

Digital Foto: Hintergrund: Titelbild: Daniel Bauer, Lufingen

Orionnebel M42

Inhalt

1	Vorwort	6
2	Überlegungen zur Sichtbarkeit astronomischer Objekte	8
3	Beobachtungstechnik	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Logbuchführung	
3.3	Beobachtungsstandort	
3.4	Das Beobachten nebelförmiger Objekte	
3.5	Das Beobachten von Mond und Planeten	
3.6	Bemerkungen zur Ausrüstung	
	3.6.1 Auswahl des Teleskops	.12
	3.6.2 Stativ	
	3.6.4 Okulare und Zubehör	
	3.6.5 "Goto" Teleskope	. 16
4	Fachbegriffe und Theorie	17
4.1	Distanzen	.17
4.2	Scheinbare und absolute Helligkeit der Objekte	.17
4.3	Bezeichnung der Fixsterne	.18
4.4	Seeing und Pickering Rating	.18
4.5	Ekliptik und Ekliptikebene	.20
4.6	Äquatoriales Koordinatensystem	.21
4.7	Charles Messier, der Kometenjäger	.22
4.8	Spektralklassen der Fixsterne	.22
4.9	Hertzsprung Russel (HR) Diagramm	.23
4.10	Lebenslauf der Sterne im HR Diagramm	.24
4.11	B - V Farbindex	.26
5	Beobachtungsobjekte im Sonnensystem	27
5.1	Sonne	
	5.1.1 Einführung	
	5.1.2 Beobachtbare Phänomene	.27
	5.1.3 Sonnenflecken	
	5.1.4 Sonnenfinsternisse	
	5.1.5 Merkur und Venus Transits	
F 0		
5.2	Mond	
	5.2.1 Einführung	
	5.2.2 Mondphasen	
	O.E.C 2000utungoupponnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnn	

	5.2.4	Strahlenkrater	
	5.2.5	Orientierung auf dem Mond und Identifikation topografischer Formationen	33
	5.2.6	Libration	34
	5.2.7	Erdlicht	34
	5.2.8	Mondfinsternisse	34
	5.2.9	Die Colongitude	34
	5.2.10	Filterung	35
5.3	Planet	en	35
•.•	5.3.1	Merkur	
	5.3.1	Venus	
	5.3.2	Mars	
	5.3.4	Jupiter	
	5.3.5	Saturn	
	5.3.6	Uranus	
	5.3.7	Neptun	
	5.3.8	Pluto	
- 4			
5.4	Komet	en	44
5.5	Astero	iden	45
	5.5.1	Einführung	
	5.5.1	Asteroidenbeobachtung durch Amateure	
		-	
6	Beoba	achtungsobjekte in der Milchstrasse	46
6.1	Einfüh	rung	46
6.2	Doppe	Isterne	47
	6.2.1	Einführung	
	6.2.2	β Cygni, Albireo	
	6.2.3	α Geminorum, Castor	
	6.2.4	ζ (Zeta) Orionis, Alnitak	
	6.2.5	β Orionis, Rigel	
	6.2.6	I (lota) Cancri	
	6.2.7	ζ (Zeta) Cancri, Tegmen	
	6.2.8	I (lota) Orionis, Nair Al Saif	
	6.2.9	ζ (Zeta) Ursae maioris, Mizar	
6.3		derliche Sterne	
	6.3.1	Einführung	
	6.3.2	Bedeckungsveränderliche	
	6.3.3	Pulsationsveränderliche	
	6.3.4	Novae	
	6.3.5	Kohlenstoffsterne	
	6.3.6	μ Cephei, Herschels Granatstern	
	6.3.7	R Leporis, Hind's Crimson Star	
	6.3.8	T Lyrae	
	6.3.9	S Cephei	
6.4	Emissi	ons-, Reflexions- und Dunkelnebel	53
	6.4.1	Einführung	53
	6.4.2	NGC2261, Hubbles veränderlicher Nebel	53
	6.4.3	M42 und M43, Orion Nebel	
	6.4.4	M16, Adlernebel	
	6.4.5	M78	
6.5	Planet	arische Nebel	57
2.5		Einführung	
	6.5.1 6.5.2	NGC2392, Eskimonebel	
	0.5.2	NGU2332, ESKIIIUIICUCI	o /

	6.5.3 M57, Ring Nebel6.5.4 M27, Hantel Nebel (Dumbbell Nebula)		
6.6	Supernovae		
0.0	6.6.1 Einführung		
	6.6.2 Schwarze Löcher		
	6.6.3 Beobachtung der Supernovae		
	6.6.4 M1, Krebs Nebel		
	6.6.5 NGC6960, NGC6992, Cirrus Nebel	62	
6.7	Offene Sternhaufen	63	
	6.7.1 Einführung	63	
	6.7.2 M35		
	6.7.3 M44, Praesepe		
	6.7.4 M67		
	6.7.5 M45, Plejaden, Subaru χ (chi) Persei		
6.8	Kugelsternhaufen		
0.0			
	6.8.1 Einführung		
	6.8.3 M5		
	6.8.4 M13 Herkules Kugelhaufen		
7	Extragalaktische Beobachtungsobjekte	68	
7.1	Galaxien	68	
	7.1.1 Einführung	68	
	7.1.2 M31, Andromeda Galaxie		
	7.1.3 M65, M66 und NGC3628, Das Leo Triplett		
	7.1.4 M95 und M96		
	7.1.5 M104, Sombrero Galaxie		
	7.1.6 M64, Black Eye Galaxie7.1.7 Virgohaufen und Makarian's Chain		
	7.1.8 M81, Bode's Galaxie		
	7.1.9 M51, Whirlpool Galaxie		
7.2	Quasare		
	7.2.1 3C273		
8	Weiterführende Literatur und Internet Nutzung	76	
8.1	Bücher7		
8.2	Internet		
9	Anhang		

1 Vorwort

Vor über 40 Jahren begann ich mich für die Sternenwelt zu interessieren und die diversen optisch erreichbaren Himmelsobjekte zu erkunden; zuerst mit einem 2 Zoll Warenhaus Refraktor, etwas später mit einem selbstgebauten 6 Zoll Newton Reflektor und heute mit einem 8 Zoll Schmidt Cassegrain Teleskop (Nexstar 8i, von Celestron). Im Laufe dieser Zeit haben sich, neben meinen Logbucheinträgen, laufend Literatur und interessante Informationen über die beobachteten Objekte angesammelt. Da war die Idee nahe liegend, einen Ausschnitt aus diesem Fundus zu einem Skript zusammenzustellen und mit Beobachtungshinweisen sowie Informationen und Bildern aus Internetquellen zu ergänzen. Die Zielsetzung war:

- anhand ca. 50 repräsentativer Objekte einen möglichst breiten Uberblick über die verschiedenen Kategorien astronomischer Himmelskörper zu vermitteln, welche für einen durchschnittlich ausgerüsteten Amateur beobachtbar sind
- eine praktische Anleitung für deren Beobachtung zu geben
- die Neugier auf weitere Objekte zu wecken, sowie eigene Fragestellungen anzuregen
- ein einigermassen realistisches Bild zu vermitteln, wie die einzelnen Objekte in einem 8 Zoll Teleskop direkt, und ohne fotografische Hilfsmittel, gesehen werden können
- Einblick in verschiedene (aber nicht alle) Betätigungsfelder der Amateurastronomie zu ermöglichen.

Das Dokument habe ich so strukturiert, dass mit steigender Hauptkapitelnummer die Distanz zu den vorgestellten Objekten immer grösser wird. Deren Licht ist bekanntlich mit der endlichen Geschwindigkeit von 300'000 km/s unterwegs zu uns. Das heisst aber, dass mit steigender Entfernung auch die Bilder dieser Objekte immer älter werden, welche wir mit dem Teleskop betrachten können. So wird dies auch zu einer Art "Zeitreise" in die Vergangenheit des Universums, welche vor unserer "Haustüre" im Sonnensystem beginnt und über die diversen Milchstrassenobjekte, bis hinaus zu den Galaxien und Quasaren führt. Die Distanz zu diesen Objekten, resp. das Alter der Bilder, steigt dabei etwa wie folgt:

Mond:

Sonne:
Rand des Sonnensystems (Pluto):
Nächster Fixstern, Proxima Centauri:
Lichtstunden
4 Lichtjahre

Zentrum unserer Galaxie (Milchstrasse): 30'000 Lichtjahre
 Unsere Nachbargalaxie Andromeda: 3 Millionen Lichtjahre
 Die ersten benachbarten Galaxienhaufen: 60 Millionen Lichtjahre

Diese Reise, lasse ich nach ca. 3 Milliarden Lichtjahren beim *Quasar 3C273* enden, dem 273. Objekt des dritten Cambridge Radioquellen Katalogs. Dies ist das weitest entfernte, und damit auch älteste Objekt, welches für durchschnittlich ausgerüstete Amateure noch als winziger, lichtschwacher Punkt sichtbar ist. Dieser proportionale Zusammenhang zwischen Distanz und Alter der beobachteten Objekte zeigt, dass Astronomen, ähnlich wie die Historiker, aus *Vergangenenem* auf Gegenwart und Zukunft schliessen müssen.

An Theorie und Information habe ich hier nur soviel beigefügt, wie sie sichtbare Phänomene betrifft, deren Beobachtung sowie die Bedienung des Teleskops erleichtert, oder durch

das Aufzeigen von *Zusammenhängen* interessanter gestaltet. Sie ersetzt aber keinesfalls ein Einführungsbuch in die Grundzüge der Astronomie (siehe Literaturverzeichnis). Für Informationen über kosmologische Hypothesen, wie Urknall- und Stringtheorie, verweise ich auf die einschlägige Literatur und Fachartikel. Bewusst weise ich immer darauf hin, wenn z.B. Phänomene oder Effekte noch nicht voll verstanden, oder wissenschaftlich noch umstritten sind. Es ist immer wieder erstaunlich, auf wie vielen Gebieten noch Unsicherheiten bestehen oder man, trotz Hightechforschung, noch immer im Dunkeln tappt!

Einige mir wichtig und interessant erscheinenden Objekte, z.B. die Sonne, einzelne Planeten, den Orionnebel etc. habe ich ziemlich detailliert und mit der zugehörigen Nomenklatur vorgestellt. Diese Beispiele sollen auch einen Weg weisen, wie man Himmelskörper nicht nur betrachten, sondern auf bereichernde Art "studieren" kann. So kann vielleicht verhindert werden, dass das eigene Teleskop schon bald wieder auf dem Gebrauchtmarkt erscheint, weil man meint, nach Mondkratern und Saturnring nun alles gesehen zu haben.

Ich wünsche immer clear skies!

Richi Walker

Adliswil, Juli 2004

richiwalker@bluewin.ch



Der Astronom, Holzschnitt 17. Jahrhundert, Albrecht Dürer Museum, Nürnberg.

2 Überlegungen zur Sichtbarkeit astronomischer Objekte

Das Bild von astronomischen Objekten ist bei den meisten Anfängern vorwiegend durch die Berichterstattung und Dokumentarfilme über Spitzenforschung in den Medien, sowie populärwissenschaftliche Bücher geprägt worden. Hier dominieren spektakuläre, meist langzeitbelichtete Aufnahmen, erstellt mit professionellen Grossteleskopen oder übermittelt von Raumsonden. Damit für die Forschung wichtige Details sichtbar werden, sind diese mit modernster Aufnahme- und Filtertechnik entstanden, sowie mit aufwendiger Software nachbearbeitet worden. Dazu gesellen sich Astrofotografien von spezialisierten Amateuren, die dank Fortschritten in der CCD Fotografie und PC gestützter Bildbearbeitungssoftware einen Detailreichtum aufweisen, welcher nur noch wenig hinter demjenigen ihrer professionellen Kollegen zurücksteht. Dieser künstliche Eindruck von der Sichtbarkeit astronomischer Objekte wird noch durch Sciencefictionfilme verstärkt. Sie suggerieren fälschlicherweise, ein Astronaut würde auf seiner hypothetischen Reise durch das All laufend solche spektakulären Szenen vorfinden und dass es nur eines genügend grossen Teleskops bedarf, um sich das alles vom heimischen Balkon aus anschauen zu können.

Ein einigermassen realistisches Bild vermitteln solche Aufnahmen meistens noch von den Planeten und der Sonne. Galaxien und Gasnebel würden hingegen für einen Astronauten wesentlich unspektakulärer und nicht wie kosmische Feuerräder oder vulkanische Glutwolken erscheinen. Typische Beispiele dafür sind die auch vielen Laien bekannten Bilder der Andromeda Galaxie (links), sowie des Orion Nebels (rechtes Bild und Titelblatt).





Als Trost für den "nur" beobachtenden (und nicht fotografierenden) Amateur, sei daher festgehalten, dass die meisten Objekte in der Realität eher dem entsprechen würden, was wir direkt in grösseren Amateurteleskopen sehen können. Ein starkes Indiz für diese Behauptung liefert unsere eigene "Heim-Galaxie", die Milchstrasse. Sie ist an sehr dunklen Standorten und unter guten Sichtbedingungen mit blossem Auge lediglich als schwach leuchtendes Band zu sehen!

Um an der Astronomie ein dauerhaftes Interesse zu finden und allfälliger Enttäuschung über eine vermeintlich unzulängliche Ausrüstung vorzubeugen, scheint mir wichtig, dass der Einsteiger solche Vorstellungen möglichst schnell durch realistische, aber nicht minder faszinierende Bilder ersetzt. Ich habe daher nach Möglichkeit auch Illustrationen beigefügt, welche die Objekte annähernd so wiedergeben, wie sie etwa im 8 Zoll Teleskop gesehen werden können.

Im Ubrigen gilt ja der häufig zitierte Grundsatz: Jedes Instrument hat seinen Himmel.

3 Beobachtungstechnik

3.1 Allgemeines

Einige besonders "dankbare" Objekte, wie zum Beispiel der Orionnebel, Saturn, Jupiter, die meisten Doppelsterne, sowie der Mond, sind auch ohne Vorkenntnisse spektakulär anzusehen. Diese sollte sich der frischgebackene Teleskopbesitzer auch als erste vornehmen, um schon mal mit einem motivierenden Erfolgserlebnis beginnen zu können. Andere, wie z.B. der Supernovaüberrest M1 und die meisten Galaxien, erfordern hingegen Hintergrundwissen und geeignete Techniken (z.B. indirektes Sehen und an die Dunkelheit adaptierte Augen), um eine Beobachtung lohnend zu gestalten. Dies sind dann eher Objekte für Fortgeschrittene. Teleskopisches Beobachten ist Übungssache. Erfahrene Beobachter können deutlich mehr sehen, als Anfänger. Bei licht- und kontrastschwachen Objekten spielen zudem in erhöhtem Ausmass die Sichtbedingungen, sowie die individuelle Sehkraft eine wesentliche Rolle.

Wie für jede Naturbeobachtung muss man sich auch hier gebührend Zeit nehmen. Ich empfehle daher, sich pro Abend maximal zwei bis höchstens drei neue Objekte vorzunehmen. Im Fünfminutentakt von einem Nebel zum anderen zu "zappen" bringt nichts, es sei denn, man habe sich der systematischen Suche nach Asteroiden, Kometen oder Supernovae verschrieben. Längeres Beobachten eines Objektes enthüllt zudem in der Regel zunehmend mehr Details und wirkt, als positiver Nebeneffekt, auch sehr entspannend. Pausenloses Anstarren ist jedoch kontraproduktiv. Periodisch sollte daher den Augen eine kurze Pause gegönnt werden. Es lohnt sich jeweils, die Beobachtungssession vorzubereiten und noch in heller Umgebung eine Liste der Objekte, z.B. mit Messier-, NGC Nummern oder Koordinaten zu erstellen.

Im Winter ist es wichtig, dass man sich sehr warm anzieht und die Beobachtung sofort abbricht, wenn man zu frieren beginnt. Nützliche Hilfsmittel sind zudem heisse Wärmeflaschen, Heizkissen und Getränke. Alkohol und Kaffee sind zu meiden, da beides die Sehkraft beeinträchtigt. Wichtig sind warme Mützen, da ein wesentlicher Teil der Wärmestrahlung des Körpers über den Kopf entweicht! Es gibt Astroamateure, die für wärmende Spezialkleidung so viel Geld ausgeben, wie für das ganze Teleskop. Einzelne Astrobücher widmen diesem Thema gar ein ganzes Kapitel.

3.2 Logbuchführung

Das Führen eines Logbuches lässt nicht nur Veränderungen eines Objektes über die Zeit nachvollziehen, wie z.B. die Phasengestalt der Venus, der Schattenwurf Saturns auf seinem Ring oder die Neigungsänderung seiner Ringebene, "wandernde" Sonnenfleckengruppen, etc. Es animiert auch zum genauen Beobachten, indem man das Gesehene entweder stichwortartig beschreibt, oder skizziert. Anhand dieser Aufzeichnungen können später auch die Rotationszeiten der Sonne und einzelner Planeten, die Umlaufzeiten der Jupiterund Saturnmonde, die Positionsänderung der Doppelsternkomponenten etc. nachgemessen und bestimmt werden. Bei einigen Objekten habe ich dazu entsprechende Anregungen gegeben. Ein Beispiel für ein Journalblatt, wie ich es für meinen Gebrauch entworfen habe, ist im Anhang zu finden und bei mir auch als Wordfile erhältlich. Es enthält auch einen Millimeterraster für Skizzen, sowie runde Schablonen, z.B. für die Skizzierung der Sonnenflecken oder der Marsoberfläche. Für Notizen und Skizzen verwende ich immer feinen Bleistift. So kann feiner gezeichnet und fehlerhafte Eintragungen besser korrigiert werden. Zudem hat es sich bewährt, die einzelnen "Beobachtungssessions" zu nummerieren und parallel Objektlisten mit entsprechender Referenzierung zu führen. Bei späteren Fragestel-

lungen können so die verteilten Aufzeichnungen eines bestimmten Objektes schneller gefunden und zusammengetragen werden. Es ist immer wieder erstaunlich, wie anfänglich belanglos scheinende Notizen, Skizzen oder Messungen, im Nachhinein plötzlich Bedeutung gewinnen können! *Wichtig:* Auch Misserfolge sollten aufgezeichnet werden, z.B. wenn ein schwaches Objekt unsichtbar bleibt, oder wenn bestimmte Details bei dieser Session nicht erkannt werden können. Auch solche Eintragungen können später interessant werden, vielleicht auch nur deshalb, um eigene Fortschritte in der Beobachtungstechnik feststellen zu können.

3.3 Beobachtungsstandort

Im Prinzip gilt, je weiter von Siedlungen und Lichtquellen entfernt und je höher gelegen, umso besser ist der Standort. Speziell wichtig sind solche idealen Bedingungen für die Beobachtung so genannter "Deep Sky" Objekte. Unter diesem Begriff wird alles zusammengefasst, was sich ausserhalb unseres Sonnensystems befindet. Es sind vorwiegend lichtschwache Nebel und Galaxien. Die meisten Doppelsterne und Sternhaufen, welche auch zu dieser Objektgruppe gehören, sind aber auch vom heimischen Balkon oder Garten, unter Vorstadtbedingungen mit akzeptablem Ergebnis zu beobachten, sofern das Teleskop nicht gerade im Lichtkegel einer Laterne aufgebaut wird. Dasselbe gilt auch für die sog. "Near Sky" Objekte, wie Planeten, Mond und Sonne, mit der Ausnahme sehr lichtschwacher Kometen.

Als *externe* Beobachtungsplätze sind eher einsame Standorte, *abseits* von frequentierten Spazier- und Wanderwegen vorzuziehen, es sei denn, man sucht eine Trainingsmöglichkeit für Vorführungen an Volksternwarten.

Das Beobachten aus dem geheizten Wohnzimmer, durch das (hoffentlich) geöffnete Fenster, ist nicht zu empfehlen, da bei stärkeren Vergrösserungen die aufsteigende Warmluft vor dem Teleskop die Objekte zunehmend verschwommen erscheinen lässt. Zu vermeiden sind auch Standorte wie grössere Asphalt- und Betonflächen, da sie vorwiegend in der ersten Nachthälfte ihre tagsüber gespeicherte Wärme abgeben. Auf dem Balkon oder im Garten sollte, speziell in der kalten Jahreszeit, dem Teleskop mindestens 20 Minuten Abkühlzeit gewährt werden, um die Turbulenzen im Inneren des Tubus abklingen zu lassen. Besonders wichtig ist dies für anspruchsvollere Beobachtungen, wie Oberflächendetails auf Planeten oder das Trennen enger Doppelsterne. Im Anhang habe ich noch eine "Lichtverschmutzungskarte" der Schweiz angefügt, als grobe Entscheidungshilfe für die Evaluation günstiger Beobachtungsstandorte.

3.4 Das Beobachten nebelförmiger Objekte

Das Beobachten lichtschwacher, nebelförmiger Objekte wie Galaxien, Kometen etc. erfordert eine dunkle Umgebung, ohne störende Lichtquellen und gut an die Dunkelheit adaptierte Augen. Nach ca. einer Viertelstunde in der Dunkelheit verbessert sich die Sehleistung um ein Mehrfaches! Ein kurzer Lichteinfall genügt bereits, und der Adaptionseffekt ist zerstört. Er muss dann wieder völlig von vorne aufgebaut werden. Deshalb sollten am besten schwache, rote LED Taschenlampen verwendet werden, welche die Adaption nicht nachhaltig stören. Diese können im Fachhandel erworben, aber auch billig und einfach selbst hergestellt werden.

Speziell für lichtschwache Nebel ist so genanntes "Indirektes Sehen" notwendig. Die lichtempfindlichen Rezeptoren (Stäbchen) sind im menschlichen Auge um das Zentrum des Blickfeldes herum gruppiert. Deshalb schaut der geübte Beobachter knapp an solchen Objekten vorbei, um möglichst viele Details erkennen zu können. Das Auge reagiert zudem

sensitiv auf bewegte Gegenstände. Deshalb hilft in visuellen Grenzfällen oft auch ein *lang-sames* Schwenken des Teleskops im Bereich des Beobachtungsobjektes, das sog. *field sweeping*. Hier muss man allerdings sicher sein, dass sich das gesuchte Objekt auch tatsächlich im Gesichtsfeld des Okulars befindet.

Ein krampfhaftes Zukneifen des zweiten, nicht beobachtenden Auges, ist zu vermeiden. Bei dunkler Umgebung kann dieses offen gelassen werden, ansonsten besser mit der Hand oder sonst wie abdecken. Muss man sich kurzzeitig einer Lichtquelle aussetzen, kann während dieser Zeit das "Beobachtungsauge" geschlossen gehalten werden, um die Adaption zu schonen. Ich habe schon Deep Sky Profis gesehen, welche mit Augenbinden, wie weiland Admiral Nelson, ausgerüstet waren. Andere Beobachter bedecken, wie die ersten Fotografen des 19. Jahrhunderts, den Okularbereich und den Kopf mit einem grossen (leichten) Tuch und lassen sich ab Walkman mit New Age Sphärenmusik berieseln.

Das Fokussieren des Teleskops auf nebelförmige Objekte ist nicht ganz einfach und erfolgt am besten auf einen hellen Vordergrundstern im Blickfeld. Es versteht sich wohl von selbst, dass helles Mondlicht für die Beobachtung lichtschwacher Objekte absolut störend wirkt und das Beobachten anspruchsvoller Objekte sogar verunmöglicht.

Bester Beobachtungszeitpunkt, speziell für lichtschwache Objekte, ist deren *Kulminations-punkt*, d.h. wenn sie die Meridianlinie genau im Süden des Standortes passieren. Hier stehen sie am höchstmöglichen Punkt über dem Horizont und die störenden atmosphärischen Einflüsse sind jetzt am geringsten. Bei den Deep Sky Objekten habe ich im Beschrieb jeweils die Monate angegeben, bei denen sie in akzeptabler Höhe über dem Horizont stehen. Je näher ein Objekt für einen Beobachter auf der Nordhalbkugel beim Polarstern steht, umso länger kann es gut beobachtet werden.

Gerade bei lichtschwachen Objekten ist darauf zu achten, dass man sich nicht selbst etwas vormacht. Diese Gefahr besteht in erhöhtem Masse dann, wenn man vorgängig in Objektbeschreibungen auf zu beobachtende Details hingewiesen worden ist und diese dann krampfhaft zu sehen versucht. Hier ist, auch sich selbst gegenüber, absolute Ehrlichkeit gefordert! Gerade lichtschwache Deep Sky Objekte erfordern nun mal optimale Sichtbedingungen und erfahrene Beobachter, um überhaupt gesehen werden zu können, oder um alle mit einer bestimmten Teleskopöffnung oder Vergrösserung erreichbaren Details zu offenbaren. Ich habe z.B. Bedingungen erlebt, wo ausser Andromeda, keine andere Galaxie sichtbar war, Planeten und Doppelsterne aber passabel beobachtbar waren. Fazit: Das Beobachtungsprogramm muss jeweils flexibel dem herrschenden "Seeing" angepasst werden!

3.5 Das Beobachten von Mond und Planeten

Im Gegensatz zu den lichtschwachen Nebeln werden diese Objekte zentral und direkt beobachtet, da das Auge im Zentrum am besten für das Farb- und Kontrastsehen ausgestattet ist. Hinweise zur Verwendung von Filtern sind im Beschrieb der einzelnen Objekte zu finden. Das beobachtete Detail sollte jeweils ins Zentrum des Gesichtsfeldes gerückt werden, da hier die Abbildungsqualität bei den Cassegrain Teleskopen am besten ist. Mondlicht hat auf die Planetenbeobachtung einen vergleichsweise geringen Einfluss. Wenn auch lichtschwache Nebel auf dem Beobachtungsprogramm stehen, sollte der Mond an das Ende der "Session" verlegt werden, da sonst infolge des Blendlichtes die Adaption (Dunkelanpassung) der Augen verloren geht.

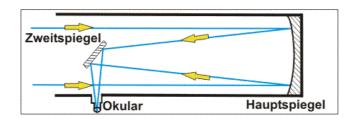
3.6 Bemerkungen zur Ausrüstung

3.6.1 Auswahl des Teleskops

Neben dem Feldstecher, welcher nach wie vor für grossflächige Objekte gute Dienste leistet, haben sich für den durchschnittlichen Amateur heute allgemein drei verschiedene Teleskopsysteme durchgesetzt.

Der gute alte Newton Reflektor ist bei Amateuren immer noch verbreitet im Einsatz. Er ist relativ billig, gerade für grössere Spiegeldurchmesser, und auch für den Selbstbau geeignet. Für den Transport und zum Aufstellen ist er allerdings etwas sperrig. Das Beobachten ist, infolge der Okularposition am oberen Ende des Tubus, relativ unbequem. Daher muss, speziell bei zenitnahen Objekten, entweder stehend oder auf einem hohen Spezialstuhl sitzend, beobachtet werden. Im Bild rechts ist mein früherer 6 Zoll Eigenbau Newton Reflektor mit parallaktischer Montierung zu sehen. Das Rohr, etwas abgeändert und mit anderer Montierung, steht jetzt in Namibia auf einer Astronomie-Ferienfarm als eines von zahlreichen Nebeninstrumenten im Einsatz!



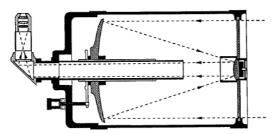


• Grosser Beliebtheit erfreuen sich heute die sog. Dobson Teleskope. Sie sind benannt nach dem Kalifornier John Dobson, welcher gewöhnliche Newton Reflektoren auf verblüffend einfache Art, ohne Nachführung und azimutal montiert hat. Diese Teleskope können so vergleichsweise billig mit sehr grossen Öffnungen hergestellt werden. Geeignet sind sie speziell für die Beobachtung von Galaxien und Gasnebel, wo viel Licht aber nur geringe Vergrösserungen erforderlich sind. Da fällt auch die fehlende Nachführung nicht so ins Gewicht.





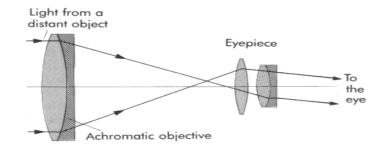
Schmidt Cassegrain Spiegelteleskope haben sich als Universalgeräte weitgehend durchgesetzt. (Bild Celestron Nexstar 5). Durch den mehrfach "gefalteten" Strahlengang und den stark konvexen Sekundärspiegel können auch respektable Brennweiten in kurzen, kompakten Rohren untergebracht werden. Die das Rohr vorne abschliessende Schmidt Korrekturplatte wirkt zudem als Staubschutz für den Hauptspiegel. Dies nützt allerdings nur dann, wenn bei Nichtgebrauch hinten der Okularstutzen immer mit dem Schutzdeckel abgeschlossen bleibt.





Nachteilig wirkt bei diesem System der Sekundärspiegel, welcher die wirksame Öffnung des Hauptspiegels reduziert, durch Beugungseffekte den Bildkontrast etwas reduziert und bei hellen Objekten und kleinen Vergrösserungen, z.B. 40 mm Okular, einen schwach sichtbaren, zentralen Schatten erzeugt. Diese Systeme reagieren zudem empfindlich (vorwiegend mit Kontrastverlust) auf die Dejustierung der optischen Achsen. Deshalb sollte jeder Besitzer eines solchen Teleskops das Justieren der Kollimation mit den Stellschrauben am Sekundärspiegel beherrschen. Dies ist allerdings keine Geheimwissenschaft und in diversen Anleitungen (auch im Celestron Handbuch) gut erläutert. Mein eigenes Nexstar 8i musste ich bisher, trotz häufiger Autotransporte noch nie nachregeln.

 Refraktoren, die "klassischen" Linsenfernrohre, sind bezüglich Kontrastsehen immer noch unerreicht. Deshalb sind sie für Planetenfreaks immer noch erste Wahl. Grössere Öffnungen kosten allerdings ein Vermögen, speziell wenn sie auf Farbfehler korrigiert sind – ein Muss bei Refraktoren (Achromaten oder Apochromaten). Lange Brennweiten sind zudem ausgesprochen unhandlich (Extrembeispiel siehe Bild).





Für Vorstadt Verhältnisse haben sich bei den Schmidt Cassegrain Teleskopen 8 Zoll Öffnung als guter Kompromiss erwiesen. Dies ist bereits ein respektabler Wert und der Leistungsgewinn gegenüber den weit verbreiteten 5 Zoll Geräten ist beachtlich (ca. 2.5x lichtstärker und fast doppelte Brennweite!). Trotzdem liegt deren Transportierbarkeit und Anschaffungspreis für die meisten noch im vertretbaren Rahmen. Noch grössere Öffnungen

(z.B. 11 oder 13 Zoll) erfordern hervorragende Standorte, um an mehr als nur einigen Tagen im Jahr voll "ausgereizt" werden zu können. Zudem sind diese auch empfindlich teurer und deren Transportierbarkeit ist bereits so stark eingeschränkt, dass sich für solche Instrumente Fixstandorte aufdrängen.

3.6.2 Stativ

Das *Stativ* ist von entscheidender Bedeutung für die Qualität des Teleskops, d.h. je stabiler, und steifer (vibrationsärmer), umso besser. Die bei Kaufhausteleskopen häufig zu sehenden, *dicken* Gummifüsse sind natürlich völliger Unsinn. Diese schonen zwar den gebohnerten Parkettboden, wirken aber als Vibrationsverstärker! Solche Stative sind meist noch unterdimensioniert und erweisen sich, im Gegensatz zur häufig erstaunlich passablen Optik, als unnötige Schwachstelle. Am besten geeignet sind natürlich fixe Standorte mit festen Beton- oder Stahlsäulen.

