

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

Eine Anleitung von Bernhard Hubl

## 1. EINLEITUNG

Eine gute Farbbalance von CCD-Aufnahmen kann auch „händisch“ durch Beurteilung mit dem Auge erreicht werden. Diese Methode liefert aber manchmal nicht das beste Ergebnis. Speziell bei tiefen Aufnahmen und Aufnahmen mit niedriger Objekthöhe wurde bei mir der Wunsch nach einer systematischen und reproduzierbaren Methode laut.

Meine Methode basiert im Wesentlichen auf dem „Color Imaging“ Kapitel von „The Handbook of Astronomical Image Processing“ von Richard Berry und James Burnell.

Dabei werden als Vorarbeit die RGB-Gewichtungsfaktoren des eingesetzten Teleskop-Kamera-Filter-Systems gemessen. Wenn man nun die mittlere Objekthöhe während der RGB-Aufnahme kennt, kann die Extinktion (=wellenlängenabhängige Schwächung eines Lichtstrahls eines astronomischen Objekts beim Passieren der Erdatmosphäre) korrigiert und bei bekannter RGB-Gewichtung der Weißabgleich „errechnet“ werden.

Es ist das Ziel, ein RGB-Bild mit einer guten Farbbalance zu erhalten ohne dass eine Beurteilung mit dem Auge notwendig ist.

## 2. MESSUNG DER R-G-B GEWICHTUNG AM G2-STERN

Diese Messung müsste grundsätzlich nur einmal an einem Stern durchgeführt werden. Trotzdem empfehle ich die Messung in mehreren Nächten mit verschiedenen Sternen zu machen, um ein genaueres Ergebnis zu erhalten. Im Laufe der Jahre werden sich die Empfindlichkeit der CCD-Kamera und die Durchlasskurven der RGB-Filter ein wenig ändern. Eine jährliche Wiederholung der Messung erscheint sinnvoll.

### 2.1. Auswahl geeigneter Sterne

Als Erstes sucht man sich geeignete sonnenähnliche Sterne, die folgende Kriterien erfüllen:

- Spektraltyp G1,G2 oder G3 (Unsere Sonne ist ein G2-Stern)
- möglichst große Höhe (damit der Einfluss der Extinktion gering ist)
- passende Helligkeit: keine zu hellen Sterne wählen (Ähnlich wie bei Flat-Aufnahmen sollte maximal 50% der Sättigung erreicht werden)

Folgende Sterne wurden von Richard Berry und James Burnell vorgeschlagen:

