

**Zeitschrift:** astro sapiens : die Zeitschrift von und für Amateur-Astronomen  
**Band:** 5 (1995)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Galileo : Miniatursonnensystem bald in Reichweite  
**Autor:** Heck, Philipp  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-896812>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Galileo – Miniatursonnensystem bald in Reichweite

Philipp Heck

**Im Oktober 1989 wurde die Sonde Galileo von der Raumfahre Discovery aus gestartet. Ende dieses Jahres – nach einer sechsjährigen Reisezeit, erreicht sie ihr Ziel: den Riesenplaneten Jupiter und seine Monde.**

Während ihrer ungewöhnlichen interplanetaren Reise, bei der vom Swing-By-Prinzip (auch Planetenbillard genannt) Gebrauch gemacht wurde, kam es zu interessanten Begegnungen. Nachdem die Sonde bei Venus und Erde 'Schwung geholt' hatte, flog sie im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter relativ nahe an den Kleinplaneten Gaspra und Ida vorbei. Zum ersten Mal in der Geschichte der Raumfahrt konnten Asteroiden aus der Nähe betrachtet werden. Eine Überraschung brachte vor allem Ida: Auf den Bildern konnte man erkennen, dass Ida vom Minimond Dactyl (mit lediglich 500 Metern Durchmesser) umkreist wird.

## Platz in der ersten Reihe

Bei dem Absturz des Kometen Shoemaker-Levy 9 auf Jupiter im Juli 1994 hatte die Galileo-Sonde direkte Sicht auf die Einschlagsstelle. Zu diesem Zeitpunkt war Jupiter auf der Bordkamera zwar nur 60 Bildelemente (Pixel) im Durchmesser, doch dies ist immer noch besser als

der eine Pixel, den die Voyager-Sonde von Jupiter bekommen hätte, wenn die Kameras aktiviert worden wären. Galileo hat jedoch einen grossen Nachteil, der sich gerade auch hier vielen bemerkbar machte: Die Datenübertragung geschieht sehr langsam. Bereits wenige Stunden nachdem ein Bruchstück des Kometen in Jupiters Atmosphäre einfiel, waren spektakuläre Bilder des Feuerballs von erdegebundenen Observatorien über das weltweite Datennetz Internet verfügbar. Die exklusiven Bilder von Galileo liessen aber Wochen und Monate auf sich warten.

## Wenn der Regenschirm klemmt...

... 'tröpfeln' die Daten lediglich mit 8 bis 16 Bit pro Sekunde zu den irdischen Empfangsstationen. Zwar wurde Galileo mit einer leistungsfähigen 5-Meter-Parabolantenne ausgestattet, die im Stande wäre 134400 Bit pro Sekunde (ungefähr ein Bild pro Minute!) zu übertragen, diese lässt sich jedoch nicht entfalten. Mehr als 10 000 Versuche wurden bisher

unternommen, um die regenschirmartig gefaltete Antenne zu öffnen, aber die Enden der Rippen haben sich beim Transport über amerikanische Straßen verhakt. Dies zwingt die Missionskontrolle die Kommunikation der Sonde über eine kleine, ungerichtete Hilfsantenne durchzuführen. Statt den erhofften Zehntausenden von Bildern, werden nun ungefähr 1500 erwartet. Im März 1996 will man eine neue Software auf die Sonde übertragen, die mit wirkungsvoller Datenkompression den Informationsfluss zur Erde auf

das 10fache (160 Bits pro Sekunde) steigern soll.