3.6.3 Wichtige Teleskop Parameter

Wichtige Parameter eines Teleskops sind der *Durchmesser (Öffnung)* und die *Brennweite f* des Spiegels oder des Objektives. Die *Öffnung* bestimmt vor allem die Lichtsammelfähigkeit und das Auflösungsvermögen. Die *nutzbare* Höchstvergrösserung bei *Normalbedingungen* liegt ungefähr beim Zweifachen des Öffnungsdurchmessers, gemessen in [mm]. Bei seltenen Topbedingungen und für anspruchsvolle Doppelsternbeobachtungen (siehe 6.2) kann man bis zu dreifach gehen. Über diesem Wert liegende Vergrösserungsfaktoren werden als sog. "*leer"* bezeichnet, d.h. das Bild verliert an Kontrast und offenbart keine neuen Details mehr. In diesen Bereich gehören auch die verkaufsfördernden Phantasiewerte in der Werbung für kleine Kaufhaus Teleskope.

Dividiert man die *Brennweite f* des Spiegels durch den *Öffnungsdurchmesser*, erhält man die *Öffnungszahl N*. Diese beträgt bei Universalgeräten ca. 8 - 10. Je kleiner *N* ist, umso lichtstärker ist das Teleskop, aber umso geringer auch die mit einem bestimmten Okular erzielbare Vergrösserung. Solche lichtstarken Optiken werden häufig auch als "schnell" bezeichnet, weil sich dadurch fotografisch die Belichtungszeiten verkürzen. Weitere Infos sind erschöpfend in Fachbüchern und im Internet zu finden.

3.6.4 Okulare und Zubehör

Zu einem Teleskop wird ein Okularsatz benötigt, um verschiedene Vergrösserungen realisieren zu können. Diese Werte können einfach errechnet werden, indem man die Brennweite des Teleskops durch diejenige des Okulars dividiert. Über die Auswahl, sowie die Vor- und Nachteile diverser Okulartypen, gibt die Fachliteratur erschöpfend Auskunft.



Sog. *Barlowlinsen*, werden zwischen Teleskop und Okular geschaltet und verlängern die Brennweite eines Teleskops um den angegebenen Faktor (2x, 3x, 4x). Damit können z.B. mit jedem Okular zwei verschiedene Vergrösserungen realisiert werden. Sie werden häufig auch in der sog. fokalen, d.h. ohne Okular durchgeführten Planetenfotografie eingesetzt, um die Grösse des auf dem CCD Chip abgebildeten Planetenscheibchens zu optimieren.



Sog. *Focal Reducer* oder *Shapleylinsen* bewirken genau das Gegenteil, d.h. sie verkürzen die Brennweite und vergrössern gleichzeitig das abgebildete Gesichtsfeld.

Wichtiger Bestandteil zur Messung von Winkeln sind Messokulare, z.B. das 12.5 mm *Microguide*, mit einer beleuchtbaren Skala. Dazu wird eine gut verständliche Gebrauchsanleitung mitgeliefert, welche eine Einführung in die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten bietet (siehe auch Internet und einige Hinweise bei den Objektbeschreibungen).



Das Zenitprisma ermöglicht durch seine rechtwinklige Bauweise, seinem Namen entsprechend, eine verrenkungsfreie Beobachtung von Objekten im Zenitbereich. Es gehört bei z.B. bei den Celestron Teleskopen zum Standard Lieferumfang. Die Bildwidergabe erfolgt dabei gespiegelt um die Vertikalachse, d.h. links und rechts sind vertauscht.



Das nur schwach angewinkelte *Amici Prisma* hingegen eignet sich für Objekte in nicht zu grosser Höhe über dem Horizont. Die Bildwidergabe erfolgt hier zudem *unverändert* und ist somit auch für terrestrische Beobachtungen geeignet.



Beim Cassegrain Teleskop wird, ausser bei der Astrofotografie, nur selten im sog. *Primärfokus*, d.h. ohne Prisma, direkt am Okularstutzen beobachtet. In diesem Fall wird das Bild, wie beim Refraktor oder Newton Teleskop, *vertikal und horizontal* gespiegelt wiedergegeben. Es ist wichtig, aber nicht immer ganz einfach, bei der Beobachtung diese verschiedenen Abbildungseffekte zu berücksichtigen. Das Display der meisten Planetariumsprogramme kann diesen unterschiedlichen Bildwiedergabeeigenschaften angepasst werden.

Es ist wichtig zu wissen, dass die Brennweite, speziell bei Cassegrain Spiegelteleskopen, merklich vom verwendeten Prisma beeinflusst wird. Die Fokussierung solcher Teleskope erfolgt meist durch das Verschieben des Hauptspiegels im Tubus, wodurch sein Abstand zum stark konvexen Sekundärspiegel im Zentrum der Schmidtplatte verändert wird. Dadurch ändert sich auch dessen Einfluss auf die Brennweite. Ich empfehle dieses Phänomen einmal an einem terrestrischen Ziel auszuprobieren und bei dieser Gelegenheit auch die unterschiedlichen Abbildungseffekte, mit und ohne Prismen anzuschauen. Die kürzeste Brennweite und daher die geringste Vergrösserung werden im Primärfokus ohne Prisma erzielt. Im Anhang habe ich als Beispiel für das Nexstar 8i die optischen Parameter bei der Verwendung des unterschiedlichen Zubehörs aufgelistet. Diese Werte habe ich mit Hilfe des Microguide Messokulars für das Nexstar 8i vermessen. Dort sieht man auch, dass der Unterschied zwischen Amici- und Zenit Prisma merklich, aber gering ist. Für Winkelmessungen ist er ganz vernachlässigbar, da sich die Brennweitendifferenz wesentlich geringer auswirkt als die limitierte Ablesegenauigkeit beim Microguide Messokular.

Über die Okular und Sonnenfilter sind Angaben später in den entsprechenden Objektbeschreibungen zu finden. Bei mir sind u.a. folgende Filter im Einsatz:

- AstroSolar Sonnenfilter von Celestron
- LPR Filter 94126A (Light Polution Reduction)
- 23A Hellrot 25%T (Wratten)
- 38A Mittelblau 17%T (Wratten)
- 58 Dunkelgrün 24%T (Wratten)
- 96-03 Graufilter 50%T Dichte 0.3 (Wratten "Vollmondfilter")
- OIII Linienfilter (Lumicon Nebelfilter)

3.6.5 "Goto" Teleskope

Das Nexstar 8i gehört zu den "Goto Teleskopen", so benannt, weil sie bequem das automatische Anpeilen von Himmelsobjekten nach Eingabe der Koordinaten erlauben. Es ist zum Teil verständlich, wenn alt gediente "Astro Hasen" darüber die Nase rümpfen, und kritisieren, dass ein Anfänger den Himmel gar nie richtig kennen lernt, wenn er nicht zu Beginn auch mal lichtschwache Objekte mittels sog. "Starhopping", anhand von Sternkarten aufsuchen muss. Unter "lichtverschmutzten" Stadtverhältnissen, oder starkem Mondlicht, wo oft nur wenige helle Sterne sichtbar sind, ist dieses Verfahren jedoch selbst für Fortgeschrittene mühsam und für Anfänger schlicht demotivierend. Unter diesem Aspekt sehe ich die Computerteleskope sehr positiv, da sie auch Einsteigern schnelle Erfolgserlebnisse vermitteln und vielen dazu verhelfen, Freude an diesem schönen Hobby zu entwickeln und auch zu erhalten.

4 Fachbegriffe und Theorie

Hier folgt ein kurzer Theorieblock mit einigen Erläuterungen zu den im Text verwendeten, und dort nicht näher erklärten Begriffen. Für weiterführende Informationen verweise ich auf einschlägige Fachbücher, sowie das Internet (siehe Literaturverzeichnis).

4.1 Distanzen

Distanzen werden in der Astronomie meist in *Lichtjahren* [Lj] angegeben. Dies ist die unvorstellbar lange Strecke, welche das Licht mit einer Geschwindigkeit von 300'000 km/s in einem Jahr zurücklegt. Kleinere Distanzen werden oft auch in Lichtminuten und Lichtsekunden angegeben. Oft sieht man Entfernungsangaben in *Astronomischen Einheiten* [AU]. Eine *AU* entspricht der mittleren Entfernung Erde-Sonne (ca. 150 Mio. km).

Eine weitere gebräuchliche Entfernungseinheit ist die *Parallaxensekunde (parsec oder pc)*. Ein *parsec* ist die Distanz, in welcher der *Radius* der Erdbahn um die Sonne unter dem Winkel von einer Bogensekunde erscheint. 1 pc = 3,26 Lj.

Innerhalb unseres Sonnensystems sind die meisten Distanzen mit sehr hoher Genauigkeit bekannt. Ausserhalb jedoch, ab ca. 20 Lj, waren bis vor kurzem Differenzen von 20 - 30% normal. Auffällig ist dies auch in verschiedenen Publikationen über den intergalaktischen Raum, wo z.B. für die gleiche Galaxie Distanzen zwischen 25 – 40 Millionen Lj zu finden sind. Mit Hilfe des Astrometriesatelliten *Hipparchos* konnte hier Ende der 90er Jahre, vorwiegend für Distanzen bis zu einigen hundert Lj, die Genauigkeit erhöht werden. Tendenziell mussten die Distanzwerte nach oben korrigiert werden. Diese Ergebnisse sind jedoch noch umstritten. Trotzdem habe ich für die vorgestellten Objekte die Distanzen aus dem *Karkoschka Himmelsatlas* übertragen, welcher die neuesten Hipparchos Daten enthält (siehe Literaturverzeichnis).

4.2 Scheinbare und absolute Helligkeit der Objekte

Die *scheinbare* Helligkeit astronomischer Objekte wird in Grössenklassen angegeben, welche mit einem hochgestellten *kleinen* ^m oder mit *mag* (lateinisch magnitudo) bezeichnet wird. Die Skala beginnt bei der 0. Grössenklasse mit dem Referenzstern *Wega* im Sternbild Leier (0.0^m). Mit zunehmender Grössenklasse nehmen die Helligkeiten im logarithmischen Massstab ab, angepasst an das Helligkeitsempfinden des Auges. Ohne Hilfsmittel und mit gesundem Auge können bei guten Bedingungen noch Objekte 6. Grösse gesehen werden. Für das 8 Zoll Teleskop liegt die Grenze bei ungefähr der 14. Grössenklasse. Da es auch einige hellere Sterne und Planeten als 0. Grössenklasse gibt, werden diese mit *negativem* Vorzeichen versehen. Sirius hat z.B. die Helligkeit -1.6^m.

Bei bekannter Distanz von der Erde ist es nun möglich, die *absolute* Leuchtkraft (Strahlungsleistung) der Sterne zu bestimmen und mit derjenigen der Sonne zu vergleichen. Diese sog. *Absolute Helligkeit* ist die Grössenklasse, mit welcher ein Stern im Abstand von 10 parsec oder ca. 32 Lj, dem Beobachter erscheinen würde. Dieser Wert wird mit einem hochgestellten *grossen* ^M gekennzeichnet. Die Sonne wäre aus dieser Distanz nur noch ein Stern 5. Grösse (genauer 4.83^M), d.h. knapp über der Sichtbarkeitsgrenze mit blossem Auge bei "mittelprächtigen" Sichtbedingungen auf der Erde. Wenn die *absolute* Helligkeit eines Sternes bekannt ist (z.B. durch Bestimmung der Spektralklasse, siehe 4.8), kann durch *Vergleich* mit seiner *scheinbaren* Helligkeit dessen Entfernung abgeschätzt werden.

4.3 Bezeichnung der Fixsterne

Die helleren Fixsterne tragen, historisch bedingt, meist arabische oder lateinische Namen, wie Alnitak, Aldebaran, Mizar, Regulus, Sirius etc. Für uns sind diese Bezeichnungen nur noch für das Alignment des Teleskops über den Handcontroller von Bedeutung oder allenfalls noch, um beim romantischen Nachtspaziergang mit Astrowissen zu brillieren. Sonst werden heute diverse Nummerierungssysteme und Kataloge verwendet, welche auch lichtschwache Sterne umfassen. Im WinStars Programm können für die Beschriftung der Sterne, neben den Sternnamen, wahlweise noch die Bayer Bezeichnung ("Bayer letter") oder die Flamsteed Nummerierung gewählt werden.

Nach dem System von *Johannes Bayer* (1572-1625) werden die Sterne mit einem griechischen (und in Einzelfällen auch lateinischen) Buchstaben, gefolgt vom lateinischen Genetiv des zugehörigen Sternbildes bezeichnet. z.B. α Orionis (siehe Liste im Anhang).

Das Alphabet hat zuwenig Buchstaben, um alle helleren Sterne eines grossen Sternbildes bezeichnen zu können. Deshalb hat der Englische Hofastronom *John Flamsteed* (1646-1719) ein Nummernsystem eingeführt. α *Orionis* z.B. entspricht dann der Flamsteed Bezeichnung *58 Orionis*. Für die moderne Astronomie sind heute diverse, wesentlich umfassendere Sternkataloge und Bezeichnungssysteme im Einsatz. Die Nexstar Datenbank enthält z.B. auch die helleren Sterne des SAO Sternkataloges (SAO = Smithsonian Astrophysical Observatory).

4.4 Seeing und Pickering Rating

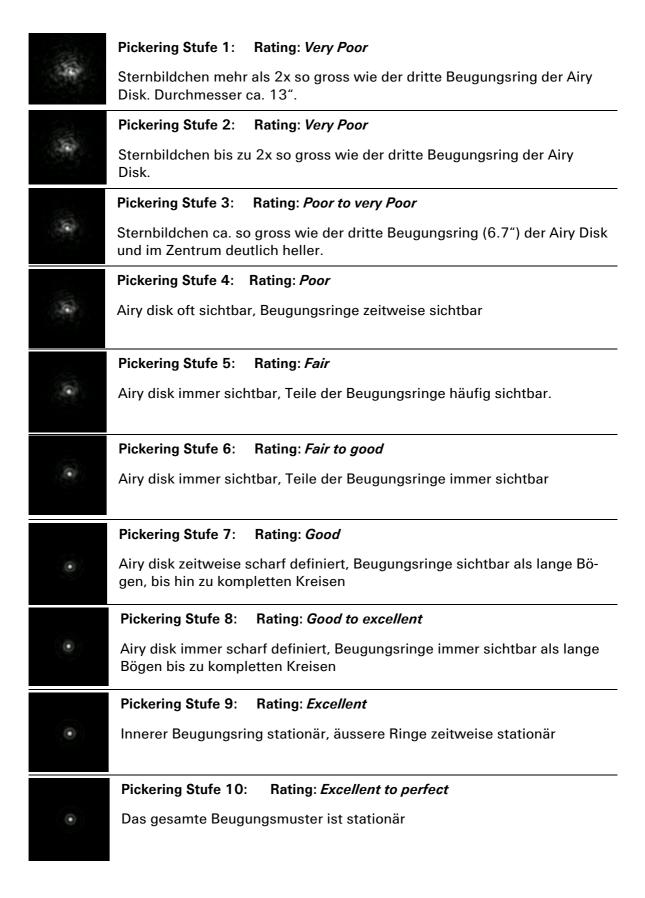
Unter diesen eingedeutschten Fachbegriffen werden die meteorologisch bedingten Sichtverhältnisse zusammengefasst und bewertet. Störende Effekte (Luftunruhe, Wolkenschichten, Inversionen, Starkwindfelder etc.), können dabei in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche auftreten. Ein funkelnder Sternenhimmel erzeugt zwar eine romantische Abendstimmung, ist aber grundsätzlich schlecht für Astro-Beobachtungen. Das Szintillation genannte Flackern der Sterne wird als Bewertungskriterium z.B. für das 10stufige Pickering Rating System verwendet, benannt nach einem Amerikanischen Astronomen des 19. Jahrhunderts. Im Gegensatz zu den Planeten, welche im Teleskop als unterschiedlich grosse Scheibchen erscheinen, müssten Fixsterne, infolge der enormen Distanz, nur noch als dimensionslose Punkte zu sehen sein. Dies ist bei schwachen Vergrösserungen (z.B. mit dem 40 mm Okular) auch der Fall. Bei starken Vergrösserungen sind sie aber, unter absolut perfekten, ruhigen Bedingungen, aus physikalischen Gründen als winzige Scheibchen mit mehreren konzentrischen Beugungsringen wahrnehmbar. Diese sog. Airy Disk, benannt nach dem englischen Physiker Sir George Airy (Bild unten rechts, 1801-1892), ist das Maximum, was wir an wenigen Tagen im Jahr bei starker Vergrösserung von einem nicht zu hellen Fixstern (<2^m) sehen können. Bei schlechteren Bedingungen wird dieses Airy Scheibchen zunehmend diffuser, grösser und "zittriger", was sich besonders bei der Trennung enger Doppelsterne negativ auswirkt.



Airy Disk Erster Beugungsring



Im Folgenden ist aus Internetquellen die 10 stufige *Pickering Seeing Scale* dargestellt. Eine hervorragend animierte und sehr instruktive Darstellung dieser Bilder kann unter http://uk.geocities.com/dpeach 78/pickering.htm betrachtet werden:

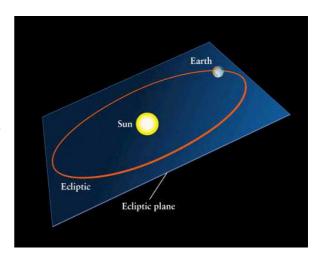


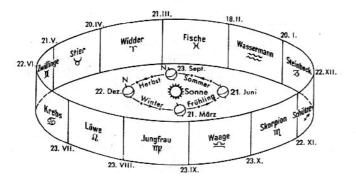
Mit dem 8 Zoll Teleskop wird man an sehr guten Standorten nur an wenigen Tagen pro Jahr Stufe 6 bis höchstens 7 sehen können. Dieser Effekt ist auf die grosse Öffnung zurückzuführen, welche nun mal empfindlicher auf reduzierte Sichtbedingungen reagiert. Mit kleineren Teleskopen, z.B. Öffnungen von 5 Zoll und kleiner, ist bei gutem Zustand der Optik, nahezu das gesamte Spektrum der Pickering Skala sichtbar. Deshalb wird Besitzern grosser Teleskope häufig empfohlen, die Öffnung einmal etwas abzublenden, um die höheren Stufen überhaupt sehen zu können. Trotzdem überwiegen selbstverständlich die Vorteile grosser Teleskope und die Fähigkeit Doppelsterne zu trennen, ist mit solchen ungleich besser, als mit kleineren Instrumenten. Bei *schwachen Vergrösserungen*, z.B. mit dem 40 mm Okular, sollten bei guter Optik und bei *mittigem Einblick* ins Okular, schwache Sterne als winzige dimensionslose Punkte erscheinen.

Ich habe Fälle erlebt, wo an einem guten Standort, bei Seeing mit hohem Pickering Rating, der Orionnebel mit den zentralen Trapezsternen in seiner ganzen Pracht zu bewundern war. Bei Saturn hingegen war selbst die Cassiniteilung des Ringes nur zeitweise sichtbar, ebenso die sonst so markanten Bänder auf der Jupiterscheibe. Dieser Effekt konnte in diesen Fällen, gemäss Höhenwetterkarten, nachträglich auf einen Jetstream in grosser Höhe zurückgeführt werden, welcher offensichtlich die für die Planetenbeobachtung so wichtige Kontrastsicht empfindlich störte, die Deep Sky Beobachtung aber nicht wesentlich beeinträchtigte. Auch dünne, hoch liegende *Cirrus Wolken* sind nachts oft kaum sichtbar, können die Sicht aber empfindlich stören.

4.5 Ekliptik und Ekliptikebene

Wäre tagsüber der Sternenhimmel sichtbar, könnte beobachtet werden, wie sich im Laufe eines Jahres die Sonne vor dem Fixsternhintergrund verschiebt. Diese scheinbare Bahnlinie wird perspektivisch durch den Erdumlauf um die Sonne erzeugt und *Ekliptik* genannt. Die Erdbahn spannt dadurch die Ekliptikebene auf (Ecliptic plane). Alle Planeten, sowie der Mond, bewegen sich mit relativ geringen Abweichungen (einige Bogengrade) im Bereich der Ekliptikebene, da sich das gesamte Sonnensystem einst aus einer rotierenden Gasund Staubscheibe gebildet hat.



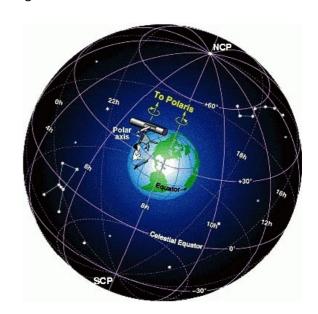


Die Sternbilder, welche sich perspektivisch in der Ekliptikebene befinden, gehören zum sog. *Tierkreis* oder *Zodiac*. Die Sonne, sowie der Mond und die Planeten, bewegen sich dadurch scheinbar *immer* vor dem Hintergrund der 12 sog. *Tierkreiszeichen*. Dieser Effekt hat offensichtlich die Phantasie unserer Ahnen im Altertum und Mittelalter beflügelt und stand Pate bei der Entstehung der esoterischen Astrologie. Diese wird von Laien häufig mit der naturwissenschaftlichen Astronomie verwechselt.

4.6 Äquatoriales Koordinatensystem

Man kann sich das Muster des irdischen Koordinatensystems mit den Längen- und Breitenkreisen, an den Sternenhimmel projiziert vorstellen. Dieses deckt sich dann in der *Form* mit dem wichtigsten, in der Astronomie gebräuchlichen, sog. Äquatorialen Koordinatensystem. Die Bezeichnung der einzelnen Elemente ist allerdings unterschiedlich:

- Der Äquator wird zum Himmelsäquator (Celestial Equator)
- Der Längengrad wird nun Rektaszension, (RA oder α) genannt, und anstelle von Grad in Stunden, Minuten und Sekunden angegeben.
 360° entsprechen dabei 24h (15° = 1h).
- Der Winkel, welcher dem Breitengrad entspricht, wird Deklination (Dec oder δ) genannt.
- Der Himmelsäquator hat die Deklination 0°, analog dem irdischen Koordinatensystem.
- Nördlich des Himmelsäquators sind die Deklinationswerte positiv und südlich davon negativ. Der Himmelsnordpol (Northern Celestial Pole, NCP) hat die Deklination + 90° und liegt nahe dem Polarstern.



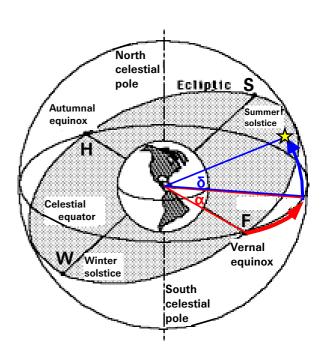
• Der Himmelssüdpol (Southern Celestial Pole, SCP) hat die Deklination - 90°.

Die folgende Grafik zeigt, dass die Ekliptikebene (schraffiert) um 23.5° gegenüber der Äquatorebene geneigt ist. Die beiden Schnittpunkte entsprechen dem

- Frühlingspunkt F oder der Frühlings Tag- und Nachtgleiche (Vernal Equinox). Ungefähr am 21. März überquert hier die Sonne den Himmelsäquator in nördlicher Richtung.
- Herbstpunkt H oder Herbst Tag- und Nachtgleiche (Autumnal Equinox).
- W und S bezeichnen die Winter- und Sommer Sonnenwenden oder -Solstitien.

Die *Rektaszension* wird nun, vom Frühlingspunkt \mathbf{F} ausgehend, in östlicher Richtung angegeben. Der gelbe Stern hat die Rektaszension $\mathbf{\alpha}$, welche dem *Roten Pfeil* entspricht und die Deklination $\mathbf{\delta}$, welche dem *Blauen Pfeil entspricht*. Letztere hat in diesem Fall ein positives Vorzeichen, da der Stern nördlich des Himmelsäquators liegt.

In der Nexstar 8i Datenbank sind Rektaszension und Deklination von ca. 40'000 Objekten enthalten und über die GOTO Funktion des Teleskops automatisch ansteuerbar.



4.7 Charles Messier, der Kometenjäger

Die Nexstar Datenbank enthält unter anderem auch die 110 Messier Objekte. Der französische Astronom und "Kometenjäger" Charles Messier (1730-1817) stellte als erster eine Liste mit nebelförmigen Himmelsobjekten auf. Damals war die Suche nach Kometen die astronomische Paradedisziplin. Messier war verärgert über diverse Verwechslungen dieser diffusen Objekte mit den gesuchten Kometen. Um dieser Gefahr vorzubeugen, hat er pragmatisch einen kleinen Katalog mit diesen "Störobjekten" erstellt. An deren wahren Natur war er jedoch kaum interessiert. Für den Astroamateur, speziell auf der Nordhemisphäre, ist dieser Katalog immer noch von Bedeutung, da diese Objekte eine gewisse Mindesthelligkeit aufweisen und somit meistens in kleineren

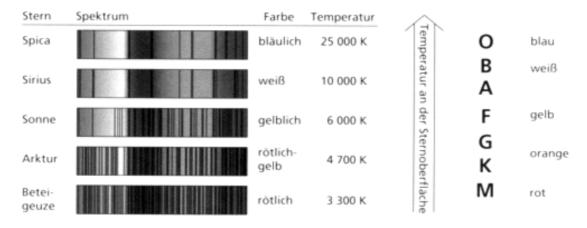


und mittleren Amateurteleskopen noch beobachtbar sind. Im Anhang ist der gesamte Messier Katalog mit einer Bildtafel enthalten, dies auch als Anregung zur Beobachtung weiterer, hier nicht vorgestellter Objekte. Neben dem Messier Katalog ist heute in der professionellen Astronomie, unter vielen anderen, der *New General Catalog (NGC)* gebräuchlich, welcher systematisch aufgebaut und viel umfassender ist. Dieser ist ebenfalls in der Nexstar Datenbank enthalten.

4.8 Spektralklassen der Fixsterne

In vielen Himmelsatlanten, Sternkatalogen, WinStars Programm etc. werden auch die Spektralklassen der Fixsterne angegeben (leider nicht im Karkoschka Atlas). Hier folgt ein minimaler "Crash Kurs" in diese wichtige astrophysikalische Disziplin, um dem Einsteiger aufzuzeigen, was er von diesen Klassierungen, in Kombination mit seinen eigenen Beobachtungen, ableiten kann.

Mitte des 19. Jahrhunderts begann man mittels Spektralanalyse das Licht der Fixsterne zu untersuchen. Schon bald wurden auffällige Unterschiede festgestellt und sofort damit begonnen, Sternspektren zu systematisieren, Spektralklassen zu unterscheiden und mit grossen Buchstaben zu bezeichnen. Erst nach Einführung dieses Systems erkannte man erstaunt den physikalischen *Zusammenhang* der einzelnen *Klassen* mit den *Oberflächentemperaturen* der Sterne. Dies erforderte dann eine nachträgliche Umgruppierung der ursprünglichen Reihenfolge nach den Oberflächentemperaturen. Die merkwürdig scheinende Reihenfolge der Buchstaben OBAFGKM ist somit historisch begründet. Die folgende Internetgrafik zeigt den gefundenen Zusammenhang der *Spektralklasse* mit der *Oberflächentemperatur* und der *Farbe* des Sternlichtes:



Dieses Klassifizierungssystem hat sich später als zu grob erwiesen. Daher wird heute jede dieser Spektralklassen noch in zehn weitere Unterklassen unterteilt und mit den Ziffern 0-9 hinter dem Buchstaben gekennzeichnet. Unsere Sonne ist zum Beispiel ein G2 Stern. Zudem wurde die Skala rechts noch um mehrere Buchstaben erweitert, welche vorwiegend sehr kühle Sterne, z.B. rote *Kohlenstoffsterne*, sehr lichtschwache, *Rote Zwergsterne*, oder sog. braune Zwerge, im Grenzbereich zwischen Sternen und Planeten, kennzeichnen.

Um sich die korrekte Reihenfolge der Spektralklassen merken zu können, haben sich Astronomiestudenten folgenden eingängigen Satz einfallen lassen:

Oh Be A Fine Girl Kiss Me

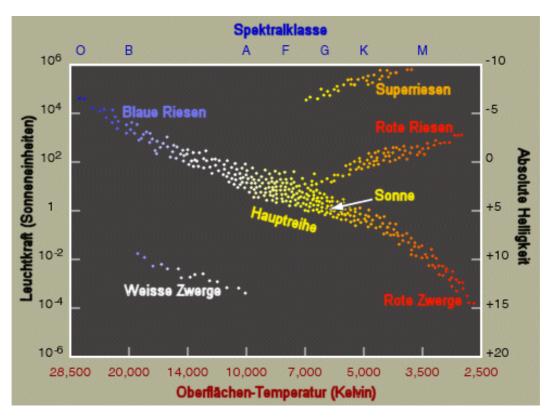
Über die physikalischen und chemischen Unterschiede der einzelnen Spektralklassen gibt die Fachliteratur erschöpfend Auskunft.

4.9 Hertzsprung Russel (HR) Diagramm

Hier folgt eine Kurzeinführung in das sog. *Hertzsprung Russel- oder HR Diagramm*. Dieses wurde zwischen 1905 und 1913 von den Astronomen *Ejnar Hertzsprung* (Dänemark, 1873-1967) und *Henry Russel* (USA, 1877-1957) unabhängig voneinander entwickelt. Es zeigt die Verteilung der Sterne bezüglich ihrer Spektralklasse und Leuchtkraft. Es wird auch heute noch als das wohl wichtigste Werkzeug zur Entschlüsselung und Darstellung der Sternentwicklung betrachtet. Für den Amateur ist das Grobverständnis des HR Diagramms, sowie des typischen Lebenslaufs der Sterne, Voraussetzung für ein informiertes und dadurch sinnvolles Beobachten der Deep Sky Objekte.

<u>Vertikal</u> ist links logarithmisch die *Leuchtkraft* der Sterne in Sonneneinheiten (Leuchtkraft der Sonne = 1) aufgetragen und rechts deren absolute Helligkeit ^M.

Horizontal die Oberflächentemperatur der Sterne (unten), respektive die Spektralklasse (oben).



Kurz und vereinfacht zusammengefasst, die zwei *direkt ablesbaren* Kernaussagen dieses HR Diagramms, welche für die Beobachtung wichtig sind:

- Die Farbe der Sterne hängt direkt mit deren Oberflächentemperatur und Spektralklasse zusammen. Diese wichtige Erkenntnis ermöglicht es auch dem Amateur, anhand der Sternfarbe und ohne spektroskopische Ausrüstung, bei Sternen bis zur ca. 7. Grössenklasse die Spektralklasse, und damit die Oberflächentemperatur des Sterns sehr grob abzuschätzen. G Sterne, mit einer Oberflächentemperatur von ca. 6'000°K, wie z.B. unsere Sonne, erscheinen gelb. Es ist sinnvoll, sich diese Farbunterschiede einmal vor Augen zu führen. Am besten eignen sich hierzu Doppelsterne mit grossem Farbkontrast (siehe 6.2).
- In der gleichen Spektralklasse existieren Sterne mit wohl gleicher Oberflächentemperatur und Farbe, aber stark unterschiedlicher Leuchtkraft. So ist z.B. ohne Detailanalyse des Spektrums, oder der genauen Kenntnis der Distanz (zur Bestimmung der absoluten Helligkeit) nicht klar, ob man nun einen nahe gelegenen Roten Zwerg unten rechts auf der Hauptreihe, oder einen weit entfernten, Roten Riesen, direkt oberhalb davon im Diagramm beobachtet.

