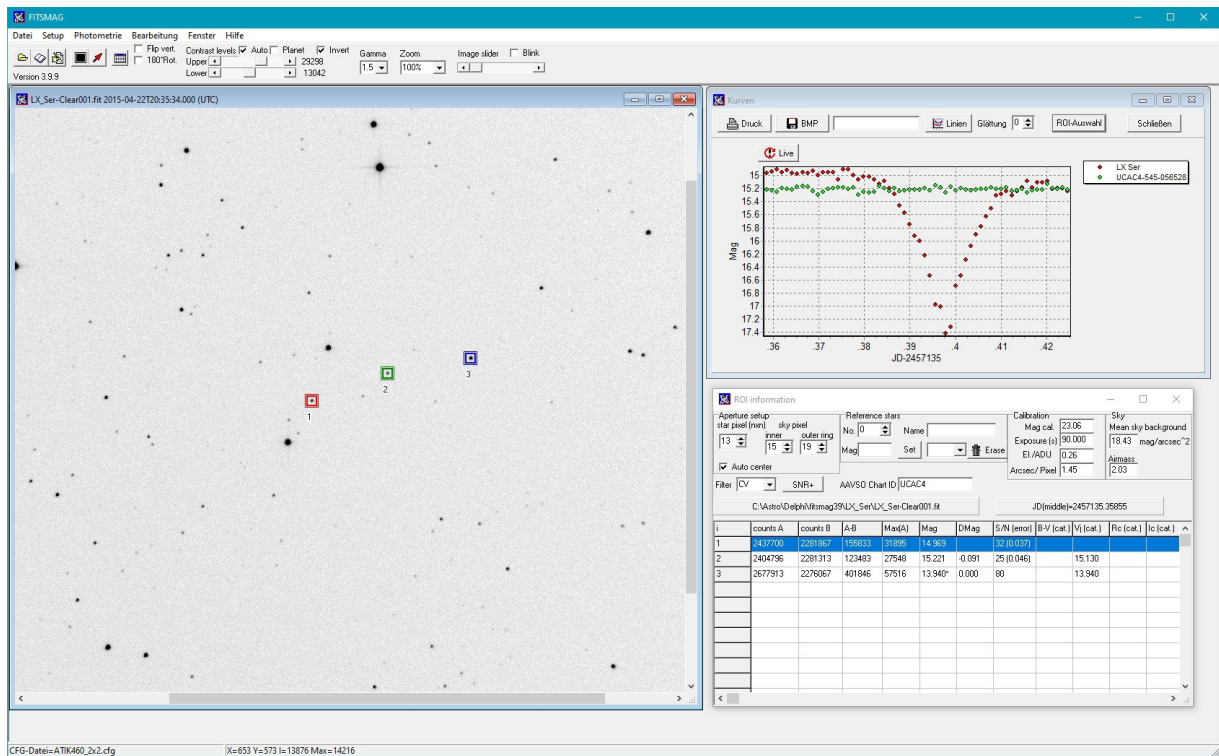


# FITSMAG V. 3.9

Otmar Nickel, Mainz, Dezember 2023



## Inhaltsverzeichnis

## Kurzbeschreibung.....2

## Installation.....2

## Programmfunktionen.....3

Benutzung als Fits-Viewer:.....	3
Vorbereitung der Daten für die Photometrie:.....	3
Photometrie-Arbeitsschritte.....	4
Export der Ergebnisse in das AAVSO-/BAV-Dateiformat.....	10
Bearbeitung von DSLR-Daten (Canon raw) und RGB-Fits-Dateien.....	11
Wichtige Hinweise:.....	11
Weitere Hilfsmittel:.....	12
ROI-, Photometrie- und Lichtkurven-Funktionen:.....	12
Farb-Transformation.....	15
Erweiterte Berechnung des Signal/Rausch-Verhältnisses.....	16

## Anhang.....18

Beschreibung der Ergebnisdateien.....	18
Liste der Farbfilter-Codes:.....	18
Glättungsverfahren der Lichtkurven-Anzeige.....	18
FITS-header Keywords.....	19
Beispieldaten.....	19

## Kurzbeschreibung

Das Programm FITSMAG kann Bilddateien im Fits-Format (16/32-Bit Integer/Float) einlesen und darstellen, sowie Photometrie von Sternen und Asteroiden durchführen. Ausserdem kann eine Serienphotometrie (zur Erstellung von Lichtkurven) mit einer beliebigen Anzahl Dateien ausgeführt werden. Die Ergebnis-Daten werden als Textdatei gespeichert und können mit einem Tabellenkalkulationsprogramm weiterverarbeitet werden. Die Lichtkurven werden auch sofort dargestellt. Es können instrumentelle, differentielle oder standardisierte Magnituden berechnet werden. Der Verlauf einer Lichtkurve kann live dargestellt werden, während eine Aufnahmeserie läuft.

### Versions-Informationen:

#### Neu in Version 3.9:

- Flexiblere Apertur-Einstellungen der ROIs (innerer Rand der Hintergrund-Apertur einstellbar)
- Verbesserte Nachführung der ROIs bei Serienbildern
- BV oder BVR Transformation (Farbkorrektur) kann bei Einzelbildern durchgeführt werden
- Szintillationsrauschen bei kurzen Belichtungszeiten kann berechnet werden

#### Neu in Version 3.8:

- verbesserte ROI-Zentrierung
- Ergebnisse können im AAVSO-/ BAV- Dateiformat für Einzelmessungen gespeichert werden
- Bildgrößen-Skalierung (zoom) von 25% bis 150% einstellbar
- verbesserte Kurvendarstellung
- Bildserien mit Zeitauflösung im ms-Bereich können verarbeitet werden (z.B. bei Stern-Bedeckungen)
- DSLR-Bilddaten (Canon Raw) können bearbeitet, bzw. in das Fits-Format konvertiert werden.

#### Wesentliche Programmeigenschaften

- FITS-Daten mit 8/16/32bit Integer oder 32bit Fließkomma-Format können eingelesen werden. Die Verarbeitung erfolgt intern mit 32bit Integer.
- Der Fits-Header kann angezeigt werden.
- Großformatige Bilder können mit Schiebereglern oder mit Maus im Bildfenster verschoben werden.
- Bilder können invertiert dargestellt werden.
- Bilder können gespiegelt und um 180° gedreht werden
- Stern/ Hintergrund-Markierungen (ROIs) können gespeichert und wieder abgerufen werden.
- Hintergrund-Markierungen können wahlweise als Umrandung des Objekt-Messfelds oder als separates Messfeld gesetzt werden.
- Alle wesentlichen Daten (Dateiliste, ROI-Markierungen, Kurvendaten) werden in einer „Projekt-Datei“ mit Endung „**fmp**“ abgelegt.
- Die Lichtkurve wird als Graphik angezeigt und kann gespeichert bzw. gedruckt werden.
- Es können instrumentelle, standardisierte oder differentielle Magnituden dargestellt werden
- Der Verlauf der Lichtkurve kann live während der Bildaufnahme dargestellt werden.
- Helligkeit des Himmelshintergrunds wird angezeigt in  $\text{Mag/arcsec}^2$ .
- BVRI-Daten der Vergleichssterne können gespeichert werden
- Fotometrische Filter (BVRI) können berücksichtigt werden

## Installation

**Voraussetzungen:** Windows (ab Win7), Graphik: mind. 1024x768/ true/high color oder höhere Auflösung (je nach Bildgröße )

**Installation:** Neuen Ordner erstellen (z.B. c:\Fitsmag), Dateien aus Zip-File (fitsmag39.zip) in diesen Ordner extrahieren; Verknüpfung auf Datei fitsmag39.exe auf dem Desktop erstellen. Falls bereits eine ältere Version benutzt wurde, können die Dateien auch in den vorhandenen Fitsmag-Ordner kopiert werden.