### Sturz ins Bodenlose

Mitte August dieses Jahres trennte sich eine kleine, knapp einen Meter grosse Kapsel von der Sonde erfolgreich ab. Diese wird im Dezember in die gewaltige Atmosphäre Jupiters eintauchen und erstmals direkte Messungen durchführen. Durch einen massiven Hitzeschild aus kohlenstoffverstärkten Phenolharz wird das 50 Kilometer pro Sekunde schnelle 'Geschoss' von der enor-

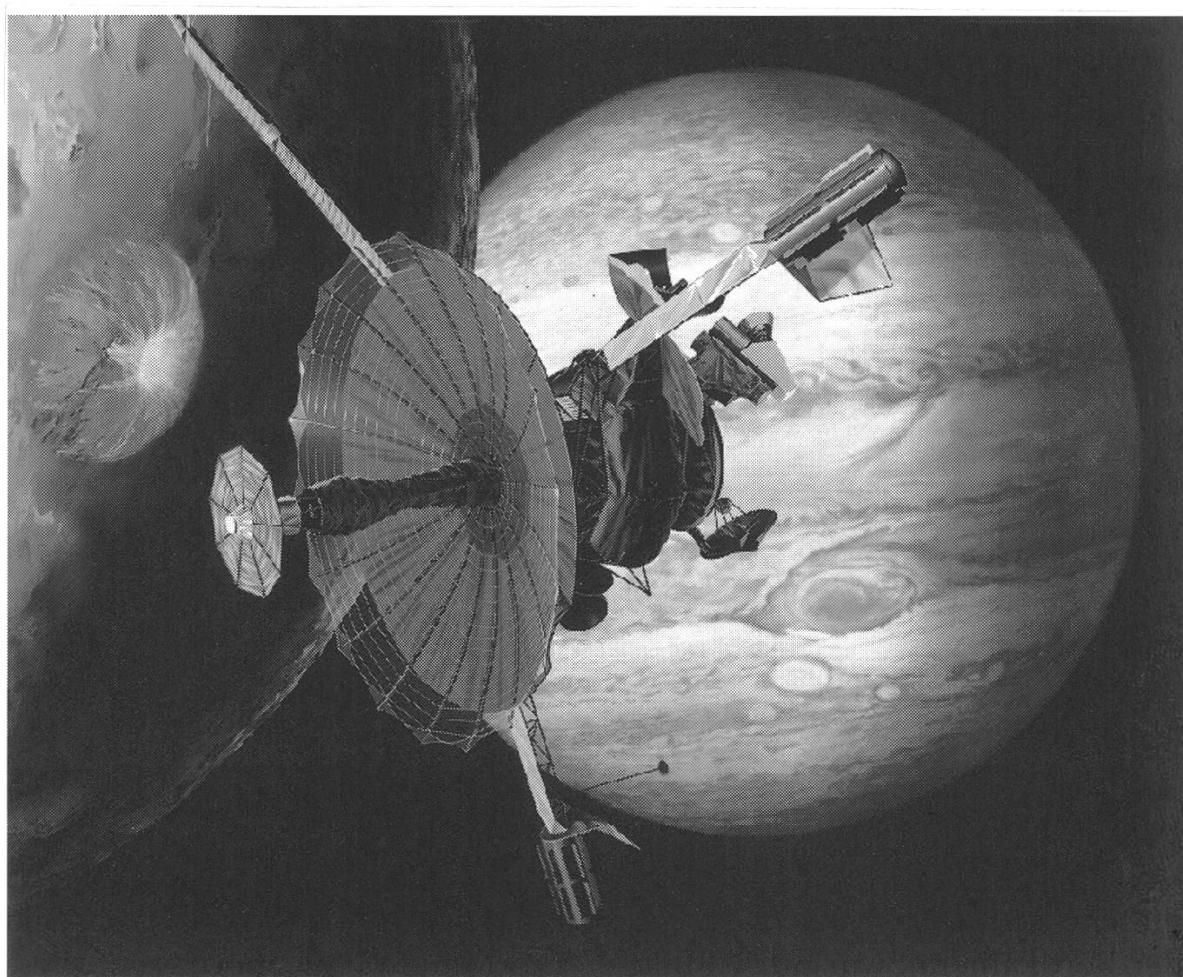


Abb. 1: Die Galileo-Sonde bei ihrem nahen Vorbeiflug am vulkanisch aktiven Jupitermond Io im Dezember 1995 (JPL).