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

**Tabelle 1** Helle sonnenähnliche Sterne ( $m_v < 7$  mag)

Name	Catalog	RA <sub>2000</sub>	DE <sub>2000</sub>	Sp. Type	$m_v$	Const.
	BS 9107	00 04 53.6	+34 39 56	G2V	6.11	And
	HD 1461	00 18 41.7	-08 03 04	G3	6.47	Cet
9 Cet	HD 1835	00 22 51.7	-12 12 34	G2.5	6.39	Cet
18 Cet	BS 0203	00 45 28.6	-12 52 51	G2V	6.16	Cet
	HD 4915	00 51 10.7	-05 02 23	G0V	6.98	Cet
	HD 8262	01 22 17.7	+18 40 57	G2V	6.93	Psc
	BS 483	01 41 47.1	+42 36 49	G1.5V	4.97	And
	HD 20619	03 19 01.8	-02 50 36	G1.5	7.05	Eri
$\zeta^1$ Ret	BS 1006	03 17 46.2	-62 34 32	G2.5V	5.51	Ret
$\zeta^2$ Ret	BS 1010	03 18 12.9	-62 30 23	G1.5V	5.23	Ret
$\lambda$ Aur	BS 1729	05 19 08.4	+40 05 57	G2IV/V	4.71	Aur
	HD 44594	06 20 06.1	-48 44 28	G2	6.61	Car
	HD 45184	06 24 43.8	-28 46 48	G2	6.37	Col
	HD 53705	07 03 57.2	-43 36 29	G1.5	5.56	Pup
	HD 76151	08 54 17.9	-05 26 04	G2	6.01	Hya
20 LMi	BS 3951	10 01 00.6	+31 55 25	G3	5.37	LMi
35 Leo	HD 89010	1016 32.2	+23 30 31	G1.5V	5.97	Leo
47 UMa	BS 4277	10 59 27.9	+40 25 49	G0V	5.04	UMa
	HD 96700	11 07 54.3	-30 10 22	G I	6.52	Hya
	HD 102365	11 46 31.0	-40 30 01	G3	4.89	Cen
	BS 5384	14 23 15.2	+01 14 30	G1V	6.27	Vir
	BS 5596	14 50 20.2	+82 30 43	F9V	5.64	UMi
$\psi$ Ser	BS 5853	15 44 01.6	+02 30 54	G2.5	5.87	Ser
39 Ser	BS 5911	15 53 12.0	+13 11 48	G1	6.08	Ser
	HD 144585	16 07 03.2	+14 04 16	G2	6.31	Ser
$\lambda$ Ser	BS 5868	15 46 26.5	+07 21 11	G0V	4.42	Ser
18 Sco	BS 6060	16 15 37.1	-08 22 11	G2Va	5.50	Sco
	HD 152792	16 53 32.2	+42 49 30	G0V	6.83	Her
	BS 6538	17 32 00.9	+34 16 15	G5V	6.56	Her
	HD 168874	18 20 49.1	+27 31 50	G2IV	7.01	Her
	HD 177082	19 02 38.0	+14 34 02	G2V	6.90	Aql
16 Cyg A	BS 7503	19 41 48.8	+50 31 31	G1.5V	5.99	Cyg
16 Cyg B	BS 7504	19 41 51.8	+50 31 03	G2.5V	6.24	Cyg

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

	HD 187237	19 48 00.7	+27 52 10	G2III	6.90	Vul
	BS 7569	19 52 03.4	+11 37 44	G0V	6.16	Aql
	BS 7683	20 05 09.7	+38 28 42	G5IV	6.19	Cyg
	BS 7914	20 40 45.1	+19 56 07	G5V	6.44	Del
	BS 8964	23 37 58.5	+46 11 59	G5	6.60	And

**Tabelle 2 Schwache sonnenähnliche Sterne ( $m_v > 8$  mag)**

Name	RA <sub>2000</sub>	DE <sub>2000</sub>	$m_v$	Sp. Type	Const.
SA 140-84	00 03 38	-28 41 46	11.961	G?	Sci
SA 92-276	00 56 27	+00 41 52	12.036	G5	Cet
SA 93-101	01 53 18	+00 22 25	9.734	G5	Cet
vB64	04 26 40	+16 44 49	8.10	G2	Tau
SA 92-249	05 57 07	+00 01 11	11.733	G5	Ori
SA 98-682	06 52 16	-00 19 42	13.749	G?	Mon
Rubin 149B	07 24 18	-00 33 07	12.642	G?	CMi
SA 101-321	09 55 40	-00 18 52	12.85	G7	Sex
SA 101-329	09 56 19	-00 26 28	11.99	G7	Sex
SA 102-1081	10 57 04	-00 13 12	9.903	G5	Leo
SA 102-370	10 56 34	-01 10 40	11.229	G2	Leo
SA 103-487	11 55 11	-00 23 38	11.874	G5	Vir
SA 103-204	11 57 27	-00 56 53	11.189	G7	Vir
SA 104-483	12 44 17	-00 27 33	12.08	G5	Vir
SA 105-56	13 38 42	-01 14 14	9.975	G5	Vir
SA 107-684	15 37 18	-00 09 50	8.433	G3	Ser
SA 107-998	15 38 16	+00 15 23	10.436	G3	Ser
SA 196-1801	17 11 08	-60 06 29	12.755	G?	Ara
SA 110-361	18 42 45	+00 08 04	12.425	G5	Aql
SA 112-1333	20 43 12	+00 26 15	9.977	G2	Aqr
SA 133-276	21 42 27	+00 26 20	9.074	G5	Aqr
SA 114-654	22 41 26	+01 10 11	11.83	G0	Aqr
HD 219018	23 12 39	+02 41 10	7.708	G1	Psc
SA 115-2688	23 42 31	+00 52 11	12.487	G?	Psc
SA 115-271	23 45 42	+00 45 14	9.695	G2	Psc