Schwierig ist es, den Farbunterschied zwischen gelben *G* Sternen und gelborangen *K*- und *M*- Sternen festzustellen. Im Teleskop erscheinen *Rote Riesen* wie α *Orionis* (*Beteigeuze*) oder α *Scorpii* (*Antares*) gelborange. Zur Abschätzung der Farbe sollte der Stern leicht unscharf gestellt werden, da dies bei flächigen Bildern leichter fällt, als bei punktförmigen. Es gibt nur wenig wirklich rot oder orange leuchtende Sterne, meistens sog. *Kohlenstoffsterne*, welche immer am rechten Rand des HR Diagramms angesiedelt sind, mit den Spektralklassen M, R und N (Erläuterungen und Beobachtungsbeispiele siehe 6.3).

4.10 Lebenslauf der Sterne im HR Diagramm

Die einzelnen *Bereiche* des HR Diagramms verraten grob, in welchem Zustand oder Lebensabschnitt sich ein Fixstern befindet. Mit dem Amateurteleskop können die meisten dieser Entwicklungsstadien an zahlreichen Objekten beobachtet werden (beachte die entsprechenden Hinweise im Text!). Diese *direkte Verknüpfung* von Theorie und Beobachtungspraxis kommt meines Erachtens in der existierenden Einführungsliteratur zu kurz.

1. Hauptreihe

Aus einer Gaswolke entwickelt sich zuerst infolge Gravitation ein sog. *Protostern*. Sobald Dichte und Temperatur im seinem Inneren die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium ermöglichen, beginnt er zu leuchten. Solche extrem jungen Sterne können wir "life" in diesem noch instabilen Zustand beobachten, z.B. im *Orionnebel* (siehe 6.4.3) und in "*Hubbles veränderlichem Nebel*" (siehe 6.4.2)! Diese instabile Phase dauert mehrere Millionen Jahre, während der Stern langsam im Diagramm von oben her auf die sog. *Hauptreihe* wandert. Hier angekommen, erreicht er seine volle Leuchtkraft und verbringt jetzt da die längste und stabilste Phase seines Lebens (Beispiel siehe unsere Sonne, 5.1). Welchen Platz (Spektralklasse) er hier einnimmt und für welche Dauer, hängt vorwiegend von der Masse ab, die er zu Beginn auf seinen Lebensweg mitbekommen hat.

Je mehr Masse er hat,

- umso heisser und heller wird ein Stern auf der Hauptreihe (dieser Zusammenhang wird auch als Masse-Leuchtkraft Relation bezeichnet)
- desto weiter links und weiter oben erscheint er im Diagramm auf der Hauptreihe

• umso *schneller* verbraucht er seinen Energievorrat. Was bei G Sternen, wie unserer Sonne, fast 10 Milliarden Jahre dauert, schaffen O Sterne in weniger als einer Million!

Zahlenmässig habe ich diese Zusammenhänge grob in folgender Tabelle zusammengefasst, vereinfacht nach dem von *R. Kippenhahn* ergänzten HR Diagramm, dessen Buch "100 Milliarden Sonnen" leider vergriffen ist. Da die Bereiche bei manchen Klassen sehr gross sind, dürfen die angegebenen Werte für die Temperatur und Verweildauer lediglich als Grössenordnung und Mittelwert der jeweiligen Klasse betrachtet werden.

Spektral- klasse	Anzahl Sonnenmassen	Oberflächen- temperatur	Verweildauer auf der Hauptreihe
0	> 30	30′000°K	ca. 1 Mio. Jahre
В	4 - 30	20′000°K	10 Mio. Jahre
Α	2 - 4	10′000°K	100 Mio. Jahre
F	1.2 - 2	8′000°K	1 Milliarde Jahre
G	0.8 - 1.2	6′000°K	10 Milliarden Jahre
K	0.5	4′000°K	100 Milliarden Jahre
M	< 0.5	3′000°K	> 100 Milliarden Jahre

Hier fällt sofort auf, dass zwischen Verweildauer und Spektralklassen offensichtlich ein logarithmisches Verhältnis besteht.

2. Rote Riesen und Superriesen

Nachdem der Stern einen grossen Teil des Wasserstoffes durch Kernfusion in Helium verwandelt hat, wird er instabil und bläht sich zu einem sog. *Roten Riesen* auf. In diesem Stadium beginnt im Sterninnern die Kernfusion von Helium zu Kohlenstoff und Sauerstoff. Auch unsere Sonne wird so in ca. 5 Milliarden Jahren die Hauptreihe nach oben rechts verlassen und zu einem Roten Riesen anschwellen, dessen Radius über die Erdbahn hinausreichen wird. Am Himmel sind zahlreiche Rote Riesen zu finden, z.B. α *Orionis (Beteigeuze)* im Sternbild Orion oder α *Scorpii (Antares)* im Sternbild Skorpion.

Sterne mit *mehr* als ca. 8 Sonnenmassen verabschieden sich, nach einem relativ kurzen *Super- oder Überriesenstadium*, nach äusserst komplexen Vorgängen in ihrem Inneren, innerhalb weniger Stunden mit einer gigantischen *Supernovaexplosion* aus dem HR Diagramm. Eine Erläuterung dieses Phänomens, mit Beobachtungsbeispielen, ist unter 6.6 zu finden.

3. Weisse Zwerge

Rote Riesen mit weniger als 2 Sonnenmassen werden nach mehreren 100 Millionen Jahren, mit inzwischen sehr hohem Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt im Zentrum, wiederum instabil, und kollabieren schliesslich zu sog. Weissen Zwergen. Vor diesem Zusammenbruch scheinen einige dieser Riesen sich noch mit einer Hülle aus Kohlenstoffstaub zu umgeben. Eine Erläuterung zu diesen Kohlenstoffsternen mit Beobachtungsbeispielen siehe 6.3.

Durch den Schrumpfprozess zu Weissen Zwergen wandern diese Objekte nun in die linke untere Ecke des HR Diagramms. Hier befindet sich sozusagen der "Friedhof" aller Sterne mit weniger als ca. 2 Sonnenmassen. Weisse Zwerge haben eine ungeheure Dichte und sind anfänglich sehr heiss. In diesem Endstadium wird auch unsere Sonne einmal zu einer Kugel, ungefähr von der Grösse der Erde schrumpfen. Während dieses Vorganges wird ein Teil der Sternhülle als sog. *Planetarischer Nebel* abgestossen. Eine Erläuterung dieses Phänomens, mit mehreren Beobachtungsbeispielen, ist unter 6.5 zu finden. Typischer Vertreter ist der Ringnebel M57 im Sternbild Leier (6.5.3). Nach mehreren Millionen Jahren verblasst der weisse Zwerg, wird unsichtbar und dadurch zum *Schwarzen Zwerg*. Damit verschwindet er aus dem HR Diagramm.

Eine spektakuläre Ausnahme bilden Weisse Zwerge, welche zusammen mit massereichen Begleitsternen extrem enge Doppelsternpaare bilden. Diese können so quasi auf dem "Zweiten Bildungsweg" doch noch zu einer Supernova werden! Durch ihre ungeheure Dichte saugen sie dauernd Materie vom Partnerstern ab und vergrössern so kontinuierlich ihre Masse. Wenn diese ca. 1.4 Sonnenmassen erreicht, explodieren so auch Weisse Zwerge in einer Supernovaexplosion. Grösser können diese Objekte aus kernphysikalischen Gründen nicht werden, da ihr Radius sonst gegen Null streben würde.

4.11 B - V Farbindex

Im WinStars Programm und im Karkoschka Atlas werden die Sternfarben als Messwerte im B-V Farbindexsystem angegeben. Die Differenz zwischen kurzwelliger Helligkeit B minus langwelliger Helligkeit V, bezeichnet man als den Farbindex eines Sternes. Für den Referenzstern Wega ist diese Differenz = 0 (Weiss). Bei blauen O bis B Sternen ist sie negativ. Gelbe-, orange- und rote Sterne haben zunehmende positive Farbindexwerte.

Für den Durchschnittsamateur bringen diese Zahlen nur dann etwas, wenn der Zusammenhang mit den Spektralklassen und dem HR Diagramm ersichtlich ist. Dieser ist für Hauptreihensterne (V) und Riesen (III) gemäss nebenstehender Tabelle festgelegt worden (nach Zimmermann und Weigert 1995). Spezialfälle, wie die unter 6.3 erwähnten Veränderlichen, weichen allerdings von diesem Schema ab.

Spektralklasse	Farbindex B-V (mag)		
	(V)	(III)	
O5 blau	- 0,34	- 0,34	
B0 hellblau	- 0,30	- 0,29	
A0 weiss	- 0,02	- 0,02	
F0 hellgelb	0,29	0,27	
G0 gelb	0,58	0,66	
KO gelborange	0,81	0,99	
M0 orange	1,40	1,54	
M5 orangerot	1,58	1,75	

5 Beobachtungsobjekte im Sonnensystem

5.1 Sonne

5.1.1 Einführung

Unsere Sonne ist seit ca. 5 Milliarden Jahren ein relativ stabiler Hauptreihenstern der Spektralklasse G2, mit einem Durchmesser von 1,4 Millionen km (ca. 5 Lichtsekunden!) und einer Kerntemperatur von ca. 14,6 Millionen°K. Bei einer mittleren Entfernung zwischen Erde und Sonne von 149,6 Millionen km erreicht uns ihr Licht nach etwa 8 Minuten. Die Sonne ist der einzige Fixstern, dessen "Oberfläche" (Photosphäre) sich direkt beobachten lässt. Bis spät in die 20er Jahre des 20. Jahrhunderts war es den Astronomen und Physikern noch völlig rätselhaft, wie die Sterne diese gigantischen Energiemengen über so unvorstellbar lange Zeiträume erzeugen können. Heute ist klar, dass dies hauptsächlich durch Kernfusion von Wasserstoff zu Helium erfolgt. Bei diesem Prozess wird dauernd etwas Masse in Strahlung umgewandelt. Dadurch wird die Sonne nun seit 5 Milliarden Jahren, in einer wirklich eindrücklichen "Diät", pro Sekunde um ca. 4 Millionen Tonnen leichter; dies entspricht etwa dem 16fachen Gewicht des Empire State Building! Die so erzeugte Energie E errechnet sich einfach nach Einsteins wohl bekanntester Formel der Masse-Energie Äquivalenz: E = mc²

Dabei muss der sog. *Massendefekt m* von 4 Millionen Tonnen pro Sekunde mit dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit \boldsymbol{c}^2 multipliziert werden. Dies kann mit einem technisch wissenschaftlichen Taschenrechner leicht nachvollzogen werden. Dies ergibt dann, unter Berücksichtigung der richtigen Einheiten [m, kg, s], einen unvorstellbar hohen, 23-stelligen Kilowatt Wert (3.6 x 10^{23} KW oder 3.6 x 10^{26} W)!

5.1.2 Beobachtbare Phänomene

Das faszinierende Schauspiel, welches die Oberfläche unseres G2 Sterns bietet, sollte sich kein Amateur entgehen lassen. Die aus Dokumentarfilmen bekannten, so spektakulären Protuberanzen waren vor nicht allzulanger Zeit nur mit sündhaft teuren, schmalbandigen Hα Filtern beobachtbar, die etwa so viel kosten wie das gesamte 8 Zoll Teleskop. Zwischenzeitlich sind allerdings von Coronado und Lunt durchaus erschwingliche Systeme auf dem Markt (ergänzte Anmerkung 2009). Mit normalen, erschwinglichen Objektivfiltern lassen sich aber mehrere andere, nicht minder interessante Phänomene sehen.

Das folgende Bild zeigt die Sonne vom 29.2.2004 gemäss www.spaceweather.com, wie sie sich etwa bei geringer Vergrösserung mit dem 25 mm Okular im 8 Zoll Teleskop präsentiert. Zu sehen sind 5 unterschiedlich grosse Fleckengruppen, davon eine sehr grosse (rechts oben), welche damals für mehrere gigantische Koronale Massenausbrüche (CME) verantwortlich war. CME, (Coronal Mass Ejections) oder Flares sind die wohl gewaltigsten und energiereichsten beobachtbaren Phänomene in unserem Sonnensystem, und haben auch Auswirkungen auf der Erde (erhöhte Auroratätigkeit, Beeinträchtigung elektronischer Systeme etc.). Mit normalen Objektivfiltern sind sie teleskopisch leider nicht beobachtbar. Mehr Infos über Flares und CME, sowie deren Klassierung siehe www.spaceweather.com. Weiter ist auf dem Bild die granulatförmige Struktur der Oberfläche sichtbar. Dies ist im Teleskop allerdings nur bei gutem Seeing möglich. Diese Plasmablasen haben Durchmesser bis zu 1'000 km und eine Lebensdauer von einigen Minuten. Am linken Bildrand oben ist noch ein helles Fackelgebiet sichtbar (siehe Pfeil). Hier wird durch Konvektion sehr heisses

Plasma über die Photosphäre hinauf befördert. Solche Gebiete sind vorwiegend am leicht dunkleren Sonnenrand und am besten mit geringen Vergrösserungen beobachtbar.



Im Gegensatz zum Bild oben fällt im Teleskop sofort auf, dass die Sonne am Rand deutlich dunkler erscheint (*Limb darkening*). Auch dieser Effekt, welcher durch die Kugelgestalt der Sonne verursacht wird, ist am besten mit geringen Vergrösserungen sichtbar. Nur mit dem Objektivfilter erscheint die Sonnenoberfläche weiss und nicht gelborange wie auf dem Bild. Dafür ist ein zusätzliches hellrotes Okularfilter erforderlich (z.B. Wratten 23A). Im so genannten *Weisslicht* erscheinen allerdings die meisten Kontraste wesentlich besser als mit dem Rotfilter.

5.1.3 Sonnenflecken

Sind Gebiete auf der über 6'000°K heissen Sonnenoberfläche, welch mit ca. 4'500°K deutlich "kälter" als ihre Umgebung sind und deswegen dunkel erscheinen. Ursache sind lokale Anomalien im Sonnenmagnetfeld, die an diesen Stellen für eine bestimmte Zeit den Energiefluss vom Sonnenzentrum nach aussen stören. Mit Sonnenflecken verbunden sind häufig *Fackelgebiete*. Die Anzahl der Sonnenflecken steht in direkter Relation zur Sonnenaktivität. Deshalb wird von Observatorien (z.B. NOAA Observatory, Boulder, Colorado) die so genannte Sonnenflecken Relativzahl *R* (Sunspot Number) für jeden Tag grob nach folgender Formel ermittelt:

$$R = k (10g + s)$$

g ist die Anzahl der Fleckengruppen und s die gesamte Zahl der Flecken in allen Gruppen.
k ist ein Korrekturfaktor (normalerweise < 1), der von der Leistungsfähigkeit des Teleskops abhängt. Isoliert stehende Einzelflecke werden zusätzlich als Gruppe gewertet. Durch eine Beobachtungsreihe lässt sich k für das eigene Instrument abschätzen, z.B. durch Vergleich mit der täglich publizierten "Boulder Sunspot Number" (siehe www.spaceweather.com).</p>
Für eigene Statistiken spielt jedoch k keine Rolle und kann = 1 gesetzt werden. Speziell bei hoher Sonnenaktivität fällt es manchmal schwer, Fleckengruppen einzuteilen. Wer es ganz genau machen will, bedient sich des sog. Waldmeier Schemas, welches auch im Internet gefunden werden kann. Dieses unterscheidet und gewichtet unter anderem auch, ob Flecken von einer Penumbra (siehe unten) umgeben sind oder nicht.

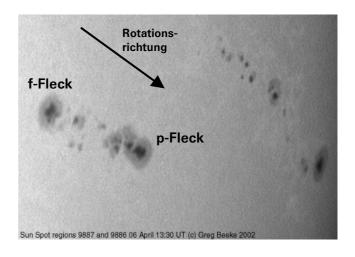
Die "Boulder Sunspot Number" sind ca. 25% grösser als der zweite offizielle Index, die "International Sunspot Number", herausgegeben vom Sunspot Index Data Center in Belgien. Auf dem Bild oben betrug die Boulder Sunspot Number: 104. Die gelegentliche Bestimmung dieses Wertes ermöglicht es dem Amateur, z.B. den 11 jährigen Zyklus der Sonnenaktivität mitzuverfolgen.

Die Flecken sind meistens in der Äquatorgegend konzentriert und tauchen nur bei hoher Sonnenaktivität und zu Beginn eines Zyklus auch in höheren Breiten auf. Sie wandern mit der Sonnenrotation von Ost nach West (links nach rechts im Amici Prisma). Dies erlaubt auch Amateuren die Rotationszeit der Sonne zu bestimmen, indem man während mehrerer Tage eine "wandernde" Fleckengruppe auf der Sonnenscheibe z.B. mit einer einfachen Kompaktkamera durchs Okular (afokal) fotografiert und so die Positionsänderung messund auswertbar macht.

Die Sonne rotiert am schnellsten im Äquatorbereich in ca. 25 Tagen und abnehmend bis zum Polbereich in ca. 34 Tagen um ihre Achse. Bis jetzt gelang es übrigens noch nicht, eine rotationsbedingte Abplattung der Sonnenkugel nachzuweisen! Grosse Fleckengruppen können auch mehrere Sonnenumläufe überleben und werden daher mit einer offiziellen Nummer gekennzeichnet. Diese können z.B. auch www.spaceweather.com entnommen werden und es lohnt sich, diese bei Aufzeichnungen im Logbuch mit zu erfassen.

Bei starker Vergrösserung und gutem Seeing bieten grosse Fleckengruppen einen faszinierenden Anblick. Zu sehen sind bizarr geformte, plastisch wirkende, pechschwarze Teilflecken (*Umbra*), die von grauen Höfen (*Penumbra*) umgeben sind (Temperatur ca. 5′000°K). Flecken mit Penumbra werden auch *Hoffleck* genannt. Ohne Rotfilter kontrastiert das ganze mit einer scheinbar schneeweissen, etwas narbig erscheinenden Oberfläche.

Es fällt auf, dass die Flecken nicht wild und zufällig über die Sonne verteilt sind, sondern sich meistens in Gruppen konzentrieren. Verteilen sich die Flecken einer Gruppe über einen grösseren, lang gestreckten Bereich, so handelt es sich meist um eine so genannte bipolare Gruppe, weil deren Enden eine unterschiedliche magnetische Polarität aufweisen. Der vordere, westliche Fleck in Rotationsrichtung der Sonne heisst p-Fleck (p = proceeding), der hintere östliche f-Fleck (f = following). Meistens ist der p-Fleck der grössere (siehe Bild rechts).



Die Formveränderung solch grosser Fleckengruppen kann im Verlauf eines Tages gut verfolgt werden. Morgens und abends sind die besten Beobachtungszeitpunkte, da sich dann die Luftunruhe noch am ehesten in Grenzen hält, ein grundsätzliches Problem jeder Sonnenbeobachtung, welches auch die Höchstvergrösserung stark reduziert.

5.1.4 Sonnenfinsternisse

Bezogen auf die ganze Erdoberfläche sind Sonnenfinsternisse relativ häufig. Für einen bestimmten Standort aber treten sie sehr selten auf, da sie nur in engen Schneisen sichtbar sind. Noch viel enger sind die Bereiche, wo eine totale Finsternis zu sehen ist (siehe Bild unten). Dieses Phänomen ist deshalb interessant, weil durch die völlige Abdeckung der Sonnenscheibe so ohne zusätzliche Hilfsmittel die Sonnenkorona gesehen werden kann (siehe Bild rechts).

Es gibt spezialisierte Amateure, welche um die halbe Welt jetten, um dieses Phänomen beobachten zu können. Es gibt allerdings heute Spezialteleskope, welche die Beo-



bachtung der Korona auch ohne Sonnenfinsternis ermöglichen. Das eindrücklichste für den Amateur, wie auch für den Laien, ist wohl das Naturerlebnis und die Beobachtung der Begleiterscheinungen auf der Erde, welche durch die temporäre Abschwächung des Strahlungsflusses auftreten.

2003 May 31 2012 May 20 2002 Jun 10 2001 Dec 14 2006 Sep 22 2013 May 10 2014 Apr 29 2014 Apr 29 http://www.geocities.com/CapeCanaveral/7137/

Path of Annular Solar Eclipses: 1997-2020

Adapted from F. Espenak, NASA by Worachate Boonplod, Bangkok, Thailand

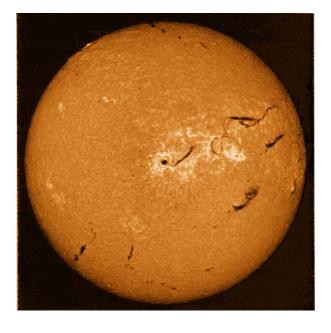
5.1.5 Merkur und Venus Transits

Hin und wieder kommt es zu sog. *Transits* der inneren Planeten Merkur und Venus vor der Sonnenscheibe. Diese Ereignisse können natürlich nicht als "Finsternis" gewertet werden, da z.B. die Venus lediglich ca. 1 Promille der Sonnenscheibe bedeckt. Venus Transits sind allerdings extrem selten (1761, 1769, 1874, 1882, 2004, 2012, 2117, 2125...).

5.1.6 Risiken und Schutzmassnahmen

Die Beobachtung unseres eigenen G2 Fixsterns beinhaltet Risiken, welche entsprechende Vorsichts- und Schutzmassnahmen erfordern. Eine gute Filterung ist für Sonnenbeobachtung unverzichtbar. Für die geschlossenen Schmidt Cassegrain Teleskope (SCT) kommen nur Objektivfilter in Frage, welche die Sonnenstrahlung bereits vor dem Eintritt in die Optik auf ein unschädliches Mass reduzieren. Alle anderen Methoden wie z.B. Okularfilter gefährden hier die Gesundheit oder sind schädlich für das Teleskop (Wärmestau). Das beste Preis/Leistungsverhältnis zeigen sog. Folienfilter, z.B. AstroSolar von Celestron oder Baader Planetarium. Dringend abgeraten werden muss vor improvisierten "Folienfiltern", welche oft aus beschichteten Rettungsdecken hergestellt werden. Bei diesen fehlt der dringend notwendige UV-Schutz. Der Sonnenfilter wird aus Sicherheitsgründen sofort nach der Montage und noch vor dem ersten Schwenken des Teleskops aufgesetzt. Zuvor wird dieser aber noch mit Blick Richtung Sonne auf kleine Löcher oder sonstige Beschädigungen überprüft. Dann muss der korrekte Sitz des Filters und die Verriegelung am Teleskop Tubus überprüft werden, damit er nicht durch eine Erschütterung oder einen Windstoss während der Beobachtung herunterfallen kann. In einem solchen Fall wäre das beobachtende Auge in Sekundenbruchteilen zerstört! Nach Ende der Beobachtung muss als erstes das Teleskop aus der Sonnenrichtung weggeschwenkt werden, bevor irgendetwas daran demontiert wird. Mir ist einmal beim Abbauen des Teleskops die bereits aufgesetzte Plastik Schutzkappe am Okularauszug förmlich "durchgeschossen" worden, als ich am Ende den Objektivfilter entfernt hatte, ohne das Rohr vorher aus der Sonnenachse zu schwenken. Bereits 5 Zoll Offnung demonstrierten damals eindrücklich ihre Lichtsammelkapazität! Zielfernrohr oder Starfinder werden aus Sicherheitsgründen wenn möglich gar nicht erst montiert oder mindestens abgedeckt. Schon manche Frisur oder Kleidungsstück ist dadurch angesengt worden. Die Ausrichtung des Rohres auf die Sonne ist nicht ganz einfach und muss aufgrund des Schattenbildes des Teleskop Tubus erfolgen. Erleichtert wird das Auffinden durch die Verwendung einer kleinen Vergrösserung mit grossem Gesichtsfeld, z.B. 40 mm Okular. Das Alignment des Nexstar Teleskops erfolgt, infolge tagsüber fehlender sichtbarer Sterne, mittels Quick Alignment.

Abschliessend links unten ein Bild der Sonne, wie sie mit einem $H\alpha$ Filter gesehen werden kann. Rechts das Nexstar 8i mit Sonnenfilter und behelfsmässigem Blendschutz.

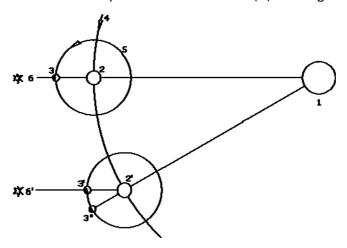




5.2 Mond

5.2.1 Einführung

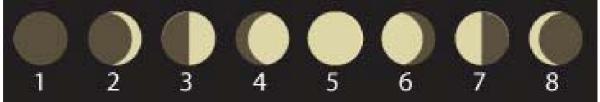
Unser Erdtrabant ist der uns am nächsten gelegene Himmelskörper (Distanz ca. 1 Lichtse-kunde). Für einen *siderischen* Umlauf um die Erde, d.h. bezogen auf den Fixsternhintergrund (6), benötigt er knapp 27 Tage und acht Stunden. Ein *synodischer Monat*, von Vollmond zu Vollmond, dauert aber länger, d.h. ca. 29 Tage zwölf Stunden und 33 Minuten. Diese Abweichung rührt daher, dass sich dem Umlauf des Mondes (3) um die Erde (2) noch der Umlauf des Erde-Mond-Systems um die Sonne (1) überlagert (siehe Bild).



Maximale Entfernung von der Erde (Apogäum) = 406'700 km Minimale Entfernung von der Erde (Perigäum) = 356'400 km Mittlere Entfernung von der Erde = 384'000 km (ca. 60 Erdradien) Radius = 1'738 km Mittlerer scheinbarer Durchmesser = 31'5" Maximale scheinbare Helligkeit (Vollmond) = -12,74^m

5.2.2 Mondphasen

Die folgende Grafik erläutert die Bezeichnung der Mondphasen, z.B. nützlich für Logbuch Einträge.



- 1: Neumond, 2: Zunehmende Mondsichel 3: Erstes Viertel oder zunehmender Halbmond
- 4: Zunehmender Vollmond 5: Vollmond 6: Abnehmender Vollmond
- 7: Letztes Viertel oder abnehmender Halbmond 8: Abnehmende Mondsichel

Für die Zwischenphasen 2, 4, 6 und 8 existieren verschiedene Versionen. Ich habe hier die meiner Ansicht nach logischste wiedergegeben.

5.2.3 Beobachtungstipps

Viele der spezialisierten Astroamateure rümpfen über Mondbeobachtungen die Nase. Sie betrachten diesen eher verächtlich als Demo Objekt für Volkssternwarten, und wo es, aus-

ser für Astronauten vor Ort, teleskopisch sowieso nichts mehr zu erforschen gibt. Tatsächlich ist aber der Anblick der gestochen scharf wirkenden Krater und Gebirgszüge immer wieder beeindruckend und auch für routinierte Beobachter ist es immer wieder reizvoll, mit der Handsteuerung des Teleskops, wie ein Astronaut in der Raumkapsel dem *Terminator* (Licht-Schattengrenze) entlang spazieren zu "fliegen". Dieser Trennlinie entlang sind infolge des tangentialen Lichteinfalls und der dadurch langen Schatten, die Formationen besonders kontrastreich. Selbst kleine Bodenwellen in den Tiefebenen, meist bezeichnet mit *Mare, Oceanus oder Sinus* (Bucht), wirken fast plastisch. Eindrücklich sind auch die Zentralberge und Rillen innerhalb einiger grosser Krater zu sehen. Diese kontrastverstärkenden Effekte entfallen natürlich bei den vollmondnahen Phasen. Diese Zeitspanne ist daher für Mondbeobachtungen grundsätzlich ungeeignet (Ausnahme siehe unten). Hinzu kommt die enorme Blendung, die ohne geeignete Filterung (siehe unten) sogar kurzzeitige "Schneeblindheit" hervorrufen kann.

5.2.4 Strahlenkrater

Eine Ausnahme von obiger "Vollmondregel" bilden die für Mondverhältnisse relativ "jungen", "nur" hundert Millionen Jahre alten Einschlagskrater Copernikus, Tycho (siehe Bild) und Kepler. Sie enthüllen genau in dieser Phase am Besten ihre "geheimnisvollen" langen radialen Strahlen, die weite Gebiete der Mondoberfläche überstreichen. Diese erhebliche Ausdehnung ergibt sich dadurch, dass der Mond keine "bremsende" Atmosphäre besitzt und seine Anziehungskraft nur ein Sechstel so stark ist wie auf der Erde. In Folge dessen fliegt auch der durch Meteoriten verursachte Auswurf auf seiner ballistischen Bahn viel weiter als auf der Erde. Diese Formationen sind noch so "jung", dass die Auswurfspuren noch nicht durch kleinere nachfolgende Einschläge



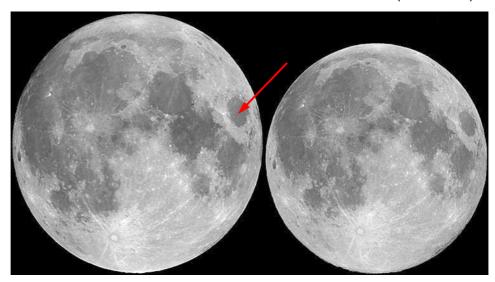
verwischt worden sind. Erosion ist auf dem Mond, infolge Fehlens einer Atmosphäre, nicht existent.

5.2.5 Orientierung auf dem Mond und Identifikation topografischer Formationen

Ich empfehle, einzelne interessant oder spektakulär erscheinende Formationen, anhand eines Mondatlas zu identifizieren. Hervorragend eignet sich dafür der elektronische *Virtual Moon Atlas* von Christian Legrand, welcher als Freeware vom Internet heruntergeladen werden kann. Dieser liefert selbst für kleine Strukturen interessante Hintergrundinformationen, sowie Detailfotos, welche mit der eigenen Beobachtung verglichen werden können. Überrascht bin ich immer wieder, welch kleine Details bei guten Bedingungen noch gesehen werden können. Die Identifikation kleiner Formationen ist manchmal nicht ganz einfach und wird deutlich erleichtert, wenn diese zuerst mit geringer Vergrösserung, z.B. im 25 mm Okular im grösseren Umfeld betrachtet werden. Für Konfusion können beim Mond die verwendeten Koordinatensysteme sorgen. Bei der Sonne und den Planeten wird normalerweise der von uns aus gesehen, rechte Kugelrand mit *West* und der linke mit *Ost* bezeichnet. Beim Mond ist jedoch bei einzelnen Atlanten und auch beim *Virtual Moon Atlas*, ein "astronautenorientiertes", erdähnliches Koordinatensystem in Verwendung, d.h. Osten am rechten- und Westen am linken Mondrand (so wie sich auch die Erde vom Weltraum aus präsentiert).

5.2.6 Libration

Der Mond vollführt eine sog. *gebundene Rotation* bei seinem Umlauf um die Erde, d.h. er zeigt uns fast immer die gleiche Seite. Infolge der elliptischen Umlaufbahn "eiert" er vorwiegend etwas um seine Polachse. Dieser *Libration* genannte Effekt ermöglicht es, ca. 59% der Mondoberfläche zu sehen. Am besten beobachtbar ist dies am *Mare Crisium* und seinem unterschiedlichen Abstand zum nahen westlichen Mondrand (siehe Pfeil).



5.2.7 Erdlicht

Kurz vor oder nach Neumond kann häufig beobachtet werden, wie neben der schmalen, hell beleuchteten Sichel, die gesamte restliche Mondscheibe im fahlen grauen Licht schemenhaft zu sehen ist. Mit dem Teleskop können im Schattenbereich sogar grössere Formationen erkannt werden. Ursache für diesen Effekt ist reflektiertes Erdlicht, welches die dunkle Seite der Mondscheibe beleuchtet. Vor allem die hohe Albedo (Reflexionsfähigkeit) ausgedehnter Wolkenschichten, sowie der Pazifikseite der Erde dürften den Hauptanteil dieses Lichtes liefern.



