

**PlanetarySystemStacker für die hochaufgelöste Fotografie
von Objekten des Planetensystems
durch turbulente Luft**



Benutzerhandbuch (Version 0.8.10, August 2020)

Rolf Hempel

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
1.1	Projektautoren und Mitwirkende	3
2	Änderungsprotokoll	4
2.1	Änderungen in Version 0.8.10 (August 2020)	4
2.2	Änderungen in Version 0.8.0 (Juni 2020)	4
2.3	Änderungen in Version 0.7.0 (Februar 2020)	5
2.4	Änderungen in Version 0.6.0 (August 2019)	5
2.5	Erste Version 0.5.0 (Mai 2019)	5
3	Systemanforderungen und Software-Installation	6
3.1	Automatisches Installationsprogramm für Windows (7 / 8 / 10)	6
3.2	Plattformunabhängige Installation	7
4	Ablauf des Programms	8
4.1	Programmstart / Parameter einstellen	8
4.2	Dark / Flat Frame Calibration	9
4.3	Job-Eingabe	11
4.4	Starten und Steuern des Workflows	13
4.5	Ausführungsprotokoll	14
4.6	Lesen von Eingabedaten und Zwischenspeichern von Bilddaten	14
4.7	Ausschließen von fehlerhaften Bildern aus dem Stacking-Workflow	15
4.8	Bild-Stabilisierung	16
4.9	Einstellen der Stacking-Rate	18
4.10	Festlegung einer Ausschnitts-Region (ROI)	19
4.11	Ankerpunkte auswählen	20
4.12	Stacking der Bilder	22
4.13	Postprocessing (Bildschärfung / Glättung)	23
4.14	Ende des Programms	26
	Anhang A: Konfigurationsparameter	27
	Anhang B: Verwendung von PSS von der Kommandozeile aus	34

1 Einführung

PlanetarySystemStacker (PSS) verarbeitet eine große Anzahl von Videobildern oder Standbildern eines Objekts des Planetensystems, die in schneller Folge aufgenommen wurden, zu einem hochauflösten Bild. Er wählt die schärfsten Abschnitte der besten Einzelbilder aus, entfernt die durch atmosphärische Turbulenzen verursachte Bildverzerrung und kombiniert die resultierenden Fragmente in einem einzigen Bild mit maximaler Detailgenauigkeit. In einem zweiten Schritt bietet PSS die Möglichkeit, die Detailzeichnung durch Anwendung eines mehrstufigen Schärfungsfilters zu erhöhen.

Mit der Einführung der digitalen Bildaufzeichnung hat die Fotografie von Objekten des Planetensystems (Mond, Sonne und Planeten) einen großen Sprung nach vorn gemacht. Die so genannte „[Lucky Imaging](#)“-Technik erlaubt es heute Amateurastronomen, Oberflächendetails aufzunehmen, die in den Tagen der analogen Fotografie selbst für professionelle Astronomen mit Zugang zu den besten erdgebundenen Teleskopen unerreichbar waren. Für die hochauflöste Fotografie ist heute die Kamera der Wahl ein Videomodul, das an die USB-Schnittstelle (vorzugsweise 3.0 oder höher für eine optimale Datenübertragungsgeschwindigkeit) eines tragbaren Computers angeschlossen wird. Mit einer solchen Kamera kann man viele Bilder in kurzer Zeit aufnehmen und ohne Kompressionsartefakte in einer [RAW-Bild](#)-Sequenz speichern, wobei typischerweise ein SER- oder AVI-Videocontainer verwendet wird. Der einzige Nachteil ist, dass die Bildsensoren recht klein sind und relativ geringe Pixelzahlen aufweisen.

Alternativ können Digitalkameras (wie z.B. eine DSLR) verwendet werden, um viele Bilder des Objekts in schneller Folge aufzunehmen. Diese Bilder werden als einzelne Dateien mit identischen Pixeldimensionen in einem Ordner gespeichert. Die Eingabe in PSS kann entweder eine Videodatei oder ein Verzeichnis mit Standbildern der gleichen Szene sein.

PlanetarySystemStacker ist die erste Open-Source-Software dieser Art. Der [vollständige Quellcode](#) ist auf Github veröffentlicht, zusammen mit einer detaillierten [Dokumentation der verwendeten mathematischen Algorithmen](#).

1.1 Projektautoren und Mitwirkende

Im Jahr 2018 initiierte **Rolf Hempel** das Projekt. Er entwickelte die zugrunde liegenden Algorithmen und schrieb den kompletten Quellcode bis zur ersten PSS-Version im Mai 2019. Von Anfang an war es jedoch seine Absicht, PSS zu einem Gemeinschaftsprojekt zu machen, daher ist die Hilfe von Koautoren und Mitwirkenden erwünscht. Beginnend mit Version 0.6.0 trugen die folgenden Entwickler zum Projekt bei:

Ko-Autoren:

Nikolai Hempel:

- Viele produktive „Pair Programming“-Sitzungen mit dem Hauptentwickler (gleich von Beginn des Projekts an).

Michal Powalko:

- Ursprüngliche Version des Moduls „ser.parser.py“. Es liest die Header-Informationen von Videos vom Typ .ser und die Rohdaten von Einzelbildern.
- Handhabung von Bild-I/O im .fits-Format.

- Stilistische Verbesserungen des Python-Codes und Performance-Optimierungen im gesamten Quellcode.

Mitwirkende:

Stefan van Ree:

- Gestaltung und Aufbau der PSS-Homepage und Organisation des PSS-Diskussionsforums im Rahmen des deutschen Astronomie-Forums „[Astronomie.de](https://www.astronomie.de)“.

Chris Garry:

- Algorithmus zur Erkennung von Bayer-Mustern in der Video-Eingabe.
- Bereitstellung von Testbeispielvideos im .ser- und .avi-Format, sowie sehr hilfreiche Diskussionen über Probleme beim Lesen von Video-Eingabedateien.

Jens Scheidtmann:

- Vorschlag eines alternativen Algorithmus zur Frame-Stabilisierung im Planeten-Modus (implementiert in Version 0.6.0).

John Duchek:

- Anweisungen für die Installation aus dem Quellcode auf anderen Linux-Systemen als Ubuntu 16.04 LTS.

Euripides Argyropoulos, Clendon Gibson, Peter Sütterlin, Peter Wäckerle und ein Besucher namens „brave_ulysses“ auf dem Forum „Cloudy Nights“:

- Test des portablen Installationsverfahrens über PyPI-Server für Windows, Linux und MacOS.
- Fehlerbehebung bei Installationsproblemen auf Windows 7 und 10 Systemen.

Manfred Gentsch:

- Erste Version dieser deutschen Übersetzung des Benutzerhandbuchs.

2 Änderungsprotokoll

2.1 Änderungen in Version 0.8.10 (August 2020)

- Drizzle (1.5x, 2x, 3x) implementiert im Stacking-Prozess.
- Option schnell veränderlicher Objekte (Jupiter, Sonne) hinzugefügt bei der Berechnung des Referenz-Bildes.
- Drag-and-drop von Input-Files / -Verzeichnissen im Job Editor hinzugefügt.
- Einige Fehler behoben, vor allem im Kommandozeilenmodus.

2.2 Änderungen in Version 0.8.0 (Juni 2020)

- Vereinfachte portable Installationsprozedur über PyPI-Server für Windows, Linux und MacOS hinzugefügt.

- Optionaler Dialog hinzugefügt zum Ausschließen von Frames aus dem Workflow.
- Option hinzugefügt, um PSS von der Befehlszeile aus zu starten.
- Speicherbereinigung von RAM-Objekten zwischen Jobs verbessert.
- Warnung statt Fehler bei SER-Dateien mit nicht standardmäßigen Headern.

2.3 Änderungen in Version 0.7.0 (Februar 2020)

- Neuer „multi-level correlation“ - Algorithmus zur Bildstabilisierung und Entzerrung.
- Neuer Algorithmus zum Überblenden der gestackten AP-Felder und des Hintergrunds zu einem einzigen Bild.
- Option zur Normalisierung der Bildhelligkeit bei der Qualitätseinstufung und beim Stacken hinzugefügt.
- Fehler bei der Handhabung großer „.ser“-Dateien behoben.
- Manuelle Auswahl des Debayering-Musters hinzugefügt.
- Automatische Erkennung von Bayer-Mustern in .avi-Videos und Bittiefenkorrektur für .ser-Videos.
- Unterstützung für die Videoformate „.mp4“ und „.mov“ sowie für das Bildformat „.png“ hinzugefügt.
- Einführung von Registerkarten im Konfigurationsdialog.
- Benutzerbenachrichtigung über Jobabbruch über ein Pop-up-Fenster hinzugefügt.

2.4 Änderungen in Version 0.6.0 (August 2019)

- Version für Linux hinzugefügt.
- Unterstützung für Dark- und Flat-Frame-Kalibrierung hinzugefügt.
- Der erforderliche Speicherplatz eines Jobs wird geschätzt. Wenn er den verfügbaren RAM übersteigt, wird ein Fehler ausgegeben und PSS fährt mit dem nächsten Job fort.
- Unterstützung für Videoformat „.ser“ und Bildformat „.fits“ hinzugefügt.
- Verbesserung des Entzerrungsalgorithmus für Videos mit unterschiedlicher Bildhelligkeit.
- Neue Implementierung der Bildstabilisierung für den „Planet“-Modus.
- Internes Refactoring, am wichtigsten: Die Videoeingabe wird in der Klasse VideoReader gekapselt.
- Mehrere Fehlerkorrekturen.

2.5 Erste Version 0.5.0 (Mai 2019)

- Das Windows-Installationsprogramm wurde auf einem Windows 10-System erstellt. Die Software und der Installationsvorgang wurden nur unter Windows 10 getestet.

3 Systemanforderungen und Software-Installation

Die gesamte Software wurde auf einem Acer-Laptop (Typ „Acer Aspire V5-573G“, Intel Core i5-4200U, 12 GByte RAM) und auf einem PC (Intel Core i7-7700K, 64 GByte RAM) getestet, die beide unter Windows 10 Professional, Version 2004, laufen. Video-Stacking profitiert sehr von großem verfügbarem RAM. Ein Minimum von 16 GByte RAM wird empfohlen. Bei großen Videodateien, die auf einem System mit weniger RAM verarbeitet werden, ist es unwahrscheinlich, dass alle Daten im Speicher gehalten werden können, so dass ein wiederholtes Lesen und Neuberechnen von Daten die Ausführung verlangsamt.

PlanetarySystemStacker läuft im Prinzip auf jedem Computer, auf dem eine Python-3-Umgebung und die erforderlichen Python-Bibliotheken verfügbar sind. Mit der Veröffentlichung von Version 0.6.0 wurden automatische Installationsprogramme sowohl für Windows als auch für Linux zur Verfügung gestellt. Sie installierten die Software zusammen mit der Python-Umgebung in einem einzigen Vorgang. Dies war zwar praktisch für Benutzer, die sich nicht mit irgendwelchen Software-Details beschäftigen wollten, aber es stellte sich heraus, dass es mit anderen Linux-Distributionen als Ubuntu 16.04 LTS zu Problemen führte.

Daher wurde ab Version 0.7.0 nur das Windows-Installationsprogramm beibehalten, und das Linux-Installationsprogramm wurde durch detaillierte Anweisungen für verschiedene Linux-Distributionen ersetzt, um die Software aus dem Quellcode zu installieren. Einige Mac-Benutzer haben diese Anleitungen sogar erfolgreich an MacOS angepasst. Dadurch wurde zwar die Palette der unterstützten Betriebssystemplattformen erweitert, aber die Installation auf anderen Systemen als Windows wurde komplizierter.

Beginnend mit Version 0.8.0 gibt es zwei Möglichkeiten, PSS zu installieren:

- Unter Windows erledigt, wie bisher, eine einzige Installationsdatei alles automatisch.
- Auf jeder Plattform (Windows, Linux, MacOS) installiert der Benutzer Python 3 (falls es nicht vorinstalliert ist) und installiert dann PSS mit einem einzigen Terminalbefehl.

Im Folgenden werden beide Möglichkeiten im Detail erläutert.

3.1 Automatisches Installationsprogramm für Windows (7 / 8 / 10)

Die PlanetarySystemStacker-Software wird als eine einzige Datei vertrieben: das Windows-Installationsprogramm „[PlanetarySystemStacker_Vo.8.0_Windows-Installer.exe](#)“. Vor der Installation sollte jede frühere Version von PlanetarySystemStacker zunächst über den Eintrag „Deinstallieren“ im Programmmenü deinstalliert werden. Wenn das Installationsprogramm gestartet wird, führt ein Assistent den Benutzer durch den Installationsprozess. Abgesehen von den Programmstarteinträgen schreibt PlanetarySystemStacker keine Parameter in die Windows-Registry. Das Programm kann an jedem beliebigen Filesystem-Ort installiert werden. Ein Deinstallations-Programm wird mit der Software mitgeliefert. Es entfernt alle installierten Dateien. Die folgenden temporären Dateien, die zur Ausführungszeit im Home-Verzeichnis des Benutzers erstellt werden, werden nicht mitentfernt:

- PlanetarySystemStacker.ini (Konfiguration während des letzten PSS-Laufs)
- PlanetarySystemStacker.log (Logdatei)

Diese Dateien können jederzeit manuell gelöscht werden. Bitte beachten Sie, dass alle Konfigurationsparameter verloren gehen, wenn die Datei .PlanetarySystemStacker.ini gelöscht wird.

Falls das automatische Windows-Installationsprogramm auf Ihrem System nicht funktioniert, können Sie alternativ den Python 3-Interpreter und die PSS-Software separat installieren, wie im nächsten Abschnitt erläutert.

3.2 *Plattformunabhängige Installation*

Diese Option erfordert eine kompatible Python-3-Installation. Prüfen Sie also zunächst, ob diese bereits installiert ist. Öffnen Sie dazu ein Terminal und geben Sie „python“ oder „python3“ ein, um den Python-Interpreter zu starten:

```
C:\Users\rolf>python3
Python 3.5.4 (v3.5.4:3f56838, Aug  8 2017, 02:17:05) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> quit()

C:\Users\rolf>
```

Wenn Sie etwas Ähnliches wie im obigen Beispiel sehen, ist Python 3 bereits vorhanden, in diesem Fall Version 3.5.4. Unter Windows muss die Versionsnummer mit 3.5 oder 3.6 beginnen. Unter Linux und MacOS ist jede Version ab 3.5 in Ordnung. Sie verlassen den Python-Interpreter durch Eingabe von „quit()“. Versuchen Sie auch „pip3“, um zu testen, ob das Python-Installationsskript funktioniert.

Falls Python 3 noch nicht installiert ist, müssen Sie es jetzt installieren. Für Windows wird die Python-Version 3.6.8 empfohlen. Die Installationsdatei kann von [dieser Webseite](#) heruntergeladen werden. Für Linux und MacOS steht die neueste Python-Version [hier](#) zur Verfügung.

Versuchen Sie nun erneut, den Python-Interpreter zu starten. Falls er immer noch nicht funktioniert, überprüfen Sie, ob der Python-Installationsordner und der Unterordner „Scripts“ auf dem Systempfad (Umgebungsvariable) liegen. Falls nicht, fügen Sie sie dem Pfad hinzu.

Wenn der Python-Interpreter richtig installiert ist, öffnen Sie ein Terminal und geben Sie ein:

```
pip3 install planetary-system-stacker
```

Dadurch wird PSS zusammen mit allen erforderlichen Bibliotheken installiert. Nach Fertigstellung wird PSS durch Eingabe vom Terminal aus gestartet mit:

```
PlanetarySystemStacker
```

Um den Programmstart bequemer zu gestalten, kann der Benutzer einen Starter auf dem Desktop hinzufügen. Zu dessen Dekoration kann die PSS-Icon-Datei [hier](#) gefunden werden.