# Programmfunktionen

## Benutzung als Fits-Viewer:

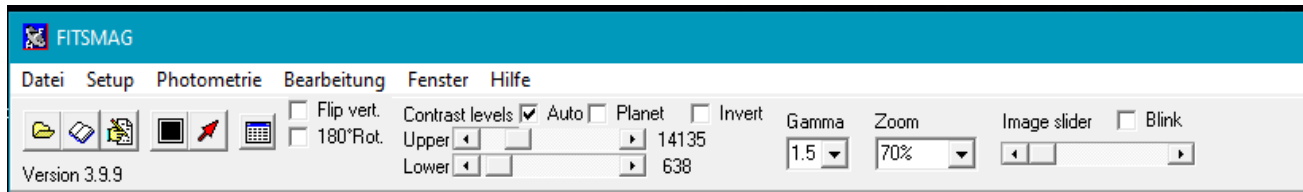


Abbildung 1: Menüleiste

Laden von Bildern mit **(Datei) Bildserie laden** oder durch Anklicken des Dateiordner-Symbols. Es können beliebig viele Dateien eines Verzeichnisses markiert werden.

**Kontrasteinstellung** mit den Schiebereglern ("Contrast levels") der oberen Leiste: Mit „**upper**“ wird der maximal darzustellende Intensitätswert (Weißwert, in % vom Maximalwert) eingestellt, mit „**lower**“ wird der minimal darzustellende Intensitätswert (Schwarzwert, in % vom Maximalwert) eingestellt. Die Kontrasteinstellung kann auch automatisch mit der Funktion „**Auto level**“ erfolgen. Wenn „Autolevel“ aktiviert ist, kann mit „**Planet**“ der Weißwert auf den maximalen Pixelwert angehoben werden

Das Bild kann durch Anklicken der Checkboxes „**Flip vert.**“ oder „**180°Rot**“ bei Bedarf vertikal gespiegelt oder um 180° gedreht werden. Mit „**Invert**“ können die Grauwerte invertiert werden. Mit der „**Zoom**“-Auswahlfunktion kann das Bild 1:1 (100%) dargestellt werden oder mit den Einstellungen 70%, 50%, 35% oder 25% verkleinert oder mit 150% vergrößert werden. Wenn nur ein Teil des Bildes sichtbar ist, kann die Bildposition mit der Maus durch Drücken der mittleren Maustaste verschoben werden.

Mit dem Schieberegler ("Image slider") rechts oben kann man ein Bild nach dem anderen darstellen, durch die ganze Serie hindurch. Wird die Checkbox "**Blink**" aktiviert, wird die Serie automatisch durchgefahren.

## Vorbereitung der Daten für die Photometrie:

Eine Serie von Bilddaten, die analysiert werden soll, sollte in einem einzigen Dateiverzeichnis gespeichert sein (es können auch Bilder aus verschiedenen Ordnern mit der Funktion **(Datei) „Dateiliste anzeigen/bearbeiten“** zusammengestellt werden). Die Bilder müssen **Flatfield- und Darkfield-korrigiert** sein. Die Bildgröße muss für alle Bilder gleich sein, die Sternpositionen sollten innerhalb einiger Pixel konstant bleiben (kleinere Nachführungsfehler spielen keine Rolle). Die Dateien müssen im **Fits-Format** (16Bit oder 32Bit Integer oder 32bit Fließkomma) gespeichert sein, Aufnahme-Datum und –Uhrzeit (möglichst UT) sollte im Fits-Header vorhanden sein. Als Dateinamen werden beliebige Namen mit einer aufsteigenden Nummer erwartet, z.B. xyz001.fits, xyz002.fits, usw. (die Nummern müssen nicht fortlaufend sein). Die Extension (.fits, .fit oder sonstige) spielt keine Rolle.

Die zur Messung benötigten Helligkeiten von Referenzsternen in der Umgebung des zu messenden Objekts müssen aus einer geeigneten Sternkarte (wenn möglich aus einer [AAVSO-Karte](#)) oder mit einer Sternkarten-Software (z.B. "Guide" oder „Cartes du ciel“) aus einem geeigneten Sternkatalog (z.B. TYC, UCAC4 oder GSC) ermittelt werden.

## Einstellungen (Setup):

**Aufnahmeparameter der Kamera:** Im Hauptmenü „Setup“/ „Setup“ anwählen. Die Werte für „**Electrons/ADU**“, „**Read noise**“ und „**Dark current**“ sind erforderlich für die korrekte Anzeige des **Signal/Rausch-Verhältnisses**, die Angabe der Pixelgröße („**Arcseconds/Pixel**“) ist erforderlich zur korrekten Anzeige der Himmels-Hintergrund-Helligkeit. „**Process with binning**“ sollte möglichst 1 sein, bei sehr kleinen Pixelgrößen, bzw. sehr großformatigen Bildern ist ein Binning mit

2x2 oder 3x3 möglich (dabei werden entsprechend Pixelgruppen zusammengefasst, die Bildgröße wird verkleinert).

**Standard-Filter:** Falls keine Filter-Information im Fits-Header gefunden wird, wird das hier angewählte Filter standardmäßig verwendet (Liste der Filter im Anhang).

**Filter from FITS-Header** sollte immer aktiviert sein, sofern im Header ein korrekter Eintrag vorliegt (auch bei DSLR-Daten).

**UT offset:** Nur für **DSLR-Raw-Dateien** kann die Abweichung zu UT hier angegeben werden, bei FITS-Dateien wird immer UT vorausgesetzt.