5.2.8 Mondfinsternisse

Sonnenfinsternisse sind, für die *gesamte Erdoberfläche* gerechnet, zwar deutlich häufiger, treten aber nur in sehr schmalen Sichtschneisen auf (siehe 5.1.4). Mondfinsternisse hingegen können immer auf der gesamten Nachtseite der Erde beobachtet werden und sind daher, bezogen auf den *eigenen Standort*, bedeutend häufiger. Dieses mehrere Stunden dauernde Ereignis kann am besten im Feldstecher oder mit blossem Auge beobachtet werden. Das Teleskop zeigt da nicht wesentlich mehr.



5.2.9 Die Colongitude

Die Colongitude gibt die sog. selenografische Länge des Aufgangsterminators an. Dies ist die Schattengrenze, welche in der zunehmenden Mondphase, beginnend bei Neumond, von rechts nach links bis zur Vollmondphase über die Mondoberfläche wandert. Dies geschieht im gemächlichen "Jogging Tempo" von ca. 15 km/h, d.h. bei starker Vergrösserung kann man im Laufe des Abends durchaus Veränderungen im Schattenwurf einzelner Strukturen

erkennen. Während der abnehmenden Mondphase wandert dann dieser *Aufgangsterminator* auf der Rückseite des Mondes, hier allerdings nur fiktiv, zurück zum Anfangspunkt. Bei zunehmendem Halbmond beträgt die Colongitude 0°, Bei Vollmond 90°, bei abnehmendem Halbmond 180° und bei Neumond 270°. Der aktuelle Wert kann im *Virtual Moon Atlas* unter dem Folder *Ephemeris* gefunden werden. Dieser Wert ist wichtig, wenn man die Beobachtung bestimmter Mondformationen planen, oder z.B. aus den Schattenlängen die Höhen von Gebirgszügen berechnen will. Diese können übrigens beträchtlich sein. Die *Montes Jura*, nördlich des Sinus Iridum, sind z.B. über 6'000 m hoch.

5.2.10 Filterung

Speziell bei geringen Vergrösserungen, und bei Phasen um das Vollmondstadium herum, ist eine Filterung zur Blendreduktion unverzichtbar, ansonsten droht Schneeblindheit auf dem beobachtenden Auge. Bei mir kommt in diesem Stadium ein 50% Graufilter Wratten 96-03 zum Einsatz. Zusätzlich verstärkt das nachgeschaltete 25% Hellrotfilter Wratten 23A etwas den Kontrast.

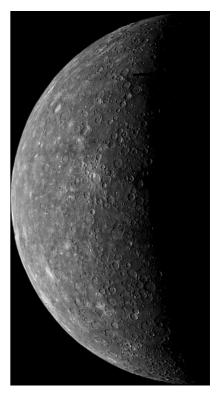
5.3 Planeten

5.3.1 Merkur

Der sonnennaheste Planet Merkur ist schwierig zu beobachten. Von uns aus gesehen erscheint er nie weiter von der Sonne weg als in einem Winkelabstand (Elongation ɛ) von ca. 28°. Durch seine stark elliptische Umlaufbahn können es manchmal auch weniger als 20° sein. Sein Abstand von der Sonne schwankt von ca. 46 bis 70 Mio. km. Von Nikolaus Kopernikus existiert die Legende, er habe auf seinem Sterbebett bedauert, niemals den Merkur gesehen zu haben. In der Tat braucht es "unverbaute" Sicht auf den Ost- oder Westhorizont, je nach dem man ihn kurz vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang im Dämmerungslicht suchen will. Voraussetzung ist natürlich auch wolkenloser, dunstfreier Himmel in diesem Bereich.

Wie Venus umkreist auch Merkur die Sonne, von der Erde aus gesehen, auf einer *Innenbahn*. Er zeigt daher *Phasen*, ähnlich wie wir sie auch beim Mond beobachten können. Dieses Phänomen ist denn auch ziemlich das einzige was man selbst in einem 8 Zoll Teleskop zu sehen bekommt. Ähnlich mit Kratern überzogen wie der Mond sieht Merkur auch aus, wie das Bild von Mariner 10 (1975) zeigt.

Unten zum Vergleich eine Aufnahme mit einem Amateurteleskop. Sein Durchmesser von 4'878 km ist etwas grösser als derjenige des Mondes. Er besitzt eine extrem dünne Heliumatmosphäre. Die Umlaufszeit von Merkur um die Sonne beträgt nur gerade 88 Tage.



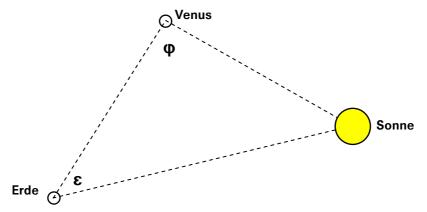


5.3.2 Venus

Venus ist mit einem Durchmesser von ca. 12'103 km nur wenig kleiner als die Erde. Wie Merkur umkreist auch Venus die Sonne in einem Abstand von 108 Mio. km auf einer *Innenbahn* (von der Erde aus gesehen). Deren Umlaufszeit um die Sonne beträgt ca. 243 Tage. Sie zeigt daher gut sichtbare *Phasen*, ähnlich wie wir sie auch beim Mond beobachten können. Dieses Phänomen ist denn auch meistens das einzige, was man selbst in einem 8 Zoll Teleskop zu sehen bekommt, da die Venus konstant und vollständig von einer dichten Wolkenschicht bedeckt ist, welche hauptsächlich aus CO₂ besteht. Trotzdem hat die Beobachtung dieser Phasen einen gewissen Reiz. Mit dem Einsatz von Farbfiltern sind manchmal sogar schwache Wolkenstrukturen erkennbar.

Venus erreicht, je nach ihrer Position bezüglich der Erde, beachtliche Helligkeiten von bis zu -4.5^m. Sie belegt in dieser Disziplin unter allen Himmelskörpern Rang Drei hinter der Sonne und dem Mond und ist theoretisch noch in der Lage, unter sehr günstigen Bedingungen, einen sichtbaren Schatten zu erzeugen. Bei der Teleskopbeobachtung erweist sich die enorme Helligkeit als Handicap und erfordert den Einsatz von Filtern, um den Blendeffekt zu reduzieren. Bei mir hat sich der 24% Grünfilter Wratten 58 bewährt. Die Literatur empfiehlt auch Blau- und Rotfilter. Ohne diesen Zusatz darf man nicht erstaunt sein, wenn die Venussichel im Spiegelteleskop oben blau und unten gelb rot erscheint, was auf Brechungseffekte in der Erdatmosphäre und nicht etwa auf einen Defekt zurückzuführen ist. Es soll schon unerfahrene Amateure gegeben haben, welche nach einer ungefilterten Venusbeobachtung verzweifelt an der Kollimation ihres Teleskops herumgeschraubt haben sollen.

Von der Erde aus gesehen erscheint Venus nie weiter von der Sonne weg, als in einem Winkelabstand (Elongation ϵ) von ca. 47°. Somit ist sie entweder nach Sonnenuntergang als "Abendstern" oder vor Sonnenaufgang als "Morgenstern" zu beobachten und bleibt dadurch meistens in relativer Horizontnähe, was die Beobachtung durch erhöhte Luftunruhe und dickere Dunstschichten erschwert. Ein guter Beobachtungszeitpunkt ist daher bei erreichen der grössten Elongation ϵ . Dann müsste theoretisch, analog zum Mond, "Halbvenus" oder *Dichotomie* mit dem Phasenwinkel ϕ von 90° zu sehen sein. Dies ist aber nicht der Fall, man vermutet infolge von Effekten welche durch die dichte Venusatmosphäre erzeugt werden. Nach meinen Beobachtungen erreicht Venus am Abend das Dichotomiestadium deutlich zu früh, d.h. bereits bei Winkelwerten von $\phi \sim 85$ °. Der aktuelle Phasenwinkel ϕ ist z.B. aus dem WinStars Programm ersichtlich. Diesen könnte ein hypothetischer Beobachter auf der Venus zwischen Sonne und Erde messen (siehe Skizze).



Für Oberflächenbeobachtungen auf der Venus eignet sich am Abend die abnehmende Phase ($\phi > 90^{\circ}$) am besten. Venus steht dann meist noch relativ hoch über dem Horizont und hat einen respektablen Sicheldurchmesser. In dieser Phase kann oft auch ohne Filter beo-

bachtet und relativ starke Vergrösserungen eingesetzt werden (9 mm Okular + Barlowlinse). Schön zu sehen ist dann die grau violette Farbe der Venusatmosphäre, entlang des Terminators. Speziell in dieser Phase ist Venus auch kurz *vor* Sonnenuntergang auffindbar und die Phasengestalt sogar im Feldstecher sichtbar. Die Venussichel ist dann vor dem pastellblauen Hintergrund schön und blendfrei anzusehen. Wenn man dies versuchen will, muss man aufpassen, dass nicht versehentlich das Teleskop ohne Filter zur Sonne geschwenkt wird! Am Besten kombiniert man deshalb eine solche Venusbeobachtung mit einer vorgängigen, gefilterten Sonnenbeobachtung. Nach einem Quick Alignment mit dem Nexstar wird dieses zuerst mit Zentrierung der Sonne verbessert. Das Nexstar schwenkt dann, nach Anwahl der Venus, in die ungefähre Richtung des Planeten, sodass sie meistens visuell gefunden und mit dem Starfinder zentriert werden kann. Falls zusätzlich der Mond noch am Taghimmel sichtbar sein sollte, kann damit das Alignment des Teleskops vor dem Schwenk zur Venus deutlich verbessert werden.

Das Raumsondenbild links unten zeigt Venus aus ca. 40'000 km Entfernung. Rechts ungefähr der Anblick, wie ihn das Amateurteleskop zeigen kann.





5.3.3 Mars

Mars ist der einzige Planet im Sonnensystem, der Amateuren die Beobachtung einer festen und nicht gasförmigen Oberfläche erlaubt. Mit einem Äquatordurchmesser von 6'794 km ist er gut halb so gross wie derjenige der Erde. Trotzdem zeigt Mars beachtliche Ähnlichkeiten mit der Erde: Der Marstag ist nur einige Minuten länger als der Erdtag, und die Marsachse besitzt mit 25,19° fast die gleiche Neigung gegen die Bahnebene wie die Erde (23,45°). Wie unsere Erde besitzt auch der Mars vereiste Polkappen, die ebenso wie auf unserem Planeten einem jahreszeitlichen Wechsel unterliegen. Diese Details können, neben den unterschiedlich gefärbten Wüstengebieten, bereits in einem 5 Zoll Teleskop gesehen werden. Voraussetzung sind allerdings gutes Seeing und eine *erdnahe Oppositionsstellung*, welche im günstigsten Fall weniger als 60 Mio. km betragen kann (z.B. 2003). Zur Identifikation von Oberflächendetails empfehle ich das kleine *Mars Previewer II* Programm, welches als Freeware vom Internet heruntergeladen werden kann.

Die Marsbahn ist stark elliptisch. Die sonnenfernste Distanz der Umlaufbahn (Aphel) beträgt 249.2 Mio. km, der sonnennaheste Abstand (Perihel) 206.6 Mio. km. Das Marsjahr ist mit 686.98 Tagen knapp doppelt solang wie das Erdenjahr. Die Marsoberfläche ist, ähnlich unserem Mond, in der südlichen Marshemisphäre kraterübersät und in den nördlichen Regionen dagegen kraterarm. Der Mars besitzt mehrere gewaltige Vulkane: Der grösste ist *Olympus Mons*, mit einer Höhe von 27 km über der mittleren Marsoberfläche die höchste Erhebung in unserem Sonnensystem. Auf dem Mars finden sich ausserdem zahlreiche Gräben und Schluchten, deren Entstehung man sich dadurch erklären kann, dass es in der Vorzeit einmal grosse Wassermassen auf dem Mars gegeben hat, die diese Canyons und Flussläufe geschaffen haben. Es gibt auch Anzeichen dafür, dass es auf dem Mars eine Plattentektonik wie auf der Erde gibt. Der Atmosphärendruck an der Oberfläche beträgt ~6,1 hpa (ca. 6 % des Drucks der Erdatmosphäre). Zusammensetzung der Atmosphäre: Kohlendioxyd (CO2): 95.32% - Stickstoff (N2): 2.7% - Argon (Ar): 1.6% - Sauerstoff (O2): 0.13% - Kohlenmonoxyd (CO) - 0.08%

Der Mars besitzt zwei kleine Monde, Phobos und Deimos mit Durchmessern von nur 11.5, resp. 6.4 km (Phobos = Furcht, Deimos = Schrecken). Diese Winzlinge sind natürlich für Amateurteleskope unsichtbar. Sie wurden auch erst 1877 am US Naval Observatory entdeckt.



NASA Raumsonden Aufnahme,



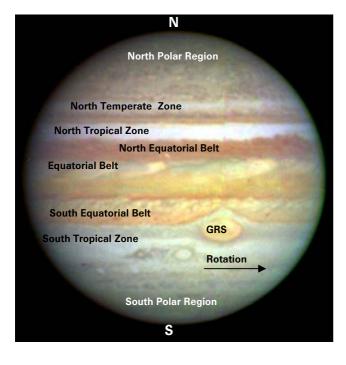
Fotografiert mit Nexstar11 Teleskop.

5.3.4 Jupiter

Jupiter bietet im 8 Zoll Teleskop einen atemberaubenden Anblick. Dieser als sog. *Gasriese* klassierte Himmelskörper, ohne feste Oberfläche, ist mit Abstand der grösste Planet im Sonnensystem (Φ = 142′800 km). Er hat glücklicherweise zu wenig Masse bekommen, um eine zweite, kleinere Sonne zu werden (dafür müsste er noch rund 75mal schwerer sein). Immerhin schafft er es als einziger, mehr Energie abzugeben, als er von der Sonne empfängt. Seine Kerntemperatur wird auf ca. 30′000°K geschätzt.

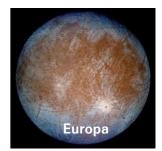
Ebenfalls als einziger der Planeten zieht er mit seiner Masse den gemeinsamen Schwerpunkt ausserhalb der Sonnenoberfläche! Im extremen Zeitraffer wäre daher zu sehen, wie infolge der Jupiterumläufe die Sonne um diesen Punkt herum "eiern" würde. Allerdings braucht der Planet in der Realität für einen siderischen Umlauf 4'332.6 Tage, in einer mittleren Sonnenentfernung von 778 Mio. km.

Durch seine fast unglaublich kurze Rotationszeit von 9h 50m und der dadurch erzeugten gewaltigen Zentrifugalkraft, wird er deutlich sichtbar abgeplattet (ca. 1/15 des Äquatordurchmessers). Mit dem Microguide Messokular lässt sich dieser Wert annähernd nachvollziehen. Berühmt ist der Grosse Rote Fleck, bezeichnet mit GRS (Great Red Spot). Dies ist ein Wirbelsturm, der seit Jahrhunderten in der Jupiteratmosphäre tobt. Seine Transitzeiten (wann er genau gegen die Erde ausgerichtet ist) können z.B. mit dem Programm Jupsat95 bestimmt werden. Jupiter wird von einer grossen Zahl von Monden umkreist. Sichtbar, selbst in sehr grossen Amateurteleskopen, sind nur die vier so genannten "galileischen", so benannt nach ihrem Entdecker Galilei:











Im 8 Zoll Teleskop sind die grösseren von ihnen bereits als winzige kleine Scheibchen wahrnehmbar (die Abbildungen oben stammen von der Voyager Raumsonde). Die Monde

kreisen alle mit geringen Abweichungen in der Äquatorebene um Jupiter. Diese ist zudem nur ca. 3° gegenüber der Ekliptik geneigt. Dadurch sehen wir alle Trabanten immer fast in einer Linie. Bei sehr guten Sichtbedingungen sind im 8 Zoll Teleskop alle in der Grossaufnahme oben bezeichneten Details auf der Jupiterscheibe zu erkennen (allerdings wesentlich kleiner und weniger spektakulär).

Besonders reizvoll und auch relativ häufig sind die Schatten zu sehen, welche diese Monde auf die Jupiterscheibe projizieren (siehe kleines Bild rechts, fotografiert durch ein Nexstar 11 Teleskop). Den Mond selbst (Io) konnte ich vor der Scheibe auch schon beobachten, allerdings nur in Randnähe und wenn er sich vor einem der ockerbraunen Äquatorbänder bewegte. Spannend, aber z.B. mit Hilfe von Jupsat 95 und WinStars gut zu beantworten, ist jeweils die Frage, wieso der Mond dem Schatten voraus oder hintennach läuft. Für die Beobachtung dieser Effekte ist übrigens ein 5 Zoll Teleskop meistens überfordert, mit 8 Zoll

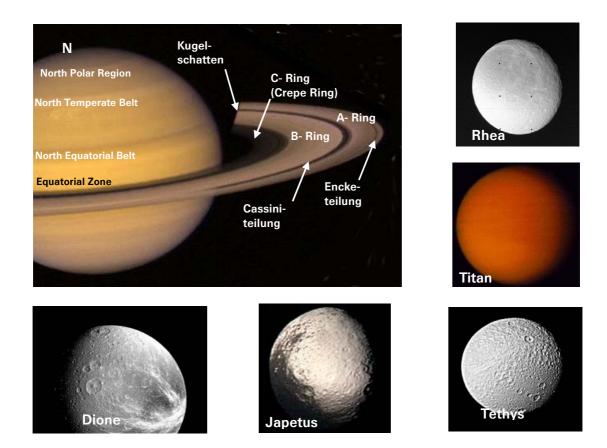


jedoch problemlos möglich. Das Fokussieren des Teleskops auf Jupiter wird am besten an einem seiner Monde durchgeführt. Etwas links vom Schatten ist der in den letzten Jahren etwas "veränderlich" gewordene *GRS* als schummriger gelblicher Fleck erkennbar. Die Identifikation der Monde wird durch Astro Programme wesentlich erleichtert (z.B. *WinStars, Redshift* oder *JupSat 95*).

5.3.5 **Saturn**

Saturn, mit seinem spektakulären Ringsystem, ist für die meisten wohl der schönste Planet im Sonnensystem. Alle, die ihn bei guten Bedingungen zum ersten Mal im 8 Zoll Teleskop sehen, halten fast unweigerlich den Atem an. Er ist, wie Jupiter, ein Gasriese ohne feste Oberfläche. Die Saturnkugel ist mit einem Durchmesser von 120'800 km zwar etwas kleiner als Jupiter. Dafür hat der äussere A-Ring des Saturns den beeindruckenden Aussendurchmesser von 277'000 km (fast eine Lichtsekunde!). Für einen Sonnenumlauf benötigt Saturn 10'759.2 Tage. Seine mittlere Sonnenentfernung beträgt ca. 1'428 Mio. km, d.h. fast doppelt so weit entfernt wie Jupiter. Er hat mit 10h 14m eine geringfügig längere Rotationszeit als Jupiter und eine ebenfalls gut sichtbare Abplattung (1/10 des Äquatordurchmessers). Es ist ebenfalls unübersehbar, dass der äussere A-Ring mit 17'800 km etwas schmaler und weniger hell ist, als der mittlere B-Ring mit 28'900 km. Dazwischen liegt die auffällige Cassiniteilung, ein schwarzer Spalt von 3'570 km Breite. Der innere C-Ring, mit einer Breite von 17'600 km auch Flor- oder Crepe Ring genannt, ist im 8 Zoll Teleskop nur bei sehr gutem Seeing sichtbar. Die schmale Encke Teilung im äusseren A-Ring habe ich bisher, selbst bei sehr guten Bedingungen, nur "erahnen" können. Von den fast 20 Saturnmonden sind mit dem 8 Zoll Teleskop immerhin fünf gut sichtbar. Titan, der grösste Mond des gesamten Sonnensystems, ist sogar grösser als Merkur. Auffällig ist, dass die Helligkeit bei Japetus stark schwankt. Die eine Hälfte des Mondes hat eine dunkle Oberfläche, die andere ist eisbedeckt und hell. Die Identifikation der Monde wird durch Astro Programme wesentlich erleichtert.

Tethys:Φ=1'060 km, Dist.=294'660 km, Sid. Umlaufz. =1,88 TageDione:Φ=1'120 km, Dist.=377'400 km, Sid. Umlaufz. =2.74 Tage,Rhea:Φ=1'530 km, Dist.=527'040 km, Sid. Umlaufz. =4.52 TageTitan:Φ=5'150 km, Dist.=1.22 Mio. km, Sid. Umlaufz. =15.95 TageJapetus:Φ=1'460 km, Dist.=3.56 Mio. km, Sid. Umlaufz. =79.33 Tage



Wie beim Jupiter kreisen auch hier die Monde alle mit geringen Abweichungen in der Äquator-, resp. Ringebene um Saturn. Dessen Rotationsachse ist aber um satte 27° gegen die Ekliptik geneigt! Dadurch sind die Monde hier meist nicht in einer Reihe, wie bei Jupiter zu sehen. Bei geringer Vergrösserung (z.B. im 40 mm Okular) erinnern sie eher an einen feinen Mückenschwarm, der unablässig um Saturn kreist. Dieses Bild fasziniert mich persönlich immer wieder von neuem! Dieses scheinbar chaotische Muster erschwert manchmal die Identifikation der Monde, wenn sich dahinter in der Sichtlinie gerade Fixsterne mit ähnlicher scheinbarer Helligkeit befinden.

Diese stark gegenüber der Umlaufbahn geneigte Rotationsachse führt auch dazu, dass wir das Ringsystem des Saturns mit seinen Monden während eines Sonnenumlaufs von 29,46 Jahren von verschiedenen Seiten betrachten können. Zweimal in dieser Periode schauen wir genau auf die ca. 1 km dicke Kante des Ringes. Dieser wird dann für kurze Zeit unsichtbar. Zu diesem Zeitpunkt sind dann auch die sichtbaren Monde, wie bei Jupiter, mehr oder weniger auf einer Reihe zu sehen.

Reizvoll ist auch die Bobachtung der sich verändernden Schattenfigur, den die Saturnkugel auf den Ring wirft, sowie die Überlegung, wieso der Schatten gerade auf einer bestimmten Seite der Kugel sichtbar ist. Das nebenstehende Amateur Bild (Nexstar 8i), gibt einen realistischen Eindruck, wie Saturn bei sehr guten Sichtbedingungen und starker Vergrösserung (z.B. 9 mm Okular + Barlowlinse) etwa im 8 Zoll Teleskop gesehen werden kann. Die Farbe der Kugel weist jedoch in Natura noch diverse ockergelbe Töne auf, was auf dieser Aufnahme nicht zur Geltung kommt.



5.3.6 Uranus

Ein weiterer sog. *Gasriese* ist Uranus. Mit 2.8 Milliarden km ist er fast doppelt so weit entfernt von der Sonne wie Saturn. Sein Durchmesser ist mit 47'600 km fast viermal so gross wie derjenige der Erde. Uranus ist im 8 Zoll Teleskop als winziges, 4" kleines, grünes Scheibchen sichtbar, welches sich deutlich von den Fixsternen im Hintergrund unterscheidet. Seine fünf Monde Ariel, Umbriel, Titania, Oberon und Miranda sind für Amateurteleskope nicht beobachtbar. Uranus wurde erst 1781 von William Herschel bei seiner Suche nach Doppelsternen im Sternbild Zwillinge, entdeckt. Dies hat ihn damals so beflügelt und bekannt gemacht, dass er dafür seine hoffnungsvolle Karriere als Komponist und Organist zugunsten einer Astronomenlaufbahn aufgab! Die folgenden Raumsondenbilder (Voyager 2) zeigen links Uranus und rechts Ariel.

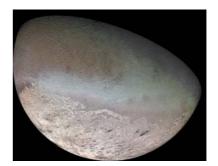




5.3.7 Neptun

Der vierte und kleinste der sog. *Gasriesen* in unserem Sonnensystem ist Neptun. In einer mittleren Sonnenentfernung von 4.5 Milliarden km, kann er im 8 Zoll Teleskop in der Form kaum mehr von den Fixsternen im Hintergrund unterschieden werden. Durch mehrere Beobachtungen kann man lediglich feststellen, dass sich das 2" winzige bläuliche Scheibchen gegenüber den Fixsternen verschiebt. Sein Durchmesser ist mit 44'600 km etwas kleiner als derjenige von Uranus. Ein Beobachtungsobjekt vorwiegend für Spezialisten unter den Astroamateuren. Seine zwei Monde, *Triton* und *Nereid*, sind für Amateurteleskope nicht beobachtbar. Neptun wurde von John Couch Adams erst im Jahre 1846 entdeckt. Die folgenden Raumsondenbilder (Voyager 2) zeigen links Neptun und rechts den Mond Triton.





5.3.8 Pluto

Für Pluto, mit einer mittleren Sonnenentfernung von 5.9 Milliarden km, gilt bezüglich Beobachtung das Selbe wie für Neptun, mit dem Unterschied, dass er noch deutlich lichtschwächer ist. Mit einem Durchmesser von nur 2'320 km ist er zudem der kleinste aller Planeten und wurde 2006 von der IAU zu einem sog. Zwergplaneten "degradiert", nachdem u.a. weiter aussen noch weitere, z.T. grössere Körper entdeckt wurden. Für Astroamateure gilt bereits das Auffinden von Pluto als Herausforderung. Kein Wunder, dieser "ehemalige" Planet wurde auch erst 1930 vom Amerikaner Clyde Tombaugh entdeckt! Dies war damals auch ein Triumph für die Himmelsmechanik, da man seinen Standort aus Störungen der Neptunbahn ziemlich genau voraussagen konnte und somit wusste, in welchem Bereich man suchen musste.

5.4 Kometen

Für die Beobachtung der Kometen eignet sich das 8 Zoll Teleskop gut. Dank seiner leistungsfähigen Optik lassen sie sich schon im lichtschwachen Stadium in noch grosser Sonnenferne beobachten. In diesem Zustand sind sie allerdings wenig spektakulär als diffuse Nebelflecken (sog. Koma), meist mit einem mehr oder weniger helleren Zentrum zu sehen. Interessant ist zu beobachten, ob und wie sich beim Näherrücken zur Sonne, infolge zunehmender Verdampfung des Kerns, ein Staub und ev. davon etwas getrennt noch ein Ionenschweif ausbildet. Den Ursprung dieser faszinierenden Objekte vermutet man in der sog. Oortschen Materiewolke, welche das Sonnensystem haloförmig umgibt. Die Helligkeitsprognosen für diese Objekte sind noch deutlich unzuverlässiger als die langfristige Wettervorhersage. Zusammen mit den Koordinaten kann die prognostizierte Helligkeitsentwicklung meist in Tagesschritten aus Ephemeridentabellen im Internet, oder aus Planetariumsprogrammen entnommen werden, deren Datenbanken periodisch über direkt mit dem Programm verlinkte Kometenserver aktualisiert werden. Unabdingbar ist dies natürlich bei neu auftauchenden, bisher unbekannten Kometen. Diese werden heute zum grossen Teil durch automatische, auf Asteroidensuche getrimmte Suchprogramme mit computergesteuerten Teleskopen entdeckt, z.B. NEAT (Near Earth Asteroid Tracking) und LINEAR (Lincoln Laboratory Near Earth Asteroid Research). Zum Aufsuchen dieser Objekte ist das Nexstar Computerteleskop sehr hilfreich, da man lediglich die Koordinaten eingeben muss, um diese meist lichtschwachen Objekte im Handumdrehen aufzufinden. In diesem Fall empfiehlt sich allerdings, das Alignment besonders sorgfältig durchzuführen, um eine hohe Richtungsgenauigkeit zu erzielen. Die Bilder unten zeigen links den Kometen Hale Bopp, der sich 1997 bis auf 200 Millionen km der Erde genähert hat. Bereits mit Feldstecher und kleinen Teleskopen, konnte man damals gigantische Strukturen um den Kern des Kometen erkennen, welche "Jets" genannt werden. Diese entstehen durch die Emission von Staub und Gas aus dem rotierenden Kern. Das rechte Bild zeigt den Kern des periodisch auftauchenden Kometen Halley, dessen Kern 1986 von der Giotto Sonde fotografiert wurde.

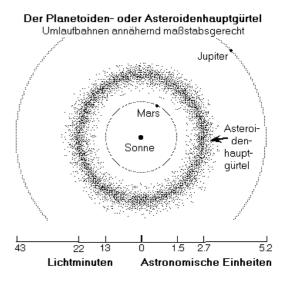




5.5 Asteroiden

5.5.1 Einführung

Wenn man einmal das Muster der Abstände aller Planetenbahnen betrachtet, fällt auf, dass zwischen Mars und Jupiter ein Planet zu fehlen scheint. In der Tat befindet sich in diesem Bereich der sog. Asteroiden- oder Planetoidengürtel, bestehend aus unzähligen "Gesteinsbrocken". Deren Grösse reicht von Ceres, mit einem Durchmesser von mindestens 1'000 km, bis hinunter zur Grösse von Kieselsteinen. Lediglich sechzehn der grössten Asteroiden haben einen Durchmesser von 240 km oder mehr. Obwohl sich die Hauptmasse der Asteroiden zwischen Mars und Jupiter konzentriert (siehe Internet Grafik), reichen einige ihrer Bahnen bis in den Bereich der Erde- und des Saturn. Einige sind in der Vergangenheit bekanntermassen schon



mit der Erde kollidiert. Das am besten erhaltene Zeugnis ist der Barringer Meteorkrater im Bundesstaat Arizona in den USA. Die wahrscheinlichste Theorie zu ihrer Entstehung lautet, dass die Asteroiden aus Material bestehen, welches sich aus immer noch rätselhaften Gründen niemals zu einem Planeten geformt hat. Wäre die gesamte geschätzte Masse aller Asteroiden zu einem Objekt komprimiert, hätte dieses allerdings einen Durchmesser von unter 1′500 km - das wäre weniger als der halbe Monddurchmesser.

5.5.2 Asteroidenbeobachtung durch Amateure

Seit erkannt worden ist, welches Gefahrenpotential von diesen Objekten für die Erde ausgeht, wird auch professionell nach den eher kleineren der vagabundierenden Bruchstücken gesucht, welche noch lange nicht alle entdeckt worden sind. Hier analysieren einige Spezialisten unter den Astroamateuren die Aufnahmen, welche ihnen ihre professionellen Kollegen über das Internet zur Verfügung stellen. Man hat nämlich festgestellt, dass diese Sucharbeit aus verschiedenen Gründen nicht ausschliesslich automatischen Suchprogrammen überlassen werden kann. Als Lohn winkt den ehrenamtlichen Entdeckern, dass diese meist kartoffelförmigen Brocken (siehe Bild des Asteroiden Gaspra) einmal ihren Namen

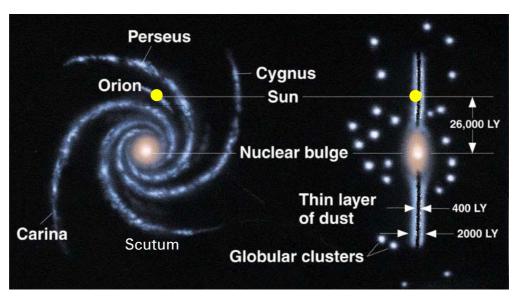


tragen werden! Einige von ihnen jagen erfolgreich mit ihren eigenen Teleskopen, nach diesen "FMO" (Fast Moving Objects) oder "NEO" (Near Earth Objects) genannten Objekten. Für uns "Durchschnittsamateure" bieten diese Objekte nichts Spektakuläres. Ihre Helligkeit ist aber immerhin so gross, dass einige von ihnen auch mit kleinen Teleskopen verfolgt werden können. Es sind lediglich winzige, schwach leuchtende Punkte, welche sich vor dem Fixsternhintergrund bewegen und allenfalls auf langzeitbelichteten fotografischen Aufnahmen Strichspuren hinterlassen, mehr nicht. Wer solche Asteroiden einmal aufsuchen will, wird durch das WinStars Programm ideal unterstützt. Wie bei den Kometen besteht auch hier eine direkt verlinkte Update Möglichkeit über das Internet.