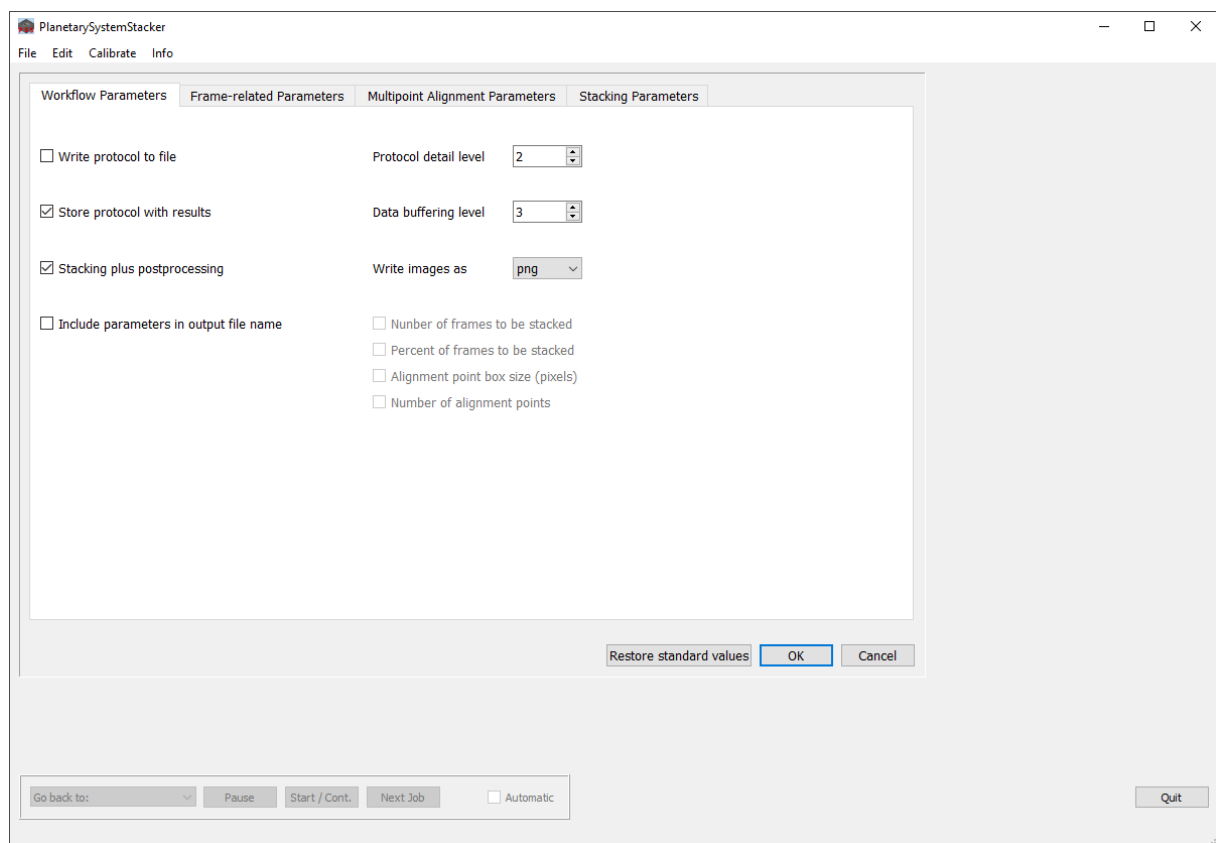
4 Ablauf des Programms

PlanetarySystemStacker kommuniziert mit dem Benutzer über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI). Benutzerfreundlichkeit war ein wichtiges Designkriterium. So präsentiert die GUI zum Beispiel dem Benutzer zu jeder Zeit nur die Informationen, die aktuell relevant sind. Die Benutzerschnittstelle wurde mit dem QT5-Toolkit entwickelt.

Mit Version 0.8.0 wurde die Option eingeführt, PSS von der Kommandozeile aus zu starten. Alle Optionen und Parameter-Einstellungen, die die GUI-Version im Batch-Modus bietet, können über Kommandozeilenargumente ausgewählt werden. Mit der Kommandozeilenoption kann der Benutzer PSS in eigene automatisierte Arbeitsabläufe (Skripte) integrieren. „Anhang B: Verwendung von PSS von der Kommandozeile aus,“ enthält eine Liste aller Argumente zusammen mit ihren Definitionen und Standardwerten.

4.1 Programmstart / Parameter einstellen

Beim erstmaligen Start des Programms öffnet sich automatisch eine Ansicht zur Eingabe einzelner Parameter. Die Parameter sind in Registerkarten angeordnet, die sich auf Workflow-Steuerung, Bildstabilisierung, Mehrpunktausrichtung und Stacking beziehen.



Vordefinierte Parameterwerte sollten in vielen Fällen okay sein, aber der Benutzer wird bessere Ergebnisse erzielen, indem er mit verschiedenen Parametereinstellungen experimentiert. Wenn der Mauszeiger über einem Parameternamen verweilt, erscheint ein Tooltip, der dessen Bedeutung beschreibt. Eine detaillierte Erklärung aller Parameter ist im „Anhang A: Konfigurationsparameter,“ aufgelistet. Die vordefinierten Parameterwerte können jederzeit durch Drücken der Schaltfläche „Restore standard values“ wiederhergestellt werden.

Beim Verlassen des Parameterdialogs und beim Beenden des Programms schreibt PSS die Konfigurationsdatei „PlanetarySystemStacker.ini“ in das Home-Verzeichnis des Benutzers. Bei späteren Programmläufen werden die Parameter automatisch aus dieser Datei geladen, der Eingabedialog öffnet sich nicht, und PSS ist bereit für die Jobeingabe. Parameter können weiterhin über das Menü „Edit / Edit configuration“ geändert werden.

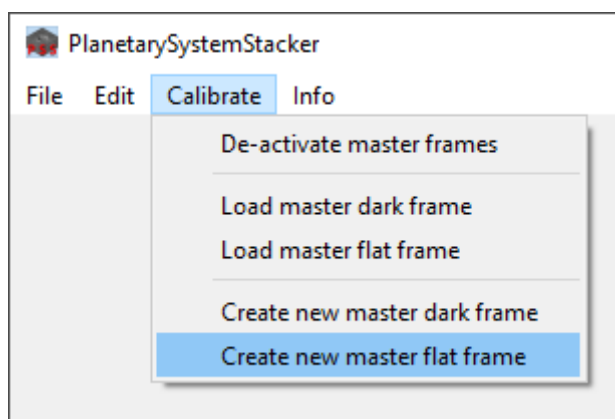
Zusätzlich zur Standard-Konfigurationsdatei im Home-Verzeichnis kann die aktuelle Parameterkonfiguration über den Menüeintrag „File / Save configuration“ an einem beliebigen Ort im Dateisystem gespeichert werden. Zu einem späteren Zeitpunkt kann diese Konfiguration über „File / Load configuration“ geladen werden, um die aktuelle Parameterkonfiguration zu ersetzen.

Bitte beachten Sie, dass die Konfiguration nicht nur die im obigen Dialog gezeigten Parameter umfasst, sondern auch alle aktiven Nachbearbeitungsvarianten (siehe Abschnitt 4.13).

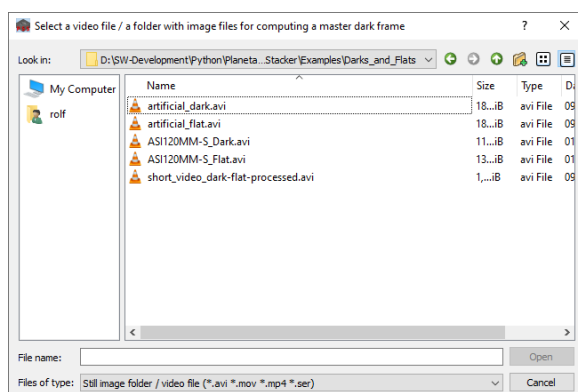
Der Menüpunkt „Info / About PSS“ gibt einen Überblick über die Rechnerumgebung und die Versionen der verwendeten Python-Bibliotheken.

4.2 Dark / Flat Frame Calibration

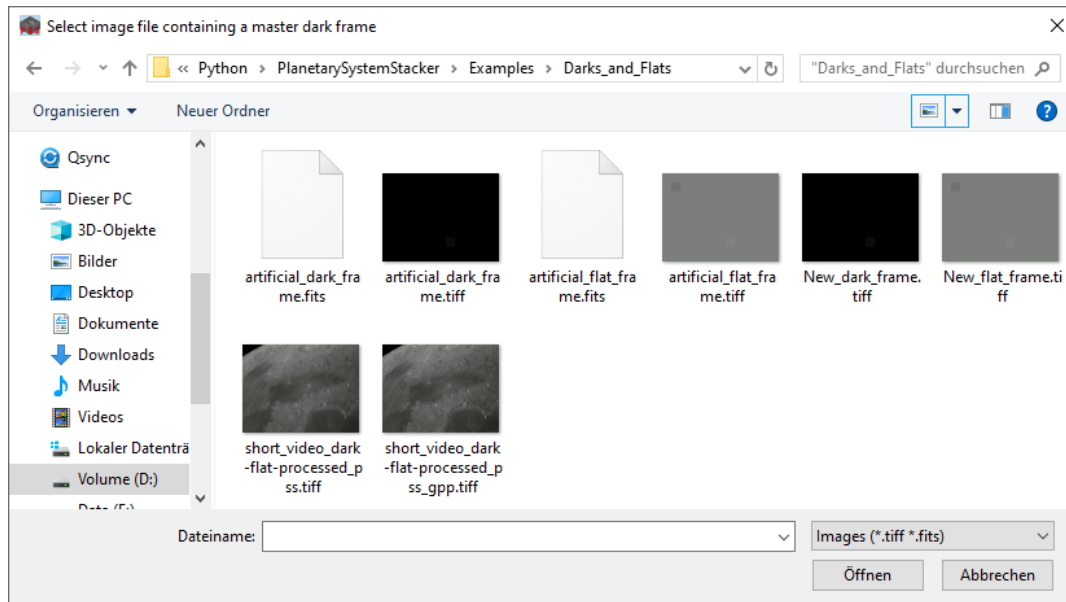
PSS unterstützt die Kalibrierung von Eingabeframes mit Master-Dark und Flat-Frames. Diese Kalibrierung basiert auf Videodateien oder Bildsammlungen, die mit der gleichen Kamera aufgenommen wurden, die auch für die Stacking-Eingabe verwendet wurde.



Zuerst müssen die Dark- / Flat-Eingangsvideos (oder Verzeichnisse mit Standbildern) zu sogenannten „Master-Frames“ verarbeitet werden. Wählen Sie dazu im Menü „Calibrate“ den Menüpunkt „Create new master dark frame“ oder „Create new master flat frame“. Wenn sich das Dateiauswahlmenü öffnet, wählen Sie das Eingabevideo oder das Standbild-Verzeichnis.



Wenn die Verarbeitung abgeschlossen ist, öffnet sich eine weitere Dateiauswahlbox, um den Speicherort auszuwählen, an dem das Master-Frame als 16bit .png (oder .tiff oder .fits)-Datei gespeichert werden soll. Wenn Sie das Master-Frame nicht speichern möchten, drücken Sie einfach „Cancel“. In diesem Fall wird das Master-Frame für die Bildkalibrierung während dieser PSS-Version noch im Speicher gehalten.



Die Kalibrierung in PSS kann entweder mit Dark-Frame- oder Flat-Frame-Korrektur oder mit beiden durchgeführt werden. Im letzteren Fall muss zuerst das Master-Dark-Frame erstellt werden. Auf diese Weise wird es bereits verwendet, wenn das Master- Flat-Frame verarbeitet wird.

Wenn Master-Dark-Frames oder Master-Flat-Frames auf der Festplatte gespeichert wurden, können sie bei einer späteren PSS-Sitzung über die Menüeinträge „Load master dark frame“ bzw. „Load master flat frame“ wieder geladen werden. Es ist daher nicht erforderlich, sie von den Eingabevideos erneut zu verarbeiten.

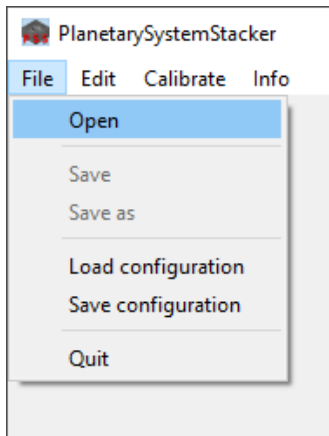
Sowohl Master-Frames als auch das für das Stacking verwendete Eingabematerial müssen hinsichtlich der Pixelabmessungen und des Farbtyps (Farbe vs. Monochrom) übereinstimmen. Wenn z. B. ein Master-Flat-Frame nach einem andersartigen Master-Dark-Frame geladen wird, wird das Dark-Frame automatisch deaktiviert und nur das Flat-Frame bleibt aktiv.

Die Master-Frames müssen mit dem eingegebenen Stacking-Job auch hinsichtlich der verwendeten De-Bayering-Option kompatibel sein (siehe nächster Abschnitt). Es ist daher wichtig, bei der Erstellung der Master-Frames und der Angabe der Stacking-Jobs dieselbe Option zu wählen. Wenn Sie eine Dark-/Flat-Frame-Korrektur anwenden möchten, ist es keine gute Idee, die De-Bayering-Option „Auto detect color“ zu verwenden, da diese Option möglicherweise unterschiedliche Einstellungen für die Master-Frames und den Stacking-Input wählt. Wählen Sie stattdessen die entsprechende Einstellung manuell aus: Über das Menü „Edit / Edit configuration“ vor der Erstellung des Master-Frames und über das Kontextmenü auf dem/den Stacking-Job(s) im Joblisten-Editor.

Wenn passende Master-Dark- / Flat-Frames erstellt oder geladen wurden, bevor die Stacking-Jobs ausgeführt werden (siehe unten), werden sie zur Kalibrierung der Input-Bilder verwendet. Wenn die aktiven Master-Frames jedoch nicht mit dem Stacking-Input übereinstimmen, werden sie ignoriert.

4.3 Job-Eingabe

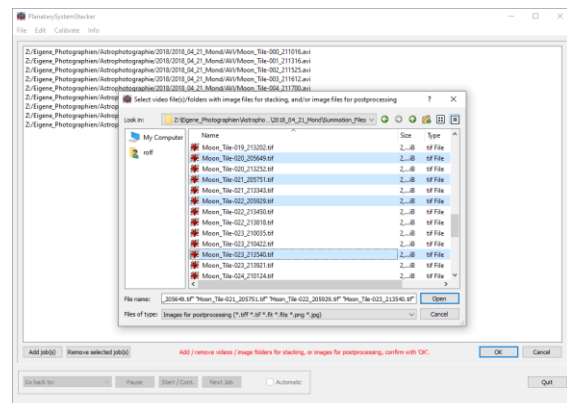
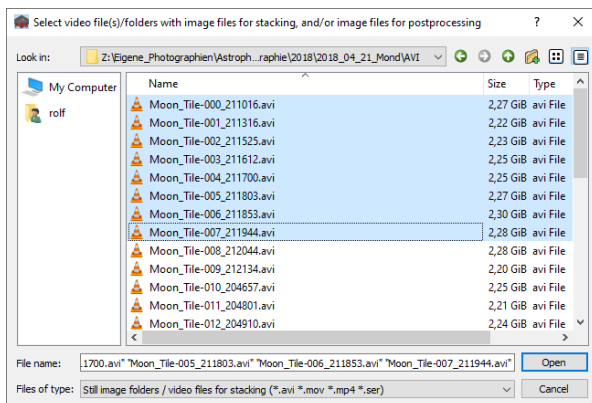
Während des gesamten Programms werden Benutzeranweisungen in roter Schrift in der Statuszeile am unteren Rand der Hauptoberfläche oder innerhalb eines Dialogfensters angezeigt. Wenn die Parameter eingestellt sind, wird der Benutzer aufgefordert, das Dialogfeld „File / Open“ zu öffnen und die zu verarbeitenden Jobs zu definieren.



Wenn Sie „File / Open“ wählen, öffnet sich ein Fenster, in dem Jobs angegeben werden können. An dieser Stelle ist es wichtig zu verstehen, wie PSS Jobs verarbeitet.