men Reibungshitze, die beim Eintritt entsteht, geschützt. Um die Kapsel weiter abzubremsen, wird nach kurzer Zeit ein Fallschirm geöffnet. Während des Durchfliegens der Atmosphäre, macht die kleine Sonde mit verschiedenen Instrumenten wie Gaschromatographen und Massenspektrometern direkte Messungen der Jupiteratmosphäre (Abb. 2). Laufend werden die gewonnenen Daten zum Teil zur Zwischenspeicherung auf Magnetband zur Muttersonde, zum Teil direkt zur Erde übermittelt. Schätzungsweise werden die Instrumente während etwas mehr als einer Stunde arbeiten können, bevor die Kapsel vom ständig zunehmenden Druck langsam zerquetscht wird.

## Ein neuer Satellit Jupiters

Die Hauptsonde wird in eine elliptische Umlaufbahn eingebremst. Dazu verfügt sie über eine Bremsrakete und wird somit zum ersten Orbiter Jupiters. Der Orbiter vollführt dann eine Reihe von nahen Vorbeiflügen an den vier Galileischen Monden. Den innersten davon, den vulkanisch aktiven Io, überfliegt die Sonde in nur 1000 Kilometern Höhe (Abb. 1). Die Bahn von Galileo än-

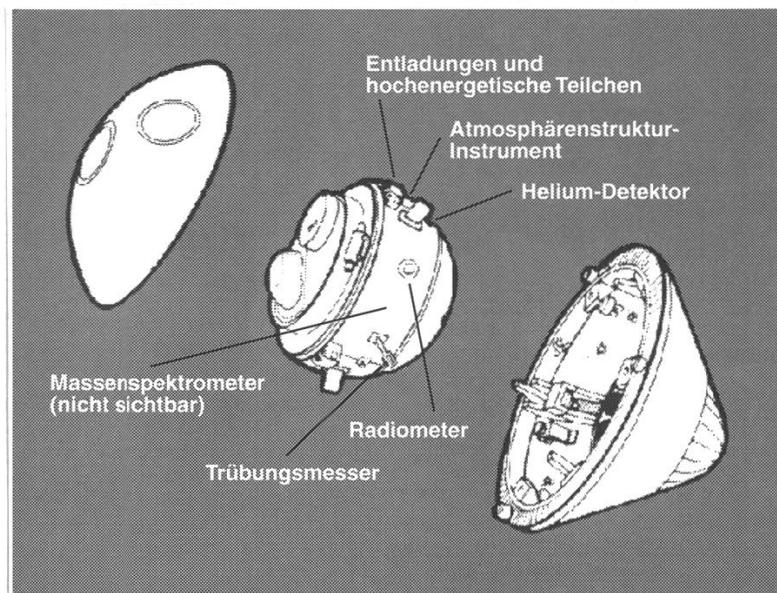


Abb. 2: Schematische Ansicht der kleinen Atmosphärensonde. Die wichtigsten Instrumente sind gekennzeichnet (JPL).

dert sich dabei ständig. So können eine Reihe von verschiedenen Aufnahmen der Trabanten Jupiters und des Planeten selbst gemacht werden. Das reichhaltige Instrumentarium des Orbiters kann jetzt während mindestens zwei Jahren – solange wird die Funktionsdauer geschätzt – das Jupiter-System eingehend untersuchen. Dazu gehören Feld- und Partikeldetektoren, Strahlungsmessgeräte, Spektrometer und natürlich eine hochauflösende Kamera. Die Aufnahmequalität wird die der qualitativ auch schon sehr guten Voyager-Aufnahmen in Bezug auf die Auflösung um das Zehnfache übersteigen. Wegen der geringen Datentransferrate müssen aber vom ursprünglich geplanten Beobachtungsprogramm Abstriche gemacht werden. So soll zum Beispiel

auf die globale Beobachtung der Atmosphäre verzichtet werden. Man wird sich auf ausgewählte Bereiche wie den Grossen Rote Fleck (GRF) konzentrieren müssen.