6 Beobachtungsobjekte in der Milchstrasse

6.1 Einführung

Unsere spiralförmige "Heim Galaxie", in der sich unser Sonnensystem zusammen mit mehr als 100 Milliarden anderer Sonnen, sowie Staub und Gas befindet, wird als Milchstrasse bezeichnet. Ihr Durchmesser beträgt ca. 100'000 Lj. Sie erscheint uns bei guten Bedingungen in mondlosen Nächten als milchiges Nebelband. Galileo gelang es 1609 zum ersten Mal, mit seinem primitiven Fernrohr die wahre Natur dieses Bandes zu enthüllen und teilweise in einzelne Sterne aufzulösen. Spätestens da muss ihm wohl gedämmert haben, dass unsere Erde wohl kaum das Zentrum des Universums sein kann. Die Bandform der Milchstrasse ist erklärbar durch die Perspektive, welche sich durch unsere Position innerhalb dieses diskusförmigen Gebildes ergibt. Dies hat übrigens Kepler als erster erkannt. Die Struktur unserer Milchstrasse ist Gegenstand intensiver Forschungen. Nach heutigen Erkenntnissen ist es eine Spiralgalaxie, bestehend aus Perseus-, Orion-, Cygnus-, Sagittarius/Carina-, Scutum- und Norma Arm. Diese Bezeichnungen sind in der Literatur allerdings nicht einheitlich und die Fachleute sind sich über die Existenz und Form dieser Strukturen alles andere als einig! Unser Sonnensystem befindet sich, vom Zentrum der Milchstrasse aus gesehen, etwa im äusseren Drittel der sich langsam drehenden Scheibe, knapp ausserhalb des Orionarms. Es braucht nach gegenwärtigen Schätzungen für einen Umlauf ca. 210 Millionen Jahre. Die folgende Internet Grafik zeigt links eine Draufsicht und rechts einen Querschnitt durch die Milchstrasse. Die Position der Sonne, knapp ausserhalb des Orionarms, habe ich mit gelben Punkten etwas hervorgehoben.



Das Zentrum der Milchstrasse liegt in Blickrichtung Sternbild Schütze. Man weiss heute, dass sich dort ein massereiches Schwarzes Loch, verbunden mit einer starken Radioquelle befindet (Sagittarius A). Alle unter diesem Kapitel 6 beschriebenen Objekte sind Bestandteil der Milchstrasse und liegen meistens im Orion-, oder in den direkt benachbarten Perseus- oder Carina Armen. Ausnahmen sind allerdings die Kugelsternhaufen, siehe 6.8.Die Milchstrasse ist wahrscheinlich eine Spiralgalaxie vom Typ Sb oder Sc (Klassierungssystem siehe 7.1.1). Möglicherweise weist sie aber auch einen zentralen Balken auf (Typ SBb). Neben Andromeda ist sie die zweitgrösste Galaxie der sog. *Lokalen Gruppe*. Die Milchstrasse wird von mehreren Zwerggalaxien umkreist, zu denen auch die beiden Magellanschen Wolken gehören (nur auf der Südhalbkugel sichtbar).

6.2 Doppelsterne

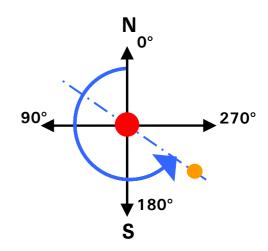
6.2.1 Einführung

Man schätzt, dass (je nach Quelle) ca. 30 - 60 % der Sterne, mindestens in unserer näheren Umgebung der Milchstrasse, Doppel- oder Mehrfachsternsysteme bilden. *Physische Doppelsterne* umkreisen einen gemeinsamen Massenschwerpunkt mit Umlaufzeiten von einigen hundert bis zu mehreren Zig-Tausend Jahren. *Spektroskopische Doppelsterne* haben sehr kurze Umlaufzeiten und entsprechend geringe Abstände, so dass sie selbst in grossen Teleskopen nicht optisch getrennt werden können. Ihre Umlaufszeiten betragen wenige Tage bis Monate und verraten sich lediglich durch die periodische Veränderung ihres Spektrums. *Optische Doppelsterne* stehen nur zufällig fast in der gleichen Richtung, sind aber gravitativ mit dem anderen Stern *nicht* verbunden. Die Beobachtung von Doppelsternen hat auch einen ästhetischen Reiz, speziell dann, wenn ein starker Farbkontrast vorhanden ist (z.B. Albireo im Sternbild Schwan, siehe 6.2.2).

Enge Doppelsterne können auch zur Qualitätsprüfung der Optik und zur Beurteilung des Seeings beobachtet werden. Das Vermögen eines Teleskops, Doppelsterne zu trennen, wird theoretisch durch dessen Objektiv- oder Spiegeldurchmesser D [cm] bestimmt. Das sog. Dawes Limit DL wird in Bogensekunden ["] ausgedrückt und berechnet nach der Formel DL = 11.6/D, wobei beim Cassegrain Teleskop noch der Durchmesser des Sekundärspiegels von D abgezogen werden muss. Das 8 Zoll Teleskop sollte *theoretisch* noch Doppelsterne mit ca. 0.7" Separierung trennen können (1" entspricht etwa einem Tennisball in ca. 14 km Entfernung!). Diese Grenze ist in der Praxis allerdings unrealistisch und hängt neben dem Seeing auch stark vom Helligkeitsunterschied der Teilkomponenten ab.

Einige Doppelsterne haben relativ kurze Umlaufzeiten, bei denen im Laufe mehrerer Jahre eine Veränderung des Positionswinkels und der Separierung beobachtet werden kann. Hierzu empfehle ich das *Microguide* Messokular, mit welchem sich erstaunlich präzise Messungen erzielen lassen! Interessant ist auch der Vergleich historischer Doppelsternmessungen mit heutigen Werten. Vor ca. 30 Jahren konnte ich antiquarisch das "*Astronomische Handbuch"* (1924) von Kuno Hoffmeister erstehen. Dieses enthält eine Tabelle mit solchen wertvollen historischen Werten (je nach Doppelstern zwischen 1902 und 1924).

Gemessen wird der Positionswinkel der schwächeren Komponente (hier orange), ausgehend von der helleren (roten) im Zentrum. Im nicht umkehrenden Fernrohr (z.B. im Feldstecher), wird der Winkel, beginnend von der Nordrichtung, im Gegenuhrzeigersinn gemessen. Die Fotos der Doppelsterne im Beschrieb habe ich auch so orientiert. Bei einigen der Doppelsterne habe ich Diagramme des zeitlichen Ablaufs des Orbits aus Internetquellen beigefügt. Diese sind jedoch invertiert für das umkehrende astronomische Fernrohr angegeben, mit Süden oben, Norden unten, 90° rechts und 270° links. Bei der Beobachtung enger Doppelsterne lohnt es sich generell, starke Vergrösserungen anzuwenden und gutes Seeing abzuwarten. Es gibt mehrere Tausend beobachtbarer Doppelsterne. Hier habe ich nur einige vorgestellt, die ich auch



selbst nachgemessen habe. Wer sich für weitere Doppelsterne interessiert, findet auf dem Internet umfangreiche Listen mit allen Angaben. Im Anhang habe ich noch weitere Orbit Diagramme von interessanten Doppelsternen angefügt.

6.2.2 β Cygni, Albireo

RA =19h 30m 53.3s Dec = 27° 57' 44.7"

Juni bis November

Dass Albireo im Sternbild Schwan, in einer Entfernung von 390 Lj ein Doppelstern ist, wurde erst 1832 von Struve entdeckt. Er gilt, infolge seines spektakulären Farbkontrastes, als *das* Paradeobjekt der Doppelsterne. Die beiden gelborange und bläulich leuchtenden Komponenten haben die Spektralklassen K3 und B9 sowie Helligkeiten von 3.1^m und 5.1^m. Die optische Trennung der beiden Komponenten, mit einer gegenwärtigen Separierung von 34.5" und einem Positionswinkel von 54°, (1916: 34.5" und 55°) gelingt bereits mit billigen Warenhaus Teleskopen. Der grosse Abstand der



beiden Komponenten, sowie der geringe Unterschied des Positionswinkels seit 1916, bedeuten eine sehr lange Umlaufzeit. Lange war unklar, ob hier überhaupt ein physischer Doppelstern vorliegt. Heute ist man sich dessen sicher und schätzt die Umlaufperiode auf ca. 100'000 Jahre.

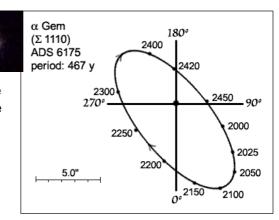
6.2.3 α Geminorum, Castor

RA =7h 34m 51.4s Dec = 31° 52' 55.3"

Castor im Sternbild Zwillinge ist ein Sechsfachstern in einer Entfernung von 52 Lj. Im Amateurteleskop sind allerdings nur seine zwei grössten Komponenten Castor A und

B, mit den Spektralklassen A1 und A5 trennbar. Jede dieser Komponenten (1.6^m und 2.6^m) ist wiederum je ein spektroskopischer Doppelstern. Dieses Vierfachsystem wird zusätzlich noch von einem weiteren schwachen Doppelstern umkreist. Für das 8 Zoll Teleskop ist die Trennung der A und B Komponenten, mit einer gegenwärtigen Separierung von 4.5" und einem Positionswinkel von ca. 80° (meine Messung

November bis April



2004) bei guten Bedingungen möglich. 1923 betrugen diese Werte noch 4.6" und 215°. Diese kurze Umlaufzeit von ca. 460 Jahren ermöglicht auch Amateuren, im Laufe mehrerer Jahre ein Stück der Bewegung mitzuverfolgen.

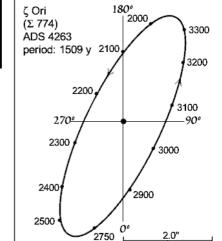
6.2.4 ζ (Zeta) Orionis, Alnitak

RA =5h 40m 57.0s Dec= -1° 56' 27.6"

Eine Herausforderung und Testobjekt für die Optik eines 8 Zoll Teleskops bietet die Trennung des Doppelsternes *Alnitak* oder ζ *Orionis*, der linke Gürtelstern des Orions in 1'200 Lj Entfernung. Dazu braucht es allerdings sehr gutes Seeing.

Die Einzelsterne leuchten mit 1.9^m und 4.0^m (Spektralklasse 09) und sind gegenwärtig nur 2.4" separiert, Positionswinkel 162° (1918: 2.3" und 157°). In einzelnen fentlichungen wird noch eine einfach sichtbare, dritte Komponente mit 10^m in einem Positionswinkel von 10° und einer Separierung von 58" erwähnt (siehe Bild, schwa-

November bis März



cher Stern am oberen Bildrand). Heute scheint man sich darüber einig zu sein, dass diese mit dem ζ Orionis Paar lediglich einen *Optischen Doppelstern* bildet.

6.2.5 β Orionis, Rigel

RA = 5h 14m 43.1s Dec = -8° 11' 51.9"

November bis März

Eine weitere Herausforderung bezüglich Trennbarkeit stellt β Orionis oder Rigel dar, ein Überriese der Spektralklasse B8 in 800 Lj Entfernung. Er ist ca. 40mal so schwer wie unsere Sonne und 50'000mal so hell. Dieser westliche Fussstern des Orions, mit einer Hellig-

keit von 0.1^m, hat einen deutlich schwächeren, bläulichen Begleiter von lediglich 6.8^m, der mit einem Positionswinkel von gegenwärtig 202° südwestlich von der Hauptkomponente steht. Die Schwierigkeit bietet hier nicht die relativ komfortable Separierung der Komponenten von immerhin 9.5", sondern die happige Helligkeitsdifferenz. 1916 sind übrigens die gleichen Werte für die Separierung und den Positionswinkel gemessen worden, was auf eine sehr lange Umlaufzeit hindeutet! In der Literatur konnte ich leider keine Angabe für die Umlaufszeit finden. Der grosse Helligkeitsunterschied macht für mich den optischen Reiz des Paares aus, mit dem übrigens ein 5 Zoll Teleskop meistens überfordert ist. Die brillant strahlende Hauptkomponente mit ihrem geisterhaft fahl leuchtenden Begleiter, der selbst ein



spektroskopischer Doppelstern der Spektralklasse B ist, mit einer Umlaufzeit von ca. 9 Tagen. *Rigel* wird übrigens als zukünftiger Kandidat für eine Supernovaexplosion gehandelt. Er hat bereits damit begonnen, Helium zu Kohlenstoff und Sauerstoff zu fusionieren.

6.2.6 I (lota) Cancri

RA= 8h 46m 56.9s Dec = 28° 44' 50.1"

Januar bis Mai

Auch für kleinere Teleskope geeignet ist das wunderschöne Doppel *lota Cancri* im Sternbild Krebs, ein gelber Riese mit einer Helligkeit von 4^m. (Spektralklasse G8), mit einem hellgrünen Begleiter (Helligkeit 7^m, Spektralklasse A3). Die komfortable Separierung beträgt ca. 30" (meine Messung 2004). Dieses System ist ca. 300 Lj von der Erde entfernt.

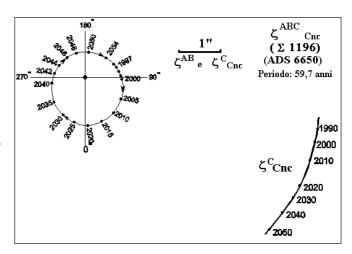


6.2.7 ζ (Zeta) Cancri, Tegmen

RA = 8h 12m 26.7s Dec = 17° 38' 12.2"

Ein interessantes Dreifachsystem ist *Zeta Cancri* im Sternbild Krebs. Die sehr nahen A und B Komponenten bilden einen physischen Doppelstern, bestehend aus zwei gelben Sternen mit den Helligkeiten 5.6^m und 6^m und den Spektralklassen F8 und F9 (siehe kleiner Kreis oben links im Schema). Sie umkreisen sich mit einer Periode von knapp 60 Jahren! Diese sind allerdings nur bei hervorragenden Bedingungen zu trennen, da der Abstand im theoretischen Grenzbereich des 8 Zoll Teleskops liegt. Einfach, und auch bei gerin-

Januar bis Mai



gen Vergrösserungen sofort auffallend, ist hingegen die dritte, etwas weiter entfernte C Komponente der Spektralklasse G5 und der Grösse 6.2^m (siehe Bahnabschnitt unten rechts). Deren Distanz beträgt ca. 8" und der Positionswinkel ca. 80° (meine Messung 2004). Dieses System ist ca. 84 Lj von der Erde entfernt.

6.2.8 I (lota) Orionis, Nair Al Saif

RA =5h 35m 26.0s Dec = -5° 54' 36.0"

November bis März

Sehr schöner Dreifachstern, eingebettet in eine hübsche Gruppe von Sternen, knapp südlich des Orionnebels M42. Die hellere A Komponente hat eine Helligkeit von 2.8^m (Spektralklasse O9). Die deutlich schwächere B Komponente 6.9^m, (Klasse B1). Der gegenwärtige Positionswinkel beträgt ca. 145° und die Separierung ca. 11" (meine Messung 2004). Für das 8 Zoll Teleskop ist die Trennung auch bei schlechtem Seeing kein Problem. Deutlich weiter entfernt ist die dritte C Komponente (siehe Bild). Dieses System ist ca. 1'400 Lj von der Erde entfernt. In der Literatur wird für die en-



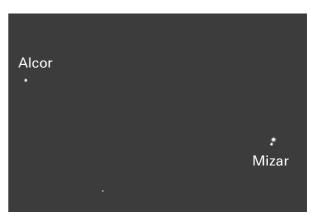
gere Komponente eine Umlaufzeit von 75'000 Jahren und für die weitere von 700'000 Jahren angegeben.

6.2.9 ζ (Zeta) Ursae maioris, Mizar

RA =13h 24m 8.0s Dec = 54° 54' 11.7"

Mizar, der zweitletzte Schwanzstern des grossen Bären, ist der erste echte Doppelstern, welcher überhaupt entdeckt wurde (1650). Die beiden Komponenten von Mizar, mit einem Abstand von 14", sind leicht zu trennen. Sie haben eine Umlaufzeit von ca. 5'000 Jahren, die Helligkeiten 2.23^m resp. 3.95^m und die Spektralklasse A2 und A5. Jede dieser beiden Komponenten ist für sich wieder je ein spektroskopischer Doppelstern.

Februar bis August



Ca. 11 Bogenminuten von diesem Paar ent-

fernte liegt der berühmte *Alcor* ("Reiter"), seit dem Altertum als Augenprüfer bekannt. Ob dieser mit dem Mizar System lediglich einen *optischen* oder *physischen* Doppelstern bildet, ist sich die Fachwelt offenbar nicht einig. Neuere Quellen geben für die Umlaufszeit von Alkor um das Mizar System 750'000 Jahre an. Dieses ist ca. 80 Lj von der Erde entfernt.

6.3 Veränderliche Sterne

6.3.1 Einführung

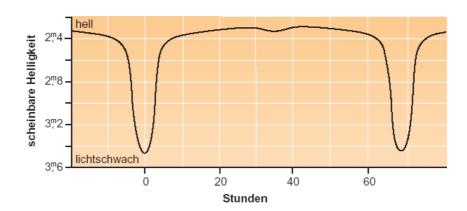
Dies ist ein Gebiet auf dem ich bis jetzt nur oberflächlich Erfahrung gesammelt habe. Da es aber ein beliebtes Tummelfeld für Astroamateure ist, möchte ich trotzdem einige Erläuterungen geben, ohne detaillierte Beobachtungsbeispiele. Auf dem Internet kann eine Fülle von Informationen über die Beobachtung von Veränderlichen gefunden werden.

Es existieren diverse Sterne mit schwankender Helligkeit. Die Helligkeitsänderung kann dabei in Perioden von Stunden bis hin zu über 9'000 Tagen auftreten. Je nach physikalischen Ursachen unterscheidet man verschiedene Typen. Sie unterscheiden sich durch das Muster und die Frequenz der schwankenden Lichtkurven.

Die Helligkeitsschwankungen werden mittels der Photometrie gemessen, welche sich heute im Amateurbereich vorwiegend auf die Auswertung fotografischer CCD Aufnahmen stützt. Eine weitere, bei Amateuren bewährte aber deutlich ungenauere Methode, ist der Helligkeitsvergleich mit benachbarten Sternen bekannter Grössenklasse. Der Astronom *Argelander* hat diese Methode vor rund 150 Jahren entwickelt, als noch alle Veränderlichenbeobachtungen visuell erfolgen mussten. Unter diesem Stichwort sind auf dem Internet detaillierte Beobachtungstipps zu finden.

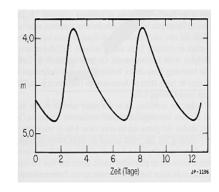
6.3.2 Bedeckungsveränderliche

Bedeckungsveränderliche sind sehr enge Doppelsterne. Dabei wird eine Komponente von der anderen umkreist und bezüglich der Sichtlinie des Beobachters regelmässig bedeckt. Typische Vertreter sind β Persei (Algol, siehe Helligkeitskurve) oder ε Lyrae.



6.3.3 Pulsationsveränderliche

Andere Typen werden durch Instabilitäten im Sterninnern, oder durch Wechselwirkungen mit sehr eng umlaufenden Begleitsternen erzeugt. Typische Vertreter sind die *Pulsationsveränderlichen & Cepheiden*, oder die *Mira Veränderlichen*, benannt nach o (omicron) Ceti (Mira) im Sternbild Walfisch. Bei δ Cephei schwankt die Helligkeit mit einer konstanten kurzen Periode von 5,366 Tagen um etwa 2 Grössenklassen, verursacht durch Schwingungsvorgänge in der Sternoberfläche (siehe Grafik).



6.3.4 Novae

Die spektakulärsten Veränderlichen sind sicherlich die sog. *Novae*. Diese Sterne stossen in unterschiedlichen, meist längeren Abständen, einen Teil ihrer Hülle ab. Im Gegensatz zu den Supernovae (siehe 6.6) existieren Novae aber nach den Explosionen weiter und zeigen während Tagen einen dramatischen Helligkeitszuwachs.

6.3.5 Kohlenstoffsterne

Abschliessend noch Beispiele für die seltenen, orangeroten bis rubinroten *Kohlenstoffsterne*. Diese sind langperiodisch- oder irregulär veränderlich, mit Oberflächentemperaturen von lediglich 2'000 – 3'000°K. Diese Objekte umgibt immer noch die Aura des Geheimnisvollen. Die meisten aktuellen Fachartikel gehen von Roten Riesen aus, welche am Ende der Helium-Fusionsphase stehen und daher in ihrem Zentralbereich einen hohen Anteil an Kohlenstoff akkumuliert haben. Infolge dramatischer Instabilitäten, verbunden mit gewaltigen konvektiven Vorgängen im Sterninnern, bilden sie in dieser Phase zirkumstellare Hüllen aus Kohlenstoffstaub. Diese orangefarbenen bis rubinroten "Deep Sky Edelsteine" sind, wenn sie nicht gerade die Minimumphase durchlaufen, wirklich auffällig und, speziell im Kontrast zu einem samtschwarzen Nachthimmel, ein echtes optisches Highlight. Sie sind ausschliesslich am rechten, "kühlen" Rand des HR Diagramms angesiedelt.

6.3.6 µ Cephei, Herschels Granatstern

RA = 21h 43m 30.4s Dec = 58° 46' 48.0"

Juni bis Februar

Dieser orangerote, riesige Kohlenstoffstern ist ein unregelmässig Veränderlicher (3.4^m – 5.1^m) im Sternbild Cepheus, mit der Spektralklasse M2 und einem B - V Farbindex von 2.35. Die Entfernung beträgt ca. 3'000Lj.



6.3.7 R Leporis, Hind's Crimson Star

RA = 4h 59m 36.3s Dec = $-14^{\circ} 48' 21''$

Dezember bis März

Dieser *karminrote* Kohlenstoffstern (Spektralklasse N6) liegt im Sternbild Hase, nach seinem Entdecker John Russel Hind "*Hind's Crimson Star"* genannt. Seine Helligkeit schwankt dramatisch zwischen 5.5 ^m – 11.7^m. mit einer Periodenlänge bis zu ca. 430 Tagen. B - V Farbindex: 3.4. Entfernung ca. 1'000Lj.



6.3.8 T Lyrae

RA = 18h 32m 20.1s Dec = 36° 59' 56"

Juni bis November

Dieser *rote* Kohlenstoffstern (Spektralklasse R6) liegt im Sternbild Leier. Seine Helligkeit schwankt irregulär zwischen 7.5^m – 9.3^m. B - V Farbindex: 5.46.



6.3.9 S Cephei

RA = 21h 35m 12.8s Dec = 78° 37' 28"

Juni bis Februar

Dieser *rote* Kohlenstoffstern (Spektralklasse N8), liegt im Sternbild Cepheus. Seine Helligkeit schwankt zwischen 7.4^m – 12.9^m , mit einer Periode von ca. 490 Tagen. B-V Farbindex: 4.09

6.4 Emissions-, Reflexions- und Dunkelnebel

6.4.1 Einführung

Alle Sterne entstehen in den grossen interstellaren Gas- und Staubwolken, auch *Galaktische Nebel (GN)* genannt. Massereiche Sterne der Spektralklassen *O* oder *B*, mit Oberflächentemperaturen von bis zu 50'000°K verbrauchen, wie bereits unter 4.10 erläutert, ihren Wasserstoffvorrat sehr verschwenderisch. Sie haben dadurch eine Lebenserwartung von lediglich wenigen Millionen Jahren, und schaffen es daher erst gar nicht, sich weit von ihren Entstehungsorten zu entfernen. Diese Sterne findet man daher noch in der Umgebung ihrer Geburtsstätten, den grossen Gas- und Staubwolken. Den Hauptteil der Energie strahlen diese *O* und *B* Sterne im UV- Bereich ab, welche nun die umgebenden Gas- und Staubwolken *ionisiert* und zu aktiv leuchtenden *Emissionsnebeln anregt*. Typisch sind hier die sog. HII Regionen aus ionisiertem Wasserstoff sowie die OIII Linien aus doppelt ionisiertem Sauerstoff. Solche Nebelregionen können mit entsprechenden Filtern kontrastreicher dargestellt werden.

Wenn die Energie des anregenden Sterns absinkt, wird der Nebel zu einem reinen *Reflexionsnebel* herabgestuft, weil das Licht der Sterne jetzt nur noch an den Teilchen der Materiewolken gestreut und reflektiert wird. Hier verlieren auch die obgenannten Spezialfilter ihre kontrastverstärkende Wirkung.

Dunkelnebel oder "Dunkelwolken" sind meistens aus dem gleichen Material wie Emissionsund Reflexionsnebel zusammengesetzt. Hier fehlt lediglich der beleuchtende Stern. Dunkelnebel absorbieren auch das Licht dahinter liegender, schwächerer Sterne. Man sieht sie häufig zusammen mit Reflexions- und Emissions-Nebeln. Typischer Vertreter ist der Orionnebel M42, siehe 6.4.3.

6.4.2 NGC2261, Hubbles veränderlicher Nebel

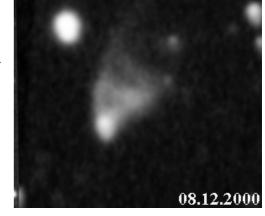
RA = 6h 38m 43.8s Dec = 8° 43' 17.4"

Januar bis April

Der Reflexionsnebel NGC2261 im Sternbild Einhorn, in einer Entfernung von ca. 3'000 Lj, ist so benannt, weil Edwin Hubble 1916 als erster die veränderliche Helligkeit dieses Nebels entdeckt hat. Nach neueren Forschungen ist es ein sanduhrförmiger, so genannter bipolarer Nebel. Da wir aber aus perspektivischen Gründen nur eine Hälfte davon sehen, wird dieser Spezialfall als Kometarischer Nebel bezeichnet. Im Inneren eines solchen steht meist ein junger Protostern, der noch nicht zu einem stabilen Hauptreihenzustand gefunden hat. Entlang seiner Magnetfelder bilden sich jetartige Materieauswürfe, die durch das reflektierte Licht sichtbar werden. Jedenfalls können sogar Astroamateure auf fotografischem Weg, innerhalb weniger Wochen, Veränderungen im Nebel erkennen. Dies bewei-

sen eindrucksvolle Trickmontagen, bestehend aus mehrwöchigen Aufnahmesequenzen (siehe Internet).

Im 8 Zoll Teleskop ist bei guten Bedingungen deutlich und direkt ein kometenartiger Nebel sichtbar, der am unteren Ende keilförmig in einen hellen Punkt ausläuft, einen veränderlichen Stern 11. Grösse, benannt als *R Monocerotis (R Mon)*. Mit indirektem Sehen kann im 8 Zoll Teleskop sogar die fleckige Struktur des Nebels erahnt werden.



6.4.3 M42 und M43, Orion Nebel

RA = 5h 35m 27.3s Dec = $-5^{\circ} 28' 7.6''$

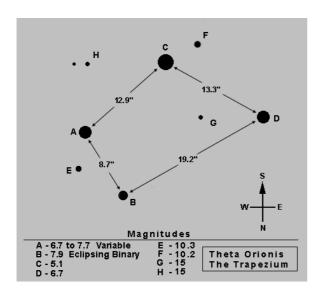
November bis März

Dieses für Amateurteleskope wohl spektakulärste Objekt ausserhalb des Sonnensystems ist bereits mit blossem Auge im Schwertgehänge des Sternbildes Orion sichtbar. Es liegt in dem uns nächstgelegenen *Orion Arm* unserer Milchstrasse und ist ein eindrückliches Beispiel, für das Nebeneinander von Emissions- Reflexions- und Dunkelnebeln. Von der Erde ist es ca. 1'400 Lj entfernt. Dies bedeutet, dass wir das Objekt heute so sehen, wie es kurz nach Ende des Römischen Reiches ausgesehen hat. Die Ausdehnung des Nebels beträgt etwa 66x60 Bogenminuten, entsprechend etwa einem Gebiet der vierfachen Vollmondfläche. Der Durchmesser beträgt ca. 30 Lj.

Im 8 Zoll Teleskop offenbart es eine unglaubliche Fülle von Details und Strukturen. Ich empfehle zuerst mit kleinen Vergrösserungen zu beginnen, um dieses prachtvolle Objekt als Ganzes betrachten zu können. Es lohnt sich dann mit stärkeren Vergrösserungen Details näher zu betrachten. Generell sollte man sich für die Beobachtung dieses Objektes viel Zeit nehmen. Für engagierte Astroamateure kann das Studium der eindrücklichen Nebelstruktur und die Anfertigung von Skizzen, durchaus abendfüllend werden. Letzteres macht übrigens Sinn, weil durch die hohe Leuchtkraft des Nebels Fotos schnell überbelichtet werden und so Details verloren gehen.

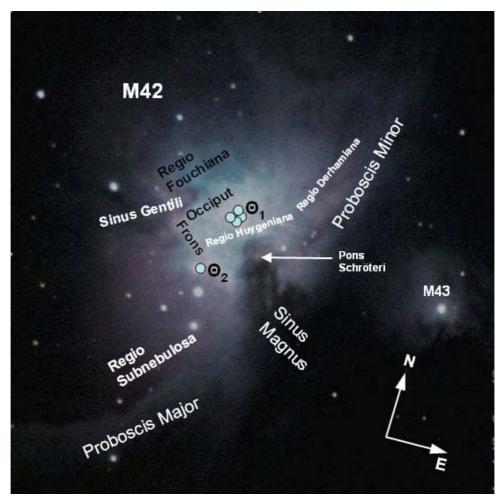
Im Zentrum der hellsten Nebelregion steht das berühmte Trapez, der Mehrfachstern *Theta1* (Θ_1) *Orionis*, von dem mit dem 8 Zoll Teleskop, bei durchschnittlichen Bedingungen, die vier hellsten Komponenten A, B, C, D gut sichtbar sind. Bei gutem Seeing sind zusätzlich die zwei Komponenten E und F zu sehen. Die Trapezsterne gehören zu den jüngsten, die bis jetzt je entdeckt worden sind. Sie sind zum Teil noch instabil und veränderlich in der Helligkeit. Zusammen mit hunderten anderer sehr junger Sterne, sind diese für das Leuchten des umgebenden Emissions- und Reflexionsnebels verantwortlich. Das Bild unten rechts zeigt das Trapez im Hubble Teleskop. Unten links sind die z.T. variablen Grössenklassen der einzelnen Komponenten und ihre gegenseitigen Abstände in Bogensekunden ersichtlich.

Mit dem Hubble Space Telescope wurden in den letzten Jahren detaillierte Untersuchungen an M42 durchgeführt. Das Interesse konzentriert sich dabei auf die vielen neuen Sterne, die aus dem Gas und dem Staub entstehen. Mehrere Proto-Sonnensysteme wurden inzwischen mittels Infrarotaufnahmen entdeckt. Die meisten der untersuchten Sterne sind kaum älter als 10 Mio. Jahre.





Durch seine enorme Helligkeit, wurde dieser Nebel bereits im ausgehenden 17. Jahrhundert intensiv beobachtet. Namentlich berühmte Astronomen wie Herschel, Struve, und Rosse haben dem Objekt eine lateinische Nomenklatur verpasst, wie es damals in der Welt der Wissenschaft üblich war.