**Zoom:** Für die Bildwiedergabe kann hier ein Standard-Zoomfaktor von 25% bis 150% eingestellt werden.

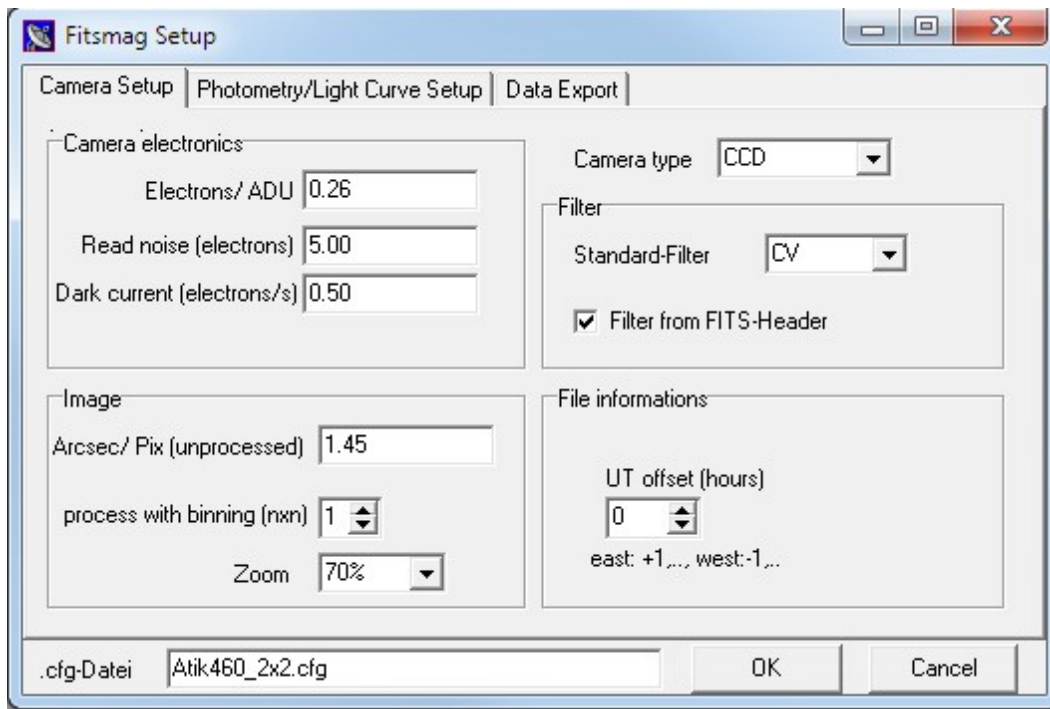


Abbildung 2: Kamera-Aufnahmeparameter

## Photometrie-Arbeitsschritte

1. Die Dateien der Serie laden mit **(Datei) Bildserie laden** (oder durch Anklicken des Dateiordner-Symbols). Es können beliebig viele Dateien aus einem Verzeichnis markiert werden (Markierung mit Strg oder Shift / linke Maustaste). Das erste Bild der Serie wird angezeigt. Dateiname, Datum und Uhrzeit werden in der Titelleiste des Bildfensters angezeigt. Um auch schwächere Sterne sehen zu können, muss der Schieberegler „Upper“ unter „Contrast levels“ entsprechend eingestellt werden.
2. Messfeld für Referenzstern markieren mit **(Photometrie) Neue ROI (oder Icon mit schwarzem Quadrat)** : Es erscheint ein Fenster mit Einstellmöglichkeiten und einer Tabelle für die Messergebnisse. Die Größe des quadratischen Messfeldes in Pixeln („**star pixel (nxn)**“) kann angepasst werden. „Autozentrieren (**Auto center**)“ kann aus- bzw. eingeschaltet werden, d.h. die automatische Anpassung des Messfeld-Zentrums an das jeweilige Maximum eines Sterns oder Asteroiden. Die Markierungsfunktion bleibt eingeschaltet, bis das Markierungs-Icon erneut angeklickt wird. Für den äußeren Ring (zur Hintergrundmessung) kann der innere („**inner**“) und der äußere Durchmesser („**outer ring**“) in Pixeleinheiten festgelegt werden

Abbildung 3: ROI Info Fenster

3. In der unteren Statusleiste des Programm-Hauptfensters wird eine Anleitung zur Markierung gegeben. Zuerst wird ein Stern mit dem Mauszeiger und der linken Maustaste markiert; ein **Doppelklick** auf den Stern erzeugt ein Stern-Messfeld zusammen mit einem konzentrischen Hintergrund-Messfeld als Umrandung (Abb.4a). Alternativ kann für den Himmels-Hintergrund ein in der Nähe liegendes Gebiet ohne Sterne markiert werden, indem man zuerst auf den Stern, dann auf den leeren Hintergrund-Bereich einmal klickt (Abb.4b). Im Fenster „**Stern-Info**“ (Abb. 5) werden Informationen über den markierten Stern angegeben. Unter „**Stern-Typ**“ wird angegeben, ob es sich um einen Veränderlichen, einen Vergleichssterne oder Kontrollsterne handelt. Unter Photometrie-Typ muss angegeben werden, ob differentielle oder standardisierte Photometrie gewünscht wird. Bei differentieller Photometrie ist keine Eingabe von Vergleichssterne-Helligkeiten erforderlich, es wird nur die jeweilige Differenz zum Vergleichssterne bestimmt. Bei standardisierter Photometrie muss im Bereich „**Katalogangaben**“ die Sternhelligkeit (z.B. aus einer AAVSO-Tabelle) für einen Vergleichs- oder Kontrollsterne angegeben werden, mindestens für das Farbband (z.B. „V“), das für die Messung maßgeblich ist. Photometrie-Daten aus dem **Tycho-Katalog** werden in die Felder Vt und Bt unter „Tycho“ eingegeben und dann automatisch in Johnson-Magnituden Vj und Bj umgerechnet. Optional kann der Stern auch mit einem Namen im Feld „**Stern-Bezeichnung**“ bezeichnet werden (z.B. mit der AAVSO-Nummer). Sobald mindestens 1 Stern als Vergleichssterne markiert ist, wird ein Kalibrierungsfaktor bestimmt, mit dem die Helligkeit berechnet wird. Sind mehrere Vergleichssterne vorhanden, wird ein mittlerer Kalibrierungsfaktor bestimmt; die Genauigkeit der Helligkeitsmessung kann dadurch verbessert werden, sofern das S/N aller Referenzsterne gut (>50) ist.

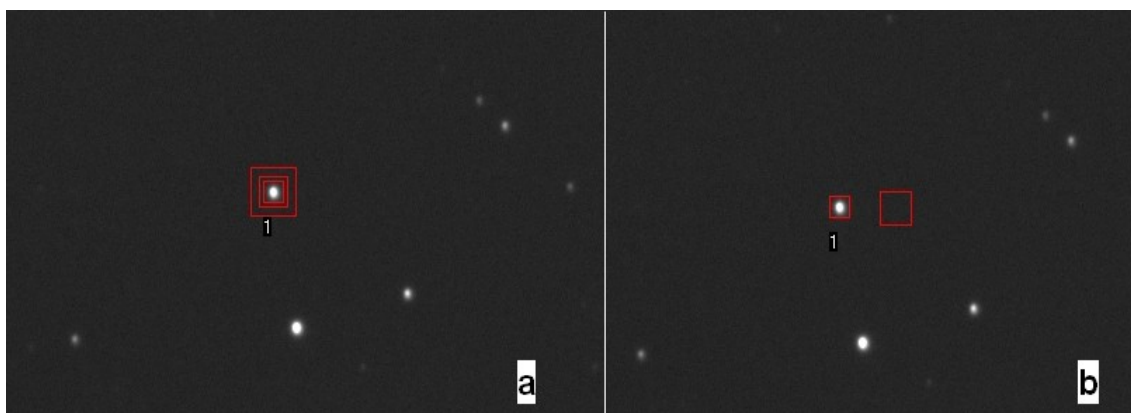


Abbildung 4: Hintergrund: (a) konzentrisch, (b) separat

**Stern-Info** ROI 1

Stern-Bezeichnung: 000-BCL-945

Stern Typ:

- ☐ Veränderlicher (Var)
- ☒ Vergleichssterne (Comp)
- ☐ Kontrollsterne (Check)

Photometrie Typ:

- ☐ differentiell
- ☒ standardisiert

Katalogangaben (mag):

Johnson/Cousins:

Vj: 12.959  
Bj: 13.482  
Bj-Vj: 0.523

Tycho:

Vt:   
Bt:   
Tyc->John.:

Rc:   
Ic:

Hinweise:

- Für die differentielle Fotometrie brauchen keine Magnituden eingetragen werden; der Vergleichssterne erhält die Magnitude 0.0
- Alle Daten können auch nachträglich eingetragen werden (Im ROI-Info-Fenster den Button "Set" anklicken)
- Alle Magnituden müssen mit Dezimal-Punkt (nicht Komma) eingetragen werden

OK  
Abbruch

Abbildung 5: Stern-Info Fenster

Die Eingabe von Stern-Bezeichnungen ist vor allem sinnvoll, wenn die Daten in das Datenformat der BAV bzw. AAVSO exportiert werden sollen (siehe unten).

4. Im Tabellenfeld werden die Pixelsummen des Sterns (Counts A) und des Hintergrunds (Counts B) angezeigt sowie die **gemessene Helligkeit Mag**. Solange **kein**



**Vergleichssterne** definiert ist, werden **instrumentelle Magnituden** angezeigt. Falls für den Stern Katalog-Helligkeiten eingegeben wurden, sind diese in den Feldern B-V(cat), Vj(cat), usw. eingetragen. Falls der Stern als Vergleichssterne markiert wurde, ist die gemessene Helligkeit mit einem Sternchen (\*) versehen, in der Spalte **dMag** wird die Abweichung der berechneten von der Kataloghelligkeit angegeben (dieser Wert sollte bei Kontrollsternen möglichst unter 0,1 mag liegen). In der Spalte "A-B" ist die Differenz der Pixelsummen des Sterns minus Untergrund angegeben, in der Spalte "Max(A)" der maximale Pixelwert des Sterns. In der Spalte **S/N (error)** wird das **Signal/Rausch-Verhältnis** angegeben, dazu muss allerdings die Kamera-Verstärkung in Electrons/Count korrekt angegeben werden (im Hauptmenü unter „Setup“). In Klammern (neben dem S/N) wird der jeweilige **zufällige Fehler** der Messung in Mag angegeben, der aus den Signal/Rausch-Verhältnissen des Sterns und des Vergleichssterne resultiert. Mit der Funktion „**SNR+**“ kann der Einfluss der Szintillation auf das Signal/Rausch-Verhältnis berücksichtigt werden (nur bei Belichtungszeiten unter ca. 10s sinnvoll).