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

Das Excel-Tool "G2\_Calculator.xls" liefert eine komfortable Möglichkeit, um an jedem beliebigen Standort und zu jeder Zeit rasch einen geeigneten G2-Stern zu finden: Auf dem ersten Tabellenblatt (mit dem Namen „G2 Stern Suche“) sind alle von Richard Berry und James Burnell vorgeschlagenen Sterne sowie eine Reihe weiterer geeigneter Sterne aufgelistet.

## G2 Stern Suche

Breite [°]:

Länge [°]:

Lokales Datum:

Lokale Zeit:

Zeitzone-Offset:

UT Datum:

UT Zeit:

Name	BS	HD	HIP	Other	source	Sp. Type	B-V	V	Const	RA_2000	DE_20
		224828	81		BH	G5	0,64	8,6	Psc	00 00 58,4	-04 5
				SA 140-84	AIP_faint	G?		12,0	ScI	00 03 37,9	-28 4
	9107	225239	394		AIP_bright	G2	0,63	6,1	And	00 04 53,8	+34 3
		483	759		BH	G2	0,64	7,1	Peg	00 09 19,4	+17 3
		1196	1290		BH	G5	0,66	9,4	ScI	00 16 10,3	-27 4
		1320	1382		BH	G5	0,65	8,0	Phe	00 17 16,5	-43 5
	72	1461	1499		AIP_bright	G0	0,67	6,5	Cet	00 18 41,9	-08 0
9 Cet	88	1835	1803		AIP_bright	G3	0,66	6,4	Cet	00 22 51,8	-12 1

Um nun den besten Stern auszuwählen sind zuerst folgende Eingaben (Blau gekennzeichnet) erforderlich:

- Geografische Breite
- Geografische Länge
- Datum
- Uhrzeit
- Zeitzone-Offset

Datum und Uhrzeit beziehen sich auf die lokale Zonenzeit. Das ist in der Regel jene Zeit, die auch am Computer gerade angezeigt wird. Daher kann man diese Zeiteingabe auch einfach durch Drücken des Buttons „Zeit vom PC holen“ durchführen. Unter dem Zeitzone-Offset wird die Differenz zwischen der Weltzeit (UT) und der Lokalen Zeit verstanden. Auch das richtige Einstellen des Zeitzone-Offsets kann man dem Computer überlassen (durch Drücken des Buttons „Zeitzone-Offset vom PC“).

Schließlich kann man die Liste der Sterne reduzieren, indem man auf den Button „Auswahl von Sternen“ drückt. Folgendes Fenster erscheint:

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

Auswahl von G2-Sternen

Vmin [mag]  < v <  Vmax [mag]

Sternauswahl je nach Quelle

- AIP\_bright: Helle Sterne, vorgeschlagen von Richard Berry und James Burnell in AIP
- AIP\_faint: Schwache Sterne, vorgeschlagen von Richard Berry und James Burnell in AIP
- BH: Zusätzliche Sterne, vorgeschlagen von Bernhard Hubl

Sternauswahl je nach Meridiandurchgang

- Sterne vor dem Meridiandurchgang
- Sterne nach dem Meridiandurchgang
- Alle Sterne