Alle auf der Abbildung ersichtlichen Details sind bei guten Bedingungen auch im 8 Zoll Teleskop problemlos sichtbar. Eindrücklich ist der *Dunkelnebel*, welcher von Osten her gegen die helle *Huygens Region* vorstösst. Er bildet den *Sinus Magnus*, welcher auch *Fischmaul* genannt wird. Die *Pons Schröteri* oder *Schröterbrücke* über dem Sinus Magnus ist nur bei guten Bedingungen wahrnehmbar. Der hellste Teil des Nebels, die *Regio Huygeniana* grenzt sich durch *Frons* und *Occiput* relativ scharf ab gegen den dunklen *Sinus Gentili*. Dahinter erstreckt sich die hellere *Regio Fouchiana*. Diese Details sind im 8 Zoll Teleskop sogar mit besserem Kontrast sichtbar als auf dieser Foto. Das eigentliche "Markenzeichen" des Orionnebels sind seine beiden ausladenden Schwingen, *Proboscis Major und Proboscis Minor*. Sie verleihen ihm das Aussehen eines Schmetterlings.

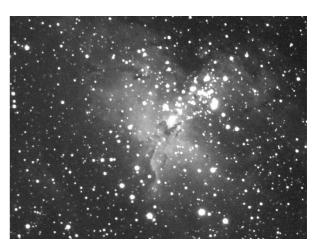
Da zu Messier's Zeiten die benutzten Beobachtungsmittel noch unzureichend waren, katalogisierte er den östlichen, durch einen Dunkelnebel etwas abgetrennten Teil des Orionnebels, den sog. *De Mairans Nebel*, als eigenständiges Gebilde mit der Nummer *M43*. Die Bilder von M42 täuschen eine gewaltige Dichte der vorhandenen Materie vor. Tatsächlich aber liegt sie bei zwischen 100 und 1'000 Atomen pro Kubikzentimeter. Selbst an den dichtesten Stellen werden nur 10'000 Atome pro Kubikzentimeter erreicht. Solch geringe Werte werden nicht mal durch ein technisch erzeugtes Hochvakuum erreicht. Von der Materie im Nebel sind etwa 2% dichter gepackter Staub. Die vorhandene Materie im Kernbereich wird auf ca. 700 Sonnenmassen geschätzt.

6.4.4 M16, Adlernebel

RA = 18h 18m 50.1s Dec = - 13° 48' 43.9 "

Ein ähnliches, aber weit weniger spektakuläres Objekt als M42, ist der Adlernebel M16 im Sternbild Schlange (Serpens). Dieser ist mit ca. 7'000 Lj auch wesentlich weiter entfernt und liegt bereits im benachbarten, in Richtung des Zentrums der Milchstrasse gelegenen, Sagittarius-Carina Arm (siehe Grafik 6.1). Auch dieser Nebel leuchtet durch Emissionslicht, welches durch die hochenergetische Strahlung junger heisser Sterne angeregt wird. Unter Vorstadtbedingungen ist der Nebel jedoch nur schwach und diffus sichtbar, am besten noch mit dem OIII Filter. Hübsch und lohnend zu sehen ist aber der offene Stern-

Juli bis November

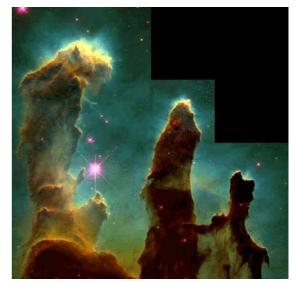


haufen, welcher in diesen Nebel "eingebettet" ist!

Ein zusätzliches Handicap ist die Tatsache, dass in unseren Breiten M16 nie wirklich hoch über den Horizont aufsteigt. Das gleiche Problem bieten übrigens die artverwandten, alle

im Sternbild Schütze gelegenen Gasnebel: Lagunennebel M8, Trifidnebel M20 sowie der Omegaoder Schwanennebel M17. Weitere ähnliche Objekte sind auch der Rosettennebel (NGC 2273) im Sternbild Einhorn und der Nordamerikanebel (NGC 7000) im Sternbild Schwan.

Berühmt, und auch einer breiten Öffentlichkeit bekannt, wurde M16 durch die atemberaubenden Detailaufnahmen des Hubble Space Telescope, mit den eindrücklichen dichten Gassäulen (Bild rechts). In diesen bilden sich neue Sterne. Astronomen nennen diese Objekte *Evaporating Gaseous Globules (EGG)*. Diese faszinierenden Gebilde sind für Amateurteleskope leider unerreichbar.



6.4.5 M78

RA = $5h \ 46m \ 42.0s$ Dec = $0^{\circ} \ 3' \ 0.0''$

M78 im Sternbild Orion, etwas nordöstlich des linken Gürtelsterns, ist gemäss Literatur der hellste Reflexionsnebel am Himmel. Beleuchtet wird dieser interstellare Staub von zwei bläulichen Riesensternen der Spektralklasse B und der Helligkeit 10^m. Im 8 Zoll Teleskop konnte ich selbst abseits der Grosstadt nicht mehr erkennen, als ein diffuses, strukturloses Nebelchen, welches sich um die zwei schwach leuchtende Sterne erstreckt. Entfernung ca. 1'200 Li.

November bis März



6.5 Planetarische Nebel

6.5.1 Einführung

Planetarische Nebel sind Hüllen aus Gas, die beim Kollaps eines Roten Riesen zu einem Weissen Zwerg abgestossen werden (siehe 4.10). Die expandierende Materie erstrahlt als *Emissionsnebel*, welcher durch den extrem heissen verbliebenen Zentralstern (junger Weisser Zwerg) ionisiert und dadurch zum Leuchten angeregt wird. Auch unsere Sonne wird so wahrscheinlich in ca. 5 Milliarden Jahren einen Planetarischen Nebel entwickeln. Es lohnt sich, diese Objekte auch mit einem OIII- oder einem Grünfilter anzusehen. Wichtig: Trotz ihres Namens haben Planetarische Nebel *absolut nichts* mit Planeten zu tun! Der Begriff wurde deshalb eingeführt, weil sie in kleinen Teleskopen den Planetenscheiben ähnlich sehen. Ein typischer Planetarischer Nebel misst weniger als ein Lichtjahr im Durchmesser. Er dehnt sich rasch aus und verblasst dabei zunehmend, während sich seine Materie im interstellaren Raum ausbreitet.

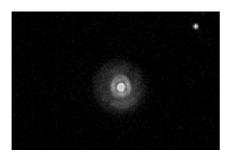
6.5.2 NGC2392, Eskimonebel

RA = 7h 29m 10.6s Dec = 20° 54' 36.9"

November bis April

NGC2392 (Entfernung ca. 2'500 Lj) ist ein heller, kleiner Planetarischer Nebel im Sternbild Zwillinge, der wegen seiner eigentümlichen Erscheinung auch Eskimonebel oder Clownsgesicht genannt wird. Entdeckt wurde der Eskimonebel im Jahre 1787 von William Herschel. Im 8 Zoll Teleskop kann, selbst unter Vorstadtbedingungen, ein rundes Nebelscheibchen mit Zentralstern gesehen werden (linkes Bild). Trotzt intensiver Forschung, z.B. mit dem Hubble Teleskop (siehe Bild rechts), werden die Vorgänge in diesem Nebel von den Astronomen noch nicht voll verstanden. Der Zentralstern, ein weisser Zwerg 10. Grösse, ist ca. 40'000°K heiss. Das bläuliche Leuchten, welches im Teleskop sichtbar wird, schreiben die Astrophysiker der zweifachen Ionisation des in der Gashülle vorhandenen Sauerstoffs zu (OIII Linie).

Dieser Nebel dehnt sich mit einer Geschwindigkeit von 54 km/s aus. Dies würde bedeuten, dass sich der Nebel in etwa 30 Jahren um 1 Bogensekunde vergrössern müsste. Der Vergleich von alten mit aktuellen Aufnahmen zeigt aber keine Ausweitung. Es wird vermutet, dass die Materie, die sich vom Zentralstern zu weit entfernt hat, nicht mehr gesehen werden kann. Das Alter des Nebels wird mit ca.1′700 Jahren angegeben, so dass der Eskimonebel zu den *jüngeren* Planetarischen Nebeln gehört.





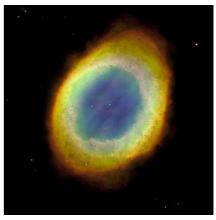
6.5.3 M57, Ring Nebel

RA= 18h 53m 35.7s Dec= 33° 1' 40.2"

Mai bis November

Der Ringnebel im Sternbild Leier (Entfernung ca. 1'800 Lj) ist das Paradeobjekt unter den Planetarischen Nebeln. Wegen seines Erscheinungsbildes wird er oft auch "Rauchring" genannt. Er hat einen Durchmesser von ca. 0,7 Lj und ein Alter von etwa 5'500 Jahren. Er ist somit wesentlich älter als der oben vorgestellte Eskimonebel mit 1'700 Jahren. Seine Gasmassen dehnen sich nur noch mit 19 km/s aus, verglichen mit den 54 km/s des wesentlich jüngeren Eskimonebels. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass M57 höchstwahrscheinlich tatsächlich ein Ring (Torus) aus hell leuchtender Materie den Zentralstern umgibt, und nicht eine kugel- oder ellipsoidförmige Schale. Zufällig schauen wir fast vertikal auf die Ebene dieses Nebelrings. Das 8 Zoll Teleskop zeigt dieses Objekt etwa so wie im linken Bild dargestellt (etwas diffuser und weniger hell). Der Zentralstern ist allerdings für diese Öffnung unsichtbar. Dafür braucht es gemäss Literatur mindestens 13 Zoll. Rechts ist eine langzeitbelichtete Aufnahme des Hubble Space Telescope zu sehen. Nur etwa 10% der Planetarischen Nebel zeigen eine solche kreisförmige Gestalt. Die meisten (ca. 70%) haben eine sog. *bipolare*, sanduhrförmige Struktur wie der unten beschriebene Hantelnebel.





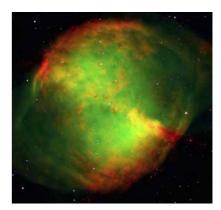
NGC7293, der sog. Helix Nebel im Sternbild Wassermann, ist ein weiterer Planetarischer Nebel, welcher M57 sehr ähnlich sieht, aber deutlich schwächer sichtbar ist. Der Eulennebel M97 im grossen Bären gehört ebenfalls zu dieser Kategorie und ist eines der lichtschwächsten Objekte im gesamten Messier Katalog. Ein weiteres Objekt dieser Kategorie ist NGC3242, Jupiters Geist im Sternbild Hydra (sieht Jupiter tatsächlich ziemlich ähnlich).

6.5.4 M27, Hantel Nebel (Dumbbell Nebula)

RA =19h 59m 36.1s Dec = 22° 43' 0.4"

Juli bis November

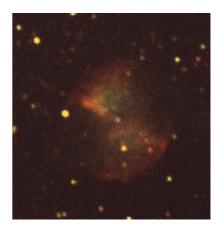
Der Hantel- oder Dumbbell Nebel M 27 im Sternbild Füchschen (Vulpecula) war der erste Planetarische Nebel, der am 12. Juli 1764 durch Charles Messier entdeckt wurde. M27 hat, im Gegensatz zu M57, eine sanduhrförmige, bipolare Struktur, da wir das Objekt fast genau von seiner Äquatorialebene sehen. Dieser hellste, und wohl spektakulärste Planetarische Nebel, hat einen enormen scheinbaren Durchmesser von 6' (Bogenminuten) und einen dünnen, für das 8 Zoll Teleskop unsichtbaren Halo von 15'. Aus der gegenwärtigen Expansionsrate des hellen Nebelteils von 6.8" pro Jahrhundert, schätzt



man das Alter dieses Objektes auf ca. 3'000 bis 4'000 Jahre. Der zentrale weisse Zwerg mit der Spektralklasse O7 ist mit 85'000°K extrem heiss, hat die Helligkeit 13.5^m und ist somit an der Sichtbarkeitsgrenze des 8 Zoll Teleskops.

Die Fachastronomen tun sich generell schwer, die Distanzen der Planetarischen Nebel zu bestimmen, aber im ganz besonderen Masse mit M27. Für dieses Objekt schwanken gegenwärtig die Angaben immer noch zwischen 800 und 3'500 Lj (Karkoschka: 1'000 Lj). Gegenwärtig (2004) versucht man, mit Hilfe des Hubble Space Telescope, diese Nuss zu knacken und endlich verlässliche Werte zu finden. Aus diesem Grund macht es gegenwärtig keinen Sinn, einen Durchmesser des Nebels oder dessen Expansionsgeschwindigkeit anzugeben. Für die eher kürzeren Distanzschätzungen spricht die enorm grosse Fläche des Nebels. Oberes Bild: ESO (European Southern Observatory).

Im 8 Zoll Teleskop präsentiert sich dieser grossflächige Nebel eindrücklich hinter einer hübschen Gruppe von Vordergrundsternen. Diese erleichtert wesentlich das Fokussieren des Teleskops auf dieses faszinierende Objekt. Rechts: Amateuraufnahme mit Nexstar 8i. Es empfiehlt sich zudem, die Beobachtung des Hantelnebels mit dem nahe liegenden Ringnebel M57 zu kombinieren. Somit können elegant zwei Planetarische Nebel miteinander verglichen werden.



6.6 Supernovae

6.6.1 Einführung

Wenn ein massiver Stern (mindestens ca. 8x schwerer als unsere Sonne) einen grossen Teil des Wasserstoffs zu Helium fusioniert hat, durchläuft er ein kurzes sog. *Uberriesen* -Stadium. In äusserst komplexen Vorgängen werden nun im Sterninnern durch Fusionsprozesse auch schwerere Elemente bis hinauf zum Eisen produziert. In diesem Stadium tritt nun eine Instabilität auf, weil jenseits des Eisens durch Fusion keine Energie mehr erzeugt, sondern im Gegenteil sogar verbraucht wird. Dadurch kommt es im Zentralbereich zu einem Kollaps und anschliessend zur gigantischen Supernovaexplosion. Der Stern verabschiedet sich so innert Stunden aus der Hauptreihe und emittiert nun mehrere Tage lang etwa soviel Energie, wie eine ganze Galaxie. Dadurch wird ein grosser Teil des Sternmaterials als Supernova-Überrest ins All geschleudert. Bei diesem Vorgang werden nun auch schwerere Elemente als Eisen gebildet, welche durch die Kernfusionsprozesse allein in den Sternen sonst nicht produzierbar sind. Dieses Detail ist extrem wichtig für das "Okosystem" der Galaxie! Unsere kleinen Planeten mit fester Oberfläche und das Leben auf der Erde wären undenkbar, wenn unser Sonnensystem nur aus Wasserstoff und Helium und nicht auch aus angereicherter Materie früherer Supernovaexplosionen bestehen würde. Nach dieser Explosion verbleibt im Zentrum meist ein schnell rotierender und im gesamten elektromagnetischen Spektrum (speziell im Röntgenbereich) stark strahlender und pulsierender, winziger Neutronenstern (Pulsar) mit ca. 10 km Durchmesser, ein interessantes Forschungsobjekt, speziell für Radioastronomen. Wie auch weisse Zwerge als Supernova enden können, wurde bereits unter 4.10 erläutert. Es gibt aber noch weitere Szenarien, welche zu einer solchen Explosion führen können. Wer diese interessanten Zusammenhänge vertiefen möchte verweise ich auf die Fachliteratur.

6.6.2 Schwarze Löcher

Bei extrem massereichen Sternen kann der Neutronenstern nach einer Supernovaexplosion auch als sog. *Schwarzes Loch* enden. Diese Objekte kommen in wesentlich grösserer Form auch in den Zentren von Galaxien vor. Sie sind so dicht und ihr Gravitationsfeld dadurch so stark, dass die notwendige Minimalgeschwindigkeit, um einen solchen Körper verlassen zu können (Fluchtgeschwindigkeit), höher wird als diejenige des Lichts. Dies ist nach Einsteins *Relativitätstheorie* jedoch unmöglich und somit wird das Objekt unsichtbar, da folglich auch Licht nicht mehr entweichen kann. Nachweisen lässt sich ein solches nur noch durch die Effekte, welche es in seiner Umgebung erzeugt (vorwiegend Gravitation und Röntgenstrahlung).

6.6.3 Beobachtung der Supernovae

Hin und wieder können, vorwiegend in anderen Galaxien, Supernovae beobachtet werden. Dies ist auch ein Betätigungsfeld für Spezialisten unter den Amateuren, welche systematisch externe Galaxien nach solchen Anzeichen absuchen. Das Nexstar Computer Teleskop ist dafür hervorragend geeignet, weil damit in sehr kurzer Zeit eine Vielzahl von Objekten, ohne mühsames Suchen, kontrolliert werden kann. Das Bild rechts zeigt die Galaxie M96 im Sternbild Löwe (siehe auch 7.1.4) mit der Supernova vom 18. Mai 1998 am oberen Rand. So ähnlich, wenn



auch deutlich schwächer, ist eine solche Explosion im Amateurteleskop zu sehen. Einige Tage lang ein zuerst heller und allmählich schwächer werdender, sternähnlicher Punkt. Solche Ereignisse werden nach der Entdeckung jeweils sofort auf diversen Astro Webpages veröffentlicht, z.B. (http://www.rochesterastronomy.com/supernova.html). Auch in unserer Milchstrasse konnten in historischer Zeit Supernovae beobachtet werden, man schätzt ca. 7 – 10 in der Zeitspanne n. Chr. Diese Ereignisse verlaufen dann, infolge der kürzeren Distanz, wesentlich spektakulärer. Ein Beispiel dafür ist *M1* (siehe unten 6.6.4). Eine Supernova in der Nähe des Sonnensystems hätte verheerende Auswirkungen. Glücklicherweise befinden wir uns in einer eher ruhigen Ecke der Milchstrasse, d.h. ausserhalb der grossen Gasnebel, wo sich kurzlebige, massereiche Sterne bilden. Relativ nahe gelegene "Zeitbomben" scheinen allerdings α *Orionis (Beteigeuze)* im Orion und am Südhimmel der Sterngigant Eta Carinae zu sein.

6.6.4 M1, Krebs Nebel

RA = 5h 35m 0.5s Dec = 22° 1' 55.6"

Januar bis Mai

Der Krebs- oder Krabben Nebel im Sternbild Stier ist wohl der berühmteste Vertreter eines Supernova Überrestes oder *SNR* (Supernova Remnant). In den Chroniken der Sung Dynastie wird überliefert, dass im Jahre 1054 n.Ch. der Hofastronom Yang Wei-Tek dem damaligen Chinesischen Kaiser meldete, dass ein neuer "Gaststern" am Himmel erschienen sei. Seine relative Nähe von "nur" ca. 4'000 Lj, liess ihn damals sogar 23 Tage lang am Taghimmel leuchten. Für die Forschung ist die genaue Kenntnis des Alters dieser Supernova ein Glücksfall. Dies eröffnet eine zusätzliche Berechnungsmöglichkeit, um aus der heutigen Form des Nebels die Expansionsgeschwindigkeit (1'800 km/s oder 0.1" pro Jahr) und andere interessante Parameter der abgesprengten Sternhülle, sowie des verbleibenden Neutronensterns zu berechnen. Dieser Pulsar dreht sich mit ca. 30 Umdrehungen pro Sekunde. Der Durchmesser des Krebs Nebels beträgt heute ca. 10 Lj.

Im 8 Zoll Teleskop ist allerdings der Anblick wenig spektakulär. Bei guten Bedingungen kann man ein längliches und leicht eingebuchtetes, diffuses Nebelfleckchen erkennen (etwa wie im linken Bild unten). Die Filamentstruktur bleibt grossen Profigeräten und der Astrofotografie vorbehalten. Erstaunlich, dass in einzelnen Publikationen M1 sogar als Feldstecherobjekt aufgeführt wird. Charles Messier hat dieses, in seinem damaligen 3 Zoll Teleskop auch lediglich fahl erscheinende Nebelchen, prompt mit einem Kometen verwechselt und dem dann vermutlich frustriert die M Nummer 1 verpasst. Ob das die Motivation für die Erstellung seines Nebelkatalogs war, ist allerdings nicht überliefert. Entschädigung für die unspektakuläre Erscheinung von M1 bietet das Gefühl, mit eigenen Augen ein bedeutendes astronomisches Objekt zu sehen. Links das Bild, welches man etwa im 8 Zoll Teleskop zu sehen bekommt, rechts eine atemberaubende Langzeitaufnahme des expandierenden Nebels mit dem 5 m Spiegel des Mount Palomar Observatoriums.





6.6.5 NGC6960, NGC6992, Cirrus Nebel

Juni bis November

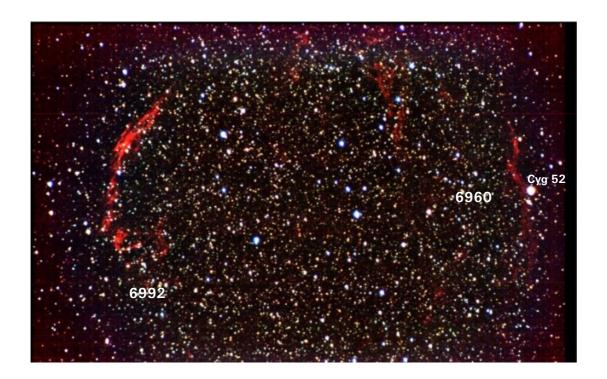
NGC6960: RA= 20h 45m 42.0s Dec= 30° 43' 0.0" westlicher Teil des Nebels NGC6992: RA= 20h 56m 24.0s Dec= 31° 43' 0.0" östlicher Teil des Nebels

Der Cirrus- oder Schleier Nebel im Sternbild Schwan wurde 1784 von William Herschel mit seinem 18 Zoll Spiegelteleskop entdeckt. Er ist mit einem geschätzten Alter von ca. 30'000 bis 40'000 Jahren um Grössenordnungen älter, als der oben beschriebene Krebs Nebel mit knapp 1'000 Jahren. Dieser Altersunterschied wird auch plausibel, wenn man die noch relativ kompakte Form des Krebs Nebels mit den bereits sehr weit auseinander gedrifteten Nebelfilamenten des Cirrus Nebels vergleicht. Dessen bereits fast 3° auseinander liegenden West- und Osthälften haben sogar verschiedene NGC Katalognummern erhalten und können mit dem 8 Zoll Teleskop auch nur separat beobachtet werden. Der westliche Nebelteil NGC 6960 ist etwas dunkler und verläuft ziemlich genau hinter dem hübschen Doppelstern Cyg 52 mit grossem Helligkeitskontrast (4.3^m/9.5^m siehe heller Stern auf der untenstehenden Abbildung).

Der Cirrus Nebel liegt mit ca. 1'500 Lj deutlich näher als der kompakte Krebs Nebel mit 4'000 Lj. Der "gegenwärtige" Durchmesser wird auf 70 Lj geschätzt (Krebs Nebel 10 Lj). Dieser Supernovaüberrest expandiert jährlich scheinbar nur noch um 0.06", mit einer effektiven Geschwindigkeit von 100 km/s (Krebs Nebel 1'800 km/s). Er ist, wie alle anderen bekannten Supernovaüberreste, eine Quelle von Radiostrahlung, die hier aber auch wesentlich schwächer ist, als diejenige des jüngeren Krebs Nebels. Die Faserstruktur ist die besondere Eigenart dieses Objekts und bis jetzt noch nicht vollständig verstanden.

Um diesen Nebel wirklich sehen zu können, sind Vorstadtbedingungen normalerweise nicht ausreichend. Ideal ist hier zudem die Verwendung eines OIII Nebelfilters.

Unten eine Amateuraufnahme mit einem 10 cm Refraktor.



6.7 Offene Sternhaufen

6.7.1 Einführung

Im Gegensatz zu unserer Sonne, die mit uns als Einzelgängerin durch die Milchstrasse zieht, sind viele Sterne in Gruppen "organisiert". Der typische Durchmesser offener Sternhaufen beträgt ca. 5 bis 50 Lj und sie bestehen in der Grössenordnung aus einigen wenigen bis zu über 1'000 Sternen. Deren Form ist nicht einheitlich und die Sterne sind darin chaotisch verteilt. Offene Sternhaufen befinden sich hauptsächlich in den Spiralarmen unserer Milchstrasse und sie drehen sich zusammen mit unserer Sonne und den anderen Sternen unserer Galaxie um deren Zentrum. Da sie ursprünglich aus der gleichen Gaswolke entstanden sind, haben die Mitglieder solcher Sternhaufen etwa das gleiche Alter, sowie eine ähnliche chemische Zusammensetzung. Die Grösse der Sterne kann jedoch völlig unterschiedlich sein. In jungen Sternhaufen können sich noch interstellare Gaswolken befinden, in denen immer noch Sterne entstehen. Offene Sternhaufen verhalten sich relativ instabil. Sie bewegen sich zunächst geschlossen durch die Milchstrasse, bis die gegenseitigen Anziehungskräfte der Sterne nicht mehr ausreichen und der Sternhaufen schliesslich auseinander driftet. Daher sind die meisten offenen Sternhaufen relativ jung.

6.7.2 M35

RA = 6h 9m 8.2s Dec = 24° 20' 4.4"

M35 ist ca. 3'000 Lj entfernt und zwischen den Sternbildern Zwillingen und Stier sichtbar. Dieser offene Sternhaufen bietet im 8 Zoll Teleskop einen prachtvollen Anblick. Ideal ist das 40 mm Okular um den Anblick dieser Sternansammlung als Ganzes geniessen zu können. Auffällig ist eine flache V-förmige Sterngirlande im nördlichen Bereich. M35 enthält ca. 200 Sterne und bedeckt mit seinem Durchmesser von ca. 23 Lj etwa die Fläche des Vollmondes. Sein Alter beträgt nur etwa 110 Millionen Jahre.

November bis April



6.7.3 M44, Praesepe

RA = 8h 40m 20.2s Dec = 19° 58' 13.1"

Der offene Sternhaufen M44 im Sternbild Krebs, auch *Praesepe* (Krippe) oder *Beehive* (Bienenstock) genannt, besteht aus Sternen von 6. Grösse und schwächer. Ohne optische Hilfe erscheint er als nebelhafter Fleck an Himmel. Da er verhältnismässig gross ist, kann er nur im Feldstecher als Ganzes betrachtet werden. Im 8 Zoll Teleskop ist er selbst mit dem 40 mm Okular nur abschnittweise beobachtbar. Seine Distanz beträgt ca. 580 Lj.

Januar bis Mai

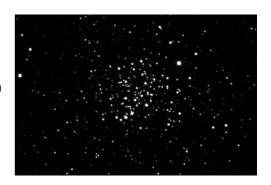


6.7.4 M67

RA = 8h 50m 37.6s, Dec = 11° 48' 7.2"

M67 ist ca. 2'500 Lj entfernt, enthält ca. 300 Sterne und hat einen Durchmesser von ca. 25 Lj. Man schätzt das Alter zwischen 3.2 und 5 Milliarden Jahren, was etwa dem momentanen Alter unserer Sonne entspräche. Damit wäre M67 der älteste offene Sternhaufen in Messier's Katalog. Er befindet sich im Sternbild Krebs etwas westlich von α Canceri. Auffällig ist ein heller Stern im nördlichen Teil des Haufens. M67 wird mit der GOTO Funktion meiner Nexstar 8i Version ca. 1° zu weit östlich angefahren.

Januar bis Mai



6.7.5 M45, Plejaden, Subaru

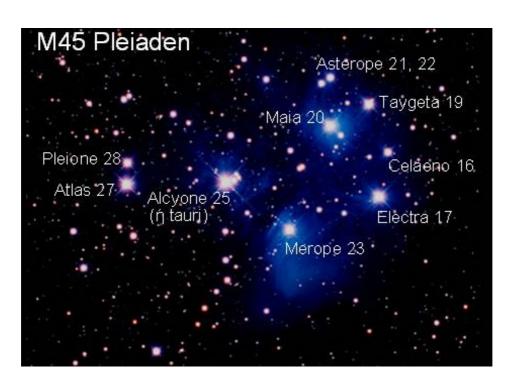
RA = 3h 47m 13.1s Dec = 24° 7' 47.3"

Oktober bis März

Dieser berühmte Sternhaufen mit über 250 Mitgliedern befindet sich nördlich des Sternbildes Stier in lediglich 390 Lj Entfernung. Die relativ geringe Entfernung lässt diese von Auge gut sichtbare, auffällige Sterngruppe als kleines "Sternbild" erscheinen. Von blossem Auge sind bei durchschnittlichen Bedingungen sieben Sterne sichtbar. Deshalb heisst dieser Haufen auch *Siebengestirn*. Diese helleren Sterne, welche ausnahmslos der Spektralklasse B angehören, wurden in Anlehnung an die Griechische Mythologie, nach den sieben Töchtern von *Atlas* und seiner Frau *Pleione*, als *Plejaden* benannt. Auf Japanisch heisst diese Gruppe *Subaru* und dient als Emblem für die gleichnamige Automarke (siehe Bild). Als Ganzes sind die Plejaden am besten im Feldstecher zu bewundern. Das 8

Zoll Teleskop ist dafür zu gross, zeigt dafür aber interessante Details. Alcyone ($\dot{\eta}$ Tauri), der hellste Stern dieser Gruppe, ist zusammen mit drei deutlich schwächeren Begleitern, als Vierfachstern sichtbar. Südlich davon erstreckt sich eine wunderschöne Sternengirlande. Nur bei sehr gutem Seeing sichtbar sind dagegen die Gaswolken um die einzelnen hellen Plejadensterne, wie sie auf länger belichteten Fotos sichtbar werden.



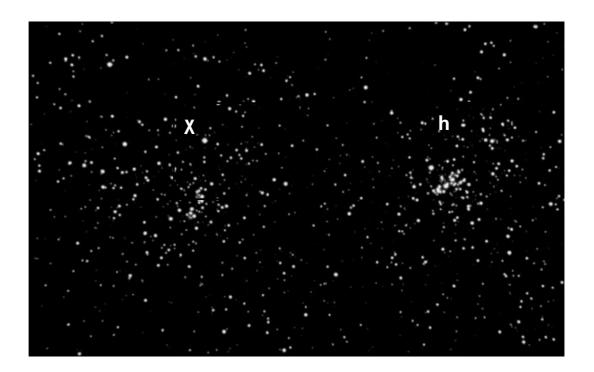


6.7.6 NGC869, NGC884, h und χ (chi) Persei

August bis April

NGC869 (h): RA= 2h 19m 0.0s Dec= 57° 9' 0.0" NGC884 (chi): RA= 2h 22m 24.0s Dec= 57° 7' 0.0"

Dieser Doppelsternhaufen ist ca. 8'000 Lj entfernt und besteht aus je ca. 300 Sternen. Er ist einfach aufzufinden, da er bereits mit blossem Auge sichtbar ist und etwa in der Mitte zwischen den Sternbildern Cassiopeia und Perseus liegt. In kleineren Fernrohren und grossen Feldstechern wirkt er wesentlich spektakulärer, da er im 8 Zoll Teleskop gerade so knapp ins Gesichtsfeld des 40 mm Okulars passt. Weshalb Messier dieses bereits den Griechen (Hipparchos) aufgefallene Objekt nicht in seinen Katalog aufgenommen hat, wird wohl immer sein Geheimnis bleiben (steht in der Liste "Messier's missed objects"). Im h Haufen fällt eine kreisförmige Sternkonfiguration auf, mit einem hellen, diademähnlichen Stern. Diese beiden sehr jungen Sternhaufen sind gravitativ miteinander verbunden. Das Alter von h wird im Sky Catalog 2000 mit lediglich 5.6 und von chi mit 3.2 Millionen Jahren angegeben. Beide Haufen enthalten zahlreiche sehr heisse O Sterne.