i	counts A	counts B	A-B	Max(A)	Mag	dMag	S/N (error)	B-V (cat.)	Vj (cat.)	Rc (cat.)	Ic (cat.)
1	256259	134028	122231	54072	11.795		93 (0.018)				
2	249380	134120	115260	44360	11.859*	0.000	89	0.508	11.859		
3	195872	133624	62248	26858	12.528	-0.010	51 (0.025)	0.986	12.518		
4											
5											

Abbildung 6: ROI Infowindow mit Variablem, Vergleichssterne und Kontrollsternen

- Weitere Referenzsterne können markiert werden (solange das Markierungs-Icon aktiviert ist), der zu messende Stern oder Asteroid in gleicher Weise. Die Reihenfolge ist beliebig. Die ersten 16 ROIs sind farbig markiert, alle weiteren werden grau dargestellt.
- Falls ein Messfeld gelöscht werden soll, muss die entsprechende Zeile in der ROI-Tabelle angeklickt werden (Zeile wird blau unterlegt), dann klickt man auf das Mülleimer-Symbol „**Erase**“.

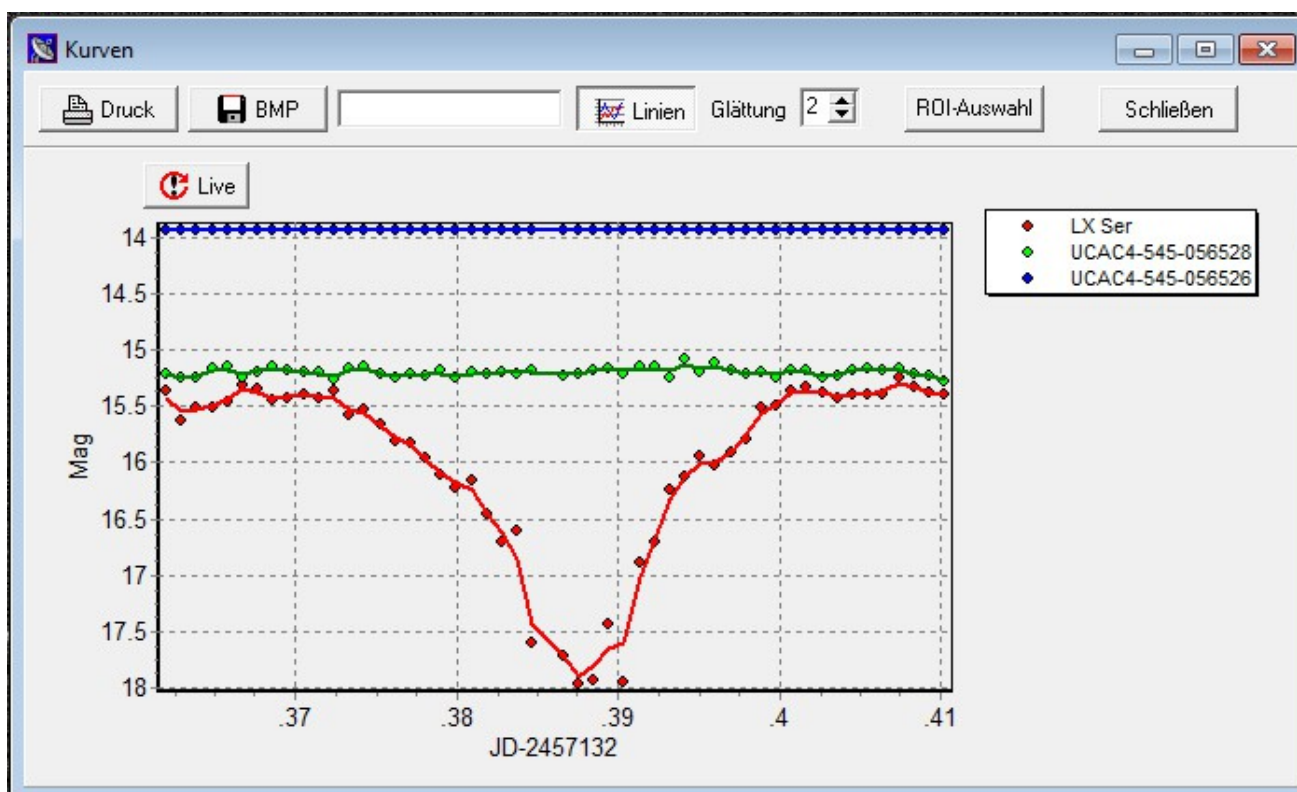
Die Ergebnisse können mit der Funktion „(Photometrie)BAV/AAVSO Datenexport“ in einer Datei gespeichert werden (siehe unten).

Wenn eine Lichtkurve generiert werden soll, geht es weiter mit Schritt 7.

- Wenn alle Messfelder markiert sind, kann die Serienmessung durchgeführt werden mit: „**(Photometrie) Lichtkurve messen**“. Es erscheint ein Fenster zur Speicherung der **Projektdatei** (\*.fmp), in dem das Dateiverzeichnis und der Dateiname der zu speichernden

Projektdaten (Dateiliste, Sternmarkierungen und Kurvendaten) angegeben wird. Anschließend wird automatisch ein Bild nach dem anderen gemessen. Falls die Messung an einem einzelnen Bild ausgelassen werden soll, muss der Dateiname dieses Bildes in der Dateiliste gelöscht werden (mit der Funktion **(Datei) Dateiliste anzeigen/bearbeiten**), die Serienmessung kann dann wiederholt werden.

8. **Die Lichtkurven** (maximal 5) werden in einem eigenen Fenster „Kurven“ angezeigt. Die Messpunkte können mit dem Button „**Linien**“ mit Linien verbunden werden. Mit dem Zahlenwert bei „**Glättung**“ kann eine geglättete Kurve dargestellt werden (0= keine Glättung, 1=schwächste, 5=stärkste Glättung)  
Mit „**Druck**“ kann die Kurvengraphik gedruckt werden, mit „**BMP**“ als BMP-Datei gespeichert werden. In dem Feld in der Mitte kann der **Graphik-Titel** eingegeben werden, der über der Graphik erscheinen soll.  
Mit der Funktion „**ROI-Auswahl**“ kann festgelegt werden, für welche Sterne die Lichtkurve dargestellt werden soll (z.B. nur für den Veränderlichen und einen Kontrollstern).



9. Wird der „**Live**“-Button angeklickt, wird die Messung in bestimmten Zeitabständen automatisch mit allen im angewählten Ordner befindlichen Bilddateien wiederholt. Sofern gerade Bilder in diesem Ordner von der Kamera gespeichert werden, ist somit eine Darstellung der Lichtkurve in „Echtzeit“ möglich. Diese Funktion kann auch im Hauptmenü über „**Photometrie/ Lichtkurve automatisch aktualisieren**“ aktiviert werden.  
Die Wiederholrate in Sekunden lässt sich über die Hauptmenü-Funktion „**Setup**“ in der Karteikarte „**Photometry/Light curve setup**“ als Zahlenwert „**Autocurve refresh (s)**“ einstellen.
10. In der Ergebnisdatei „Dateiname.prn“ sind alle Messdaten gespeichert und können mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (z.B. MS Excel) weiterverarbeitet werden.
11. Laden der Messdaten mit Excel: Datei/ Öffnen, Dateityp=Textdateien, mit Fitsmag erstellte Datei anwählen; Dateityp=getrennt; Trennzeichen=Semicolon; Fertigstellen.

