

# Die fernsten Objekte eines Amateurfotografen (I)

von Wolfram Fischer

Amateuraufnahmen erreichen heute, selbst mit relativ kleinem Öffnungsverhältnis, schwächste Flächenhelligkeiten. Dafür sorgen hochempfindliche und hypersensibilisierte Filmemulsionen, die ein Ausbelichten ermöglichen. Was hier aus der Hintergrundschwärzung gerade noch hervortritt, sind Informationen von Objekten aus z. T. ungeheuren Tiefen des Weltraumes. Um welche Objekte handelt es sich? Welche Helligkeit besitzen sie? Ist es möglich, mangels umfangreicher Galaxienverzeichnisse und meßtechnischer Möglichkeiten, trotzdem Angaben und Vorstellungen über Helligkeit und Entfernung der schwächsten Objekte zu erhalten?

## Punkt- und Flächenhelligkeiten

Kleinste Galaxienabbildungen, kaum von Sternen zu unterscheiden, sind Objekte nah dem Übergangsbereich zwischen Punkt- und Flächenhelligkeiten. Abbildungen von Punkt- und Flächenhelligkeiten unterscheiden sich grundsätzlich. Die fotografische Schwärzung eines Sterns (Punkthelligkeit) spiegelt niemals die Flächenhelligkeit seiner Oberfläche wider, die Speckle-Interferometrie ausgenommen. Sie ist im wesentlichen ein Maß für seine wahre Helligkeit (Energieabstrahlung, Leuchtkraft) sowie Entfernung und hängt von der Größe des Instrumentes bzw. der Belichtungszeit ab. Als nicht auflösbare Punktobjekte mit oft hoher Intensität, weisen sie ein typisches Schwärzungsverhalten auf. Während der Belichtung nimmt zunächst der Durchmesser des Sternscheibchens nur langsam zu. Dafür aber die Schwärzung, bis die Sättigung erreicht ist. Danach verstärkt sich die Schwärzung nur noch äußerst wenig. Auf Grund der Diffusion kommt es nun zu einer starken Durchmesserverbreiterung. Die fotografische Schwärzung von Flächenhelligkeiten spiegelt hingegen stets die Intensität der leuchtenden Fläche wider. Das Schwärzungsverhalten ist für beliebige Instrumentenabmessungen (mit gleichem Öffnungsverhältnis) analog, solange die Flächenhelligkeit noch aufgelöst erscheint. Auf Grund der geringen Intensitäten erreichen die Schwärzungen

meist nicht die Sättigung. Ausgenommen sind helle Galaxienkerne, bei denen es durch Diffusion zu Profilverformungen kommen kann.

Um Flächenhelligkeiten wie Punkthelligkeiten in Größenklassen anzugeben, bedient man sich der Beziehung  $m_f = m_p + 2,5 \cdot \lg f$ . Dabei ist  $m_f$  die Flächenhelligkeit in Größenklassen pro Quadratbogensekunde ( $m/\square$ ),  $m_p$  eine Punkthelligkeit in Größenklassen ( $m$ ) und  $f$  die Fläche des Objektes ( $\square$ ).

Die Formel ist so angelegt, daß, wenn  $f = 1'' \times 1'' = 1''^2 = 1$  Quadratbogensekunde ist,  $m_f = m_p$  ist. Ein Stern der scheinbaren Helligkeit  $m$  erzeugt also, wenn man sich sein Licht auf eine Fläche  $1'' \times 1''$  verteilt vorstellt, eine Flächenhelligkeit von  $m/\square$ . Die Kataloghelligkeiten der Nebel kennzeichnen im allgemeinen deren Gesamthelligkeit ( $m_t =$  Totalhelligkeit). Eine Angabe der Gesamthelligkeit (z. B. eines Nebels 14. Größe) würde im blauen Spektralbereich  $B_v = 14^m$  lauten. Gesamthelligkeiten werden in einem aufwendigen photometrischen Verfahren ermittelt. Dazu wird das flächige Objekt auf der Fotoplatte in eine Vielzahl kleiner Felder zerlegt, photometrisch ausgemessen und die Einzelhelligkeiten zur Gesamthelligkeit aufintegriert. Die Reichweite der zur Messung zugrunde liegenden Aufnahme, das Photometer und der verwendete Glättungsmechanismus haben Einfluß auf das Endergebnis. Wichtig ist dabei, bis zu welcher Flächenhelligkeit die Aufnahme ausgewertet wird und welche Ausdehnung man damit dem Objekt zuschreibt. Je nachdem, mit welchen Teleskopen die ausgewerteten Aufnahmen gewonnen worden sind und bis zu welcher Grenzisophoten die Integralbildung erfolgte, variieren die Angaben in verschiedenen Katalogen, zum Teil um mehrere Größenklassen. In neueren Katalogen sind die Durchmesserwerte von Galaxien erheblich größer. Dies ist eine Folge besserer Auswertungsmethoden, die heute im allgemeinen auf eine Grenzisophote von  $25^m$  oder  $26^m/\square$  bezogen werden.