### Unterstützung von der Erde

Gerade weil die globale Sicht wegfällt, wird Galileo vom Hubble Space Telescope (HST) und erdgebundenen Observatorien tatkräftig unterstützt. Interessante Wolkenstrukturen können dann vom Galileo-Orbiter genauer unter die Lupe genommen werden. Auch Amateurastronomen sind angesprochen, Jupiter intensiver zu beobachten. Es geht dabei vor allem darum, die Zeiten festzuhalten, wann bestimmte Wolkenstrukturen im Zentralmeridian Jupiters stehen. Mit diesen Meridiandurchgangszeiten ist es dann möglich, die jovographische Position dieser Gebilde zu bestimmen. Dies ist bei einem Gasplaneten wie Jupiter besonders wichtig, da

dessen Atmosphäre sehr dynamisch ist und deshalb laufend Änderungen unterworfen ist.

### Fragen über Fragen

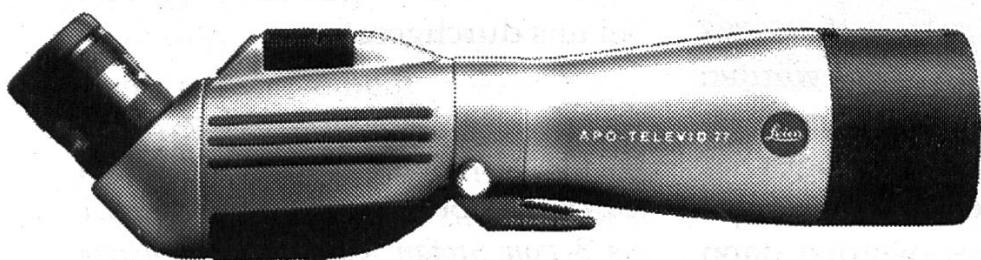
Mit der Galileo-Mission zu Jupiter versucht man vor allem auf die Fragen einzugehen, die sich aus der Auswertung der Daten der beiden Voyager-Sonden ergeben haben. Ob es gelingen wird, alle Fragen zu beantworten, ist unwahrscheinlich. Sicher ist, dass die Galileo-Mission eine Menge neuer Fragen zum Miniatursonnensystem, als solches man Jupiter mit seinen sechzehn Monden gelegentlich bezeichnet, aufwerfen wird! ☆

### Literatur

- [1] Jet Propulsion Laboratory: New Telecommunications Strategy. Pasadena CA, July 1995.
- [2] Jet Propulsion Laboratory: Project Galileo: Bringing Jupiter to Earth. Pasadena CA, 1989.

---

## LEICA TELEVID 77 und APO-TELEVID 77 Hochleistungsspektive mit Gerad- oder Winkeleinblick



Verkauf durch den Fachhandel  
Dokumentation durch:  
Leica Camera AG, 2560 Nidau  
Tel. 032 51 34 34, Fax 032 51 98 23

**Leica**

# CCD-Astrofotografie – Wie machen es andere?

Stefan Meister

Vor etwa vier Jahren haben elektronische Kameras auf dem Gebiet der Amateurastronomie eine eigentliche Revolution ausgelöst. Die sogenannten Charge Coupled Devices (CCD's) hielten im Bereich der Nachführhilfen (Tracking) wie auch der Astrofotografie (Imaging) rasant Einzug. Ich möchte die Handhabung am Beispiel der SBIG ST-6-Kamera der Sternwarte Bülach im Sinne eines Abrisses zusammenfassen.