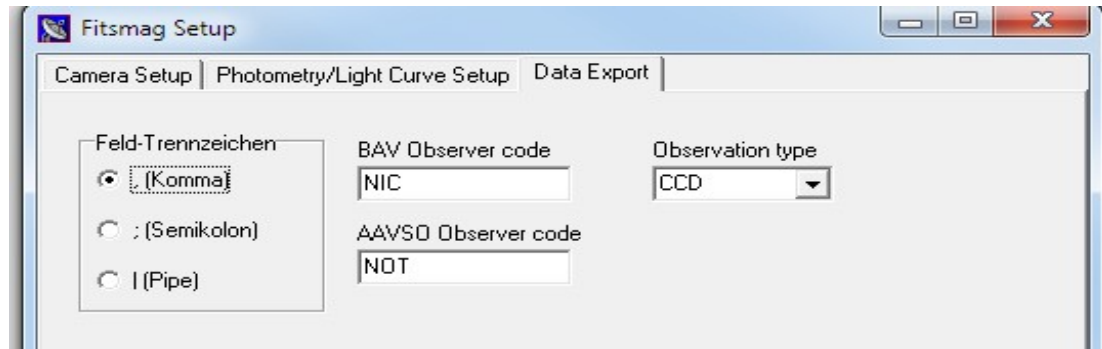




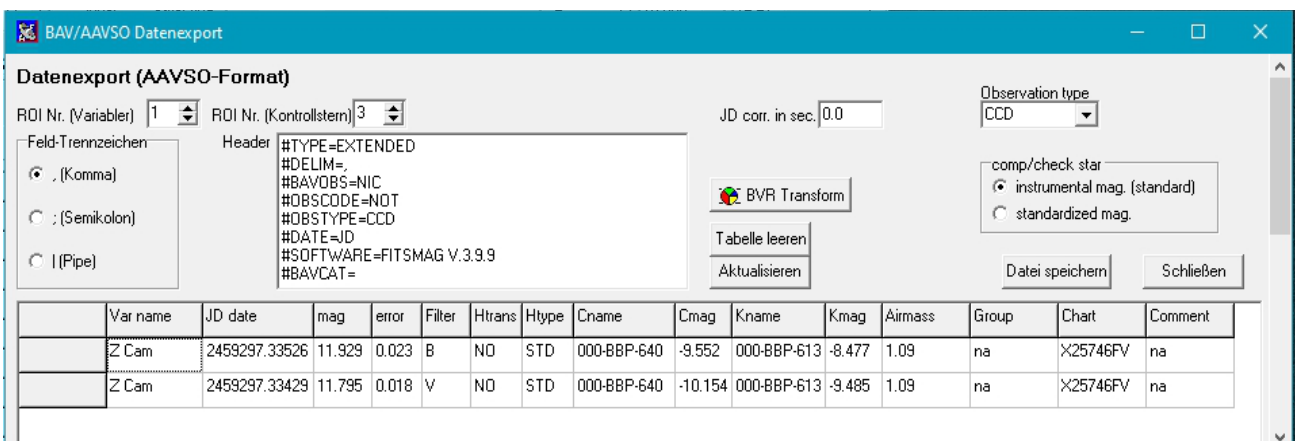
## Export der Ergebnisse in das AAVSO-/BAV-Dateiformat

Diese Funktion ist vor allem für Einzelmessungen gedacht, kann aber auch für Bildserien verwendet werden. Die Ergebnisse können mit den gespeicherten Dateien an die AAVSO (Webobs) oder die BAV übermittelt werden.

Die im Header zu speichernden Daten, z.B. für das Beobachterkürzel müssen vorher im Setup gespeichert werden, im Fenster „**Data Export**“. Für den Datentransfer zur AAVSO muss der AAVSO Observercode eingetragen sein, für den Transfer zur BAV der BAV Observercode. Als Observation Type kann „CCD“ (auch für CMOS-Kameras) oder „DSLR“ angewählt werden.



Die Export-Funktion wird gestartet mit: **(Photometrie) BAV/AAVSO Datenexport**



Die ROI-Nummer des Veränderlichen Sterns wird oben links angewählt (normalerweise 1), die ROI-Nummer des Kontrollsterns daneben. Name und Magnitude des Vergleichssterns werden automatisch eingetragen. Wenn versehentlich die Nummer des Vergleichssterns für den Kontrollstern angewählt wird, erfolgt eine Warnmeldung.

Im Feld **JD corr. in sec.** kann eine Zeitkorrektur angegeben werden, falls die Fits-Datei eine Summe mehrerer Bilder enthält (in diesem Fall sollte sich die Zeitangabe auf einen mittleren Zeitpunkt beziehen).

Mit „**Aktualisieren**“ werden die Daten aller registrierten Bilder in die Tabelle eingetragen.

Alle Daten in der Tabelle können editiert werden, z.B. um einen Kommentar in das Feld „Comment“ einzugeben. Mit „**Tabelle leeren**“ können alle Daten aus der Tabelle gelöscht werden. Die Bedeutung der einzelnen Felder ist z.B. auf der AAVSO-Webseite beschrieben:

<https://www.aavso.org/aavso-extended-file-format>

Die Magnituden für Vergleichs- und Kontrollstern können als instrumentelle Magnituden (nach AAVSO-Standard) oder als standardisierte Magnituden eingetragen werden (Einstellung im Feld „comp/check star“ oben rechts).

Mit „**Datei speichern**“ wird die Datei unter einem vorgegebenen Namen gespeichert, standardmäßig als .csv-Datei, kann aber auch als .txt-Datei gespeichert werden.

Falls ein Stern mit verschiedenen Farbfiltern aufgenommen wurde (z.B. B und V) und die entsprechenden Transformationskoeffizienten im Setup (unter „Transformation“) gespeichert sind,

können die transformierten B-, V- oder R-Magnituden mit „**BVR Transform**“ berechnet werden (siehe Abschnitt „Transformation“).

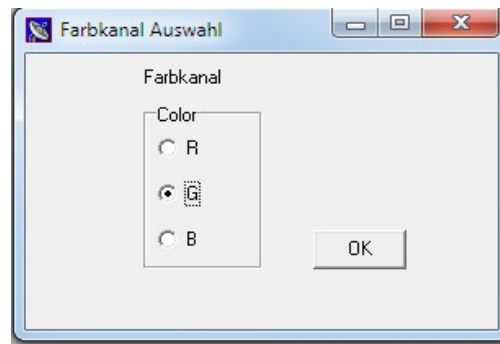
## **Bearbeitung von DSLR-Daten (Canon raw) und RGB-Fits-Dateien**

Raw-Dateien von CANON DSLR Kameras können über die Software **dcraw** (von Dave Coffin) eingelesen und bearbeitet werden. Die Datei dcraw.exe muss sich dazu im Programmpfad befinden (ist in den Installationsdaten enthalten).

Beim Laden der Daten gibt man im Datei-Fenster als Dateiname \*.**CR2** ein.

Es kann ein Einzelbild oder eine Serie von Bildern geladen werden, allerdings ist die Konvertierung der Bilder relativ langsam. Vor der Konvertierung muss ein Farbkanal (R, G oder B) angewählt werden (siehe Abb.).

Die weitere Verarbeitung funktioniert wie bei Fits-Dateien, allerdings ist die Anzeige des Signal/Rausch-Verhältnisses und des Messfehlers nicht möglich.



Auch bei Fits-Dateien, die Farbkänäle mit RGB-Daten enthalten, erscheint dieses Fenster. Es kann immer nur 1 Farbkanal bearbeitet werden.

Bei einer größeren Zahl von Bildern wird empfohlen, zuerst die Bildserie in das Fits-Format zu konvertieren, mit der Menüfunktion (**Datei**) **Raw-Bildserie nach Fits konvertieren**. Dabei ist auch die Konvertierung in alle 3 Farbkänäle (RGB) möglich (3 Dateien pro Bild). Diese Konvertierung kann auch mit einem anderen Programm durchgeführt werden. Die Fits-Dateien können dann wie üblich geladen und bearbeitet werden.