Ok Abbrechen

Mit den ersten beiden Eingaben Vmin und Vmax werden nur Sterne im gewünschten Helligkeitsbereich selektiert. Bei der Sternauswahl je nach Quelle wird man im Normalfall alle 3 Häkchen aktiviert lassen. Viele Astrofotografen, die mit einer deutschen Montierung arbeiten, haben es sich angewöhnt ausschließlich Objekte am Osthimmel (vor dem Meridiandurchgang) oder ausschließlich Objekte am Westhimmel (nach dem Meridiandurchgang) aufzunehmen. Daher besteht in der Eingabemaske auch die Möglichkeit die Sternauswahl je nach Meridiandurchgang weiter einzugrenzen. Mit dem Drücken des Ok-Buttons wird die Auswahl aktiviert.

Wenn man schließlich auf den Button „Sortieren nach Höhe“ drückt, dann werden die ausgewählten Sterne so umsortiert, dass der Stern mit der größten Höhe in der obersten Zeile erscheint. Das ist in der Regel der am besten geeignete Stern für die G2-Stern-Messung.

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

Durch Drücken auf den Button „Alle Sterne auswählen“ kann man die gewählte Auswahl wieder aufheben und alle Sterne werden wieder angezeigt. Ein Aktivieren des Buttons „Sortieren nach RA“ führt schließlich wieder zu einer Sortierung der Sterne nach Rektaszension.

## 2.2. Gewinnung der Aufnahmen

Wenn man einen geeigneten Stern / Sterne gefunden hat, dann nimmt man den Stern mit der gleichen Belichtungszeit durch jeden der drei Farbfilter auf. Dabei sollte der Stern im Filter mit der größten Empfindlichkeit maximal 50% der Sättigung erreichen. Um die Messgenauigkeit zu verbessern, ist es sinnvoll mindestens 30 Aufnahmen durch jeden Filter zu machen.

Von den Aufnahmen muss zumindest ein gemittelttes Bias-Bild abgezogen werden. Wer es ganz genau machen will, reduziert die Aufnahmen mit Dark und Flat (wie bei Objekt-Aufnahmen).

## 2.3. Bestimmung der RGB-Gewichtungsfaktoren

Mit einer Standard CCD-Software kann die Helligkeit des Sterns durch jeden Filter gemessen werden (z.B AIP4WIN, AstroArt, ...). Man erhält somit 3 Intensitätswerte.

Weil das „weiße“ Sternenlicht unseres Standardsterns beim Passieren der Erdatmosphäre im Blauen am Stärksten, im Grünen weniger stark und im Roten am Wenigsten geschwächt wurde, erscheint der Stern rötter als wenn wir den Stern im Zenit aufgenommen hätten.

Diese Rötung durch die Erdatmosphäre lässt sich wegrechnen. Dazu setzen wir das zweite Tabellenblatt mit dem Namen „G2 Stern Messung“ im G2\_Calculator ein.

### Messung von einem G2-Stern

*Eingabe der mittleren Höhe des Sterns, sowie von den drei ADU-Werten, die aus jeweils etwa*

height =  ° Höhe des G2-Sterns  
Ar = 0,982 Transmissionsgrad in R  
Ag = 0,972 Transmissionsgrad in G  
Ab = 0,959 Transmissionsgrad in B

	Gemessenes ADU Signal	Gegen Extinktion korrigiertes Signal	Gewichtung im Zenit
R	23768	24205	1,000
G	56935	58598	0,413
B	45755	47712	0,507

In Datenbank speichern

Vier Werte (Blau gekennzeichnet) sind einzugeben:

- Höhe des G2-Sterns
- Die 3 gemessenen Intensitätswerte in der Spalte „Gemessenes ADU Signal“

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

Als Ergebnis erhält man das optimale Belichtungszeitverhältnis im Zenit.