### Datensalat

Wer seine Files auf der Festplatte nicht einigermassen organisiert, findet in kürzester Zeit nichts mehr. Wir hatten uns, was die Namensgebung von Bildern angeht, schon früh auf ein System geeinigt. Und dies ist auch unbedingt nötig, sobald mehrere Leute am selben Computer arbeiten. Für jede CCD-Nacht erstellen wir ein eigenes Dateienverzeichnis im Format JJMMTT, also z.B. 950708 für den 8. Juli 1995. Dadurch werden die Verzeichnisse vom Computer auch wirklich in chronologischer Reihenfolge aufgelistet. Innerhalb dieser Verzeichnisse werden dann alle Bilder einer bestimmten Nacht

gespeichert. Da stellt sich wieder die Frage nach der Bezeichnung. Ein Hauptproblem (unter DOS) sind einmal die nur auf acht Zeichen beschränkte Länge der Dateinamen. Dazu kommt die Dreier-Erweiterung \*.ST6 die nicht für eine zusätzliche Kennzeichnung verwendet werden kann. Aus dieser Ausgangslage hatte sich folgendes Vorgehen bei uns durchgesetzt:

*Abb. 1 (oben): Planetarischer Nebel NGC 6804 (Aql) aufgenommen am 8.7.1995, 30 Sekunden integriert. Abb. 1 bis 3 von Stefan Meister, Sternwarte Bülach.*



Abb. 2: Galaxie NGC 7479 (Peg) aufgenommen am 1.7.1995, 10mal 30 Sekunden mit Track&Accumulate integriert.

Bilder speichern wir nach Namen ab, die das betreffende Objekt möglichst gut beschreiben. Besitzt es eine Messiernummer, dann erhält der Name ein M gefolgt von der Nummer. Ist vom Aufnahmeobjekt nur eine NGC-Nummer bekannt, so genügt, um Platz zu sparen, die Angabe von N und der Nummer. Planeten oder andere Namen können, sofern die acht Zeichen es zulassen, direkt ausgeschrieben oder sonst abgekürzt werden. Gibt es mehrere Aufnahmen desselben Objektes so sollten fortlaufende Nummern angegeben werden. Diese Methode der 'beschreibenden' Dateinamen hat zu den Dateinamen mit fortlaufender Nummerierung den Vorteil, dass man sich bei einem Spaziergang durch die Verzeichnisse etwas unter der Abkürzung vorstellen kann und schneller das gewünschte Bild auf den Schirm kriegt. Daneben ist es aber für eine schnelle Suche im Da-

tenwald fast unerlässlich, einen Katalog mit allen Dateien und ihren Ablageorten zu führen. Wir sind momentan daran, ein Programm zu entwickeln, das uns diese Aufgaben übernimmt. Danach sollte es möglich sein automatisch alle Verzeichnisse nach Bilddaten durchzukommen, zu katalogisieren und die sogenannte Header-Information der Bilder (z.B. Aufnahmezeit, Dauer, Art, Instrument, ect.) in eine Datenbank auszulesen. Dort könnte dann nach allen möglichen Kriterien gesucht werden. Dies bedingt aber andererseits auch, dass die Headerinformation vollständig vorhanden ist. Doch mehr dazu später.

### Darkframes

Darks sind Dunkelbilder die entstehen, wenn mit aufgesetzter Teleskopkappe oder geschlossenem Verschluss belichtet wird. Mit Dark-



Abb. 3: Flatfield-Aufnahme entstanden an unserem Hauptgerät bei einer Chip-temperatur von -40 °C. Der grosse Ring ist ein winziges aber unscharfes Staubkorn auf dem CCD-Sichtfenster.

frames versucht man z.B. Dunkelstrom oder fehlerhafte Pixel der Kamera zu korrigieren. Meistens werden sie automatisch vor oder nach der eigentlichen Aufnahme integriert. Es besteht auch die Möglichkeit verschiedene Darks eines Abends zu mitteln und dann dieses 'Master-Dark' zu verwenden. Darkframes müssen immer bei der selben Chiptemperatur und Belichtungszeit der zu korrigierenden Aufnahme erstellt werden. Falls wir sie überhaupt separat abspeichern, verwenden wir die Bezeichnung DARK-xx, wobei xx die Temperatur darstellt. Auch diese werden im Tagesverzeichnis abgelegt.