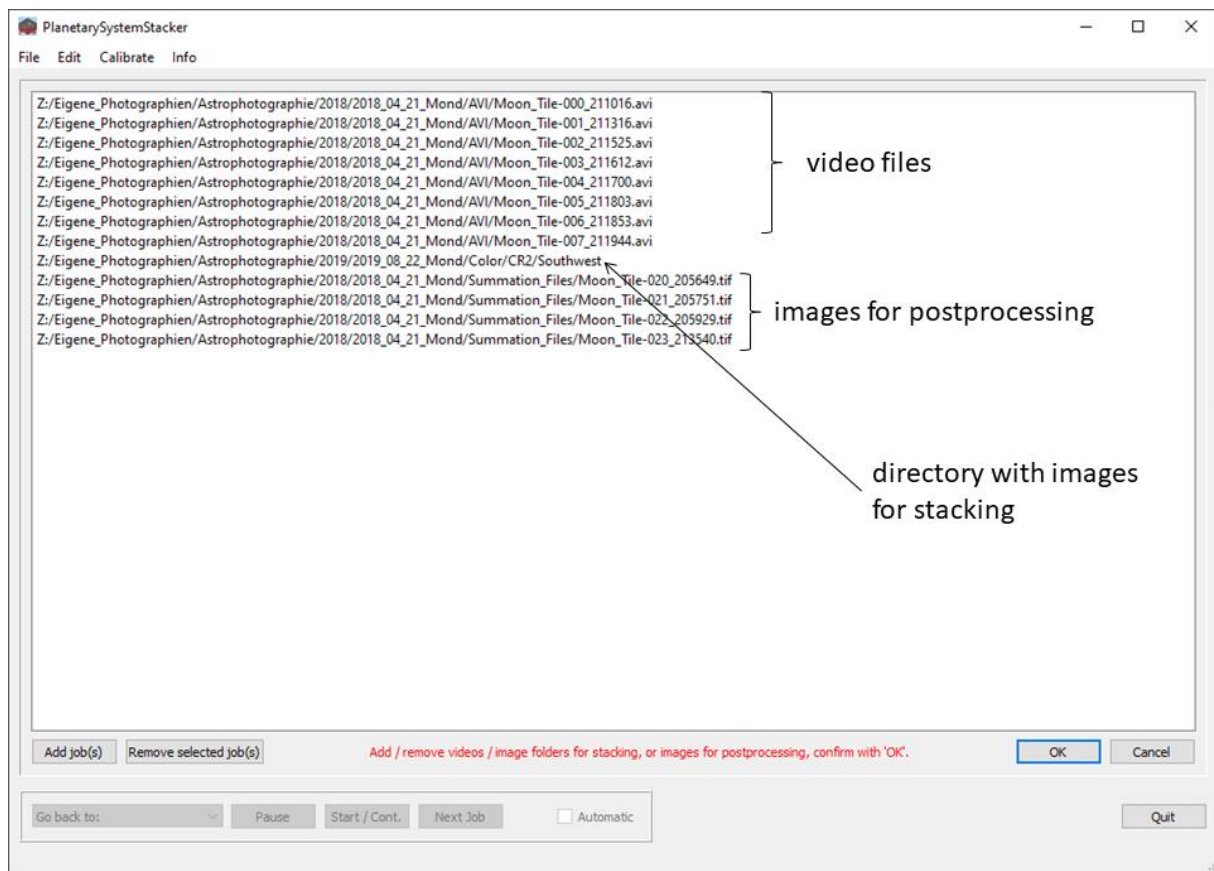
Grundsätzlich gibt der Benutzer eine Liste von Jobs an, die PSS dann nacheinander abarbeitet. Es gibt zwei verschiedene Jobtypen, die PSS an der Art der Eingabe erkennt:

- Zur Definition eines Stacking-Jobs wählt der Benutzer eine Videodatei (Erweiterung „.avi“, „.mov“, „.mp4“ oder „.ser“) oder ein Verzeichnis, das Standbilddateien mit identischen Pixelabmessungen enthält. Unten im Dateidialogfenster muss „Files of type“ auf „Still image folders / video files for stacking (*.avi *.mov *.mp4 *.ser)“ eingestellt werden. Die Auswahl eines Verzeichnisses mit Bilddateien, die nicht übereinstimmen, führt später zu einer Fehlermeldung.
- Um einen Postprocessing-Job zu definieren, wählt der Benutzer eine einzelne Bilddatei (mit der Erweiterung .tiff, .tif, .fit, .fits, .png oder .jpg) aus. Am unteren Rand des Dateidialogfensters muss „Files of type“ auf „Images for postprocessing (*.tiff *.tif *.fit *.fits *.png *.jpg)“ eingestellt werden.



Wenn der Benutzer auf „Open“ drückt, um das Dialogfenster zu schließen, werden die ausgewählten Jobs der Liste der im Hauptfenster angezeigten Jobs hinzugefügt. Diese Liste kann Stacking- und Postprocessing-Jobs in beliebiger Reihenfolge enthalten. Zusätzliche Jobs können durch Drücken von „Add

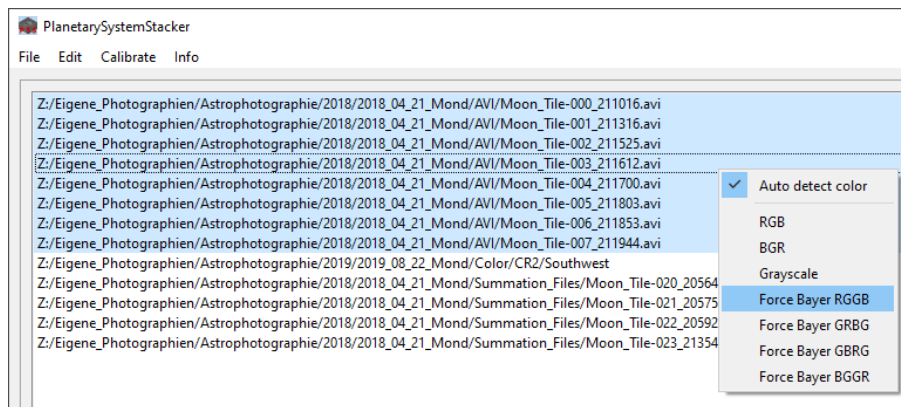
job(s)“ definiert werden, um das Job-Auswahl-Dialogfenster erneut zu öffnen. Alternativ können Files auch per „Drag-and-Drop“ aus einem File-Explorer in das Job-Editorfenster herübergezogen werden. Jobs können aus der Liste entfernt werden, indem man sie anklickt und „Remove selected job(s)“ oder die Taste „Entf“ drückt.



Bei Farbvideos wird das Debayering standardmäßig automatisch durchgeführt. Bei .ser-Videos wird die Angabe des Bayer-Musters aus dem Dateiheder übernommen. Bei .avi-, .mov- oder .mp4-Videos wird der erste Frame analysiert, um ein Bayer-Muster zu erkennen. Wenn sich bei der Dreikanal-Eingabe herausstellt, dass die Kanäle identisch sind, schaltet PSS auf „Grayscale“ um. Bei Farbvideos wird die Reihenfolge der Farbkanäle (RGB oder BGR) durch Vergleich des Rauschens im ersten und dritten Kanal erkannt. (Es wird davon ausgegangen, dass der Blaukanal immer der verrauschteste ist).

Alternativ kann der Benutzer das Bayer-Muster manuell angeben. Zu diesem Zweck wählt er einen Job (oder einen Bereich / Satz von Jobs) in der Jobliste aus und drückt die rechte Maustaste, um das Kontextmenü zu öffnen:

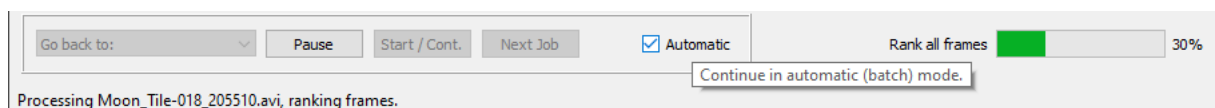
Das aktuell für die Stelle registrierte Bayer-Muster wird geprüft. Es kann in ein beliebiges anderes Muster geändert werden, das über das Kontextmenü angeboten wird. Dasselbe kann für alle Jobs getan werden, indem der Parameter „Auto detect color“ im Menüdialog „Edit / Edit configuration“ geändert wird.



Wenn alle Jobs definiert sind, wird die Job-Spezifikation durch Drücken von „OK“ abgeschlossen.

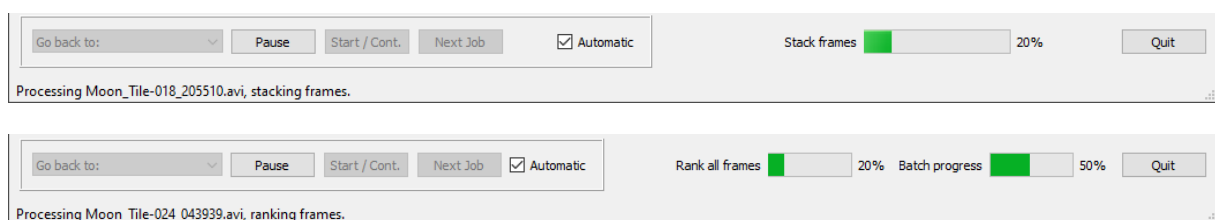
4.4 Starten und Steuern des Workflows

Durch Drücken von „Start / Continue“ startet PlanetarySystemStacker die Verarbeitung der Jobs in sequenzieller Reihenfolge, entweder interaktiv oder im Batch-Modus (vollautomatisch). Durch Aktivieren / Deaktivieren des Kontrollkästchens „Automatisch“ am unteren Rand der Haupt-GUI kann der Benutzer während der Ausführung jederzeit zwischen den beiden Modi hin- und herschalten.



Sollen viele Videodateien verarbeitet oder viele Bilder desselben Mondpanoramas nachbearbeitet werden, empfiehlt es sich, den ersten Auftrag im interaktiven Modus zu bearbeiten („Automatic“ nicht aktiviert). PSS stoppt dann bei jedem Verarbeitungsschritt und fordert den Benutzer auf, die Parameter nach Belieben anzupassen. Nach dem ersten Job markiert der Benutzer das Kästchen „Automatic“, und PSS fährt mit der automatischen Verarbeitung aller übrigen Jobs unter Verwendung des angepassten Parametersatzes fort.

Wenn die Batch-Verarbeitung aktiv ist, kann der Benutzer jederzeit die Kontrolle übernehmen, indem er das Kästchen „Automatic“ deaktiviert. PSS beendet einfach den aktuellen Verarbeitungsschritt und schaltet zurück in den interaktiven Modus.



Während rechenintensiver Verarbeitungsphasen zeigt PSS einen Fortschrittsbalken am unteren Rand der GUI an. Wenn mehrere Jobs verarbeitet werden, zeigt ein zweiter Fortschrittsbalken den Anteil der beendeten Jobs an. Die Statuszeile zeigt Informationen über die verarbeiteten Dateien und den aktuellen Verarbeitungsschritt an.

4.5 Ausführungsprotokoll

Es kann sehr nützlich sein, die Ausführungsdetails eines Jobs nachzuvollziehen, insbesondere wenn im Batch-Modus etwas schief gelaufen ist oder wenn das resultierende Bild von geringerer Qualität ist als erwartet. Mit PSS kann der Benutzer zwischen verschiedenen Protokollvarianten wählen.

```
*****
16-58-29.6 Start processing D:/58-Development/Python/PlanetarySystemStacker/Examples/Moon_2018-03-24/short_video.avi
*****

Stacking parameters: | Value |
-----|-----|
Noise level (add Gaussian blur) | 7 |
Frame stabilization mode | Surface |
Automatic frame stabilization | True |
Stabilization patch size (% of frame size) | 33 |
Stabilization search width (pixels) | 60 |
Percentage of best frames for reference frame computation | 5 |
Alignment box width (pixels) | 48 |
Max. alignment search width (pixels) | 34 |
Minimum structure | 0.04 |
Minimum brightness | 10 |
Percentage of best frames to be stacked | 10 |

16-58-29.6 *** Buffering level is 2 ***
Number of images: 101, image shape: (960, 1280, 3)
No matching master dark / flat frames found, calibration de-activated
RAM required (Gbytes): 0.420558, available: 9.62912256
16-58-29.6 *** Start ranking images ***
Index of best frame: 31
16-58-34.5 *** Initializing frame alignment ***
Alignment rectangle, computed automatically: 618xc880, 634xc1010
16-58-34.5 *** Start aligning all frames ***
Pixel range common to all frames: 1cy960, 3cx1279
16-58-35.1 *** Start computing the average frame ***
The average frame was computed using the best 6 frames.
16-58-35.4 *** Start creating alignment points ***
Number of alignment points selected: 422, aps dropped because too dim: 1, aps dropped because too little structure: 0
16-58-35.5 *** Start ranking all frames at all alignment points ***
16-58-35.9 *** Start stacking 11 frames ***

Distribution of shifts at alignment points:
Shift (pixels): | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
Percent: | 38.410 | 54.459 | 6.312 | 0.646 | 0.180 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.022 |

Failed shift measurements: 0.043 %

16-58-38.2 *** Start merging all alignment patches and the background ***
16-58-38.6 *** Start saving the stacked image ***
The stacked image was written to: D:/58-Development/Python/PlanetarySystemStacker/Examples/Moon_2018-03-24/short_video_pss.fits
```

löschen.

Insbesondere wenn viele Jobs verarbeitet werden, empfiehlt es sich, die Option „Store protocol with results“ zu setzen. In diesem Fall wird zusätzlich zu der sequentiellen Protokolldatei der zu einem bestimmten Job gehörende Teil als separate Datei geschrieben. Ihr Name ist abgeleitet von dem Namen des Job-Ergebnisses, wobei das Stacking-Suffix „_pss.png / .tiff / .fits“ durch „_stacking-log.txt“ ersetzt wird. Auf diese Weise ist es einfach, die Protokolldatei mit der entsprechenden Job-Ausgabe zu verknüpfen. Im Falle von Postprocessing-Jobs entspricht die Endung „_postproc-log.txt“ dem Postprocessing-Ergebnis „_gpp.png / .tiff / .fits“.

4.6 Lesen von Eingabedaten und Zwischenspeichern von Bilddaten

Eingabedaten für das Stacking können groß sein. Im schlimmsten Fall ist die Eingabe-Videodatei selbst größer als der verfügbare RAM-Speicher. Erschwerend kommt hinzu, dass PSS zusätzlich zu den ursprünglichen Videobildern mehrere Bildvarianten verwendet, die sich aus der Anwendung bestimmter Filter ergeben:

1. Monochrome Versionen der Originalbilder (Tiefe wie Originalbilder, 8 oder 16 Bit)
2. Gaußsche Unschärfe zu 1 hinzugefügt. (immer 16 Bit)
3. Laplacian von 2., in beiden Koordinatenrichtungen um den Faktor 2 pixelreduziert (immer 8 Bit)

Da diese Varianten im Allgemeinen mehr als einmal verwendet werden, ist die Verarbeitung am schnellsten, wenn sie im Speicher gehalten werden können. Wenn der Arbeitsspeicher jedoch zu klein ist, ist dies nicht möglich. Leider ist es auch nicht möglich, sich auf den Paging-Mechanismus des Betriebssystems zu verlassen, da dies die Ausführung sehr verlangsamt.

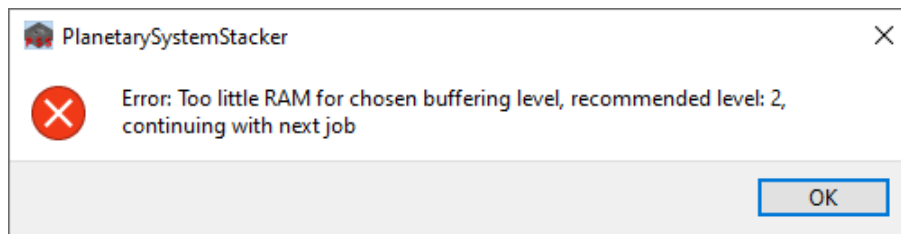
PSS bietet daher eine Reihe von Pufferungsstufen an. Welche am besten geeignet ist, hängt von der Größe der Eingabedaten und der Größe des verfügbaren RAM ab. Der Benutzer kann das am besten

Zunächst bestimmt der Parameter „Protocol detail level“ die Menge der zur Verfügung gestellten Informationen. Level „0“ bedeutet überhaupt keine Ausgabe. Auf Stufe „2“ werden detaillierte Informationen bereitgestellt, z.B. über die Anzahl der Ankerpunkte und die Verzerrungs-Verteilung. Wenn der Parameter „Write protocol to file“ angekreuzt ist, werden alle Protokolldaten an die Standarddatei „PlanetarySystemStacker.log“ im Home-Verzeichnis des Benutzers angehängt. Es ist eine gute Idee, diese Datei von Zeit zu Zeit zu

geeignete Schema im Konfigurationsdialog wählen (Parameter „Data buffering level“). Die folgenden Optionen stehen zur Verfügung:

- Stufe 0: Keine Pufferung. Die Original-Bilder werden während der Job-Ausführung mehrmals gelesen, und die Bild-Varianten werden bei Bedarf neu berechnet. Offensichtlich führt dieser Modus zur maximalen Rechenlast.
- Stufe 1: Die „Laplacian of Gaussian“ aller Bilder (Variante 3. oben) werden zwischengespeichert.
- Stufe 2: Zusätzlich werden die geglätteten monochromen Bilder (Variante 2. oben) zwischengespeichert.
- Stufe 3: Zusätzlich werden die monochromen Bilder (Variante 1. oben) zwischengespeichert.
- Stufe 4: Zusätzlich werden die Originalbilder zwischengespeichert.