### **Wichtige Hinweise:**

Die korrekte Anzeige des Signal/Rausch-Verhältnisses (**S/N**) und des Messfehlers (**error**) sind nur für **Monochrom-Kameras** möglich, sofern die Parameter **Elektrons/ADU**, **Read noise** und **Dark current** für die Kamera im Setup angegeben sind. Bei **DSLR-Kameras** ist dies bei der aktuellen Version **nicht** möglich.

Folgende Messwerte sind nicht korrekt, wenn die Bilder vorher bearbeitet wurden:

**Signal/Rausch-Verhältnis (S/N) und Mean Sky Background:** Ist nur korrekt, wenn noch kein Himmels-Hintergrund abgezogen wurde (nur Dunkelbild- und Flatfield- Korrektur werden vorausgesetzt).

Die Helligkeit des Himmels-Hintergrunds (Mean Sky Background) ist nur korrekt, wenn die **Bildauflösung** in Bogensekunden/pixel und die standardisierte Helligkeit der Referenzsterne korrekt eingetragen ist.

„**Live**“-**Darstellung der Lichtkurve:** Die Nachführgenauigkeit sollte bei dieser Funktion möglichst

genau sein. Evtl. ist ein Autoguider oder ein automatisches Tracking erforderlich.

### Weitere Hilfsmittel:

Um die Bewegung eines Asteroiden zu sehen, kann die **Blink**-Funktion benutzt werden. Zum Markieren von Sternen sollte die Blink-Funktion allerdings ausgeschaltet sein.

### Bild-Informationen

**(Datei) Fitsheader anzeigen:** Der FITS-Header des aktuell dargestellten Bildes wird in einem Fenster angezeigt

### Einstellungen (Setup)

#### Setup/ Einstellungen speichern:

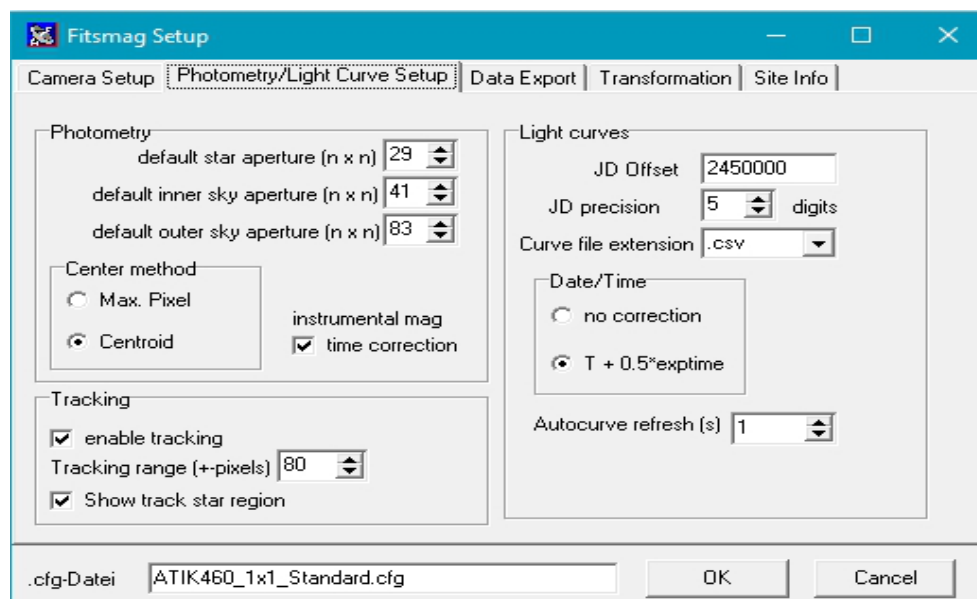
Die aktuell geladenen Einstellungen können als .cfg-Datei gespeichert werden (ist sinnvoll, wenn verschiedene Kameras oder verschiedene Teleskop-Parameter verwendet werden). Sobald die Einstellungen gespeichert sind, wird der Dateiname der .cfg-Datei beim Programmstart im Statusfenster des Hauptfensters wie auch im Setup-Fenster angezeigt. Änderungen im Setup-Fenster werden beim nächsten Programmstart übernommen, werden aber nicht automatisch in die angezeigte cfg-Datei gespeichert. Dies muss explizit ausgeführt werden.

**Setup/ Einstellungen laden:** Gespeicherte Einstellungen können wieder abgerufen werden.

### ROI-, Photometrie- und Lichtkurven-Funktionen:

**Datei/ Fitsmag Projekt laden:** ein bereits gespeichertes Projekt (Dateiliste, ROI-Markierungen, Kurven) kann geladen werden

#### Setup/ Photometry/ Light Curve Setup



Bei „**default star aperture**“ wird die Standardeinstellung für den ROI-Durchmesser (Stern-

Messfeld) in Pixeleinheiten angegeben, die beim Programmstart verwendet werden soll  
Bei „**default inner sky aperture**“ wird die Standardeinstellung für den inneren Durchmesser des Hintergrund-Rings in Pixeleinheiten angegeben, bei „**default outer sky aperture**“ wird die Standardeinstellung für den äußeren Durchmesser des Hintergrund-Rings in Pixeleinheiten angegeben, die beim Programmstart verwendet werden soll.

Bei „**Center method**“ kann ausgewählt werden, welche „Autocenter“-Methode angewandt werden soll, entweder die „Maximum Pixel“-Methode oder die Schwerpunkt(Centroid)-Methode. Standard-Methode bei der aktuellen Version ist „Centroid“, die älteren Fitsmag-Versionen verwendeten die „Max.-Pixel“-Methode. Bei unscharfen Sternabbildungen ergibt die „Centroid“-Methode bessere Ergebnisse.

### **Erweiterte Tracking-Funktion**

Im Bereich „**Tracking**“ kann die erweiterte Tracking-Funktion durch Anklicken von „**enable tracking**“ aktiviert werden. In diesem Fall wird an der gemessenen Bildserie automatisch ein passender Stern als Nachführstern definiert.

Bei „**Tracking range**“ wird die maximale Abweichung (Nachführfehler) in Pixeleinheiten angegeben.

Wenn „Show track star region“ aktiviert ist, wird ein roter Kreis um den Nachführstern mit dem Radius des Nachführfehlers angezeigt.

### **Photometrie/ ROI verschieben:**

Ein Messfeld kann durch Klicken und Ziehen mit der **linken Maustaste** verschoben werden.

Durch gleichzeitiges Drücken der **Shift-Taste** werden alle ROIs parallel verschoben (Das ist sinnvoll z.B. bei der Anpassung von ROIs an ein stark verschobenes Bild).

### **Photometrie/ ROI Positionen initialisieren**

Die Positionen aller Messfelder werden zurückgesetzt (ist z.B. erforderlich, wenn eine Serienanalyse wiederholt werden soll).

### **Photometrie/ ROIs auf Anfangs-Position zurücksetzen:**

Positionen aller Messfelder werden auf Anfangs-Position (für 1. Bild in der Serie) gesetzt

### **Photometrie/ ROI Datei speichern:**

Alle Messfelder werden in einer Datei gespeichert (Dateiname.roi), Magnituden der Vergleichssterne werden nicht gespeichert (dazu die Funktion „Projekt speichern“ verwenden).

### **Photometrie/ ROI Datei laden:**

in einer Datei gespeicherte Messfelder werden geladen (vorhandene ROIs werden gelöscht), Magnituden der Vergleichs- und Kontrollsterne werden ebenfalls geladen (falls Projektdatei vorhanden).