## Flatfields

Flats oder auch FFs genannt, sind Aufnahmen einer absolut gleichmässig hellen Fläche vor der Teleskopöffnung. Mit ihnen wird die unterschiedliche Empfindlichkeit der Pixel korrigiert. Da die aufgenommene Fläche überall gleich hell ist, sollte auch das registrierte Bild überall identische Pixelwerte ausweisen. Dies ist in der Praxis natürlich nicht der Fall. Das Flatfield ist im Prinzip ein direkter Abdruck von Empfindlichkeitsunterschieden mit dem alle weiteren Bilder behandelt werden müssen. Flats sind abhängig von der verwendeten Optik, Vignettierung, Staub auf dem Sichtfenster und anderen Einflüssen. Abbildung 3 zeigt ein solches, stark

verstärktes Flat. In Wahrheit machen die Unterschiede vom hellsten zum dunkelsten Teil im Bild etwa 2% des gesamten dynamischen Bereiches aus. Es ist sinnvoll, nach Möglichkeit für jeden Abend ein gemitteltes Flat aus mindestens drei Einzelflats zu erstellen. Diese können mit dem



Abb. 4: M8 aufgenommen am 28. 5. 1995, 30 Sekunden integriert. Abb. 4 bis 6 von Felix Schäpper, Sternwarte Bülach.

Namen Flat-xx, analog zu den Darks, gespeichert werden. Aufnahmedaten werden bei Dark- und Flatfield-Aufnahmen automatisch mit dem Bild abgespeichert.

## Vor der ersten Aufnahme

Bevor es los geht muss noch eine Reihe von wichtigen Dingen geprüft oder eingestellt werden. Als erstes kontrollieren wir meistens die Systemzeit des Computers. Dies ist wichtig, da die Aufnahmezeit sekundengenau in der Bildinformation gespeichert wird. Bei besonderen Ereignissen oder genauen Aus-

wertungen von CCD-Aufnahmen wäre es im nachhinein sehr schwierig, grössere Zeitdiskrepanzen richtig korrigieren zu können. Zur genauen Abstimmung steht in der Sternwarte eine Funkuhr mit der berühmten Atomzeit von Braunschweig (DCS-77-Sender in Frankfurt) zur Verfügung. Heute gibt es PCs mit bereits eingebautem Funkuhrempfänger auf dem Markt, der automatisch die Systemzeit des Computers richtet.



Abb. 5: M16 aufgenommen am 27. 5. 1995, 30 Sekunden integriert.

Anschliessend gehen wir daran, die fixen Instrumentenparameter für die Beobachtungsnachteinzugeben. Hier wird die Brennweite und die Öffnungsfläche des verwendeten Teleskops in Zoll bzw. Quadratzoll notiert. Wenn häufig in der selben Konfiguration fotografiert wird, können die Parameter auch direkt im Teleskop-Setup eingestellt werden und brauchen dann nicht mehr für jede Aufnahme einzeln angepasst

zu werden. Da solche Werte für bestimmte Teleskopkonfigurationen immer gleich bleiben, empfehlen sich hier Wertetabellen aus welchen man die einzugebenden Daten nur abzulesen braucht. Schliesslich sollte auch nicht vergessen werden, den Beobachternamen an passender Stelle einzugeben. Der Computer weiss ja schliesslich nicht automatisch mit wem er gerade das Vergnügen hat. Alle restlichen Parameter wie Uhrzeit, Datum, Integrationszeit, Chip-temperatur, Modifikationen am Bild, usw., werden vom Computer automatisch erfasst und sollten nicht mehr geändert werden.

Damit der Bildschirm in der Nacht nicht zu sehr die Dunkeladaptation des Auges stört, schalten wir das Programm vor den Aufnahmen meist noch auf 'Night Vision' um und drehen zudem die Helligkeit des Bildschirms stark zurück.

### Integrieren ohne Grenzen

In der CCD-Fotografie heisst Belichten genaugenommen Integrieren (wiederherstellen, ergänzen). Es soll also durch Integration und anschliessender Bildreduktionen ein möglichst realistisches Abbild rekonstruiert werden.