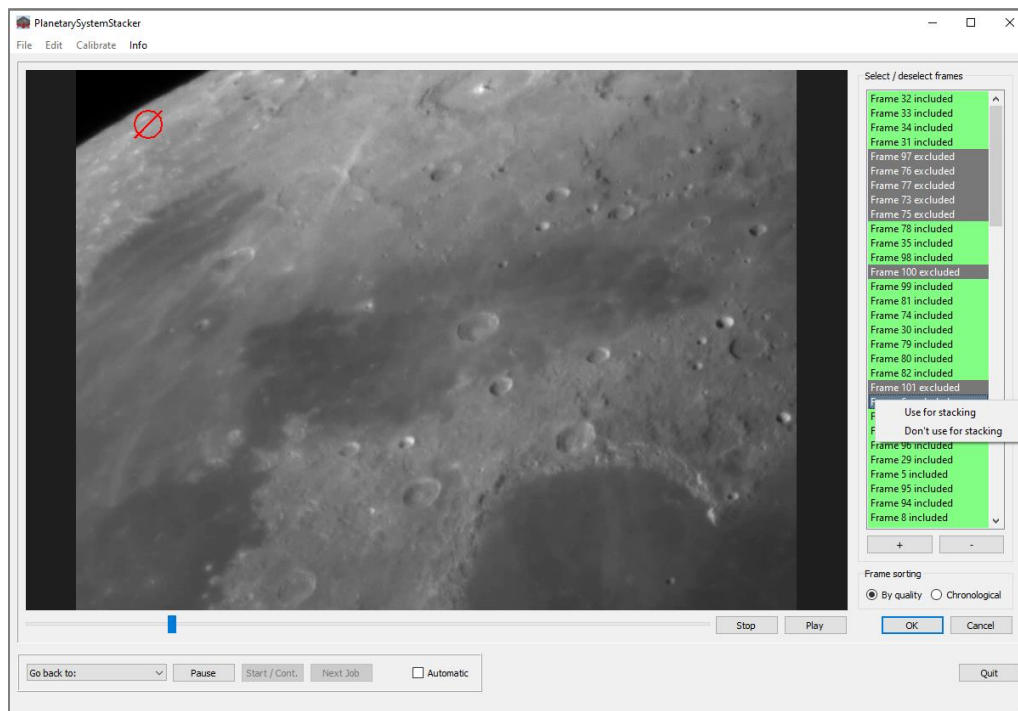
Auf Computern mit genügend RAM ist Level 4 die beste Wahl. Im Allgemeinen ist die Standardeinstellung „2“ ein guter Kompromiss zwischen Geschwindigkeit und RAM-Nutzung.



Zu Beginn jedes Jobs bestimmt PSS, wie viel RAM für diesen Job benötigt wird und wie viel verfügbar ist. Wenn die Protokollebene auf „2“ eingestellt ist, werden beide Werte in das Job-Protokoll geschrieben. Wenn nicht genügend RAM zur Verfügung steht, gibt PSS einen Fehler aus und fährt mit dem nächsten Job fort. Wenn die Protokoll-Stufe mindestens auf „1“ eingestellt ist, wird eine Empfehlung für die höchste Pufferungsstufe, die mit dem verfügbaren RAM kompatibel ist, in das Job-Protokoll geschrieben.

4.7 Ausschließen von fehlerhaften Bildern aus dem Stacking-Workflow

In einigen Videos gibt es beschädigte Bilder, die Probleme im Stacking-Workflow verursachen. Häufig weisen sie sogar scharfe Artefakte auf, die der Bild-Ranking-Algorithmus fälschlicherweise als Zeichen einer sehr hohen Qualität interpretiert. Es ist daher wichtig, fehlerhafte Bilder frühzeitig im Verarbeitungs-Workflow auszuschließen. Da dies für PSS nur sehr schwer automatisch zu bewerkstelligen ist, bietet das Programm einen optionalen Dialog an, in dem der Benutzer Bilder (oder ganze Bereiche von Bildern) markieren kann, die von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen werden sollen. Damit dieser Dialog angezeigt wird, muss das Kontrollkästchen „Dialog to exclude frames from stacking“ im Konfigurationsdialog aktiviert sein (siehe Anhang A: Konfigurationsparameter, Registerkarte „Bild-Parameter“).



Im linken Dialogfenster bietet ein Videoplayer die Möglichkeit, durch alle Bilder zu scrollen, entweder durch Ziehen des Schiebereglers mit der Maus oder durch Verwendung der Schaltflächen „Play“ und „Stop“ des Videoplayers. Ein Linksklick auf den Schieberegler links oder rechts neben dem Griff ändert die Position in Einzelbildschritten. Im rechten Dialogabschnitt wird eine Liste aller Bilder angezeigt, die entweder nach Qualität oder chronologisch sortiert ist. Jedes Einzelbild ist als in den Arbeitsablauf eingeschlossen oder aus diesem ausgeschlossen gekennzeichnet. Die Bildlaufleiste-Aktion dieser Liste ist mit dem Videoplayer synchronisiert. Um den Status von Bildern zu ändern, markieren Sie zunächst deren Indizes in der Liste. Dann gibt es drei Möglichkeiten, ihren Status zu ändern:

- Drücken Sie die Schaltflächen „+“ oder „-“ unterhalb der Liste,
- Drücken Sie die Tasten „+“ oder „-“ auf der Tastatur, oder
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste (zum Öffnen des Kontextmenüs, wie oben abgebildet), und wählen Sie dann die gewünschte Aktion.

Wenn der Videoplayer ein Bild anzeigt, das als „excluded“ (ausgeschlossen) markiert wurde, erscheint ein rotes „X“ in der oberen linken Ecke des Bildes.

Um die Ergebnisse des Dialogs zu bestätigen, drücken Sie die Schaltfläche „OK“; um alle in diesem Dialog vorgenommenen Änderungen zu verwerfen, drücken Sie „Cancel“. Bitte beachten Sie, dass Sie später im Arbeitsablauf zu dieser Bearbeitungsphase zurückkehren können, indem Sie „Go back to → Select frames“ wählen.

4.8 Bild-Stabilisierung

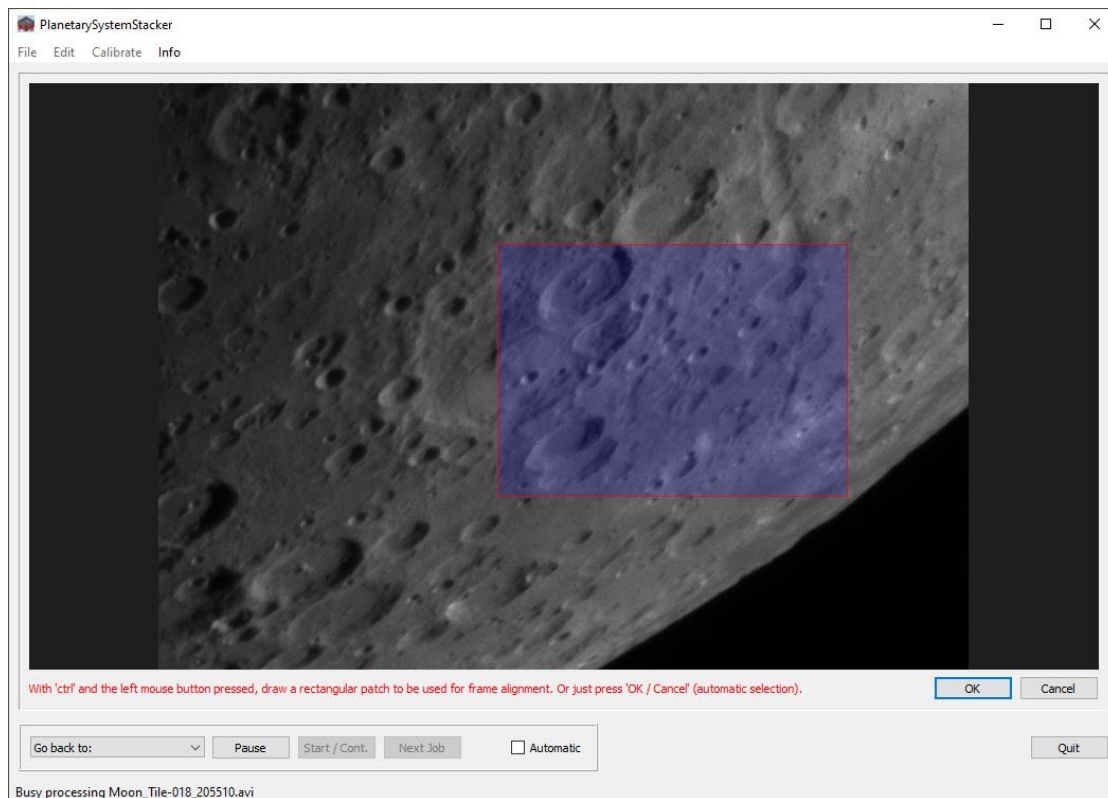
Bevor die Bilder gestackt werden, müssen sie zunächst grob zueinander ausgerichtet werden. Auf diese Weise werden Drift-Effekte durch schlechte Ausrichtung der Montierung oder Nachführungsungenauigkeiten beseitigt. PSS bietet zwei Stabilisierungsmodi:

- Im Modus „Planet“ wird angenommen, dass sich irgendwo im Bild ein Planet befindet, der vollständig von dunklem Himmel umgeben ist. In diesem Fall ist die Bildstabilisierung sehr einfach

und zuverlässig. Es wird daher dringend empfohlen, diese Option zu verwenden, wann immer es angebracht ist.

- In allen anderen Fällen muss „Surface“ verwendet werden. Dies ist normalerweise bei Mond- oder Sonnenaufnahmen der Fall. Im Surface-Modus muss im Bild ein sogenannter „Stabilisierungsanker“ gewählt werden. Durch den Vergleich seiner Position in allen Bildern bestimmt PSS die Drift zwischen ihnen. Natürlich ist es entscheidend, einen geeigneten Anker auszuwählen.
- Auch ist es wichtig, den Parameter „Stabilization search width“ hoch genug einzustellen. Wenn die Drift zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einzelbildern diesen Wert überschreitet, schlägt die Stabilisierung fehl und der Job wird abgebrochen. Versuchen Sie es in diesem Fall erneut mit einem höheren Wert.

PSS bietet an, den Stabilisierungsanker automatisch zu setzen (markieren Sie „Automatic frame stabilization“). Wenn diese Option gewählt wird, können zusätzliche Parameter („patch size“ und „search width“) geändert werden, um den automatischen Algorithmus zu steuern. Offensichtlich ist im Batch-Modus die automatische Stabilisierung die einzige Wahl, so dass der Konfigurationsparameter „Automatic frame stabilization“ keine Wirkung hat.



Wenn der Benutzer sich dafür entscheidet, den Stabilisierungsanker im interaktiven Modus manuell zu definieren, muss er die Markierung des Konfigurationsparameters „Automatic frame stabilization“ deaktivieren. PSS unterbricht den Job-Ablauf, zeigt dem Benutzer die gesamte vom Video abgedeckte Szene und fordert ihn auf, den Stabilisierungsanker als rechteckiges Feld zu zeichnen. Da dies das erste Mal im Job-Ablauf ist, dass der Bildbetrachter erscheint (zumindest, wenn der Bildauswahldialog nicht aktiv ist), ist dies der Zeitpunkt, seine allgemeinen Merkmale zu erklären:

- Zunächst zeigt der Betrachter das Vollbild. Mit Hilfe des Scrollrades (oder der Tasten „+“ und „-“) kann der Benutzer hinein- und herauszoomen. Das seitliche Verschieben (Schwenken) der Szene erfolgt durch Bewegen der Maus bei gedrückter linker Maustaste.

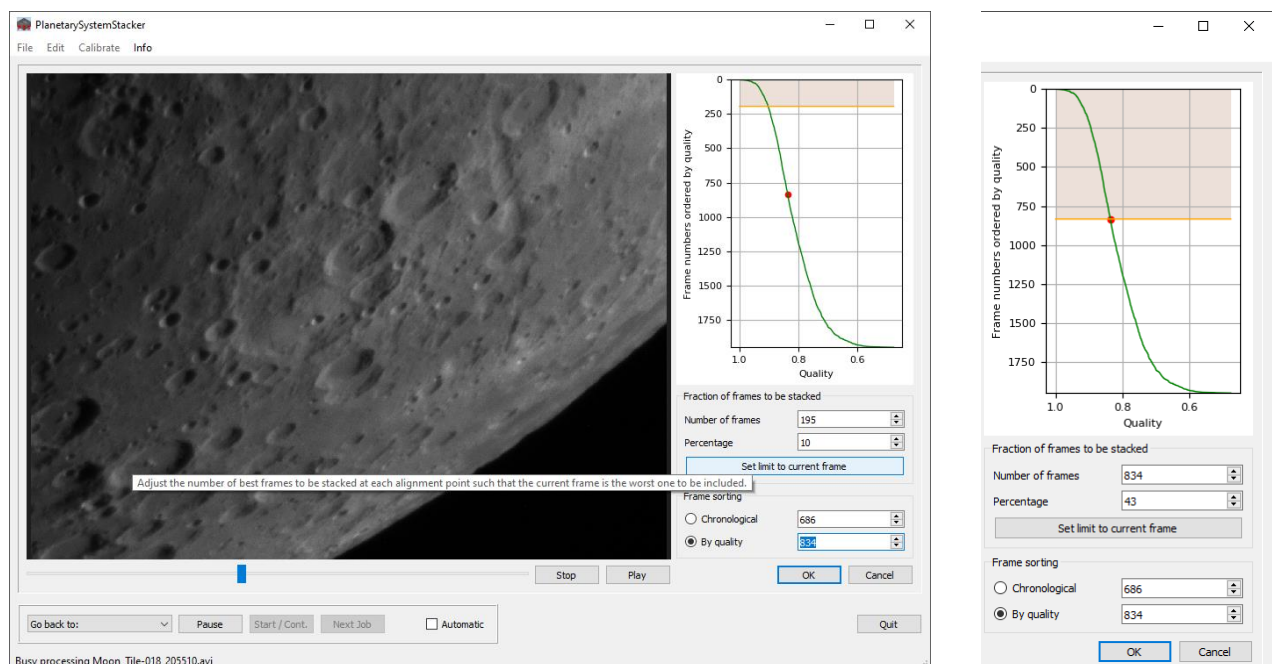
- Wenn der Inhalt der Ansicht manipuliert werden soll, wie in diesem Fall durch das Zeichnen des rechteckigen Feldes, muss während der Manipulation die „Ctrl“-Taste gedrückt gehalten werden. Solange die Taste gedrückt bleibt, verwandelt sich das Handsymbol an der Stelle des Mauszeigers in einen Pfeil.
- Das Zeichnen eines rechteckigen Feldes erfolgt durch Drücken einer Maustaste (in diesem Fall der linken) an einer Ecke des Feldes und Bewegen der Maus in die gegenüberliegende Ecke.
- Weitere Manipulationsmöglichkeiten hängen vom Anwendungsfall ab und sind dort beschrieben.

Der als Stabilisierungsanker gewählte Bereich sollte möglichst viel kleinräumigen Kontrast (sowohl vertikal als auch horizontal) enthalten und groß genug sein. In der Regel sind etwa 30% der Rahmengröße (pro Koordinatenrichtung) eine gute Wahl.

Sobald der Stabilisierungsanker ausgewählt ist, bestätigt der Benutzer die Wahl durch Drücken von „OK“. Wenn stattdessen „Cancel“ gedrückt wird, definiert PSS den Stabilisierungsanker automatisch. Dies geschieht auch, wenn der vom Benutzer ausgewählte Anker zu klein (weniger als 20%) oder zu groß (mehr als 70%) ist.