### **Photometrie/ ROIs löschen:**

alle Messfelder werden gelöscht

### **Photometrie/ Projekt speichern:**

Alle Daten (Dateiliste, ROI-Positionen, Daten der Vergleichssterne, Kurvendaten) werden gespeichert

### **Photometrie/ ROI Tabelle speichern:**

Daten der aktuell dargestellten Tabelle (Counts, Pixelmaximum, Mag, S/N) können als Textdatei gespeichert werden

**Photometrie/ Datenexport(kurz):**

Export von Lichtkurven-Daten, z.B. für die weitere Verarbeitung mit dem Programm „Peranso“. Das Julian. Datum sowie die Magnituden von max. 2 Sternen und die Luftmasse (sofern im Fits-Header vorhanden) können in eine Textdatei (CSV-Format) exportiert werden. Falls nur Daten für einen Stern erforderlich sind, setzt man für Feld 3 die ROI Nr. „0“ an.



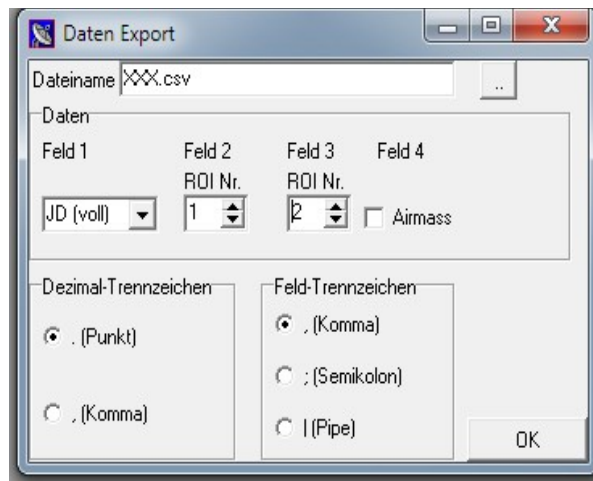
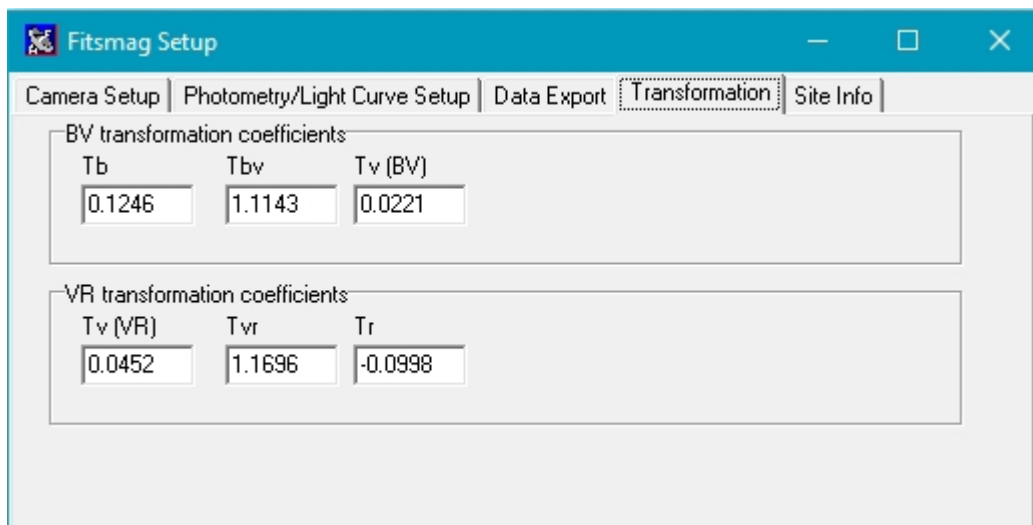


Abbildung 7: Datenexport (kurz)

## Farb-Transformation

Photometrische Messungen von Bildern, die mit photometrischen B/V/R Filtern aufgenommen wurden (oder auch RGB Aufnahmen einer Farbkamera, die in separate Fits-Dateien konvertiert wurden), können mit der Funktion „BAV/AAVSO Datenexport“ in das Johnson/Cousins Standardsystem BVR transformiert werden. Dazu müssen im Setup-Fenster „**Transformation**“ die entsprechenden Transformations-Koeffizienten eingetragen werden:



Die Koeffizienten werden anhand von Aufnahmen an Standardsternen (z.B. in M67) bestimmt. Man misst z.B. Standardsterne mit B- und V-Filter, erhält instrumentelle Magnituden  $i_b$  und  $i_v$  für mehrere Sterne und vergleicht diese Messungen mit den Standard-Magnituden B und V bzw. den Farbindices (B-V) der entsprechenden Sterne.

Durch lineare Regression ergeben sich bestimmte Geradensteigungen gegen den Farbindex (B-V), daraus ergeben sich folgende Koeffizienten:

**T<sub>b</sub>** = Steigung von (B- $i_b$ ) gegen (B-V)

**T<sub>bv</sub>** = 1/ (Steigung von ( $i_b$ - $i_v$ ) gegen (B-V))

**T<sub>v</sub> (BV)** = Steigung von (V- $i_v$ ) gegen (B-V)

Im Bereich „**BV transformation coefficients**“ werden diese Koeffizienten eingetragen, die sich auf den Farbindex (B-V) beziehen. Die Koeffizienten  $T_b$  und  $T_v$  sind im Idealfall nahe  $\pm 0,0$ , der

Koeffizient  $T_{bv}$  nahe 1,0.

Wenn auch Aufnahmen mit R-Filter gemessen werden (mit instrumentellen Magnituden  $i_r$ ), ergeben sich folgende Koeffizienten aus den Geradensteigungen gegen den Farbindex (V-R):

**$T_v$  (VR)** = Steigung von (V- $i_v$ ) gegen (V-R)

**$T_{vr}$**  = 1/ (Steigung von ( $i_v$ - $i_r$ ) gegen (V-R))

**$T_r$**  = Steigung von (R- $i_r$ ) gegen (V-R)

Im Bereich „**VR transformation coefficients**“ werden diese Koeffizienten eingetragen, die sich auf den Farbindex (V-R) beziehen. Die Koeffizienten  $T_v$ (VR) und  $T_r$  sind im Idealfall nahe  $\pm 0,0$ , der Koeffizient  $T_{vr}$  nahe 1,0.

Genauere Information gibt es z.B. hier:

„AAVSO Guide to CCD/CMOS Photometry“:

<https://www.aavso.org/ccd-camera-photometry-guide>

B.L. Gary: CCD Transformation Equations for use with Single-image Photometry

<https://researchers.usask.ca/gordon-sarty/documents/astronomy/transf.pdf>

G. Sarty: Photometry Transformation Coefficients

<https://www.aavso.org/sites/default/files/Transforms-Sarty.pdf>

## Berechnung der transformierten Magnituden

Voraussetzung zur Farbkorrektur ist die Aufnahme eines Bildfelds mit mehreren Farbfiltern, z.B. B, V oder B,V,R oder V,R. Die entsprechenden 2 oder 3 Bilder müssen geladen sein und ein Veränderlicher, ein Vergleichssterne und ein Kontrollsterne müssen markiert sein. Es darf nur ein Stern als Vergleichssterne definiert sein, es können aber mehrere Kontrollsterne markiert sein.

Der Farbfilter sollte im Fitsheader korrekt eingetragen sein, als Farbfilter-Codes sind möglich:

B oder TB : wird transformiert zu B

V oder G oder TG: wird transformiert zu V

R oder TR: wird transformiert zu  $R_c$

Im Fenster „**BAV/AAVSO Datenexport**“ erscheinen nach Anklicken von „**Aktualisieren**“, wenn alle Daten vorliegen, die Messwerte der entsprechenden gefilterten Aufnahmen in einer Tabelle und zusätzlich der Button „**BVR Transform**“. Nach Anklicken dieses Buttons werden die entsprechenden transformierten Magnituden für den Veränderlichen in einem Bestätigungsfenster angezeigt. Nach Bestätigung mit „YES“ werden die transformierten Daten in die Tabelle eingetragen. Im Feld Htrans wird „YES“ eingetragen. Die Daten können dann mit „Datei speichern“ als Textdatei (.csv) gespeichert werden.

**Achtung:** Wenn nach der Transformation nochmals „**Aktualisieren**“ angeklickt wird, werden wieder die (nicht transformierten) Originaldaten geladen!

