziehe die Regler einfach nach links oder rechts und beobachte direkt, wie sich dein Bild verändert. Diese Einstellung ist für ein hochwertiges Ergebnis besonders wichtig.
3. **Local Cut:** Mit dieser Funktion legst du den dynamischen Helligkeitsbereich basierend auf deinem aktuellen Bildausschnitt fest. Zoome dazu an eine bestimmte Stelle und klicke auf die Schaltfläche. Der dunkelste Pixel im Ausschnitt wird als niedrigster Wert und der hellste als obere Grenze gesetzt. Das hilft dir enorm, wenn du mit der manuellen Anpassung mal nicht weiterkommst.
4. **Reverse & Skalierung:** Wenn du auf **REVERSE** klickst, erhältst du ein Negativ deines Bildes – das ist für die Augen oft angenehmer. Über die Schaltfläche **LINEAR** kannst du die Helligkeitsverteilung bei Bedarf auf eine andere Skala umstellen, zum Beispiel auf eine logarithmische oder quadratische.

Filter von astronomischen Bildern des Hubble Teleskops

Filter	Verwendung	Filter	Verwendung
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

NIRCam-Filter von astronomischen Bildern des James-Webb-Teleskops

Kurzwellenkanal		Langwellenkanal	
Filter	Verwendung	Filter	Verwendung
F070W	Rot	F250M	Methan, Kontinuum
F090W	Nahes Infrarot	F277W	Mittleres Infrarot
F115W	Nahes Infrarot	F300M	Wassereis
F140M	Wasser, Methan	F322W2	Blockfilter
F150W	Nahes Infrarot	F323N	Molekularer Wasserstoff
F162M	Kühle Sterne, Wasser (Off-Band)	F335M	PAH (Kohlenwasserstoffe), Methan
F164N	Eisen	F356W	Mittleres Infrarot
F150W2	Blockfilter	F360M	Braune Zwerge, Planeten
F182M	Wasser, Methan	F405N	Bracket- α (Wasserstoff)
F187N	Paschen- α (Wasserstoff)	F410M	Braune Zwerge, Wasser, Methan
F200W	Nahes Infrarot	F430M	Kohlenstoffdioxid, Stickstoff
F210M	Wasser, Methan	F444W	Mittleres Infrarot
F212N	Molekularer Wasserstoff	F460N	Kohlenstoffmonoxid
		F466M	Kohlenstoffmonoxid
		F470N	Molekularer Wasserstoff
		F480M	Braune Zwerge, Planeten

Steckbrief zum ausgewählten Objekt

Erstellen von Farb-Bildern mit Aladin

Name des Objekts		
Name des Teleskops/Instruments		
Verwendete Filter		
rot	grün	blau
Entfernung vom Sonnensystem:		
Größe des Objektes:		
Weitere Informationen		

Platz zum Einkleben des Bildes:

Links

ESA Ressourcen

ESA Klassenzimmer Ressourcen: www.esero.de

ESA Kids Website: www.esa.int/kids/de/home

Übungsblatt zum Vergleich von Hubble und James-Webb:

<https://www.esero.de/unterricht/view?postid=5cff8490-f652-4787-a875-adcae7b382dc>

Mehr zum Hubble und James-Webb Vergleich:

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/06/Comparing_Webb_and_Hubble

Säulen der Schöpfung Slider: <https://esaweb.org/images/comparisons/weic2216/>

Bildverzeichnis

Titelbild, Abbildung 9:

https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2022/10/hubble_and_webb_showcase_the_pillars_of_creation_side_by_side/24532909-1-eng-GB/Hubble_and_Webb_showcase_the_Pillars_of_Creation_side_by_side.jpg

Abbildung 1: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https%3A%2F%2Fwww.teleskop-express.de%2Fde%2Ffilter-254%2Ffoto-filter-sets-139%2Fbaader-rgb-ccd-filter-3-31-mm-durchmesser-ungefasst-13585&ved=0CBYQjRxqFwoTCNDcPla4xZIDFQAAAAAdAAAAABAI&opi=89978449>

Abbildung 2: https://www.esa.int/kids/de/lernen/Technologie/Raumschiffe/Das_Weltraumteleskop_Hubble

Abbildung 3: https://esahubble.org/images/jwst_in_space-cc/

Abbildung 4:

<https://assets.science.nasa.gov/content/dam/science/missions/webb/outreach/migrated/2018/STScI-01H3W8QBES46GXWSMNY54SR46V.png/jcr:content/renditions/Half%20Res.png>

Abbildung 5: <https://examio-mediafiles.s3.eu-west-1.amazonaws.com/bohr-modell2-01-print.png>

Abbildung 6: <https://physicsopenlab.org/wp-content/uploads/2016/03/Spectrum.jpg>

Abbildung 7: <https://www.lingonetz.de/wp-content/uploads/2022/01/Wassermolekuel-300x283.png>

Abbildung 8: <https://jwst-docs.stsci.edu/jwst-near-infrared-camera/nircam-instrumentation/nircam-filters>