6.8 Kugelsternhaufen

6.8.1 Einführung

Kugelsternhaufen unterscheiden sich *in fast jeder Hinsicht* von den offenen Sternhaufen. So sind sie z.B. *nicht* in der Milchstrassenebene zu finden, sondern in einer Art Halo, mit einem Radius von ca. 50'000 Lj um unsere Galaxie herum gruppiert, wie das Schema zeigt (Grafik aus dem Internet). Zudem enthalten sie um Grössenordnungen mehr Sterne. Etwa 150 dieser Kugelsternhaufen, mit Ansammlungen von ca. 10'000 bis zu einer Million Sternen, sind im Bereich unserer Galaxie bekannt. Einige davon vermag das 8 Zoll Teleskop in Teilbereichen problemlos in Einzelsterne aufzulösen.



Die Entstehung der Kugelsternhaufen ist noch nicht voll verstanden und deshalb Gegenstand intensiver Forschung. Eine der spektakuläreren Theorien besagt, dass unsere Milchstrasse im Laufe ihrer Geschichte kleinere Zwerggalaxien eingefangen hat, deren dichte Restkerne die Kugelsternhaufen heute bilden. Neuere Modellrechnungen haben gezeigt, dass diese Kugelhaufen gelegentlich durch die Milchstrassenebene durchtauchen und dabei jedes Mal einen namhaften Teil ihres Mitgliederbestandes an unsere Galaxie verlieren. Zu dieser Entstehungstheorie passt die Beobachtung, dass sie im Gegensatz zu den offenen Sternhaufen, meist aus sehr alten Sternen bestehen. Neuere Schätzungen liefern Altersangaben von weit über 10 Milliarden Jahren. Diese sind allerdings Gegenstand heftiger Debatten, da sie zum Teil fast an den altersmässigen Grenzbereich unseres Universums heranreichen.

Obwohl gravitativ mit unserer Milchstrasse verbunden, könnten Kugelsternhaufen distanzmässig fast als "extragalaktische" Objekte betrachtet werden. Die Kugelsternhaufen gehören, wegen ihres atemberaubend ästhetischen Erscheinungsbildes, zu meinen astronomischen Lieblingsobjekten! Das absolute Topobjekt unter den Kugelsternhaufen, der gewaltige Omega Centauri, ist leider nur von südlichen Breiten aus beobachtbar.

6.8.2 M3

RA =13h 42m 11.2s Dec= 28° 22' 32.0"

Februar bis August

M3 ist im Sternbild Jagdhunde (Canes Venatici) zu finden und ca. 30'000 Lj von uns entfernt. Sein Durchmesser beträgt ca. 220 Lj und die Sternzahl wird auf 500'000 geschätzt. Die Entstehung neuer Sterne ist hier, wie üblich in diesen alten Kugelsternhaufen, seit lan-

gem zum Erliegen gekommen. Allerdings wurde hier kürzlich ein junger O8 Stern entdeckt, was in der Fachwelt lange für Kopfzerbrechen sorgte. Heute glaubt man, dass solche junge Riesen in Kugelhaufen aus einer "Fusion" mehrerer der dicht gedrängten alten Sterne entstanden sind.

Mit ca. einer halben Million Sternen gehört M3 zu den Paradeexemplaren der Kugelsternhaufen und besitzt zudem die meisten veränderlichen Sterne (> 200). Dies erleichtert wesent-



lich die Entfernungsbestimmung, da bei Veränderlichen mit bestimmten Perioden (z.B. δ *Cepheiden*), die absolute Helligkeit bekannt ist. Bereits bei mässigen Bedingungen ist der Kugelsternhaufen im 8 Zoll Teleskop deutlich zu sehen, im 40- und 25 mm Okular als diffuse Scheibe mit deutlich hellerem Zentrum. Im 9 mm Okular sind dann deutlich Einzelsterne zu erkennen. Einen prachtvollen Anblick bietet er bei gutem Seeing und dunklem, mondlosen Himmel. Das Bild oben zeigt eine lang belichtete Amateuraufnahme mit einem Celestron 8 Zoll Teleskop.

6.8.3 M5

RA= 15h 18m 33.8s Dec= 2° 4' 58.0"

Noch etwas heller als M3 ist der mit 25'000 Lj etwas näher gelegene M5 Kugelhaufen im Sternbild Schlange (Serpens). Mit einem Durchmesser von etwa 130 Lj und ca. 500'000 geschätzten Sternen, ist er einer der grösseren und mit einem Alter von ca. 13 Milliarden Jahren auch einer der ältesten. Mit dem 8 Zoll Teleskop bot mir bisher das 9 mm Okular das beste Ergebnis. So konnte ich, auch unter Vorstadtbedingungen, selbst vor dem Zentralbereich Einzelsterne erkennen. Insgesamt machte er mir einen etwas asymmetrischen Eindruck, was vielleicht auf die

April bis August



etwas unregelmässig verteilten Cluster von Randsternen zurückzuführen ist. Der scheinbare Durchmesser des Haufens am Himmel beträgt ca. 23 Bogenminuten, was bezogen auf die Entfernung, einem Durchmesser von ca. 165 Lj entspricht.

6.8.4 M13 Herkules Kugelhaufen

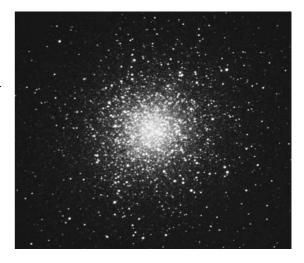
RA= 16h 41m 41.5s Dec= 36° 27' 37.0"

Der berühmte Herkules Kugelhaufen M13 liegt im gleichnamigen Sternbild in einer Entfernung von 25'000 Lj. Mit seinen geschätzten 300'000 Sternen verkörpert er von seiner Erscheinung her das Paradeobjekt in dieser Kategorie. Charles Messier entdeckte den Haufen 1764 und beschrieb ihn damals als "runder Nebel, der keine Sterne enthält". Mit dem 8 Zoll Teleskop ist es heute auch für uns Amateure einfach, diese Aussage klar zu widerlegen. Bei guten Bedingungen quirlt das Gesichtsfeld des 9 mm Okulars förmlich über vor lauter Sternen!

Wenn man schon bei M13 ist, lohnt sich auch ein kleiner Schwenk in nordöstlicher Richtung zu

M92. Dieser Kugelhaufen ist etwas weiter entfernt und dadurch schwächer sichtbar.

Mai bis Oktober



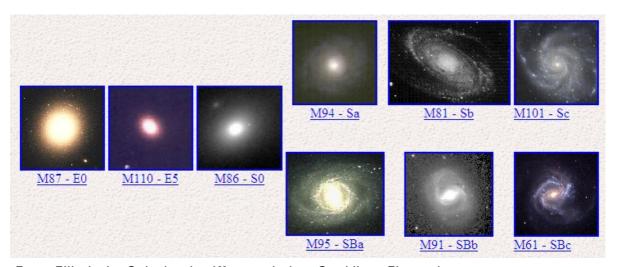
Ein weiterer schöner Kugelsternhaufen im Sternbild Pegasus (Entfernung 35'000Lj), ist <u>M15</u> und ideal vom August bis Dezember beobachtbar.

7 Extragalaktische Beobachtungsobjekte

7.1 Galaxien

7.1.1 Einführung

Wie bereits im Beitrag über Charles Messier (4.7) erwähnt, waren diese, in den damaligen Teleskopen diffus und neblig erscheinenden Objekte seines Kataloges, lediglich lästige Fehlerquellen bei der Kometenjagd. Deren wahre Natur blieb aber auch später noch lange rätselhaft. Im Jahre 1920 kam es dann zwischen den Amerikanischen Astronomen Harlow Shapley und Heber D. Curtis zum historischen Disput. Shapley hielt unsere Milchstrasse für die einzige Sterneninsel im gesamten Universum und Curtis glaubte, alle katalogisierten Nebel in den Messier- und NGC Listen seien eigenständige Galaxien ausserhalb der Milchstrasse. Erst 1923 konnte der Amerikanische Astronom Edwin Hubble mit dem damals leistungsfähigsten Teleskop am Mount Wilson Observatorium die Debatte entscheiden. Mit der Auflösung der Andromeda Galaxie in ihre Einzelsterne, bestätigte Hubble die Theorie von Curtis und veränderte damit radikal das vorherrschende Weltbild. Heute wird die Anzahl der Galaxien im Weltall auf ca. 100 Milliarden geschätzt, von denen jede wiederum durchschnittlich 100 Milliarden Sterne enthalten dürfte und deren Durchmesser in der Grössenordnung von 100'000 Lj liegt. Ubrigens wurde bereits damals auch klar, dass nicht alle Messier- und NGC-Objekte Galaxien sind, sondern wie in Kapitel 6 beschrieben, auch Gaswolken, Sternhaufen, Planetarische Nebel und Supernova-Uberreste innerhalb unserer eigenen Milchstrasse. Galaxien haben eine komplexe Entwicklungsgeschichte und sind stark unterschiedlich geformt. Die folgende Grafik aus Internetquellen zeigt das sog. "Stimmgabeldiagramm" nach Edwin Hubble mit Beispielen aus dem Messier Katalog:



- E: Elliptische Galaxien, beziffert nach dem Grad ihrer Elongation.
- S: *Spiralgalaxien*, benannt in a, b oder c, abhängig davon wie stark die Spiralarme gekrümmt sind.
- SB: *Balkenspiralgalaxien*, ebenfalls benannt in a, b oder c, abhängig davon wie stark die Spiralarme gekrümmt sind.

Weiter gibt es noch die sog. *Irregulären* Galaxien, welche nicht in dieses Schema passen. Klassierung der Milchstrasse siehe 6.1.

7.1.2 M31, Andromeda Galaxie

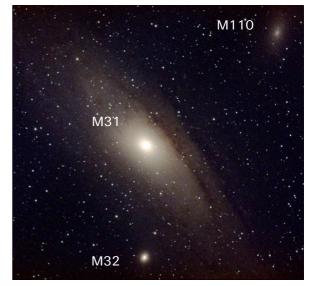
RA = 0h 42m 44.4s Dec = 41° 16' 8.0"

September bis Februar

In ca. 3 Millionen Lj Entfernung liegt unsere Nachbargalaxie *Andromeda* im gleichnamigen Sternbild. Sie ist so hell, dass sie bei guten Bedingungen von blossem Auge gesehen werden kann. Für den Einsteiger ist der erste Anblick meistens enttäuschend, da ihre Form mit der Klassierung Sb selbst im 8 Zoll Teleskop nicht erkannt werden kann. Die Galaxie ist nämlich so gekippt ist, dass wir eher auf die Kante der Scheibe schauen. Zudem ist selbst im 40 mm Okular lediglich ein kleiner Ausschnitt sichtbar, d.h. ein sehr heller kleiner Kern,

inmitten eines leicht elliptischen Nebels. Die grossflächige Spiralstruktur kommt erst auf lange belichteten Aufnahmen zur Geltung.

Die Andromeda Galaxie ist ein wenig grösser als unsere Milchstrasse (ca. 150'000 Lj Durchmesser und ca. 310 Milliarden Sonnenmassen). Andromeda hat 2 Begleiter, M32 und M110. Dies sind elliptische Zwerggalaxien vom Typ E mit 2'300 Lj. bzw. 5'400 Lj Durchmesser. M32 ist im 8 Zoll Teleskop wesentlich besser sichtbar als M110. M31 und M32 passen zusammen gerade knapp in das Gesichtsfeld des 40 mm Okulars. Wie unsere Milchstrasse gehört auch der Andromedanebel zur sog. *Lokalen Gruppe*. Deren ca. 40 Mitglieder, meist Zwerggalaxien, liegen alle in einem Um-



kreis von etwa 5 Millionen Lj Durchmesser, wobei sich die meisten um die beiden grossen Galaxien, unsere Milchstrasse und Andromeda scharen.

7.1.3 M65, M66 und NGC3628, Das Leo Triplett

M65: RA = 11h 18m 55.3s Dec = 13° 5' 35.0" **Februar bis Juni**NGC3628 RA = 11h 20m 16.3s Dec = 13° 35' 22.0"

Dieses hübsche Galaxien-Trio ist südlich des Sternbildes Löwe zu finden. Im Nexstar 8i Teleskop passen sie alle gerade so knapp in das Gesichtsfeld des 40 mm Okulars. Das Bild rechts ist so orientiert, wie es mit dem Zenitprisma gesehen werden kann. Diese Objekte sind in Realität allerdings deutlich diffuser als auf dieser Aufnahme zu sehen. Alle drei Galaxien sind ca. 40 Millionen Lj von uns entfernt, d.h. wir sehen sie heute so, wie sie etwa während der Anfangsphase der Alpenfaltung ausgesehen haben. Wie bei allen Galaxien braucht es allerdings gutes Seeing und vor allem eine dunkle Umgebung, um die Beobachtung lohnend zu machen.

Am hellsten ist <u>M66</u> zu sehen (im Bild rechts unten), mit der Spiralklassierung Sb. Sie ist auch deutlich grösser als ihre direkte Nachbarin <u>M65</u>.



Mit indirektem Sehen kann bei guten Bedingungen deren Spiralstruktur erahnt werden.

<u>M65</u> (im Bild links unten) ist als Sa Spirale klassiert. Sie hat eine deutlich hervorstechende, zentrale Linse und eng gewundene Spiralarme. Im 8 Zoll Teleskop kann jedoch lediglich die elliptische Form erkannt werden.

<u>NGC3628</u> (im Bild in der Mitte oben) ist deutlich schwächer und etwas abgesetzt von den anderen beiden Galaxien. Diese sehen wir genau von der Seite, was im englischen als *edge on galaxy* bezeichnet wird. Trotzdem konnte offenbar die Spiralstruktur mit Sb bestimmt werden. Es gibt Amateure, die sich auf die Beobachtung solcher *edge on* Galaxien und ihre Staubbänder spezialisiert haben, dafür sind allerdings mindestens 20 Zoll Teleskopöffnung erforderlich! Im 8 Zoll Teleskop ist ein längliches, nebliges Gebilde sichtbar. Mit indirektem Sehen, allerdings nur bei sehr guten Bedingungen, kann das trennende Staubband in der Mitte gesehen werden. Der Kern dieser Galaxie wird als sehr aktiv eingestuft. In Grossaufnahmen sind im Kernbereich Materieausbrüche zu sehen.

7.1.4 M95 und M96

M95: RA = 10h 43m 58.0s Dec = 11° 42' 15.0" Februar bis Juni

Etwas westlich vom Leo Triplett befindet sich dieses namenlose Galaxien Duo, welches beim Nexstar 8i selbst im 25 mm Okular noch locker im gleichen Gesichtsfeld beobachtet werden kann. Zu sehen sind auf den ersten Blick zwei diffuse, fast gleich aussehende, kreisförmige Scheibchen, welche sich optisch deutlich vom Fixsternhintergrund abheben. Die Distanz zu diesen Galaxien beträgt ca. 40 Millionen Lj.

<u>M95</u> (links) ist als Balkenspirale vom Typ SBa klassifiziert, als Besonderheit mit nahezu kreisförmigen Spiralarmen. <u>M96</u> (rechts) hat eine ähnliche Form und ist etwas heller als M95.



Im Sternbild Löwe existieren noch diverse weitere Galaxien, welche im 8 Zoll Teleskop sichtbar sind, z.B. M105.

7.1.5 M104, Sombrero Galaxie

RA = 12h 39m 59.4s Dec = - 11° 37' 22.0"

Diese neben Andromeda wohl bekannteste Galaxie liegt im Sternbild Jungfrau und wird wegen ihres Erscheinungsbildes "Sombrero Galaxie" genannt. Ihre Entfernung von der Erde beträgt ca. 50 Millionen Lj. Das Licht, welches heute unsere Netzhaut erreicht, hat dieses Objekt zu einer Zeit verlassen, als zu Beginn des Tertiärs, sich die Alpen langsam aus dem Tethys Meer erhoben.

März bis Juli



Bei sehr guten Bedingungen kann ihre Form und das trennende Staubband, der etwa 6° auf die Seite gekippt erscheinenden Galaxie, mit dem 8 Zoll Teleskop bei indirektem Sehen erkannt werden. Sie gehört zum Typ Sa und besitzt ein aussergewöhnlich grosses, stark ausgebuchtetes, helles Zentrum. Im Innern dieser Galaxie werden gigantische Energiemengen freigesetzt und eine intensive Röntgenstrahlung festgestellt. Astronomen vermuten, dass sich infolge der ungewöhnlich hohen Rotationsgeschwindigkeit der Objekte im Zentralbereich, im Zentrum ein Schwarzes Loch mit einer Masse von etwa 10 Milliarden Sonnenmassen befindet.

7.1.6 M64, Black Eye Galaxie

RA =12h 56m 44.3s Dec = 21° 41' 5.0"

Diese auch "Sleeping Beauty" genannte Galaxie liegt im unauffälligen Sternbild Coma Berenices (Haar der Berenice) und ist mit Sb klassifiziert. Ihr "Markenzeichen" ist ein auffälliger Dunkelstreifen, etwas ausserhalb des Kerns, welcher bei sehr guten Bedingungen auch im 8 Zoll Teleskop gesehen werden kann. Man vermutet, dass diese Materiewolke durch das Material ehemaliger Supernovaexplosionen im äusseren Randbereich mit schweren Elementen angereichert worden ist. Hier wird nun zukünftig eine Art zweite Welle der Sternbildung erwartet. Dieser bei M64 sichtbare Effekt führte zur Zusatzbezeichnung "ESWAG", für Evolved Second Wave (star forming) Activity Galaxy. Dieses Objekt ist ca. 22 Millionen Lj entfernt.

Februar bis August



7.1.7 Virgohaufen und Makarian's Chain

M84: RA= 12h 25m 3.7s Dec= 12° 53' 15.0"

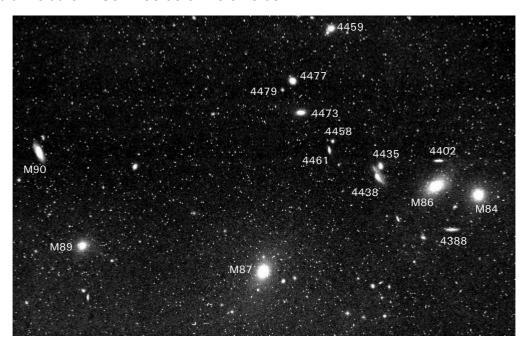
M87: RA= 12h 30m 49.7s Dec= 12° 23' 24.0"

Februar bis August

Wenn man im WinStars Programm den Bereich zwischen den Sternbildern Jungfrau, Löwe und Coma Berenices ins Zentrum des Displays rückt und wiederholt die Zoom Taste betätigt, kommt einem förmlich eine "Schrotladung" von NGC- und Messier Nummern entgegen geflogen. Was wir hier sehen ist ein näher gelegener Teil des so genannten Virgo Superhaufens mit ca. 100 - 200 Galaxienhaufen und einem Durchmesser von ca. 200 Mio Lj.

Dazu gehört auch unsere eigene *Lokale Gruppe* und die Nachbargruppen *Virgo* und *Coma*. Es ist auch hier unmöglich, alle sehenswerten Objekte vorzustellen. Ein Hinweis für eigene "Entdeckungsreisen": Mindestens die Objekte mit Messier Nummern sind in der Regel hell genug für das 8 Zoll Teleskop. Zudem empfehle ich das *Praxishandbuch Deep Sky* (siehe Literatur Verzeichnis). Galaxien mit Messier Nummern im Virgohaufen sind: M49, M58, M59, M60, M61, M84, M85, M86, M87, M88, M89, M90, M91, M98, M99 und M100 (siehe Liste und Bildtafel im Anhang).

Stellvertretend stelle ich hier das Kern- und Prunkstück des Virgohaufens vor, mit der zentralen M87 Riesengalaxie und der berühmten *Makarian Galaxienkette* (rechts oben im Bild mit M84 und M86). Letztere ist benannt nach dem Russischen Astrophysiker, welcher diesen Bereich in den 60er Jahren katalogisiert hat. Hier stehen die Galaxien teilweise so dicht, dass sie sich gegenseitig behindern. Deutlich sichtbar ist dies an *NGC 4438*, deren Spiralarme durch *NGC 4435* deformiert werden.



<u>M87</u>: Eine elliptische Riesengalaxie vom Typ E0, welche den Virgohaufen dominiert. Sie wird auch *Virgo A* genannt, weil sie zudem eine starke Radioquelle ist. Ihre Entfernung wird mit ca. 60 Millionen Lj angegeben. Der Durchmesser von M87 beträgt ca. 120′000 Lj und ihre Masse wird auf einige *Billionen* (10¹²) Sonnenmassen geschätzt (als Vergleich unsere Milchstrasse mit lediglich etwas über 100 Milliarden Sonnenmassen). Auf lang belichteten Aufnahmen fand man um M87 einen gewaltigen Halo von mehr als 4′000 Kugelsternhaufen, sowie einen spektakulären Jet. Dieses lanzenähnliche Gebilde besteht aus gasförmigem Material, welches aus dem Kern der Galaxie ausgestossen wird. Dieses Detail ist gemäss "*Praxishandbuch Deep Sky*" allerdings erst ab 20 Zoll Teleskopöffnung sichtbar. Mit 8 Zoll ist lediglich ein elliptischer Nebelfleck zu sehen. Bestes Beobachtungsergebnis erzielte ich, wie bei den meisten Galaxien, mit dem 25 mm Okular.

<u>Makarians Chain</u>: Diese berühmte und wirklich eindrückliche Galaxienkette wird von 2 hellen Galaxien dominiert:

<u>M 84</u>: eine Riesengalaxie, scheinbar elliptisch, in Wirklichkeit aber Iinsenförmig. Präsentiert sich von ihrer "Breitseite". Distanz ca. 60 Millionen Lj. Ihre Masse wird auf ca. 800 Milliarden Sonnenmassen geschätzt. Im Zentrum wird ein massives schwarzes Loch vermutet mit einer Masse von ca. 300 Millionen Sonnenmassen.

<u>M 86</u>: Direkt benachbart zu M84, mit der Klassierung S0. Ihre Masse wird auf ca. 130 Milliarden Sonnenmassen geschätzt. Die meisten Galaxien der *Makarian's Chain* kann man im 8 Zoll Teleskop auch unter (besseren) Vorstadtbedingungen sehen. Mit dem 8 Zoll Teleskop problemlos sichtbar sind M84 und M86, sowie <u>NGC4438</u> und <u>NGC4435</u>. Der Rest erfordert mindestens einige Minuten Adaptionszeit. Ich empfehle hier mit dem 25 mm Okular bei M84 und M86 zu beginnen und sich dann mit dem Handcontroller durch die Kette zu "hangeln". Bei Verwendung des Zenitprismas darf nicht vergessen werden, dass man, im Gegensatz zur Abbildung, scheinbar nach "rechts" und nicht nach "links" schwenken muss.

7.1.8 M81, Bode's Galaxie

RA = 9h 55m 33.5s Dec = 69° 4' 0.0"

Februar bis August

M81 im Sternbild Grosser Bär (Ursa Maior) ist eine der hellsten der Galaxien, welche von der Nordhalbkugel aus sichtbar sind. Sie wurde daher bereits 1774 von J.E. Bode entdeckt. Die Distanz beträgt ca. 12 Millionen Lj und ist als Typ Sb klassiert. Sie hat einen sehr dichten und kompakten Kern und enthält ca. 250 Milliarden Sonnenmassen. Im 8 Zoll Teleskop ist ein entsprechend heller Kern, umgeben von einem feinen, strukturlosen, nebelförmigen Halo zu sehen. Ausgesprochen reizvoll zu sehen, und sofort auffallend, ist der etwas östlich gelegene Doppelstern Σ 1387. Dieser ist mit dem 8 Zoll Teleskop



auch locker zu trennen. Die zu M81 benachbarte, irreguläre Galaxie M82 hingegen konnte ich nur bei sehr guten Bedingungen sehen.

7.1.9 M51, Whirlpool Galaxie

RA = 13h 29m 53.3s Dec = 47° 11' 48.0"

Dieses Objekt der Klassierung Sb verkörpert buchstäblich den Begriff der Spiralgalaxie. Dieser Eindruck wird noch dadurch verstärkt, dass wir senkrecht auf die Scheibenebene blicken. Diese Galaxie im Sternbild Jagdhunde war auch die erste, bei der Lord Rosse 1845 eine Spiralstruktur entdeckte. Das spezielle an diesem Objekt ist zudem, dass M51 so quasi im Schlepptau über einen Spiralarm mit einer zweiten, wesentlich kleineren Galaxie (*NGC 5195*) verbunden ist. Die Distanz zu diesen Objekten beträgt ca. 30 Millionen Lj. Die Masse von M51 wird auf ca. 160 Milliar-

den Sonnenmassen geschätzt, der Durchmesser auf ca. 100'000 Lj. Dies entspricht etwa der Grössenordnung unserer Milchstrasse. Die Kerne beider Galaxien sind bereits mit einem 5 Zoll Teleskop auch unter Vorstadtbedingungen erkennbar. Um die Spiralarme wirklich erkennen zu können, sind allerdings sehr gute Bedingungen in einer dunklen Umgebung, abseits von Städten erforderlich (im 8 Zoll Teleskop ca. wie im unteren Bild).

Februar bis August





7.2 Quasare

Die ungeheuer energiereichen *Quasare* stellen nach heutiger Erkenntnis eine Frühstufe der Galaxienentwicklung dar. Entsprechend können sie auch nur in der horrenden Entfernung von mehreren Milliarden Lj gefunden werden, weil wir ja erst dadurch soweit in die Geschichte des Kosmos zurückblicken können! Die meisten Quasare sind schwächer als 14^m und dadurch für mittlere (8 Zoll) Amateurteleskope unerreichbar. Gemäss *Praxishandbuch Deep Sky* sollten für den 8 Zöller allerdings nicht weniger als 50 Quasare sichtbar sein.

7.2.1 3C273

RA = 12h 29m 6.7s Dec = 2° 03' 09"

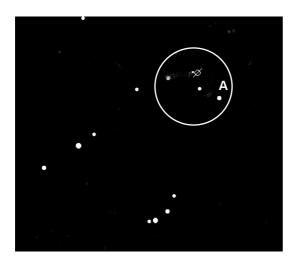
März bis Juli

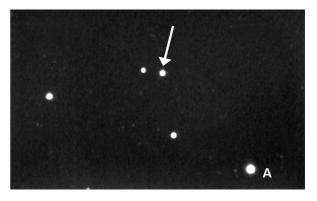
Der hellste sichtbare Quasar, die Radioquelle *3C273*, liegt in einer Entfernung von ca. 2.4 Milliarden Lj im Sternbild Jungfrau. In der Literatur wird dieser allgemein als das am weitesten entfernte Objekt bezeichnet, welches mit durchschnittlichen Amateurmitteln gerade noch gesehen werden kann. So wie wir *3C273* heute sehen, hat der Quasar im Archaikum ausgesehen, als unsere Erde begann, eine feste Oberfläche und Sauerstoff in der Atmosphäre zu bilden. Diese ungeheure Vorstellung, so weit in die Vergangenheit blicken zu können, ist auch die Motivation vieler Amateure, dieses Objekt einmal aufzusuchen oder zu fotografieren. Entsprechend ist auch im Internet zu diesem Objekt eine Fülle von Informationen erhältlich. Bei guten Bedingungen ist lediglich ein sternförmiges Pünktchen mit schwankender Grössenklasse zwischen 11.7^m und 13.2^m sichtbar. Je nach dem reicht daher im besten Fall sogar 4 Zoll Öffnung. Im schlechtesten Fall aber sind bereits 11 Zoll notwendig, um diesen Quasar beobachten zu können.

Dass wir dieses Objekt in dieser ungeheuren Entfernung überhaupt noch sehen können, ist der ca. 100 fachen Energie zu verdanken, welche Quasare, verglichen mit einer normalen Galaxie erzeugen. Zu Beginn der 60er Jahre wurden diese Objekte zuerst mit *Radioteleskopen* entdeckt. Mit *optischen* Teleskopen konnten in der Folge an diesen Stellen lediglich lichtschwache, *sternförmige* Punkte gefunden werden. Daher stammt auch der Name Quasar, von *QUASi-stellAR radio sources*. Schnell stellte sich aber heraus, dass diese nicht innerhalb unserer Galaxie liegen können, sondern sehr viel weiter entfernt sein müssen. Heute geht man davon aus, dass es Kerne extrem weit entfernter, junger Galaxien sind, in denen unvorstellbare Energiemengen freigesetzt werden. Verantwortlich dafür sind sog. supermassive Schwarze Löcher, mit mehreren Milliarden Sonnenmassen. In der Frühzeit des Kosmos war offenbar auch noch genügend Materie vorhanden, um diese zentralen "Monster" in diesen noch jungen Galaxien mit ständigem Nachschub an Materie zu versorgen und dadurch diese gigantische Energieerzeugung zu ermöglichen. Der sichtbare Teil dieses Prozesses findet nur in unmittelbarer Nähe des Kerns statt. Deshalb das punktförmige und nicht flächige Erscheinungsbild.

Die beobachteten Lichtschwankungen können manchmal innerhalb weniger Tage bis Stunden ablaufen, vermutlich abhängig von der "aktuellen" Menge des Materienachschubs. Aus dieser Schwankungsfrequenz hat man errechnet, dass der Durchmesser diese Objekte nicht grösser als etwa derjenige unseres Planetensystems sein können. Der Rest der Galaxie wird durch diesen vergleichsweise winzigen Bereich förmlich überstrahlt und nur gelegentlich ist es überhaupt möglich, deren meist elliptische Form auszumachen. Dieser nächstgelegene Quasar 3C273 ist verständlicherweise ständiges Forschungsobjekt in allen verfügbaren Spektralbereichen. Dabei kommen die grössten Teleskope der Welt zum Einsatz. Aus der Rotverschiebung im Spektrum kann errechnet werden, dass sich 3C273 mit ca. 50'000 km/s, d.h. einem Sechstel der Lichtgeschwindigkeit von uns entfernt! In Phasen, wo offenbar das Schwarze Loch im Zentrum "gerade" mit viel Materie gefüttert wurde,

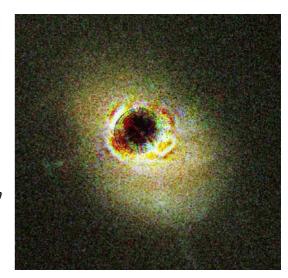
konnte ich 3C273 auch schon in einer mondlosen Nacht und eher mässigen Bedingungen vom Balkon aus identifizieren. Generell ist dies eine Aufgabe für fortgeschrittene Beobachter. Um dies auch Anfängern mit einem Computerteleskop zu ermöglichen, habe ich folgendes kurzes "Starhopping" Prozedere ausgearbeitet. Wenn man nämlich 3C273 mit den direkten Objektkoordinaten ansteuert, wird man anfänglich Mühe haben, in dieser spärlichen Ansammlung sehr schwacher Sterne, den Quasar zu identifizieren! Mit der GOTO Funktion und der Eingabe der Koordinaten RA: 12h 28′37.3s Dec 01°31′06″ sollte man, vorausgesetzt das Alignment des Teleskops ist gut, im 40 mm Okular, kombiniert mit dem Zenitprisma, die markante Sterngruppe gemäss linkem Bild im Gesichtsfeld haben. Ich habe bewusst viele, vor allem schwächere Sterne weggelassen, um dieses Muster deutlich hervorzuheben. Der mit A bezeichnete ist mit Abstand der hellste Stern der eingekreisten Gruppe.