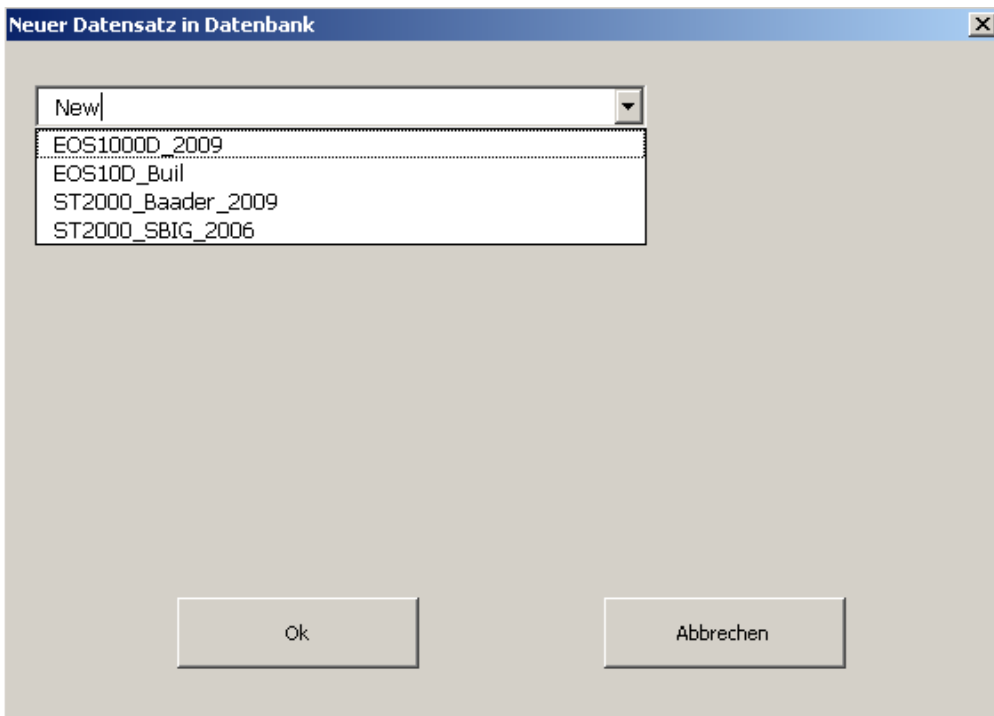
Zum Beispiel habe ich bei meiner ST2000XM mit SBIG Filtersatz folgendes Verhältnis erhalten:

$$R:G:B = 1,0 : 0,44 : 0,56$$

Somit gibt es eine nicht unerhebliche Abweichung zur Angabe vom Hersteller: Laut SBIG ist das optimale Verhältnis folgendes:

$$R:G:B = 1,0 : 0,5 : 0,5$$

Schließlich können die soeben ermittelten Werte auch in einer Datenbank gespeichert werden. Dazu drückt man auf den Button „In Datenbank speichern“ und folgendes Fenster geht auf.



Es sollte ein eindeutiger noch nicht existierender Name für den neuen Datensatz gewählt werden. Mit einem Klick auf den Ok-Button wird der Datensatz angelegt.

Das dritte Tabellenblatt des G2\_Calculators mit dem Namen „Datenbank von Farbgewichtungen“ enthält eine Liste von Farbgewichtungen, die beliebig erweitert werden kann.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Datenbank von Farbgewichtungsfaktoren</b>								
2									
3	<b>Name für Identifikation</b>	<b>R</b>	<b>G</b>	<b>B</b>	<b>Datum</b>	<b>Kamera</b>	<b>Filter</b>	<b>Optik</b>	<b>Beobachter</b>
4	EOS1000D_2009	2,03	1	1,52	12.09.2009	EOS1000D	none	Rubinar300	Bernhard Hubl
5	EOS10D_Buil	1,96	1	1,23	01.01.2004	EOS10D	none	-	Christian Buil
6	ST2000_Baader_2009	1	0,94	0,98	06.08.2009	ST2000XM	Baader	NP101	Bernhard Hubl
7	ST2000_SBIG_2006	1	0,44	0,56	07.07.2006	ST2000XM	SBIG	NP101	Bernhard Hubl
8									
9									
10									
11									