Nach Abschluss des Bildstabilisierungsprozesses berechnet PSS den allen Bildern gemeinsamen Bildbereich. Dieser Bereich ist die Grundlage für alle Verarbeitungsschritte ab diesem Punkt.

4.9 Einstellen der Stacking-Rate



Im nächsten Schritt entscheidet der Benutzer, wie viele Bilder zum Stacken verwendet werden. Die GUI öffnet eine Ansicht auf die Szene, in der die Frames entweder nach abnehmender Gesamtqualität oder chronologisch geordnet angezeigt werden. Mit einem horizontalen Schieberegler kann der Benutzer durch alle Bilder scrollen. Alternativ kann er „Play“ / „Stop“ drücken, um die Bilder als Video anzuzeigen.

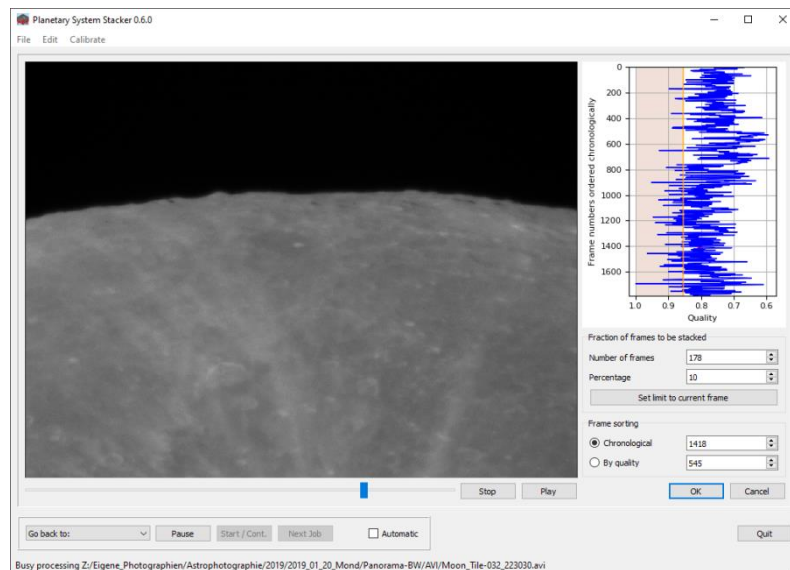
Das Diagramm auf der rechten Seite zeigt die Position des aktuellen Bilds in der ausgewählten Reihenfolge (vertikale Achse) und seine relative Qualität (horizontale Achse). Der schattierte Bereich zeigt den

Anteil der zu stackenden Bilder an. Die Stacking-Grenze kann durch Ändern der Werte in den Feldern

„Number of frames“ (Anzahl der Bilder) oder „Percentage“ (Prozentsatz) verschoben werden.

Alternativ dazu kann durch Drücken der Taste „Set limit to current frame“ die Grenze des schattierten Bereichs an die Position des gerade angezeigten Bildes verschoben werden. Das Ergebnis ist im Ausschnitt auf der rechten Seite zu sehen.

Durch Setzen des Kontrollkästchens „Frame ordering“ können Bilder entweder nach Qualität

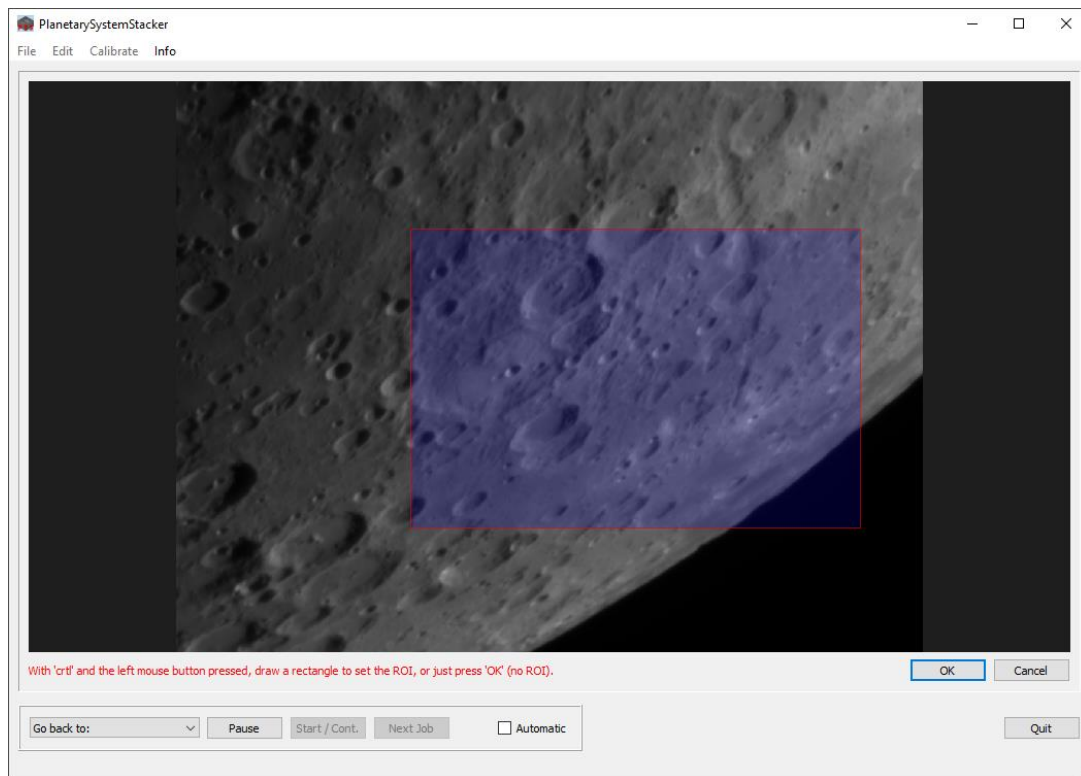


oder chronologisch geordnet werden. Im letzteren Fall, wie links dargestellt, zeigt die Qualitätsgrafik in der Regel viele Ausschläge in beide Richtungen, was auf schnelle seeingbedingte Qualitätsschwankungen zurückzuführen ist.

Bitte beachten Sie, dass bei chronologischer Anordnung der schattierte Bereich, der die zum Stacken verwendeten Bilder zeigt, vertikal ausgerichtet ist. Die Auswahl der Stacking-Rate wird mit „OK“ bestätigt.

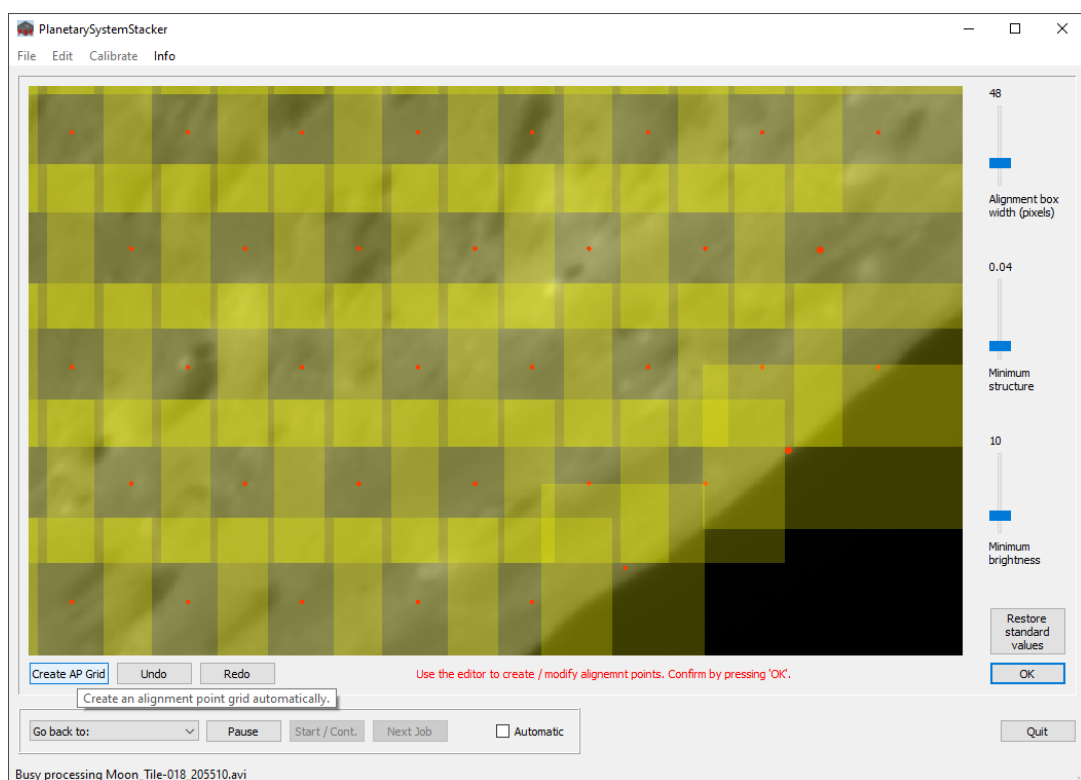
4.10 Festlegung einer Ausschnitts-Region (ROI)

Optional kann das Stacking auf eine so genannte „Region of Interest“ (ROI) beschränkt werden, die kleiner ist als der Schnittpunkt aller Frames. Zur Angabe ihrer Größe öffnet sich ein Viewer und fordert den Benutzer auf, die ROI als rechteckigen Bereich auszuwählen (wie in Abschnitt 4.8 oben beschrieben). Die Auswahl der Vollansicht anstelle einer ROI erfolgt durch einfaches Drücken von „OK“.



4.11 Ankerpunkte auswählen

In der nächsten Ansicht werden die Ankerpunkte (APs) ausgewählt, die zum Entzerren der einzelnen Bilder verwendet werden. Wieder öffnet sich ein Viewer mit den Bedienelementen rechts und unten. Zunächst zeigt die Ansicht die komplette Szene (wenn eine ROI ausgewählt wurde, ist die Ansicht auf diesen Bereich beschränkt). Ankerpunkte können automatisch generiert oder vom Benutzer individuell gesetzt werden:



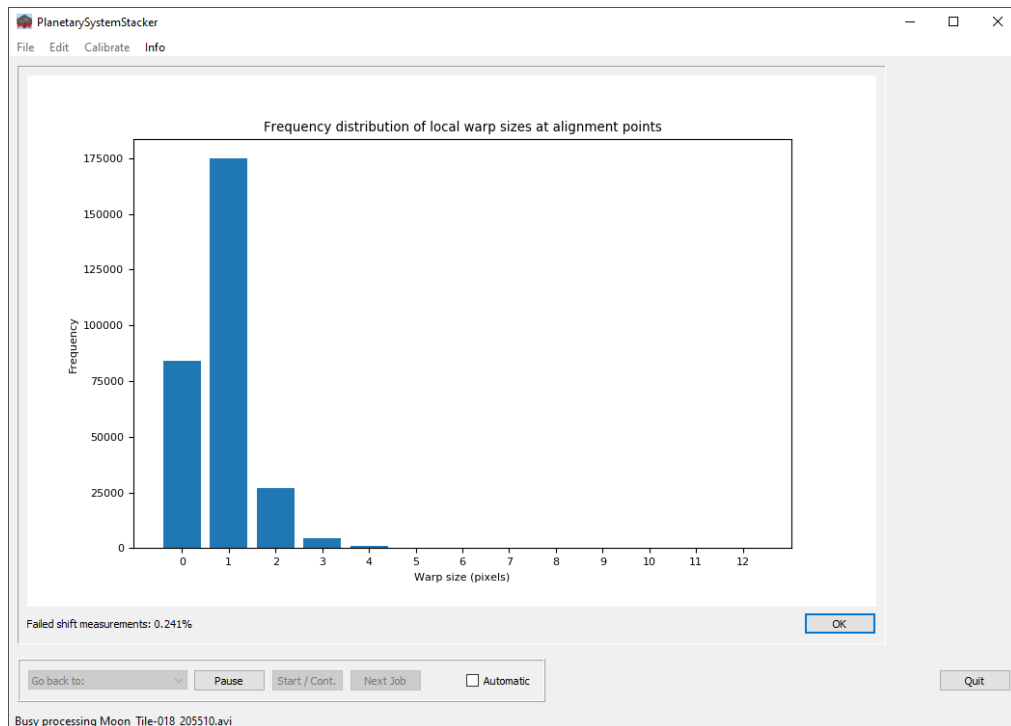
- Um APs automatisch zu erstellen, drücken Sie den Knopf „Create AP Grid“. Die Größe der einzelnen AP-Felder wird durch Ändern des Schiebereglers „Alignment box width“ auf der rechten Seite gesteuert. Die Schwellenwerte für den Ausschluss von Bereichen, die zu dunkel sind (z.B. Himmelshintergrund) oder zu wenig Struktur enthalten, können durch Verschieben der beiden anderen Schieberegler verändert werden.
- Wurden die Einstellungen der Schieberegler verändert, können sie durch Drücken der Schaltfläche „Restore standard values“ auf Standardwerte zurückgesetzt werden.
- Nach dem Ändern der Schieberegler-Einstellungen drücken Sie erneut „Create AP Grid“, um ein neues AP-Gitter mit den aktuellen Einstellungen zu berechnen.
- APs können manuell gelöscht, hinzugefügt und modifiziert werden. Auf diese Weise kann der Benutzer das Gitter nach Bedarf anpassen. All diese Manipulationen werden bei gedrückter „Ctrl“-Taste durchgeführt.
 - Um einen AP zu löschen, platzieren Sie den Mauszeiger in der Nähe seiner Mitte (roter Punkt) und drücken Sie die rechte Maustaste.
 - Um eine ganze AP-Region zu löschen, öffnen Sie einen rechteckigen Bereich, indem Sie die Maus bewegen, während Sie die rechte Maustaste gedrückt halten. Wenn die Taste losgelassen wird, werden alle APs in dem Patch entfernt.
 - Um einen AP zu verschieben, drücken Sie die linke Maustaste auf einem AP und ziehen Sie den AP mit der Maus an die neue Position.
 - Um die Größe eines AP-Feldes zu ändern, bewegen Sie die Maus in die Nähe des AP-Zentrums und drehen Sie am Scrollrad, um die Größe zu ändern.
 - Um einen AP hinzuzufügen, klicken Sie mit der linken Maustaste auf die gewünschte Stelle. Dort wird ein AP mit (zunächst) der Standardgröße (siehe Schieberegler rechts) erstellt.
- Alle diese AP-Operationen können durch Drücken der Tasten „Undo“ oder „Redo“ rückgängig gemacht werden. Die Größe des Undo-Stapels ist unbegrenzt. Und wie bei allen anderen PSS-Viewern wird auch hier das Zoomen und Schwenken unterstützt.
- Es ist nicht erforderlich, dass die APs das Objekt vollständig abdecken. Wenn das Objekt durch ein Loch im AP-Gitter „hindurchscheint“, hat dies Konsequenzen für das gestackte Bild in diesem Bereich:
 - An dieser Stelle gibt es keine Korrektur für lokale Bildverzerrungen. Nur die globale Bildverschiebung wird korrigiert.
 - Die Menge der gestackten Einzelbilder wird auf der Grundlage der globalen Bildqualität berechnet, nicht auf der Grundlage der lokalen Schärfe.

Im Allgemeinen führt dies zu einer geringeren Auflösung in diesen Bereichen.

Die optimale AP-Größe hängt sehr stark von der Qualität der Eingabedaten ab. Wenn Bilder sehr wenig lokalen Kontrast aufweisen, führen größere AP-Felder zu besseren Ergebnissen. Wenn die Auflösung sehr gut ist, aber die seeingbedingte Verzerrung stark ist, sind kleine AP-Felder besser. Die beste Vorgehensweise ist, mit verschiedenen AP-Größen zu experimentieren, beginnend mit einem etwas größeren Wert (z.B. 100 Pixel), und kleinere Größen auszuprobieren, bis sich die Qualität des gestackten Bildes nicht weiter verbessert.