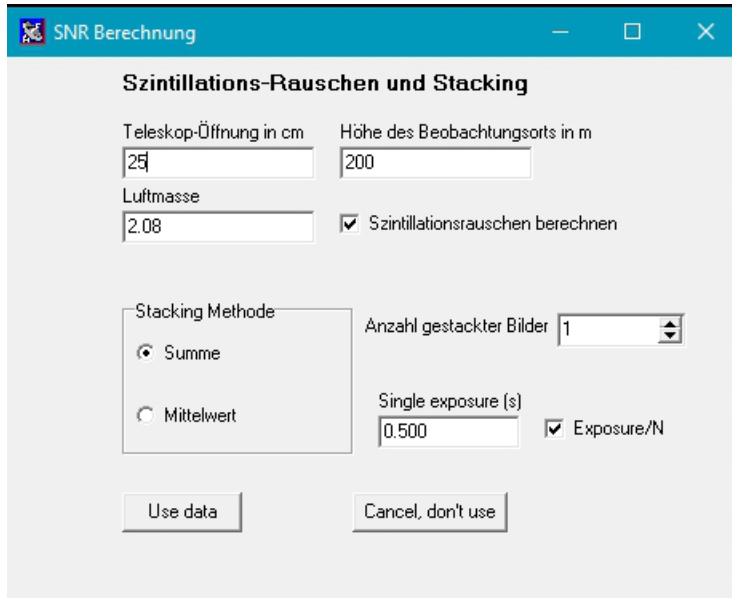
## Erweiterte Berechnung des Signal/Rausch-Verhältnisses

Die Berechnung des Signal/Rausch-Verhältnisses (SNR) berücksichtigt normalerweise nur das Rauschen, das sich aus der Zahl der gemessenen Elektronen ergibt. Mit der Funktion „**SNR+**“, die

im Fenster ROI-Info-Tabelle verfügbar ist, kann das Rauschen genauer berechnet werden, dabei wird das Szintillations-Rauschen berücksichtigt, sowie der Einfluss des Stackings mehrerer Bilder.

Zur Berechnung des Szintillationsrauschens muss die Luftmasse (Airmass) bekannt sein, wenn dieser Wert nicht im Fits-Header steht, muss er im Fenster unter „**Airmass**“ eingetragen werden.

Wenn man auf SNR+ klickt, erscheint folgendes Fenster:



The dialog box titled "SNR Berechnung" contains the following fields and controls:

- Szintillations-Rauschen und Stacking**
- Teleskop-Öffnung in cm: 25
- Höhe des Beobachtungsorts in m: 200
- Luftmasse: 2.08
- ☒ Szintillationsrauschen berechnen
- Stacking Methode:
  - ☒ Summe
  - ☐ Mittelwert
- Anzahl gestackter Bilder: 1
- Single exposure (s): 0.500
- ☒ Exposure/N
- Buttons: Use data, Cancel, don't use

Zur Ermittlung des Szintillations-Rauschens muss die Teleskop-Öffnung in cm und die Höhe des Beobachtungsorts in m eingetragen sein. Diese Werte können im Setup-Fenster unter „Site-Info“ vorgegeben werden.

Wenn das untersuchte Bild durch Stacking mehrerer Bilder entstanden ist, muss die Stacking-Methode, die Anzahl gestackter Bilder und die Aufnahmezeit der Originalbilder (single exposure) in s angegeben werden. Wenn „Exposure/n“ aktiviert ist, wird die Aufnahmezeit aus Gesamtbelichtungszeit/ (Anzahl gestackter Bilder) berechnet. Dazu muss allerdings die Gesamtbelichtungszeit im Fits-Header korrekt eingetragen sein.

Wenn kein Stacking durchgeführt wurde, muss nur die Anzahl gestackter Bilder auf 1 gesetzt werden.

Wenn die Berechnung durchgeführt werden soll, klickt man auf „Use data“, andernfalls auf „Cancel“

# Anhang

## ***Beschreibung der Ergebnisdateien***

### **Projektname.fmp:**

Textdatei, enthält eine Liste der Bilddateien (Abschnitt [files]), Informationen über die Sternmarkierungen, z.B. Stern-Bezeichnungen (Abschnitt [ROIfile]), Informationen über die Kurvendaten (Abschnitt [Curvefile]) und die Bildkontrast-Einstellungen (Abschnitt [levels]).

### **Projektname.roi:**

Binär-Datei, enthält die Positionen und Größen der Stern-Markierungen („ROIs“), sowie die dazugehörigen Informationen zu Referenz-Magnituden.

### **Projektname.prn:**

Textdatei, enthält die Messdaten. Das Format ist:

Dateiname; JD-2450000; Stern 1 mag; Stern 2 mag; Stern 3 mag; ...

Trennzeichen: Semikolon, Dezimalzeichen: Punkt

## ***Liste der Farbfilter-Codes:***

Die Codes der Filter-Information entsprechen den Konventionen der AAVSO:

CV	Ungefiltert, Magnituden bezogen auf Johnson-V-Katalogwert des Vergleichssterne
CR	Ungefiltert, Magnituden bezogen auf Cousins-R-Katalogwert des Vergleichssterne
B	Johnson B
V	Johnson V
R	Cousins R
I	Cousins I
TB	DSLR Blau
TG	DSLR Grün
TR	DSLR Rot

## ***Glättungsverfahren der Lichtkurven-Anzeige***

Die Glättungsfunktion bei der Liniendarstellung der Lichtkurven ist jeweils ein gleitender Mittelwert mit verschiedenen Gewichtungen:

Stufe 1: 3-Punkt Mittelwert mit Gewichtung 1-3-1,

Stufe 2: 3-Punkt Mittel mit Gewichtung 1-2-1,

Stufe 3: 3-Punkt Mittel 1-1-1,

Stufe 4: 5-Punkt Mittel 1-2-3-2-1,

Stufe 5: 5-Punkt Mittel 1-1-1-1-1

## ***FITS-header Keywords***

Folgende Keywords, die nicht standardmäßig vorhanden sein müssen, werden beim Einlesen der Fits-Daten verarbeitet:

<b>Keyword</b>	<b>Zugehörige Information</b>
FILTER	Bezeichnung des verwendeten Farbfilters (z.B. „V“)
AIRMASS	Luftmasse
PIXSCALE	Pixel Auflösung in Bogensekunden pro Pixel
ISOSPEED	ISO Empfindlichkeit bei DSLR Aufnahmen

## ***Beispieldaten***

Von der Fitsmag-Webseite können folgende Beispieldateien geladen werden:

### **DM\_Cyg.zip (ca. 8MB)**

Die Zip-Datei DM\_Cyg.zip in einen eigenen Ordner extrahieren. Dieser Ordner enthält eine Photometrieserie des RR-Lyrae-Sterns DM Cyg, aus der ein Helligkeitsmaximum bestimmt werden kann.

Aufnahmedaten der Serie:

Teleskop: 25cm, F5 Newton

Kamera: ST7E, V-Filter, 2xBinning, Aufnahmezeit je 50s (mit Programm MaximDL)

Korrekturen: Flatfield, Darkfield

### **LX\_Ser.zip (ca. 130MB)**

Die Zip-Datei LX\_Ser.zip in einen eigenen Ordner extrahieren. Dieser Ordner enthält eine Photometrieserie des Bedeckungsveränderlichen LX Ser, aus der ein Helligkeitsminimum bestimmt werden kann.

Aufnahmedaten der Serie:

Teleskop: 25cm, F5 Newton

Kamera: ATIK 460exm, Clear-Filter, 2xBinning, Aufnahmezeit je 90s

Korrekturen: Flatfield, Darkfield

Fehlermeldungen und Verbesserungs- bzw. Erweiterungsvorschläge zum Programm Fitsmag bitte an:

[Otmar.Nickel@web.de](mailto:Otmar.Nickel@web.de)