

Das Grenzgrößenproblem in der Astrofotografie von Wolfram Fischer, Sternwarte Sohland

Die astrofotografische Grenzgrößenproblematik läßt sich, aus praktischer Sicht grundsätzlich zutreffend, in drei Sätzen zusammenfassen:

1. Die maximal erreichbaren Fixsterngrenzgrößen wachsen mit dem Quadrat der wirksamen Brennweite an (siehe Tabelle 1).
2. Das Öffnungsverhältnis (aber auch die Filmemulsion etc.) entscheidet nur darüber, wie lange belichtet werden muß, um diese maximale Grenzgröße zu erreichen (siehe Tabelle 2).
3. Bei kürzeren Belichtungszeiten hängt die erzielbare Grenzgröße ausschließlich von der wirksamen Objektivöffnung ab (natürlich auch von der Emulsion und vielen sekundären Einflüssen).

Während die Abbildungsintensität der Sterne (Punkthelligkeiten) durch die Öffnung gegeben ist, resultiert die Abbildungsintensität von Flächenhelligkeiten (und damit auch des Himmelshintergrundes) allein aus dem Öffnungsverhältnis. Belichten wird sinnlos, wenn die Helligkeit des Himmelshintergrundes die Fotoschicht zu stark schwärzt. Ist hier eine optimale Schwärzung erreicht, spricht man von der Ausbelichtung einer Aufnahme. Vergleicht man zwei Instrumente verschiedener Optiken, jedoch mit gleichen Brennweiten, so wird folgendes deutlich:

Die größere Optik bildet Sterne zwar heller ab, das Öffnungsverhältnis ist jedoch auch größer, d.h. die Aufnahmen verschleiern durch die höhere Abbildungsintensität der Hintergrundhelligkeit viel eher. Der Intensitätsgewinn bei Sternen wird durch den Intensitätsgewinn bei Flächenhelligkeiten genau wieder zunichte gemacht. Die maximal erreichbare Grenzgröße ist demnach für eine Brennweite (im Rahmen gängiger Öffnungsverhältnisse) konstant, egal wie groß die Öffnung ist!

Die Öffnung in Form des Öffnungsverhältnisses entscheidet lediglich darüber, wie lange wir belichten müssen. Bei Verwendung eines geeigneten Films ist es möglich und empfehlenswert, das Objektiv abzublenden, um schärfere Abbildungen zu erhalten ohne Grenzgröße einzubüßen. Es ist jedoch eine längere Belichtung nötig.

Um optimale Ergebnisse zu erzielen sollte man bemüht sein, diese maximale Belichtungszeit anzustreben, aber nicht wesentlich zu überschreiten.

Auf die Reichweite bei Flächenhelligkeiten wirkt sich bei der Fotografie galaktischer Nebel der Einsatz von Farbfiltern günstig aus. Dies zielt auf Fremdlichtunterdrückung und Kontrastgewinn. Man nehme ein Rotfilter bei Wasserstoffemissionsnebeln (z.B. M42, NGC 7000) sowie einen rotempfindlichen Film wie ZP3, NP27, Kodak TP 2415 oder ein Blaufilter bei Reflexionsnebeln (z.B. M45) und blauempfindlichen Film wie ZU21, NP27. Bei der Galaxienfotografie sind Farbfilter nicht förderlich. Hier hilft nur ein Deep-Sky-Filter.

Zu beachten ist, daß durch Filter die maximalen Belichtungszeiten wesentlich länger werden können. Mit einem Rotfilter Nr. 901 und NP 27 sind bei Blende 1:1.8 zwei Stunden Belichtungszeit anzustreben.

Günstig auf die Grenzgröße bei Sternen wirkt der Einsatz von Filmen mit gutem Signal/Rausch-Verhältnis, d.h. sehr feinkörniger und hart arbeitender Filme wie z.B. der DK5, Kodak TP 2415, aber auch die Verwendung eines Entwicklers mit guter Schwärzungsausbeute (kein R09, besser A49 oder MH28, A71, Kodak D19). Um auch mit lichtschwächeren Optiken Aufnahmen ausbelichten zu können, müssen Emulsionen mit einem Schwarzschildexponenten nahe 1 verwendet werden (z.B. ORWO ZU21, Kodak 103, hypersens. Kodak TP 2415). Empfehlenswert ist auch die Hypersensibilisierung des NP 27 im Formalinbad (FAH-Verfahren, beschrieben in "Die Sterne" 1971/4).