4.12 Stacking der Bilder

Wenn die AP-Auswahl abgeschlossen ist, hat PSS alle Informationen gesammelt, die es zum Stacken der Bilder benötigt. Zunächst identifiziert das Programm an jedem AP die lokal schärfsten Bilder. Diese werden dort zum Stacken verwendet. Da das Seeing ein sehr lokales Phänomen ist, werden die Bild-Sätze für verschiedene APs unterschiedlich sein. Dann wird für jeden AP und jedes beitragende Bild die lokale Verschiebung relativ zu einem Referenz-Bild gemessen und das verschobene AP-Feld dem Stacking-Puffer hinzugefügt. Fortschrittsbalken werden während des gesamten Prozesses regelmäßig aktualisiert.



Wenn die Aufnahmen mit "Undersampling" erstellt wurden, kann die „Drizzle“-Technik helfen, die volle optische Auflösung wiederherzustellen. Um „Drizzle“ in PSS zu aktivieren, muss der Konfigurationsparameter "Use drizzling factor in stacking" in der Sektion „Stacking Parameters" auf einen der Werte "1.5x", "2x" or "3x" gesetzt werden. Wenn "Drizzle" aktiviert ist, werden die lokalen Verschiebungen an den Ankerpunkten mit Subpixel-Genauigkeit berechnet. Die Eingabebilder werden auf die höhere Pixelzahl interpoliert, und die Ankerpunktfelder werden mit der "Drizzle"-Auflösung gestackt. Die Pixel-Dimensionen des berechneten Summenbildes erhöhen sich um den gewählten Faktor.

Wenn das Stacking abgeschlossen ist, zeigt ein Diagramm die Häufigkeitsverteilung der lokalen Verschiebungen an allen APs und allen beitragenden Bildern. Normalerweise treten kleine Verschiebungen (wenige Pixel) am häufigsten auf. Wenn sich die Verteilung zu sehr in Richtung größerer Zahlen erstreckt, könnte dies auf eine geringe Stackingqualität zurückzuführen sein. In diesem Fall empfiehlt es sich, z.B. mit verschiedenen Parametern zu experimentieren:

- Erhöhen Sie den Parameter „Noise level (add Gaussian blur)".
- Erhöhen Sie die AP-Größe.
- Eliminieren Sie APs in Bereichen mit zu wenig Struktur.

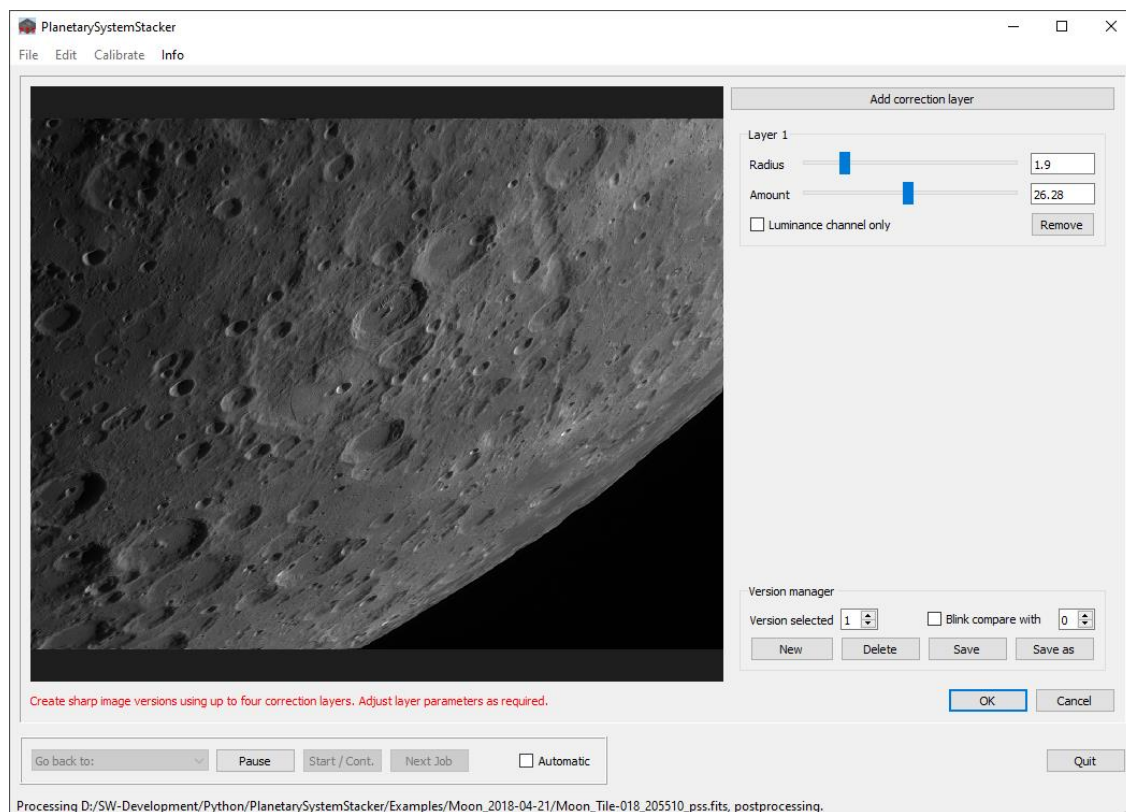
Ein weiterer Qualitätsindikator für die Verzerrungs-Kompensation ist der Anteil der fehlgeschlagenen Verschiebungsmessungen, der unter dem Verschiebungsverteilungsdiagramm angezeigt wird. Wenn dieser Wert über 5% liegt, wird er in roter Farbe geschrieben. In diesem Fall ist es eine gute Idee, mit verschiedenen Parametereinstellungen zu experimentieren, wie oben besprochen. Ein hoher Wert bedeutet jedoch nicht unbedingt, dass die Ergebnisse schlecht sind. Andere Erklärungen sind ein sehr niedriger Kontrast im Bild oder ein Oversampling in der Optik/Kamera-Konfiguration.

Nachdem Sie die Verschiebungsverteilung überprüft haben, drücken Sie „OK“, um den aktuellen Job zu beenden. Das gestackte Summenbild wird im 16bit .png-, .tiff- oder .fits-Format in das Dateisystem in denselben Ordner geschrieben, in dem sich die Eingabedaten befinden. Der Name entspricht dem der Eingabevideodatei oder des Eingabe-Bildordners, erweitert um die Endung „_pss.png / .tiff / .fits“).

4.13 Postprocessing (Bildschärfung / Glättung)

Wie in Abschnitt 4.3 erläutert, kann PSS ein Standbild in einem Postprocessing-Job schärfen und/oder glätten. Die Eingabe für diese Art von Job ist eine einzelne Bilddatei, und das Einstellen und Anwenden des Filters ist die einzige Jobaktivität.

Als Alternative kann das Postprocessing eines gestackten Summenbildes als letzter Schritt in einem Stacking-Job erfolgen. In diesem Fall muss der Konfigurationsparameter „Stacking plus postprocessing“ vor dem Ende des Stacking-Jobs aktiviert werden.



Dieser Abschnitt beschreibt, wie das Postprocessing in PSS funktioniert. Wie oben für das Stacking erläutert, kann das Postprocessing entweder interaktiv oder im vollautomatischen Batch-Modus durchgeführt werden. Bei mehreren Postprocessing-Jobs mit ähnlichen Bildern ist zu empfehlen, den ersten Job interaktiv auszuführen und dann im Batch-Modus fortzufahren (durch Setzen des Kontrollkästchens „Automatic“). Schließlich können keine vernünftigen Standardwerte für das Schärfen / Glätten angege-

ben werden, so dass das Finden eines guten Parametersatzes nur in einer interaktiven Versuchsreihe möglich ist. PSS wurde entwickelt, um diesen interaktiven Prozess so effektiv wie möglich zu unterstützen.

Um das Experimentieren mit verschiedenen Parametersätzen zu unterstützen, bietet PSS die Möglichkeit, eine beliebige Anzahl von Verarbeitungsversionen zu definieren und zu vergleichen. Mit dem „version manager“ unten rechts können neue Versionen erstellt werden. Mit der Spinbox „Version selected“ kann eine andere Version ausgewählt werden. Andere GUI-Elemente in dieser Ansicht, wie z.B. „Delete“, „Save“, „Save as“ und die Filterdetails im Panel oben rechts beziehen sich auf die aktuell ausgewählte Version. Die Versionsnummer „0“ ist für das Originalbild reserviert, ohne dass eine Korrektur vorgenommen wird.

Die Schärfung in PSS wird unter Verwendung eines mehrschichtigen Unschärfmaskierungsalgorithmus implementiert. Für jede Verarbeitungsversion kann eine Hierarchie von bis zu vier Ebenen definiert werden. Jede Ebene wird definiert durch

- Ihre Weite (Radius, in Pixeln).
- Die Stärke (Amount), mit der sich die Ebene auswirkt. Wählen Sie einen positiven Wert, um das Bild zu schärfen, oder einen negativen Wert, um es zu glätten. Das Glätten kann nützlich sein, um hochfrequentes Rauschen zu entfernen, das durch eine vorhergehende Schärfungsebene erzeugt wurde.

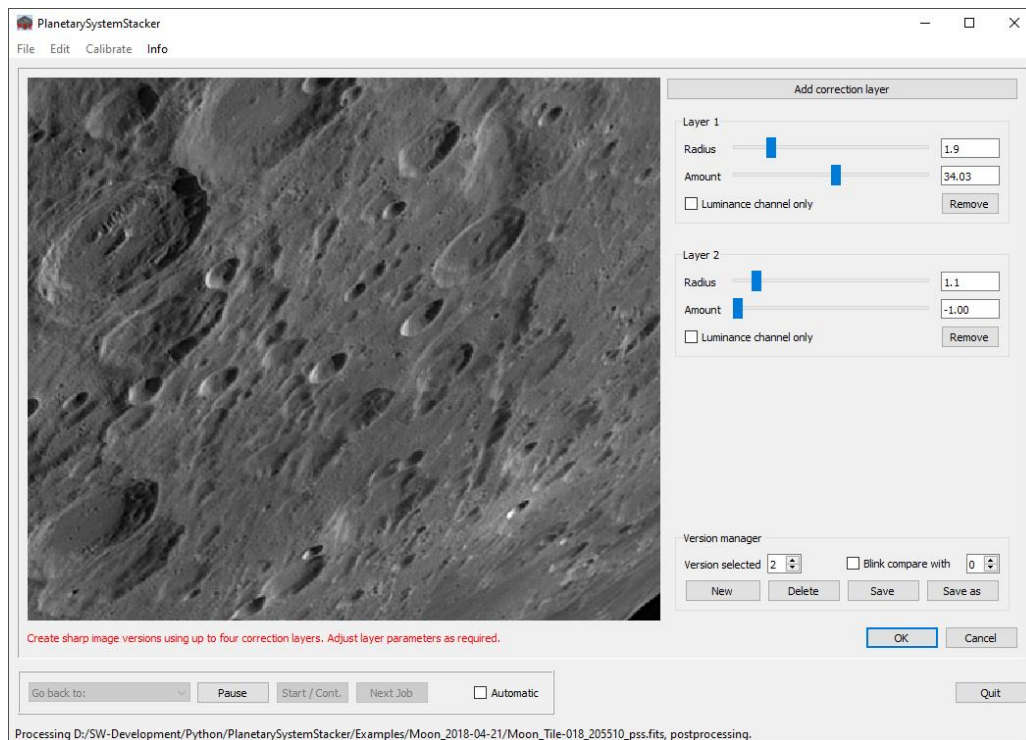
Eine Ebene kann entweder nur den Luminanzkanal oder alle Farbkanäle beeinflussen. Die Auswahl wird durch entsprechendes Setzen eines Kontrollkästchens getroffen.

Wenn die Postprocessing-Ansicht in der GUI geöffnet wird, zeigt der Viewer auf der linken Seite das Eingabebild, wobei das im Versionsmanager ausgewählte Schärfungsmodell angewendet wird. Wenn PSS zum ersten Mal aufgerufen wird, beginnt es zusätzlich zum Originalbild (Version „0“) mit einer anfänglichen Version 1, die aus einer trivialen einzelnen Korrekturebene besteht (Radius = 1.0, Stärke = 0., d.h. es wird keine Korrektur angewendet, Schärfung in allen Farbkanälen).

Ebenen werden durch Drücken der Schaltflächen „Add correction layer“ und „Remove“ hinzugefügt bzw. entfernt. Wenn Ebenenparameter geändert werden, wird der Bildbetrachter sofort aktualisiert. Bei großen Bildern erscheint in der Statuszeile eine „busy“-Meldung, bis die Aktualisierung abgeschlossen ist.

Im untenstehenden Beispiel wurde eine zweite Ebene (mit einem negativen Betrag) hinzugefügt, um hochfrequentes Rauschen im Luminanzkanal zu entfernen. Die Zoom-Funktion des Betrachters wird verwendet, um den Filtereffekt im Detail zu betrachten.

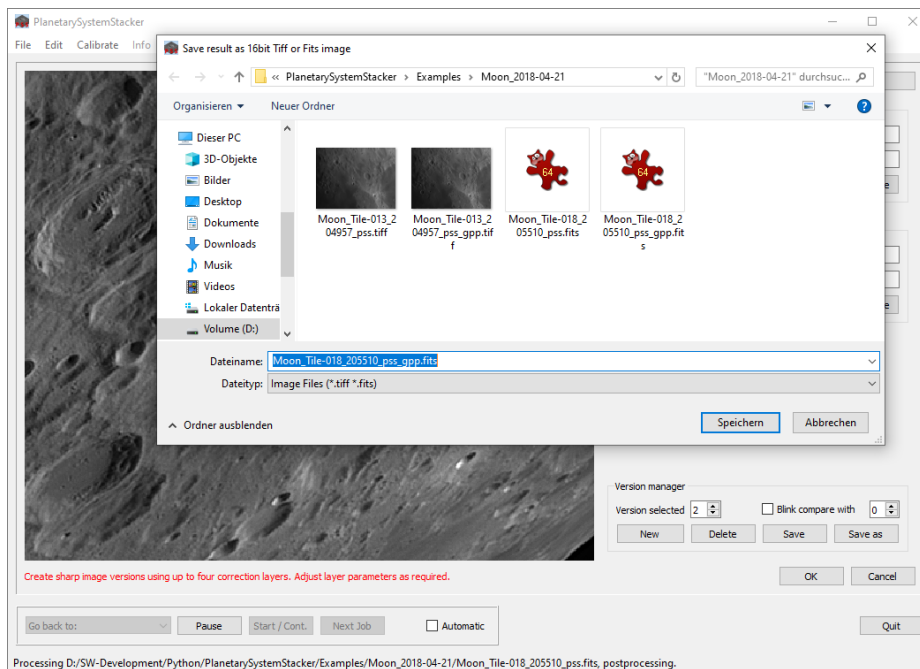
Wenn der Benutzer den Versionsmanager-Button „New“ drückt, wird eine neue Version mit den gleichen Parametereinstellungen wie die aktuell gewählte Version an die Versionsliste angehängt, und der Versionswähler schaltet auf die neue Version um. Auf diese Weise ist es einfach, Varianten bestehender Versionen zu erstellen und sie mit der Version zu vergleichen, von der sie abgeleitet wurden.



Mit dem „Blinkkomparator“ können verschiedene Versionen miteinander verglichen werden. Zuerst wird zusätzlich zu der gewählten Version eine weitere Version in der Spin-Box rechts ausgewählt. Wenn beide Versionen eingestellt sind, bewirkt das Aktivieren des Kästchens „Blink compare with“, dass der Viewer zwischen ihnen wechselt. Die Nummer der aktuell im Viewer angezeigten Version wird in Rot angezeigt. Während der Blinkkomparator läuft, können die Ebenenparameter der ausgewählten Version geändert werden. Ebenen können hinzugefügt oder entfernt werden. Auch die Auswahl der beiden angezeigten Versionen kann geändert werden. Zu guter Letzt kann, wie bei allen PSS-Viewern, durch Zoomen und Schwenken die Wirkung des Schärfungsmodells im Detail untersucht werden.



Sobald der Benutzer mit der gewählten Version zufrieden ist, löst das Drücken der Schaltfläche „OK“ aus, dass PSS diese Bildversion zusammen mit dem Eingabebild (als 16bit .png, .tiff oder .fits Bild) speichert. Der Dateiname ist der des Eingabebildes, erweitert um die Endung „_gpp.png / .tiff / .fits“. Die Parameter aller Nachbearbeitungsversionen und die Nummer der ausgewählten Version werden in der Konfigurationsdatei gespeichert. Wenn die Nachbearbeitungs-Ansicht das nächste Mal geöffnet wird, werden alle Versionen und der Auswahlindex wiederhergestellt.