Wie schon früher erwähnt, muss vom Rohbild unbedingt jedesmal das Darkframe abgezogen werden. Das Resultat korrigiert man dann mit dem Flatfield. Das Ergebnis aus den beiden Korrekturen versteht sich

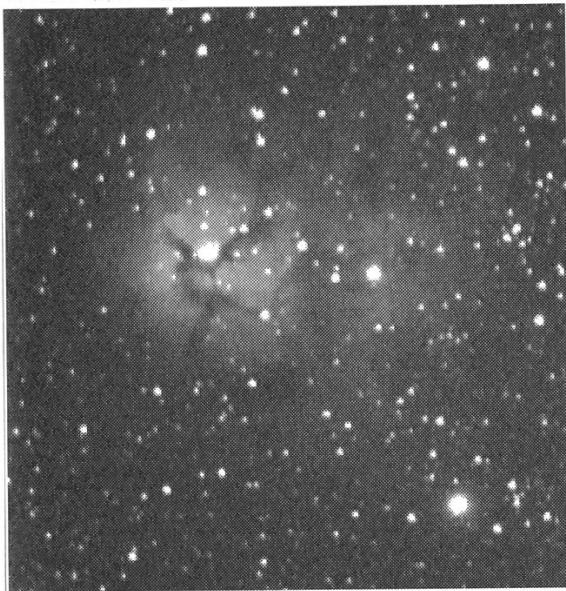


Abb. 6: M 20 aufgenommen am 28. 5. 1995, 30 Sekunden integriert.

eigentlich als Original und ist die Ausgangslage für jede weitere Bildverarbeitung.

Was dem Bild an Information jetzt noch fehlt sind die Textdaten zur Aufnahme. Diese können zum aufgenommenen Bild unter 'Notes' über zwei Zeilen eingegeben werden. Unter Notes verstehen wir einen Objektbeschrieb und sonstige Besonderheiten zu der erstellten Aufnahme. Ebenfalls müssen bei jedem Instrumentenwechsel während der Nacht die entsprechenden Instrumentenparameter angepasst werden. Allfällige verwendete Filter können im Filtermenü leicht ausgewählt werden. Dies ist dann nützlich, wenn aus drei Aufnahmen ein RGB-Farbkomposit erstellt wird. Mit dem Text im Filterfeld erkennen wir nachträglich in welchem Bereich nun eine Aufnahme integriert wurde.

Sobald alle Bilder 'im Kasten' sind und die eigentliche Beobachtungsnacht abgeschlossen ist (und nicht früher – gute Nächte sind zum Fotografieren da, nicht zum Bearbeiten der Bilder) beginnt das schier endlose Kapitel der Bildverarbeitung. Allein dieses Thema füllt Bücher (z.B. [1]) und kann deshalb an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden.

## Bildformat

Normalerweise speichern wir immer im 'ST6-compressed'-Format ab. Dies hat den Vorteil von bis zu 50% weniger speicherintensive Bilder ohne Daten- oder Zeitverlust beim Laden. Nachbearbeitete Bilder werden meist ins TIF-Format umgewandelt, aber auch FITS, JPEG und GIF sind übliche Formate in astronomischen Kreisen. Wir achten aber während all der Umwandlerei darauf, das Original nie zu überschreiben oder zu löschen. ☆

## Literatur

- [1] Berry, Richard: *Introduction to Astronomical Image Processing, A Comprehensive Guide to CCD Image Enhancement for the IBM-PC and Compatibles*. Willmann-Bell, Inc., Virginia 1991
- [2] Buil, Christian: *CCD Astronomy, Construction and Use of an Astronomical CCD Camera*. Willmann-Bell, Inc., Virginia 1991
- [3] Marschall, Laurence A. (Editor): *CCD Astronomie, The Magazine of Electronic Imaging*. Sky Publishing Corp., Belmont