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

## 3. FARBBALANCE BEI OBJEKT-AUFNAHMEN

### 3.1. Gewinnung der RGB-Aufnahmen

Damit die Methode optimal funktioniert ist es sinnvoll, dass die RGB-Daten bei möglichst gleicher Objekthöhe gewonnen werden. Bei längeren Belichtungszeiten verändert sich die Höhe des Objekts in nicht unerheblichen Maß. Wenn nun zuerst alle R, dann alle G und schließlich alle B Aufnahmen nacheinander in einer Nacht gewonnen werden, dann kommt es zwangsläufig zu gewissen Abweichungen, wenn mit einer mittleren Objekthöhe gerechnet wird.

Hier ist ein Filterrad mit einem homofokalen RGB-Filter Satz klar im Vorteil. Durch einen ständigen Wechsel der Filter von Aufnahme zu Aufnahme wirkt sich die sich verändernde Objekthöhe nicht so gravierend aus, weil alle Farben im Mittel in derselben Höhe gewonnen wurden. Auch sich ändernde Umgebungsbedingungen (Mond,...) zeigen bei ständigem Filterwechsel keinen so großen Einfluss.

Generell sollten die RGB-Daten in der Nähe der Kulmination gewonnen werden, um den Einfluss der Extinktion so gering wie möglich zu halten. Luminanz-Daten können dagegen ohne weiteres auch in etwas niedrigerer Höhe sinnvoll aufgenommen werden.

### 3.2. Belichtungszeiten der Einzelaufnahmen

Theoretisch wäre es möglich, immer das laut G2\_Calculator optimale Belichtungszeitverhältnis zu verwenden. Wenn ich zum Beispiel mit meiner ST2000XM ein Objekt in 35° Höhe aufnehmen möchte, dann könnte ich das vierte Tabellenblatt des G2\_Calculators mit dem Namen „Farbgewichtung einer Aufnahme“ öffnen und dazu verwenden, um das ideale Belichtungszeitverhältnis in der gewünschten Höhe zu errechnen.

### Farbgewichtung einer Objektaufnahme

<b>Extinktionskoeffizienten</b>		<b>Gewichtung im Zenit</b>		<input type="button" value="Import aus Datenbank"/>
kr =	0,128	R_Zenith	1	
kg =	0,202	G_Zenith	0,44	
kb =	0,294	B_Zenith	0,56	
<b>Transmissionsgrad</b>				
Ar =	0,916			
Ag =	0,871			
Ab =	0,818			
<b>Eingabe von mittlerer Objekthöhe, Anzahl von R Aufnahmen und Einzelbelichtungszeiten</b>				
height =	35 °	Mittlere Objekthöhe während der Belichtung		
n_R =	5	Anzahl der Rot-Aufnahmen		
t_R =	600 s	Einzelbelichtungszeit in R		
t_G =	300 s	Einzelbelichtungszeit in G		
t_B =	300 s	Einzelbelichtungszeit in B		
	Ideale Gewichtung bei Objekthöhe	Ideale Anzahl an Aufnahmen	Filter-Multiplikationsfaktor	
R	1,000	5,0	1,000	
G	0,463	4,6	0,926	
B	0,627	6,3	1,255	



# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

Dazu holt man sich zuerst die Gewichtungsfaktoren im Zenit aus der Datenbank, indem man auf den Button „Import aus Datenbank“ klickt. Natürlich können die Gewichtungsfaktoren auch manuell in den blauen Feldern eingegeben werden. Gibt man nun im Feld „height“ die gewünschte Objekthöhe von 35° ein, dann erhält man als Ergebnis für die „Ideale Gewichtung bei Objekthöhe“

R:G:B = 1,0 : 0,46 : 0,63

Wenn ich nun zum Beispiel für die Belichtungszeit in R 10 min, in G 4,6 min und in B 6,3 min wähle, dann könnte ich ein RGB-Bild mit der richtigen Farbgewichtung zusammenbauen.