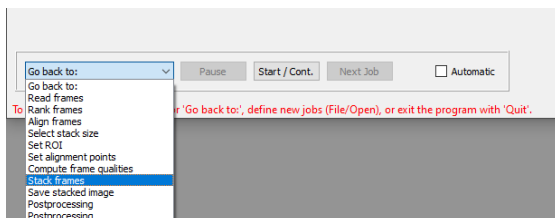
Zusätzlich kann der Benutzer die gewählte Nachbearbeitungs-version an einem beliebigen Ort im Dateisystem speichern, indem er die Schaltfläche „Save as“ drückt.

Verschiedene Nachbearbeitungskonfigurationen können über die Menüeinträge „File / Save configura-

tion“ und „File / Load configuration“ jederzeit gespeichert und wiederhergestellt werden (siehe oben in Abschnitt 4.1).

4.14 Ende des Programms

Wenn ein Job im interaktiven Modus beendet ist, kann der Benutzer PSS anweisen, die Ausführung zu wiederholen, beginnend mit einer ausgewählten Job-Phase. Durch Drücken des Auswahlfeldes „Go back to“ wird ein Panel mit den verfügbaren Phasen geöffnet. Dies kann nützlich sein, wenn man Parameter ändern möchte, die nur spätere Jobphasen betreffen, ohne den gesamten Job zu wiederholen.



Wenn alle Jobs abgeschlossen sind, kehrt PSS in seinen Ausgangszustand zurück. Neue Jobs können über den „File / Open“-Dialog ausgewählt werden. Wenn keine Jobs mehr übrig sind, kann der Benutzer das Programm durch Drücken der Schaltfläche „Quit“ verlassen. Als letzte Aktivität speichert PSS die aktuelle Konfiguration in der Standardkonfigurationsdatei und schließt alle Protokolldateien.

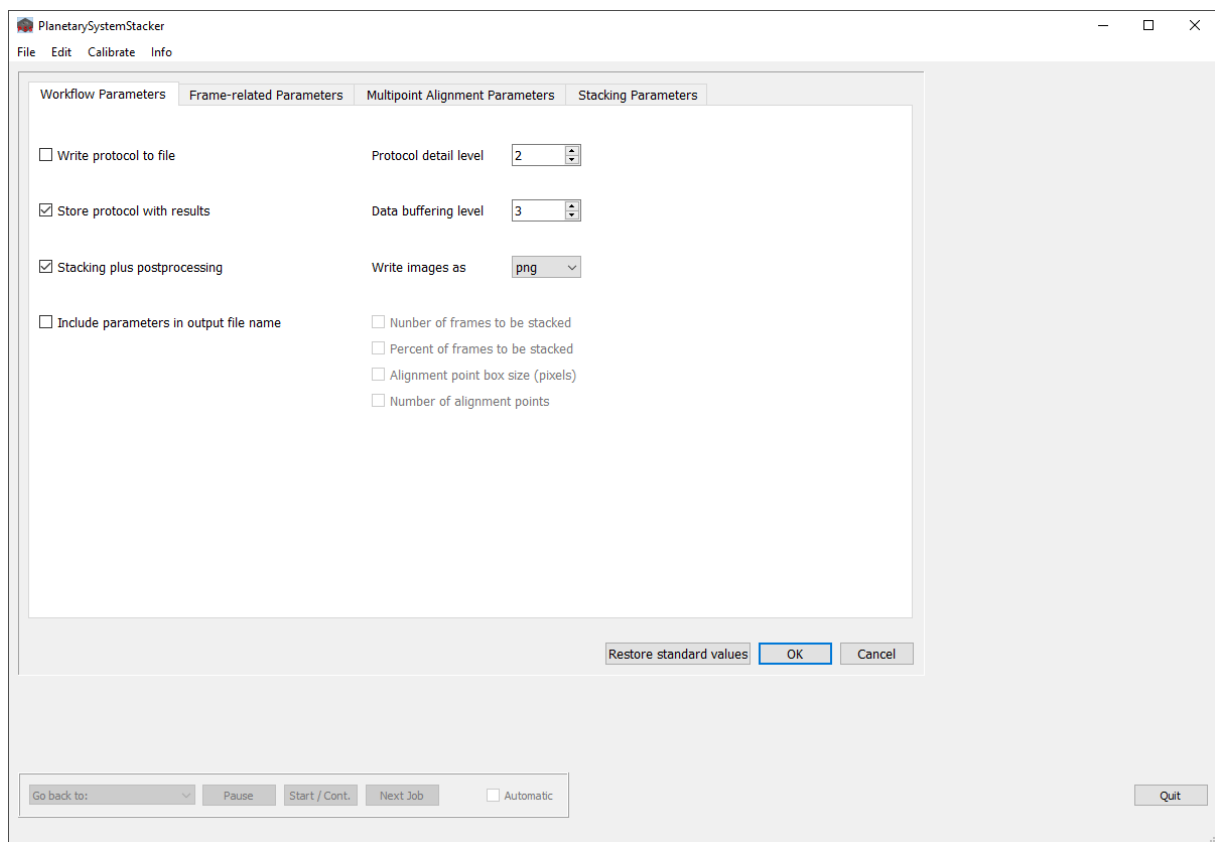
Anhang A: Konfigurationsparameter

Der Konfigurationsdialog ermöglicht die Eingabe benutzerspezifischer Werte für verschiedene Parameter. Der Dialog ist in Registerkarten organisiert, deren vier Abschnitte enthalten:

- Workflow-Parameter,
- Bild-Parameter,
- Mehrpunkt-Ausrichtungparameter,
- Stacking-Parameter.

Die folgenden Tabellen enthalten Definitionen aller Parameter.

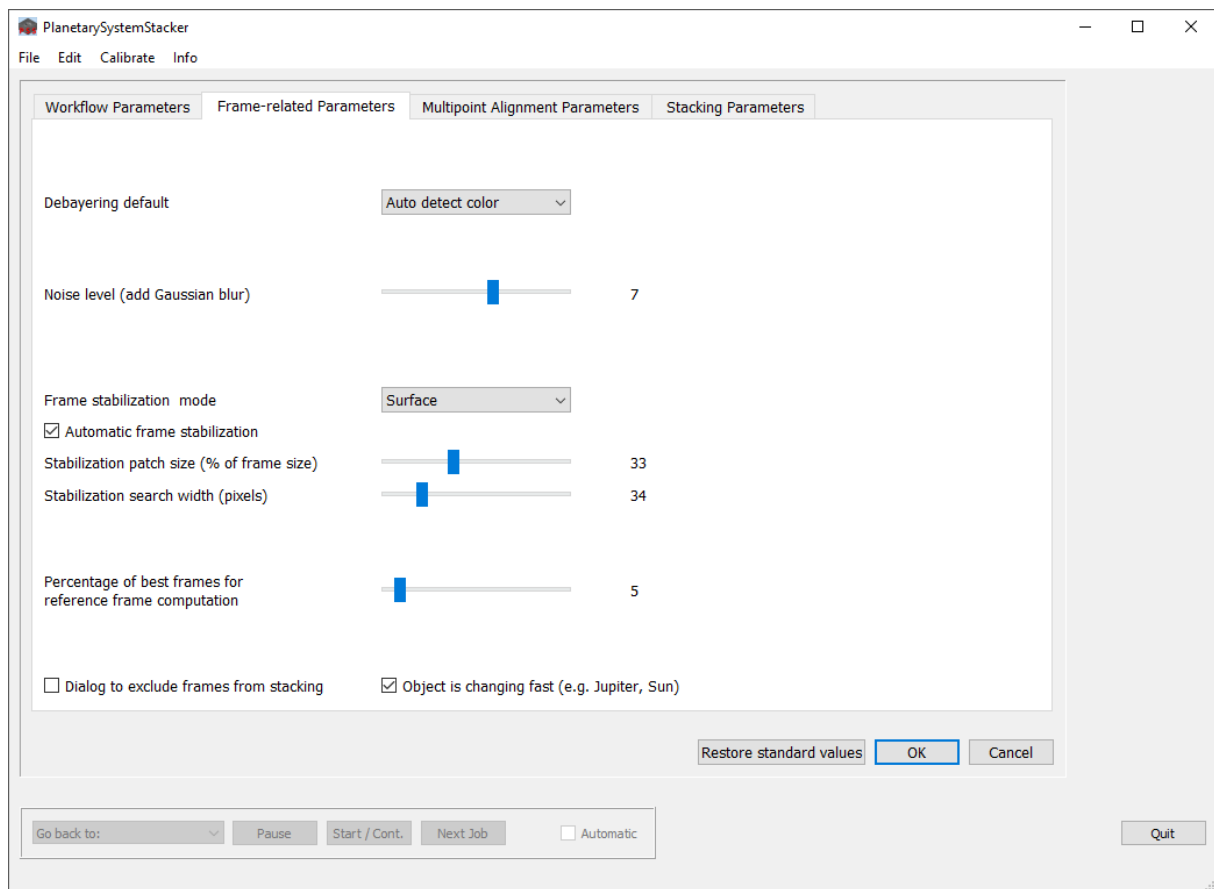
Workflow-Parameter



Write protocol to file	Wenn markiert, wird ein Protokoll in die Datei „PlanetarySystemStacker.log“ im Home-Verzeichnis des Benutzers geschrieben (angehängt).
Protocol detail level	Detaillierungsgrad des Protokolls. 0: Kein Protokoll; 1: Nur Hauptschritte aufgeführt; 2: Detaillierte Informationen zu jedem Bearbeitungsschritt.
Store protocol with results	Wenn aktiviert, wird zusätzlich zum globalen Protokoll-File für jeden Job der zugehörige Protokollabschnitt als separater File zum Job-Ergebnis gespeichert. Der Name endet auf „_stacking-log.txt“ oder „_postproc-log.txt“, je nach Typ des Jobs.

Data buffering level	Gibt an, wie viele Daten PSS im RAM zur Wiederverwendung aufbewahren soll. Mögliche Werte reichen von 0 (keine Pufferung) bis 4 (alle Zwischenergebnisse behalten). Es wird empfohlen, einen möglichst hohen Wert zu verwenden. Wenn jedoch nicht alle Daten in den Speicher passen, ist es besser, einen niedrigeren Puffer-Level zu verwenden, als sich auf den Paging-Mechanismus des Betriebssystems zu verlassen.
Stacking plus postprocessing	Wird nur bei Stacking-Jobs verwendet: Wenn aktiviert, wird die Nachbearbeitung als zusätzliche Phase am Ende des Stacking-Jobs ausgeführt. In diesem Fall werden sowohl das gestackte Summenbild als auch die geschärfte Version in das Dateisystem geschrieben.
Write images as	Bilder, die aus Stacking- oder Nachbearbeitungs-Jobs resultieren, können entweder im 16bit .png-, .tiff- oder .fits-Format geschrieben werden. Dieser Parameter wählt das Format aus, das bei automatischen Speicheroperationen verwendet werden soll. Unabhängig von dieser Wahl kann der Benutzer Bilder in allen drei Formaten speichern, indem er die Schaltflächen „Speichern unter“ drückt.
Include parameters in output file name	<p>Wenn dieses Kontrollkästchen markiert ist, werden die vier Kontrollkästchen auf der rechten Seite aktiviert. Hier kann der Benutzer Verarbeitungsparameter auswählen, die in die Namensstrings der gestackten/nachbearbeiteten Bilddatei aufgenommen werden sollen. Dies erleichtert es, verschiedene Versionen von Stacking-Ergebnissen auseinanderzuhalten. Wenn „Store protocol with results“ (siehe oben) angekreuzt ist, werden die Parameterwerte ebenfalls in den Namen der Protokolldatei eingefügt.</p> <p>Die folgenden Parameter können eingefügt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der zu stackenden Bilder • Prozent der zu stackenden Bilder • Größe der Ankerpunktfelder (Pixel) • Anzahl der Ankerpunkte <p>Wenn z.B. „Percent of frames to be stacked“ und „Number of alignment points“ markiert sind, steht die Angabe „_p25_ap402“ für „25% gestackte Bilder“ und „402 Ankerpunkte“.</p>

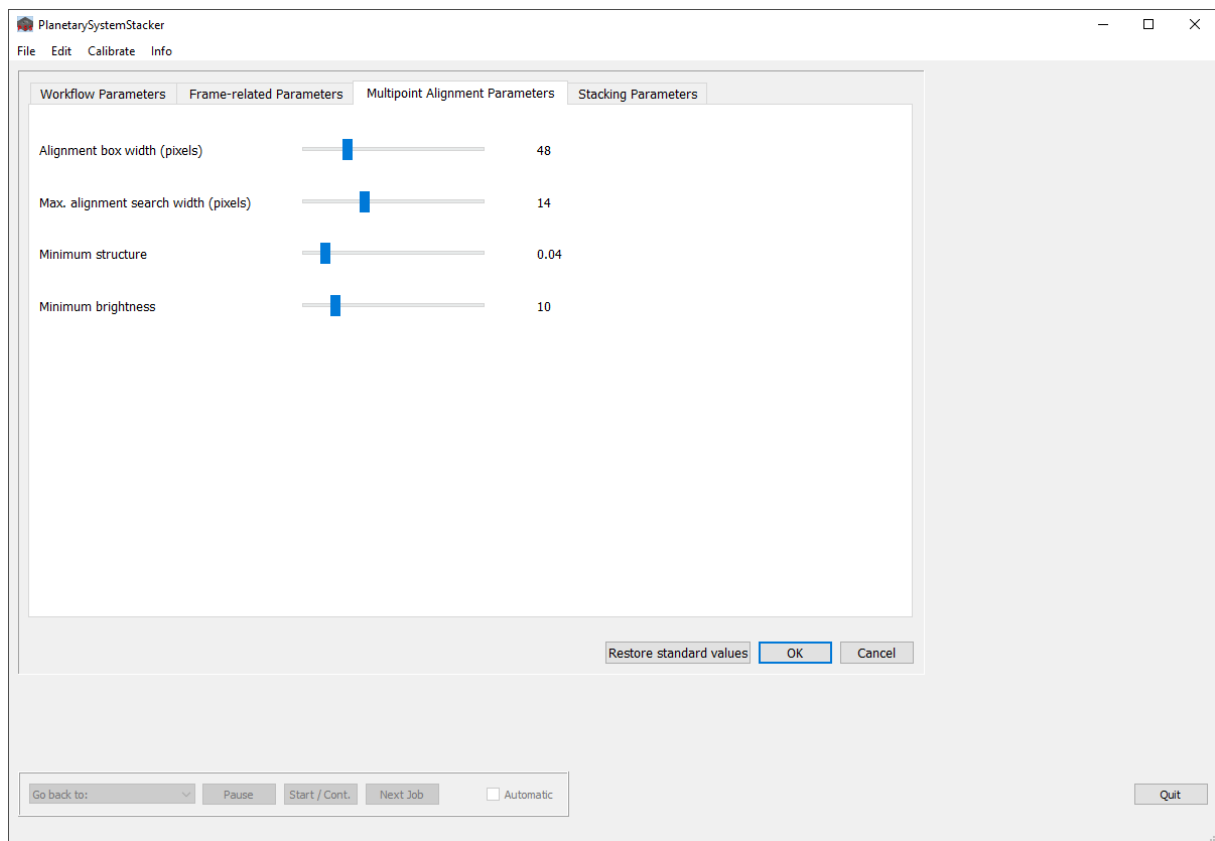
Bild-Parameter



Debayering default	Debayering-Muster, das bei Stacking-Jobs verwendet wird, wenn kein anderes Muster explizit (über das Kontextmenü) im Job-Dialog (siehe Abschnitt 4.3) angegeben wird.
Noise level	Breite des Gaußfilters, der zur Glättung der Originalbilder vor der Bestimmung der Verschiebungen verwendet wird. Bei verrauschten Bildern sollte dieser Wert erhöht werden. Wenn die Bilder sehr wenig Rauschen aufweisen, kann ein niedrigerer Wert die Präzision verbessern.
Frame stabilization mode	Für Planetenaufnahmen wählen Sie „Planet“. Diese Option funktioniert nur, wenn das Objekt in allen Richtungen von dunklem Himmel umgeben ist. In allen anderen Fällen muss „Surface“ gewählt werden.
Automatic frame stabilization	Wird nur im Modus „Surface“ verwendet (siehe oben). In diesem Fall basiert die globale Ausrichtung aller Bilder relativ zueinander auf der Verschiebung, die an einem ausgewählten Oberflächenbereich gemessen wurde. Dieser Bereich sollte in beiden Koordinatenrichtungen einen guten lokalen Kontrast aufweisen. Wenn diese Option aktiviert ist, wählt PSS den Bereich automatisch aus. Andernfalls wird der Benutzer aufge-

	<p>fordert, ihn manuell auszuwählen.</p> <p>Im Batch-Modus wird diese Option ignoriert, und PSS wählt den Bereich immer selbst aus.</p>
Stabilization patch size	Größe des Stabilisierungsbereichs in beiden Koordinatenrichtungen relativ zur Bildgröße (in Prozent).
Stabilization search width	<p>Maximal zulässige Verschiebung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bildern in Pixeln pro Koordinatenrichtung. Wenn innerhalb dieser Suchweite keine Übereinstimmung gefunden wird, wird die Bildausrichtung abgebrochen. Wenn „Automatic frame stabilization“ aktiviert ist, versucht PSS es erneut mit einem anderen Stabilisierungsbereich.</p> <p>Wenn das Problem mit keinem Stabilisierungsbereich gelöst werden kann, wird der Job abgebrochen. Versuchen Sie es in diesem Fall erneut mit einem höheren Wert (bis zu 150) für diesen Parameter.</p>
Percentage of best frames for reference frame computation	Das Referenzbild wird durch Mittelwertbildung der besten Bilder nach der globalen Bildstabilisierung berechnet. Dieser Parameter bestimmt den Anteil der Bilder, die für das Referenzbild verwendet werden.
Dialog to exclude frames from stacking	Zu Beginn des Schritts „Rank frames“ wird im interaktiven Modus ein zusätzlicher Dialog geöffnet, in dem der Benutzer einzelne Bilder (oder Bereiche von Bildern) für die folgenden Verarbeitungsschritte ein- oder ausschließen kann.
Object is changing fast (e.g. Jupiter, Sun)	Wenn dieses Kontrollkästchen markiert ist, versucht PSS die Bilder für die Berechnung des Referenzbildes aus einem möglichst kurzen Zeitintervall auszuwählen. Wenn sich das Objekt schnell ändert (z.B. Jupiter aufgrund der schnellen Rotation), kann dadurch die Schärfe des Referenzbildes verbessert werden.