Nachfolgende Tabelle 1 gibt Anreiz, lange Brennweiten zu verwenden. Es sollte aber bedacht werden, daß die angegebene Grenzgröße nur erreicht wird, wenn folgende allgemeingültige Regeln eingehalten werden:

1. Die Aufnahmen müssen ausbelichtet werden können.
2. Nachführung und Justierung müssen so exakt sein, daß die abgebildeten Sternfiguren für die Emulsion nicht auflösbar sind.
Bei Verwendung herkömmlicher Emulsionen darf die lineare Ausdehnung auf dem Film deshalb nicht größer als 0.03 mm (= Korngröße) sein.
Aufnahmen mit langen Brennweiten, die bestenfalls rundgewackelt sind, zeigen nur wenig mehr an Sternen und Detailreichtum und werden den kritischen Betrachter unbefriedigt lassen!

Amateurkameras geben auf ausbelichteten Aufnahmen Flächenhelligkeiten ebenso geschwärzt wieder wie Großteleskope.

Voraussetzung ist nur, daß die Nebel als solche fotografisch aufgelöst werden.

Bei der Wiedergabe von Flächenhelligkeiten kann die Amateurkamera ebenbürtiges in Vergleich zum Riesenspiegel leisten!

Zu den Tabellen auf Seite 7:

Tabelle 1

Maximal erreichbare fotografische Fixsterngrenzgrößen in Abhängigkeit von der Brennweite, bezogen auf herkömmliche Emulsionen mit 0,03 mm Auflösung und mitteleuropäische Beobachtungsbedingungen.

Tabelle 2

Maximale Belichtungszeiten in Abhängigkeit von Öffnungsverhältnis und Filmemulsion, bezogen auf mitteleuropäische Beobachtungsbedingungen.

Es bedeuten: f = Brennweite in mm

m = Größenklasse (Blauhelligkeiten)

n = Öffnungsverhältnis (Blendenzahl)

p = Schwarzschildexponent

Tabelle 1

f=	20	-	9 ^m .7
f=	30	-	10 ^m .6
f=	50	-	11 ^m .7
f=	80	-	12 ^m .7
f=	110	-	13 ^m .4
f=	135	-	13 ^m .9
f=	150	-	14 ^m .1
f=	180	-	14 ^m .5
f=	200	-	14 ^m .7
f=	225	-	15 ^m .0
f=	250	-	15 ^m .2
f=	270	-	15 ^m .4
f=	300	-	15 ^m .6
f=	360	-	16 ^m .0
f=	400	-	16 ^m .2
f=	500	-	16 ^m .7
f=	600	-	17 ^m .1
f=	750	-	17 ^m .6
f=	900	-	18 ^m .0
f=	1000	-	18 ^m .2
f=	1200	-	18 ^m .6
f=	1500	-	19 ^m .1
f=	1800	-	19 ^m .5
f=	2000	-	19 ^m .7
f=	3000	-	20 ^m .6
f=	4000	-	21 ^m .2
f=	6200	-	22 ^m .2

Tabelle 2

	ORWO NP 27	ORWO ZU 21	gashypersens. Kodak, TF2415, p=1
n	p=0.8	p=1	
1	6 min	3.5 min	2.5 min
1.2	10 min	5.0 min	3.6 min
1.5	17 min	7.5 min	5.6 min
1.8	27 min	11 min	8.1 min
2	35 min	13.5 min	10 min
2.5	60 min	21 min	16 min
2.8	1 h 20 min	26 min	20 min
3	1 h 35 min	30 min	23 min
3.5	2 h 20 min	41 min	31 min
4	3 h 20 min	55 min	40 min
4.5	4 h 30 min	1 h 10 min	50 min
5.6	7 h 30 min	1 h 45 min	1 h 20 min
8	18 h 40 min	3 h 30 min	2 h 40 min
10	32 h 40 min	5 h 30 min	4 h 10 min
11	41,5 h	6 h 45 min	5 h 00 min
15	90 h	12 h 30 min	9 h 25 min
20	184.5 h	22 h 15 min	16 h 40 min

Bei f= 6200 mm wird $1'' = 0.03 \text{ mm!}$