In der Praxis ist das jedoch zu umständlich. Man müsste ständig die Einzelbelichtungszeiten je nach Objekthöhe verändern. Der Aufwand für die Dark-Aufnahmen wäre sehr hoch!

Daher verwende ich, wenn möglich, unabhängig von der Objekthöhe immer dieselben Einzelbelichtungszeiten. Da bei meinem System in erster Näherung die ideale Belichtungszeit für G und B in etwa gleich ist und R eine um den Faktor 2 längere Belichtungszeit benötigt, habe ich folgende Standardbelichtungszeiten gewählt:

R 10 min / G 5 min / B 5 min

## 3.3. Anzahl der Einzelaufnahmen

In großer Objekthöhe wird mit jedem Filter dieselbe Anzahl an Aufnahmen gewonnen. Bei niedriger Objekthöhe (Höhe < 30°) sollte die Anzahl der Blau-Aufnahmen erhöht werden, bei extrem niedriger Objekthöhe sollte auch die Anzahl der Grün-Aufnahmen steigen. Das lässt sich folgendermaßen abschätzen:

Nachdem die Gewichtungsfaktoren im Zenit (R\_Zenith, G\_Zenith, B\_Zenith) sowie die Objekthöhe (height) richtig eingegeben wurden, trägt man noch die Anzahl der geplanten Rot-Aufnahmen (n\_R) sowie die geplanten Einzelbelichtungszeiten (t\_R, t\_G, t\_B) ein. Dann erhält man in der Spalte „Ideale Anzahl an Aufnahmen“ die ideale Anzahl von Einzelaufnahmen in den drei Filtern. Die Erfahrung zeigt, dass es nicht kritisch ist, wenn man sich nicht genau an die vorgeschlagene Anzahl an Einzelaufnahmen hält. Die Anzahl soll nur als Richtwert dienen, damit man ein in allen drei Farbkanälen in etwa vergleichbares Rauschniveau erreicht.

## 3.4. Erstellung des RGB-Bildes

Wenn nun die Rohdaten gewonnen wurden und alle Aufnahmen reduziert und ausgerichtet wurden, erfolgt die Mittelung der Aufnahmen. Ist die Anzahl der Rot-, Grün- und Blau-Aufnahmen gleich, dann kann zur Mittelung sowohl eine Addition als auch ein Average verwendet werden. Hat man jedoch eine verschiedene Anzahl von Einzelaufnahmen durch die drei Filter, dann ist eine direkte Addition nicht zu empfehlen. Im Weiteren gehen wir davon aus, dass die Mittelung immer mittels „Average“ erfolgt.

Bevor nun die gemittelten Rot-, Grün- und Blau-Bilder zu einem RGB-Bild kombiniert werden, müssen die Grün- und Blau-Bilder mit einem entsprechenden Faktor multipliziert werden, um eine gute Farbbalance zu erhalten. Diese Faktoren findet man in der Spalte „Filtermultiplikationsfaktor“.

Zum Beispiel habe ich die Galaxie NGC253 in einer sehr niedrigen mittleren Objekthöhe von 13° aufgenommen. Die Daten sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

# Farbbalance von RGB-Aufnahmen

**Tabelle 3**      **Aufnahmedaten von NGC253**

	Aufnahmedaten	Ideale RGB-Gewichtung	Ideale Aufnahmenanzahl	Multiplikationsfaktor
R	4 x 480s	1,00	4,0	1,00
G	5 x 240s	0,56	4,5	1,11
B	7 x 240s	0,95	7,6	1,90

Ohne an der Farbbalance händisch zu drehen habe ich damit folgendes Bild erhalten (volle Auflösung unter [www.astrophoton.com](http://www.astrophoton.com)):