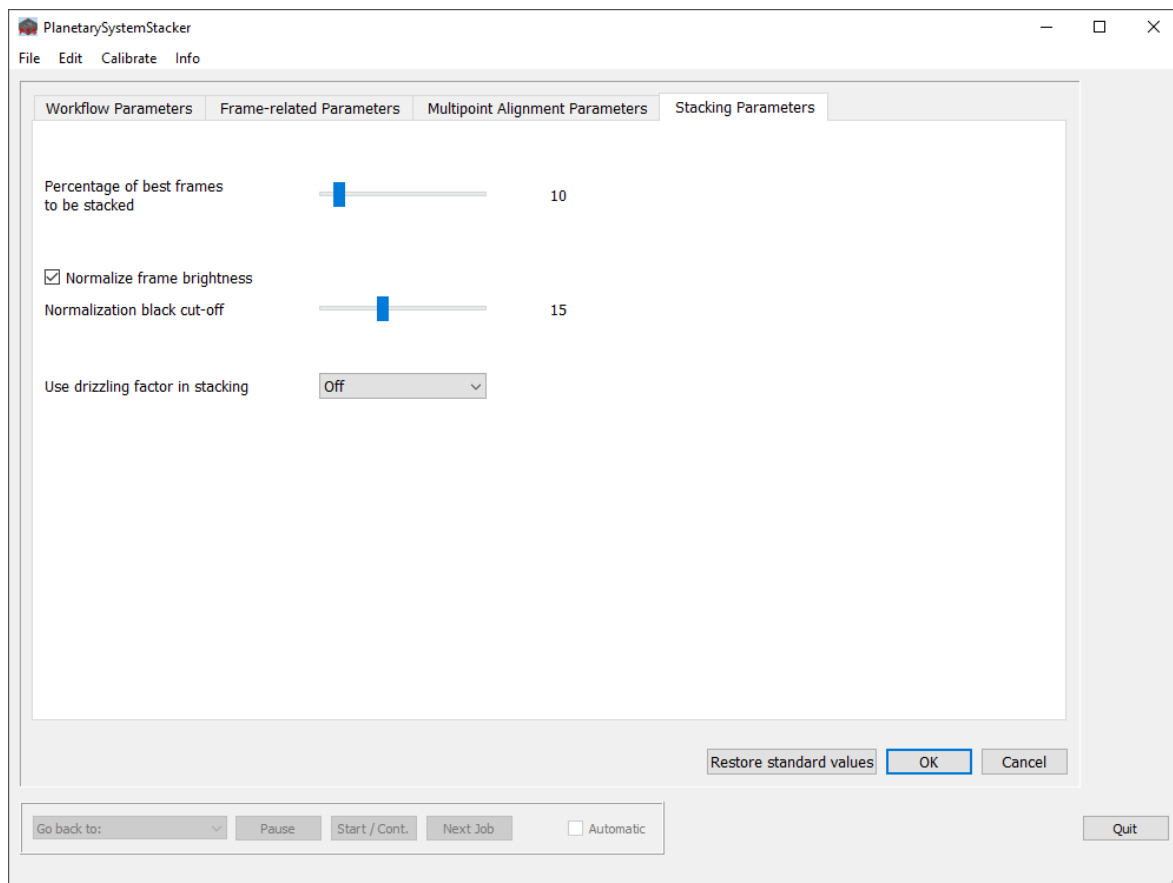
Mehrpunkt-Ausrichtungparameter



Alignment box width	<p>Standardgröße der quadratischen Ausrichtungsfelder um jeden Ankerpunkt, die zur Messung der lokalen Verschiebung verwendet werden. Bei verrauschten Bildern oder geringem lokalen Kontrast wird eine größere Feldgröße empfohlen.</p> <p>Dieser Parameter wird von der automatischen AP-Gittergenerierung verwendet.</p>
Max. alignment search width	<p>Maximale lokale Bildverzerrung (nach globaler Bildstabilisierung). Die Verzerrung wird mit einem lokalen Suchalgorithmus gemessen. Wenn innerhalb der angegebenen Suchweite keine Übereinstimmung gefunden wird, wird die lokale Verzerrung auf null gesetzt und die Messung als „fehlgeschlagen“ gezählt.</p>
Minimum structure	<p>Schwellenwert, der von der automatischen AP-Gittergenerierung verwendet wird, um Ankerpunkte an Stellen mit zu geringer lokaler Struktur zu vermeiden. Erhöhen Sie diesen Wert, wenn APs mit zu wenig Struktur erzeugt wurden.</p>
Minimum brightness	<p>Schwelle, die von der automatischen AP-</p>

	Gittergenerierung verwendet wird, um Ankerpunkte an Stellen mit zu geringer Helligkeit zu vermeiden. Der Hauptzweck dieser Funktion besteht darin, APs im Objekthintergrund zu vermeiden.
--	---

Stacking-Parameter



Percentage of best frames to be stacked	An jedem AP wird eine feste Anzahl der besten Bilder zum Stacken verwendet. Dieser Parameter gibt den Anteil der verwendeten Bilder (in %) an.
Normalize frame brightness	Wenn dieses Kontrollkästchen aktiviert ist, wird die Helligkeit der Bilder so verändert, dass sie im Durchschnitt alle gleich sind. Dies ist z.B. dann zu empfehlen, wenn sich die atmosphärische Transparenz während der Aufnahme geändert hat. Die Normalisierung wirkt sich bei der Qualitätsbewertung von Einzelbildern und AP-Felder sowie beim Stacking aus.
Normalization black cut-off	Eine Zahl zwischen 0 und 255. Pixelwerte unter diesem Schwellenwert gehen nicht in die Berechnung der durchschnittlichen Helligkeit ein. Wird dieser Schwellenwert auf einen Wert ungleich Null gesetzt, kann dies dazu führen, dass die sich ändernde Helligkeit des dunklen Hinter-

	<p>grunds um das Objekt herum keinen Einfluss auf die berechnete durchschnittliche Helligkeit des Objekts hat.</p> <p>Bitte beachten Sie, dass die hier eingegebenen 8-Bit-Werte hochskaliert werden, wenn die Eingabebilder 16-Bit sind.</p>
Use drizzling factor in stacking	<p>Entweder „Off“ (default) oder einer der Werte „1.5x“, „2x“, „3x“. Die zu stackenden Bilder werden um diesen Faktor vergrößert und dann mit Subpixelgenauigkeit gestackt. Die Pixelzahlen werden in jeder Koordinatenrichtung um diesen Faktor vergrößert.</p>

Parameter können entweder im Konfigurationsdialog (Menü „Edit / Edit configuration“) oder während der Job-Bearbeitung im interaktiven Modus geändert werden. Die Konfiguration umfasst auch die aktuellen Schärfungsmodelle, wie sie im Nachbearbeitungsdialog definiert sind.

Bevor PSS beendet wird, wird der aktuelle Parametersatz in die Konfigurationsdatei „PlanetarySystemStacker.ini“ im Home-Verzeichnis des Benutzers geschrieben. Beim nächsten Start von PSS wird die Konfiguration unter Verwendung dieser Datei wiederhergestellt. Zusätzlich kann der aktuelle Parametersatz zu jeder Zeit während der Ausführung in einer Datei nach Wahl des Benutzers gespeichert oder geladen werden (Menü „File / Save configuration“ und „File / Load configuration“).

Anhang B: Verwendung von PSS von der Kommandozeile aus

Ab Version 0.8.0 kann PSS von der Kommandozeile aus gestartet werden, ohne dass ein GUI geöffnet werden muss. Ein oder mehrere Stacking-Jobs (mit der gleichen Parameterkonfiguration) können mit einem einzigen Befehl gestartet werden.

Die Steuerung des Workflows erfolgt durch das Setzen von Kommandozeilenargumenten. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Argumente, ihre Standardwerte und zulässigen Wertebereiche. Die Argumente werden in Analogie zu den Parametern im GUI-Konfigurationsdialog definiert. Eine detaillierte Erklärung finden Sie im „Anhang A: Konfigurationsparameter“.

Erforderliche Argumente

job 1 [job 2 [job 3 ...]]	Stacking-Jobs, entweder Video-Dateien oder Ordner mit Bild-Dateien mit identischen Pixel-Dimensionen. Wenigstens ein Job muss angegeben werden.	Beispiele: C:\my_video.avi C:\my_folder C:\video_mit_Platzhalter*.ser
---------------------------	---	---

Wie das letzte Beispiel zeigt, sind Platzhalter erlaubt. In diesem Fall wird der Name zu einer Liste aller Namen erweitert, die dem Platzhalterausdruck entsprechen.

Optionale Argumente

Workflow-Parameter				
Name	Abkürzung	Beschreibung	Wert	Standardmäßig
--help	-h	Hilfe: Druckt einen Hilfetext mit einer Liste aller verfügbaren Argumente	Kein Wert erwartet	-
--protocol	-p	Protokoll mit Ergebnissen speichern	Kein Wert erwartet	-
--protocol_detail	-	Protokoll-Detailstufe	0, 1 or 2	1
--buffering_level	-b	Pufferungsstufe	0, 1, 2, 3, 4	2
--out_format	-	Bildformat für die Ausgabe	png, tiff, fits	png
--name_add_f	-	Anzahl der gestackten Bilder zum ausgegebenen Dateinamen hinzufügen	Kein Wert erwartet	-

--name_add_p	-	Prozentsatz der gestackten Bilder zum Ausgabedateinamen hinzufügen	Kein Wert erwartet	-
--name_add_apb	-	Größe der Ankerpunktfelder (Pixel) zum Ausgabedateinamen hinzufügen	Kein Wert erwartet	-
--name_add_apn	-	Anzahl der Ankerpunkte zum Ausgabedateinamen hinzufügen	Kein Wert erwartet	-

Bild-Parameter				
Name	Abkürzung	Beschreibung	Wert	Standardmäßig
--debayering	-	Debayering-Option	Auswahl: Auto detect color Grayscale RGB BGR Force Bayer RGGB Force Bayer GRBG Force Bayer GBRG Force Bayer BGGR	Auto detect color
--noise		Rauschpegel (Gaußschen Weichzeichner hinzufügen)	$0 \leq \text{noise} \leq 11$	7
--stab_mode	-m	Bildstabilisierungsmodus. Bitte beachten Sie, dass bei Modus = „Surface“ die Stabilisierung immer automatisch erfolgt.	Surface oder Planet	Surface
--stab_size	-	Nur relevant für Modus = Surface: Größe des Stabilisierungsgebiets	$5 \leq \text{Größe} \leq 80$	33
--stab_sw	-	(% der Bildgröße)	$5 \leq \text{Größe} \leq 150$	34

--rf_percent	-	Nur relevant für Modus = Oberfläche: Größe (in Pixel) des Stabilisierungs-Suchbereichs	$3 \leq \text{Prozent} \leq 30$	5
--fast_changing_object	-	Verwende Bilder aus einer möglichst kurzen Video-Sektion zur Berechnung des Referenzbildes, um Unschärfen zu vermeiden	Kein Wert erwartet	-
--dark	-d	Bilddatei für „Dark Frame“-Korrektur	Absoluter Dateipfad zu einer Bilddatei mit der Erweiterung png, tiff oder fits	-
--flat	-f	Bilddatei für „Flat Frame“-Korrektur	Absoluter Dateipfad zu einer Bilddatei mit der Erweiterung png, tiff oder fits	-

Mehrpunkt-Ausrichtungsparmeter				
Name	Abkürzung	Beschreibung	Wert	Standardmäßig
--align_box_width	-a	Größe der Ankerpunktfelder (Pixel)	$20 \leq \text{Größe} \leq 140$	48
--align_search_width	-w	Ankerpunkt-Suchweite (Pixel)	$6 \leq \text{Weite} \leq 30$	14
--align_min_struct	-	Minimale Struktur	$0,01 \leq \text{Struktur} \leq 0,3$	0.04
--align_min_bright	-	Minimale Helligkeit	$2 \leq \text{Helligkeit} \leq 50$	10

Stacking-Parameter				
Name	Abkürzung	Beschreibung	Wert	Standardmäßig

--stack_percent	-s	Prozentsatz der besten Bilder, die gestackt werden sollen	$1 \leq \text{Prozent} \leq 100$	10
--stack_number	-	Zahl der besten Bilder, die gestackt werden sollen. Falls angegeben, hat dieser Parameter Vorrang vor stack_percent. Wenn die angegebene Anzahl die Anzahl der verfügbaren Bilder übersteigt, werden alle Bilder gestackt.	$1 \leq \text{Zahl}$	Kein Standardwert
--normalize_bright	-n	Bildhelligkeit normalisieren	Kein Wert erwartet	-
--normalize_bco	-	Nur relevant, falls „normalize_bright“ ausgewählt ist: Helligkeitsschwelle oberhalb derer Pixel für Normalisierung berücksichtigt werden	$0 \leq \text{bco} \leq 40$	15
--drizzle	-	Die zu stackenden Bilder werden um diesen Faktor vergrößert und dann mit Subpixelgenauigkeit gestackt. Die Pixelzahlen werden in jeder Koordinatenrichtung um diesen Faktor vergrößert.	Entweder „Off“ oder einer der Werte „1.5x“, „2x“, „3x“.	Off

Beispiel:

```
python3 planetary_system_stack.py C:\video_1.avi C:\video_2.avi
-p -b 4 -s 25 -a 52 -w 20 -n -d C:\dark.png -f C:\flat.png
--drizzle 1.5x
```

Stackt zwei Videodateien (C:\video_1.avi und C:\video_2.avi) mit den folgenden Parametern:

- -p: Protokoll mit Ergebnissen speichern
- -b 4: Pufferungsstufe 4
- -s 25: Stacke 25% der besten Bilder
- -a 52: Ankerpunktfeldgröße = 52 Pixel
- -w 20: Ankerpunkt-Suchweite = 20 Pixel

- -n: Bildhelligkeit normalisieren
- Verwende File `C:\dark.png` für „Dark Frame“-Korrektur
- Verwende File `C:\flat.png` für „Flat Frame“-Korrektur
- Wende Drizzling an mit dem Faktor 1,5x