Beim visuellen Beobachten gilt es zu beachten, daß die Gesamthelligkeit eines Nebels, ohne die Kenntnis oder Berücksichtigung seines Durchmessers bzw. seiner Form, nichts über seine Flächenhelligkeit aussagt!

## Das photometrische Abstandsgesetz

Wie verhalten sich Flächen- und Gesamthelligkeiten flächenhafter Objekte, z. B. Galaxien, in unterschiedlicher Entfernung? Ganz allgemein gilt, bei Verdoppelung der Entfernung halbiert sich der Durchmesser. Dies trifft bei den kleinen Winkelabmessungen astronomischer Objekte sehr genau zu.

Es ist bekannt, daß sich die Intensität der Strahlung einer Lichtquelle mit der Entfernung  $r$  proportional mit  $1/r^2$  ändert. Das hat zur Folge, daß sich die Helligkeit einer Lichtquelle bei Änderung der Entfernung um den Faktor 10 um 5 Größenklassen ändert. Dies gilt auch für Gesamthelligkeiten von flächenhaften Objekten. Wie verhält sich nun die Flächenhelligkeit eines Nebels in verschiedenen Entfernungen? Wir gehen aus von einem Nebel, der eine quadratische Fläche  $1000'' \times 1000''$  und eine Gesamthelligkeit von  $10^m$  in einer Entfernung  $r = 1$  haben möge (siehe Tabelle 1, Zeile 1). Dieser Nebel besitzt die Flächenhelligkeit  $25m/\square$ . Versetzt man diesen Nebel in eine 10, 100, 1000 mal größere Entfernung, verkleinert sich seine Fläche jeweils um den Faktor 100, ferner nimmt seine Gesamthelligkeit (Tabelle 1, Spalte 4) jeweils um 5 Größenklassen ab. Mittels der Formel  $m_f = m_p + 2,5 \cdot \lg f$  wurde nun die Flächenhelligkeit des Nebels in unterschiedlichen Entfernungen berechnet. Das Ergebnis enthält Tabelle 1, Spalte 5. Es zeigt sich, daß die Summe  $m_p + 2,5 \cdot \lg f$  und damit die Flächenhelligkeit des Nebels unabhängig von der Entfernung konstant bleibt.

*Der Verfasser erreichte mit seiner Schmidt-Kamera 200/240/356 mit nur knapp 36 cm Brennweite Galaxien, die weder die Kataloge NCC noch IC voll abdecken. Er vermittelt in zwei Beiträgen seine dabei gewonnenen theoretischen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen.*

Bild 1: „Zentralgebiet des Virgo-Galaxienhaufens mit identifizierten Objekten (meist NGC)“  
 Aufgenommen mit Schmidt-Kamera 200/240/356, Lumicon Deep-Sky-Filter, hypers. Kodak TP 2415-Film, Entwicklung 5 min bei 20 °C in Kodak D 19-Entwickler, belichtet am 24. 2. 1990 von 2.12 – 2.37 Uhr MEZ bei gut – sehr gutem Himmel.  
 Foto: Wolfram Fischer, Sternwarte Sohland

## Die allgemeine Beobachtbarkeit von Galaxien

In der Realität können wir eine einzelne Galaxie nicht in verschiedener Entfernung studieren. Was wir beobachten können, ist die räumliche Verteilung gleichartiger Objekte. Die Tabelle gibt einen groben Einblick in die Galaxienwelt. Dem Umstand gleichbleibender Flächenhellig-

keiten verdanken wir die Beobachtbarkeit weit entfernter Objekte. Würden sich die Flächenhelligkeiten in größerer Entfernung ebenso verringern wie die Gesamthelligkeit, wäre eine Galaxie mit 100" Kantlänge und einer Flächenhelligkeit 30<sup>m</sup>/□" schon nicht mehr von der Erdoberfläche aus beobachtbar.

Dadurch wird verständlich, warum unsere Kameras, bis zur Auflösungsgrenze, prinzipiell mit gleichbleibenden Schwär-

zungsdichten Galaxien abbilden. Es leuchtet ein, weshalb im vorigen Jahrhundert tausende Spiralnebel, bis in die 15. Größenklasse hinein, visuell entdeckt werden konnten. Bedenkt man, daß auch große Optiken Nebel visuell nicht heller wiedergeben und weiß man, wie schwer selbst relativ helle Galaxien im Fernrohr zu erkennen sind, wird die Entdeckbarkeit noch viel schwächerer Objekte durch obiges verständlich.

## Tabelle

Die Flächenhelligkeit eines „quadratischen“ Nebels in verschiedenen Entfernungen.

Entfernung $r$	Quadratischer Nebel der Kan- tenlänge $a$	Fläche des Nebels $a^2$	Gesamthelligkeit des Nebels $m_p$	mittlere Flächenhelligkeit
1	1000"	1 000 000 □"	10 <sup>m</sup>	25 <sup>m</sup> /□"
10	100"	10 000 □"	15 <sup>m</sup>	25 <sup>m</sup> /□"
100	10"	100 □"	20 <sup>m</sup>	25 <sup>m</sup> /□"
1000	1"	1 □"	25 <sup>m</sup>	25 <sup>m</sup> /□"