Hat man dies mal "geschafft", empfehle ich nun den eingekreisten Bereich der Sterngruppe ins Gesichtsfeld des 9 mm Okulars zu rücken. Dieser sollte nun etwa wie im rechten Bild sichtbar sein. Je nach aktueller Helligkeit von 3C273 und dem herrschenden Seeing, kann man das Objekt (siehe Pfeil) direkt oder indirekt sehen (natürlich deutlich schwächer als auf dem Bild!). Unten ist noch eine Aufnahme dieses Quasars vom Hubble Space Telescope zu sehen.

Bei diesem extrem weit entfernten Objekt endet auch unsere Reise zurück in die Frühzeit und zum Randbereich unseres Universums! Es würde mich freuen, wenn alle, welche bis hierher gefolgt sind, ihr Interesse an der Astronomie vertiefen konnten und die Beobachtungstätigkeit zukünftig auch fortsetzen werden! Sicherlich eine entspannende und bereichernde Aktivität, welche in jeder Hinsicht unseren Horizont erweitert und unsere eigene Bedeutung und Wichtigkeit vielleicht etwas zu relativieren vermag.



8 Weiterführende Literatur und Internet Nutzung

8.1 Bücher

Es gibt eine Fülle von Bildbänden und populärwissenschaftlichen Büchern über Kosmologie, Schwarze Löcher, Galaxien etc. Weiter ist eine Menge guter Einführungsliteratur in die Grundzüge der Astronomie und Astrofotografie erhältlich. Es existieren auch diverse Beobachtungsführer, die sich meistens auf astronomische Spartengebiete wie Mond, Planeten, Deep Sky Objekte etc. fokussieren.

Hier eine kleine Auswahl aus dem grossen Angebot:

- 1. Wolfgang Paech, Thomas Baader, *Tipps und Tricks für Sternfreunde*, Verlag Sterne und Weltraum Heidelberg, ISBN 3-87973-945-5, (Orell Füssli Zürich) *Eine wertvolle Fundgrube bezüglich Instrumenten- und Beobachtungstechnik*.
- Stefan Korth, Bernd Koch, Stars am Nachthimmel, Kosmos Verlag, ISBN 3-440-08526-0, (Orell Füssli Zürich)
 Gute Auswahl sehenswerter Deep Sky "Perlen", Objekte etwas gar knapp kommentiert.
- 3. Erich Karkoschka, Atlas für Himmelsbeobachter, Kosmos Verlag, ISBN 3-440-07488-9, (Orell Füssli Zürich)

 Auf ca. 130 Seiten eine dicht gedrängte Fülle an wertvollen Beobachtungshinweisen, Informationen und Koordinaten zu sehr vielen, mit kleinen bis mittleren Teleskopen sichtbaren Deep Sky Objekten. Trotzdem übersichtlich, da hervorragend strukturiert. Empfehle ich dringend für das Aufsuchen weiterer, hier nicht beschriebener Objekte.
- 4. Wolfgang Steinicke, VDS, *Praxishandbuch Deep Sky*, Kosmos Verlag, ISBN 3-440-09779-X, (Orell Füssli Zürich) *Umfassende Vorstellung der diversen Deep Sky Objektklassen mit praktischen Beispielen und Hinweisen für deren Beobachtung. Veränderliche Sterne werden nicht behandelt. Eher für fortgeschrittene Amateure mit Instrumenten ab 8 Zoll Öffnung.*
- 5. Govert Schilling, *Das Kosmos Buch der Astronomie*, Kosmos Verlag, ISBN 3-440-09408-1 (Orell Füssli Zürich) *Gute Einführung in die Grundlagen der Astronomie und Kosmologie*.
- 6. Hans Ulrich Keller, *Von Ringplaneten und Schwarzen Löchern*, Kosmos Verlag, ISBN 3-440-09138-4 (Orell Füssli Zürich) *Gute, leicht verständliche Information zu verschiedenen Phänomenen und Himmelskörpern.*
- 7. Timothy Ferris, *Galaxien*, Birkhäuser Verlag, ISBN: 0-8176-1488-5, (Photo Video Wyss, Zürich) Enthält viele hervorragende Aufnahmen, Grafiken und Informationen zu Milchstrassen-objekten und Galaxien. In meiner (alten) Ausgabe sind allerdings einzelne Objekte falsch beschriftet.
- 8. Michael W. Swanson, *The Nexstar User's guide*, Springer Verlag ISBN 1-85233-714-1, (Amazon.de)

 Eine Art "Service Manual" für die Nexstar Teleskope mit vielen zusätzlichen, wertvollen Informationen. Das absolute Muss für jeden Nexstar Besitzer!
- 9. Diverse Sternkarten aus dem Hallwag und Kosmos Verlag.

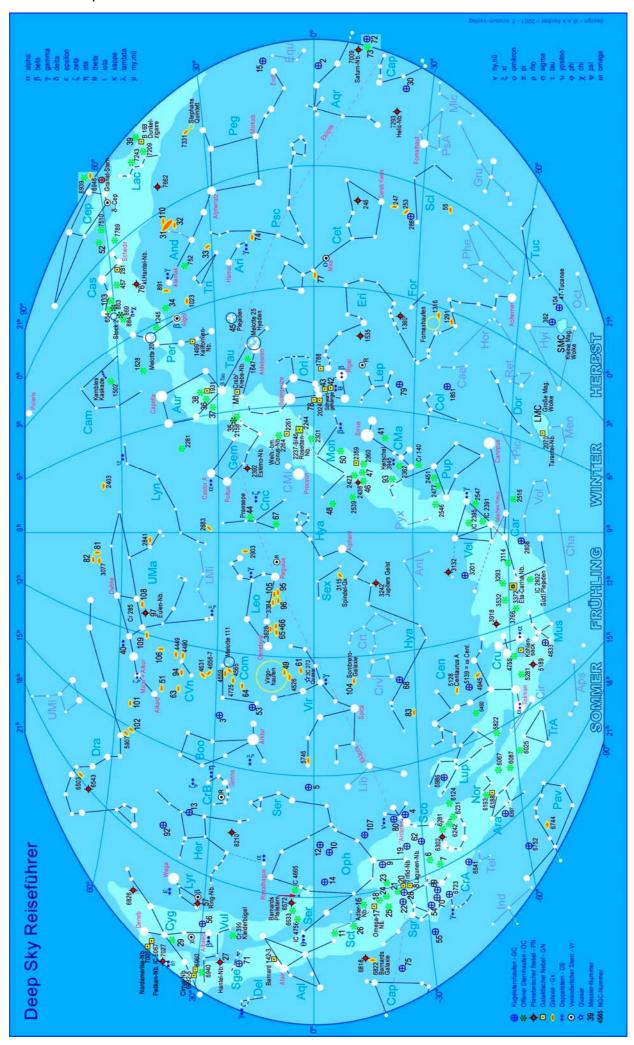
8.2 Internet

Das Internet ist eine hervorragende Informationsquelle für astronomische Objekte. So können die Beobachtungen unkompliziert mit interessanten Infos ergänzt und so das Astrowissen sukzessive erweitert werden. So liefert z.B. das Eintippen einer Messier- oder NGC Nummer in eine Suchmaschine eine Fülle von Bildern und Informationen zum betreffenden Objekt, von wissenschaftlichen Abhandlungen bis hin zu Beiträgen und Bildern von Astroamateuren. Über aktuelle Ereignisse informieren diverse Websites von astronomischen Vereinigungen. Das Niveau der Infos ist generell sehr gut. Etwas Vorsicht ist bei einzelnen Diskussionsforen und News groups angebracht, speziell was Gerätetechnik angeht ("Testberichte", Modifikationsvorschläge etc). Gerade hier sind aber oft richtige Perlen an Tricks und Kniffs zu finden. Für den Anfänger ist es allerdings schwierig, die Spreu vom Weizen zu trennen. Für den Nexstar Besitzer sehr nützlich ist die Website von "Celestron Papst" Micheal Swanson, http://www.nexstarsite.com/, sowie sein Buch *The Nexstar User's guide* (siehe Literaturverzeichnis oben).

Bereits im Text wurden diverse hervorragende Freewareprogramme empfohlen, welche gratis heruntergeladen werden können, und das Beobachten, Auffinden und Identifizieren von Objekten erheblich erleichtern. Hier noch ein Hinweis zu *WinStars*, dem hervorragenden Planetariums- und Sternkartenprogramm von Frank Richard. Lichtschwache Sterne können wie folgt besser dargestellt werden: Options => WinStars => Configuration=> Folder *Stars*, Unter *Magnitude Zero* die Pixelzahl auf ca. 15 – 20 stellen.

9 Anhang

- Sternkarte mit Deep Sky Objekten
- Liste aller Messier Objekte
- Bildtafel der wichtigsten Messier Objekte
- Sternbilder Lateinisch Deutsch mit Messier Objekten
- Griechisches Alphabet
- Orbitaldiagramme interessanter Doppelsterne
- Lichtverschmutzungskarte der Schweiz
- Optische Parameter des Nexstar 8i mit Zubehör
- Logbuch Blatt



Liste aller Messierobjekte

Nach http://www.deepskybeobachtung.de

Die Kolonne "Karkoschka" enthält die Kartennummer im gleichnamigen Himmelsatlas. Die im Text beschriebenen Objekte sind rot hervorgehoben.

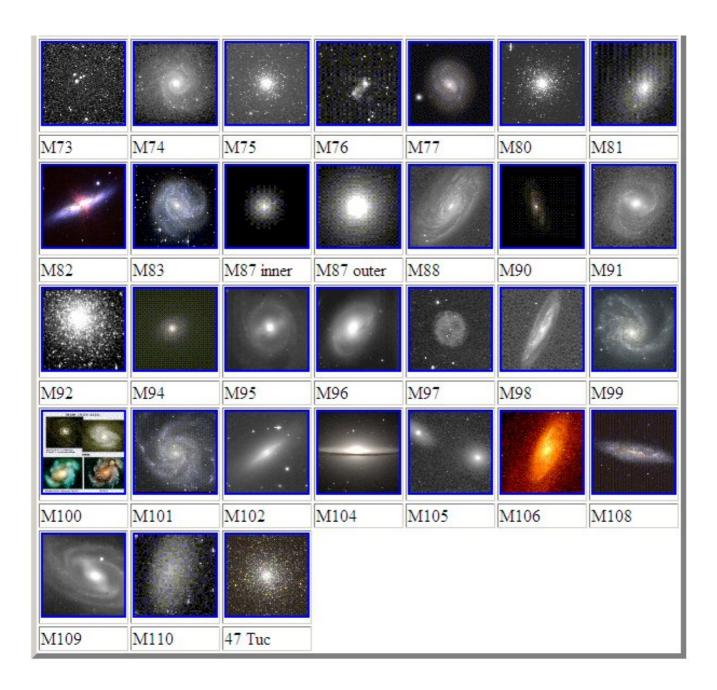
Messier Nr.	Sonstige Bezeichn.	Objekttyp	Sternbild	Rektas- zension	Deklination	Karkoschka
M 1	NGC1952	Supernova Überrest	Stier	05:34:30	34,20	E 3
M 2	NGC7089	Kugelsternhaufen	Wassermann	21:33:30	-0,80	E24
M 3	NGC5272	Kugelsternhaufen	Jagdhunde	13:42:00	28,40	E15
M 4	NGC6121	Kugelsternhaufen	Skorpion	16:24:00	-26,50	E18
M 5	NGC5904	Kugelsternhaufen	Schlange	15:18:30	2,10	E15
M 6	NGC6405	Kugelsternhaufen	Skorpion	17:40:00	-32,20	E18
M 7	NGC6475	Offener Sternhaufen	Skorpion	17:54:00	-34,80	E18
M 8	NGC6523	Gasnebel	Schütze	18:04:00	-24,40	E20
M 9	NGC6333	Kugelsternhaufen	Schlangenträger	17:19:00	-18,50	E17
M 10	NGC6254	Kugelsternhaufen	Schlangenträger	16:57:00	-4,10	E17
M 11	NGC6705	Offener Sternhaufen	Schild	18:51:00	-6,30	E19
M 12	NGC6218	Kugelsternhaufen	Schlangenträger	16:47:00	-23,80	E17
M 13	NGC6205	Kugelsternhaufen	Herkules	16:42:00	36,50	N14
M 14	NGC6402	Kugelsternhaufen	Schlangenträger	17:37:30	-3,20	E17
M 15	NGC7078	Kugelsternhaufen	Pegasus	21:30:00	12,20	E23
M 16	NGC6611	Gasnebel	Schlange	18:19:00	-13,80	E20
M 17	NGC6618	Gasnebel	Schütze	18:21:00	-16,20	E20
M 18	NGC6613	Offener Sternhaufen	Schütze	18:20:00	-17,10	E20
M 19	NGC6273	Kugelsternhaufen	Schlangenträger	17:02:30	-26,30	E18
M 20	NGC6514	Gasnebel	Schütze	18:03:00	-23,00	E20
M 21	NGC6531	Offener Sternhaufen	Schütze	18:04:36	-22,50	E20
M 22	NGC6656	Kugelsternhaufen	Schütze	18:36:30	-23,90	E20
M 23	NGC6494	Offener Sternhaufen	Schütze	17:56:48	-19,00	E20
M 24	M 24	Milchstrassenwolke	Schütze	18:17:00	-18,50	E20
M 25	IC4725	Offener Sternhaufen	Schütze	18:32:00	-19,20	E20
M 26	NGC6694	Offener Sternhaufen	Schild	18:45:00	-9,40	E19
M 27	NGC6853	Planetarischer Nebel	Füchschen	19:59:30	22,70	E21
M 28	NGC6626	Kugelsternhaufen	Schütze	18:24:30	-24,90	E20
M 29	NGC6913	Offener Sternhaufen	Schwan	20:24:00	38,50	N20
M 30	NGC7099	Kugelsternhaufen	Steinbock	21:40:30	-23,20	E22
M 31	NGC 224	Galaxie	Andromeda	00:42:42	41,30	N O
M 32	NGC 221	Galaxie	Andromeda	00:42:42	40,90	N O

М 33	NGC 598	Galaxie	Dreieck	01:33:54	30,70	ΝO
M 34	NGC1039	Offener Sternhaufen	Perseus	02:42:00	42,80	N 4
M 35	NGC2168	Offener Sternhaufen	Zwillinge	06:09:00	24,30	E 7
M 36	NGC1960	Offener Sternhaufen	Fuhrmann	05:36:00	34,10	N 6
M 37	NGC2099	Offener Sternhaufen	Fuhrmann	05:52:00	32,50	N 6
M 38	NGC1912	Offener Sternhaufen	Fuhrmann	05:29:30	35,80	N 6
M 39	NGC7092	Offener Sternhaufen	Schwan	21:32:00	48,40	N24
M 40	M 40	Doppelstern	Grosser Bär	12:22:30	58,10	N10
M 41	NGC2287	Offener Sternhaufen	Grosser Hund	06:47:00	-20,70	E 6
M 42	NGC1976	Gasnebel	Orion	05:35:24	-5,40	E 4
M 43	NGC1982	Gasnebel	Orion	05:36:00	-5,30	E 4
M 44	NGC2632	Offener Sternhaufen	Krebs	08:40:06	20,00	E 9
M 45	MEL22	Offener Sternhaufen	Stier	03:47:00	24,10	E 3
M 46	NGC2437	Offener Sternhaufen	Puppis	07:42:00	-14,80	E 8
M 47	NGC2422	Offener Sternhaufen	Puppis	07:37:00	-14,50	E 8
M 48	NGC2548	Offener Sternhaufen	Wasserschlange	08:14:00	-5,80	E10
M 49	NGC4472	Galaxie	Jungfrau	12:30:00	44,10	E14
M 50	NGC2323	Offener Sternhaufen	Einhorn	07:03:00	-8,30	E 8
M 51	NGC5194	Galaxie	Jagdhunde	13:30:00	47,20	N12
M 52	NGC7654	Offener Sternhaufen	Cassiopeia	23:24:00	61,60	N22
M 53	NGC5024	Kugelsternhaufen	Coma Berenices	13:13:00	18,20	E13
M 54	NGC6715	Kugelsternhaufen	Schütze	18:55:00	-30,50	E20
M 55	NGC6809	Kugelsternhaufen	Schütze	19:40:00	-9,22	E22
M 56	NGC6779	Kugelsternhaufen	Leier	19:16:30	30,20	N18
M 57	NGC6720	Planetarischer Nebel	Leier	18:53:36	33,04	N18
M 58	NGC4579	Galaxie	Jungfrau	12:38:00	11,80	E14
M 59	NGC4621	Galaxie	Jungfrau	12:42:00	11,60	E14
M 60	NGC4649	Galaxie	Jungfrau	12:43:30	11,60	E14
M 61	NGC4303	Galaxie	Jungfrau	12:22:00	4,50	E14
M 62	NGC6266	Kugelsternhaufen	Schlangenträger	17:01:00	-30,10	E18
M 63	NGC5055	Galaxie	Jagdhunde	13:15:48	42,04	N12
M 64	NGC4826	Galaxie	Coma Berenices	12:57:00	21,70	E13
M 65	NGC3623	Galaxie	Löwe	11:19:00	13,10	E11
M 66	NGC3627	Galaxie	Löwe	11:20:00	13,10	E11
M 67	NGC2682	Offener Sternhaufen	Krebs	08:51:00	11,80	E 9
M 68	NGC4590	Kugelsternhaufen	Wasserschlange	12:39:30	-26,70	E12
M 69	NGC6637	Kugelsternhaufen	Schütze	18:31:30	-32,30	E20
M 70	NGC6681	Kugelsternhaufen	Schütze	18:43:00	-32,30	E20
M 71	NGC6838	Kugelsternhaufen	Pfeil	19:54:00	18,80	E21
M 72	NGC6981	Kugelsternhaufen	Wassermann	20:53:00	-12,50	E24
M 73	NGC6994	Offener Sternhaufen	Wassermann	20:59:00	-12,60	E24

M 74	NGC 628	Galaxie	Fische	01:37:00	15,80	E 1
M 75	NGC6864	Kugelsternhaufen	Schütze	20:06:00	-21,90	E22
M 76	NGC 650	Planetarischer Nebel	Perseus	01:42:24	51,60	N 0
M 77	NGC1068	Galaxie	Walfisch	02:42:30	-0,03	ΕO
M 78	NGC2068	Gasnebel	Orion	05:47:00	0,10	E 5
M 79	NGC1904	Kugelsternhaufen	Hase	05:24:30	-24,50	E 4
M 80	NGC6093	Kugelsternhaufen	Skorpion	16:17:00	-2,10	E18
M 81	NGC3031	Galaxie	Grosser Bär	09:56:00	69,10	N 8
M 82	NGC3034	Galaxie	Grosser Bär	09:56:00	69,70	N 8
M 83	NGC5236	Galaxie	Wasserschlange	13:37:00	-29,90	E16
M 84	NGC4374	Galaxie	Jungfrau	12:25:00	12,90	E14
M 85	NGC4382	Galaxie	Coma Berenices	12:25:30	18,20	E14
M 86	NGC4406	Galaxie	Jungfrau	12:26:00	12,90	E14
M 87	NGC4486	Galaxie	Jungfrau	12:31:00	12,40	E14
M 88	NGC4501	Galaxie	Coma Berenices	12:32:00	14,40	E14
M 89	NGC4552	Galaxie	Jungfrau	12:35:30	12,50	E14
M 90	NGC4569	Galaxie	Jungfrau	12:37:00	13,20	E14
M 91	NGC4548	Galaxie	Coma Berenices	12:35:30	14,50	E14
M 92	NGC6341	Kugelsternhaufen	Herkules	17:17:00	43,10	N14
M 93	NGC2447	Offener Sternhaufen	Puppis	07:45:00	-23,90	E 6
M 94	NGC4736	Galaxie	Jagdhunde	12:51:00	41,10	N12
M 95	NGC3351	Galaxie	Löwe	10:44:00	11,70	E11
M 96	NGC3368	Galaxie	Löwe	10:47:00	11,80	E11
M 97	NGC3587	Planetarischer Nebel	Grosser Bär	11:15:00	55,70	N10
M 98	NGC4192	Galaxie	Coma Berenices	12:14:00	14,90	E14
М 99	NGC4254	Galaxie	Coma Berenices	12:19:00	14,40	E14
M100	NGC4321	Galaxie	Coma Berenices	12:23:00	15,80	E14
M101	NGC5457	Galaxie	Grosser Bär	14:03:00	54,40	N10
M102	NGC5866	Galaxie	Drache	15:06:30	55,80	N16
M103	NGC 581	Offener Sternhaufen	Cassiopeia	01:33:00	60,70	N 2
M104	NGC4594	Galaxie	Jungfrau	12:40:00	-11,60	E12
M105	NGC3379	Galaxie	Löwe	10:48:00	12,60	E11
M106	NGC4258	Galaxie	Jagdhunde	12:19:00	47,30	N12
M107	NGC6171	Kugelsternhaufen	Schlangenträger	16:32:30	-13,10	E17
M108	NGC3556	Galaxie	Grosser Bär	11:11:00	55,70	N10
M109	NGC3992	Galaxie	Grosser Bär	11:58:00	53,40	N10
M110	NGC 205	Galaxie	Andromeda	00:40:18	41,70	N O

Bildtafel mit den wichtigsten Messier Objekten

M1	M2	M3	M4	M5	M6	М7
		1/4				
M8	М9	M10	M11	M12	M13	M14
			7			
M15	M16	M17	M20	M22	M24	M27
M30	M31	M32	M33	M35	M42	M49
		¥.		•		
M51	M52	M53	M56	M57	M58	M60
					100	
M61	M63	M64	M65	M66	M71	M72



Sternbilder Lateinisch – Deutsch, mit Messier Objekten

Lateinisch	Lateinisch Genitiv	Deutsch	Abkürzung	Messier Objekte
Andromeda	Andromedae	Andromeda	And	M31, M32, M110
Antlia	Antliae	Luftpumpe	Ant	
Apus	Apodis	Paradiesvogel	Aps	
Aquarius	Aquarii	Wassermann	Aqr	M2, M72, M73
Aquila	Aquilae	Adler	AqI	
Ara	Arae	Altar	Ara	
Aries	Arietis	Widder	Ari	
Auriga	Aurigae	Fuhrmann	Aur	M36, M37, M38
Bootes	Bootis	Bärenhüter	Воо	
Caelum	Caeli	Grabstichel	Cae	
Camelopardalis	Camelopardalis	Giraffe	Cam	
Cancer	Cancri	Krebs	Cnc	M44, M67
Canes Venatici	Canum Venaticorum	Jagdhunde	CVn	M3, M51, M63, M94, M106
Canis Maior	Canis Maioris	Großer Hund	СМа	M41
Canis Minor	Canis Minoris	Kleiner Hund	CMi	
Capricornus	Capricorni	Steinbock	Сар	M30
Carina	Carinae	Schiffskiel	Car	
Cassiopeia	Cassiopeiae	Kassiopeia	Cas	M52, M103
Centaurus	Centauri	Kentaur	Cen	
Cepheus	Cephei	Kepheus	Сер	
Cetus	Ceti	Walfisch	Cet	M77
Chamaeleon	Camaeleontis	Chamäleon	Cha	
Circinus	Circini	Zirkel	Cir	
Columba	Columbae	Taube	Col	
Coma Berenices	Comae Berenices	Haar der Berenike	Com	M53, M64, M85, M88, M91, M98, M99, M100
Corona Australis	Coronae Australis	Südliche Krone	CrA	
Corona Borealis	Coronae Borealis	Nördliche Krone	CrB	
Corvus	Corvi	Rabe	Crv	
Crater	Crateris	Becher	Crt	
Crux	Crucis	Kreuz	Cru	
Cygnus	Cygni	Schwan	Cyg	M29, M39
Delphinus	Delphini	Delphin	Del	
Dorado	Doradus	Schwertfisch	Dor	
Draco	Draconis	Drache	Dra	M102
Equuleus	Equulei	Pferdchen	Equ	
Eridanus	Eridani	Eridanus	Eri	
Fornax	Fornacis	Chemischer Ofen	For	

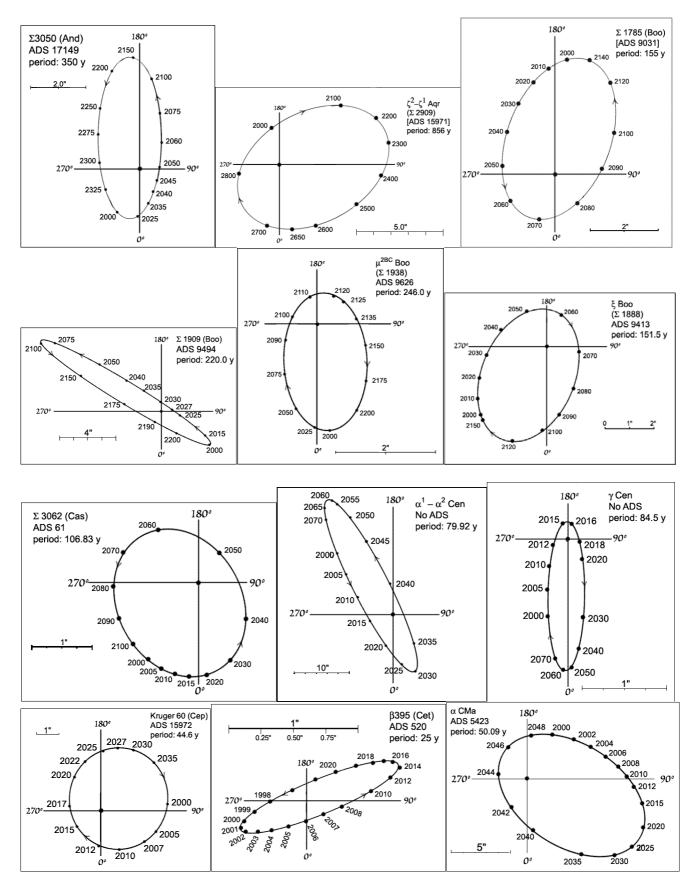
0	0 .	7 '''	0	1405
Gemini	Geminorum	Zwillinge	Gem	M35
Grus	Gruis	Kranich	Gru	
Hercules	Herculis	Herkules	Her	M13, M92
Horologium	Horologii	Pendeluhr	Hor	W 13, W32
riorologium	Horologii	weibl. Wasser-	1101	
Hydra	Hydrae	schlange	Hya	M48, M68, M83
Hydrus	Hydri	männl. Wasser- schlange	Hyi	
Indus	Indi	Inder	Ind	
Lacerta	Lacertae	Eidechse	Lac	
Leo	Leonis	Löwe	Leo	M65, M66, M95, M96, M105
Leo minor	Leo minoris	Kleiner Löwe	LMi	
Lepus	Leporis	Hase	Lep	M79
Libra	Librae	Waage	Lib	
Lupus	Lupi	Wolf	Lup	
Lynx	Lyncis	Luchs	Lyn	
Lyra	Lyrae	Leier	Lyr	M56, M57
Mensa	Mensae	Tafelberg	Men	
Microscopium	Microscopii	Mikroskop	Mic	
Monoceros	Monocerotis	Einhorn	Mon	M50
Musca	Muscae	Fliege	Mus	
Norma	Normae	Winkelmaß	Nor	
Octans	Octantis	Oktant	Oct	
Ophiuchus	Ophiuchi	Schlangenträger	Oph	M9, M10, M12, M14, M19, M62, M107
Orion	Orionis	Orion	Ori	M42, M43, M78
Pavo	Pavonis	Pfau	Pav	
Pegasus	Pegasi	Pegasus	Peg	M15
Perseus	Persei	Perseus	Per	M34, M76
Phoenix	Phoenicis	Phönix	Phe	
Pictor	Pictoris	Maler	Pic	
Pisces	Piscium	Fische	Psc	M74
Piscis Austrinus	Piscis Austrini	Südlicher Fisch	PsA	
Puppis	Puppis	Achterdeck	Pup	M46, M47, M93
Pyxis	Pyxidis	Kompaß	Рух	
Reticulum	Reticuli	Netz	Ret	

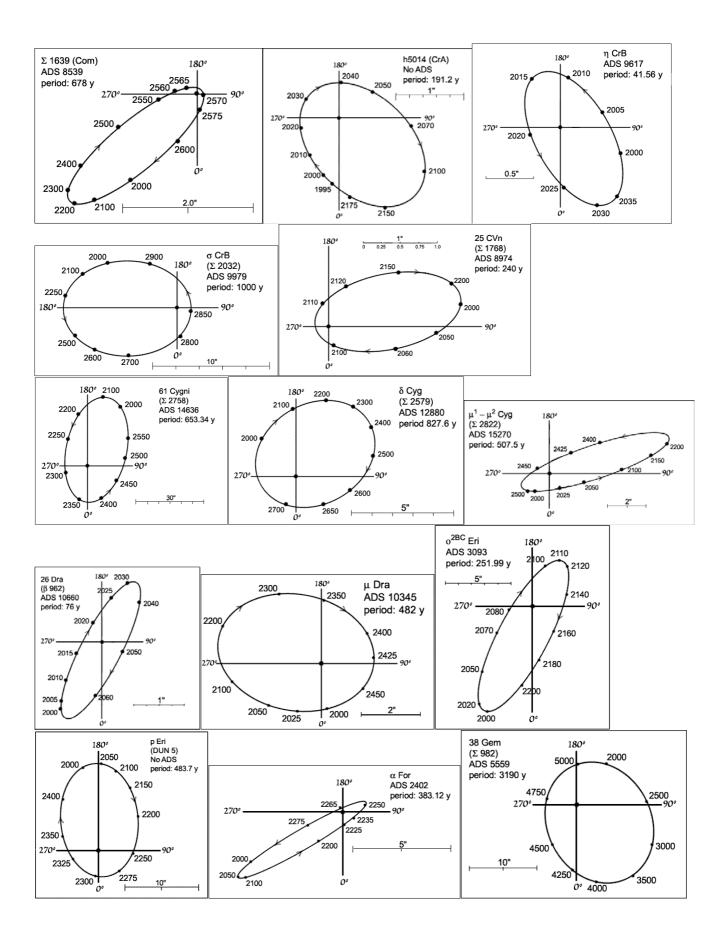
Sagitta	Sagittae	Pfeil	Sge	M71
Sagittarius	Sagittarii	Schütze	Sgr	M8, M17, M18, M20, M21, M22, M23, M28, M54, M55, M69, M70, M75
Scorpius	Scorpii	Skorpion	Sco	M4, M6, M7, M80
Sculptor	Sculptoris	Bildhauer	Scl	
Scutum	Scuti	Schild	Sct	M11, M26
Serpens	Serpentis	Schlange	Ser	M5, M16
Sextans	Sextantis	Sextant	Sex	
Taurus	Tauri	Stier	Tau	M1, M45
Telescopium	Telescopii	Fernrohr	Tel	
Triangulum	Trianguli	Dreieck	Tri	M33
Triangulum Australe	Trianguli Australis	Südliches Dreieck	TrA	
Tucana	Tucanae	Tukan	Tuc	
Ursa Maior	Ursae Maioris	Großer Bär	UMa	M81, M82, M97, M101, M108, M109
Ursa Minor	Ursae Minoris	Kleiner Bär	UMi	
Vela	Velorum	Segel	Vel	
Virgo	Virginis	Jungfrau	Vir	M49, M58, M59, M60, M61, M84, M86, M87, M89, M90, M104
Volans	Volantis	Fliegender Fisch	Vol	
Vulpecula	Vulpeculae	Füchschen	Vul	M27

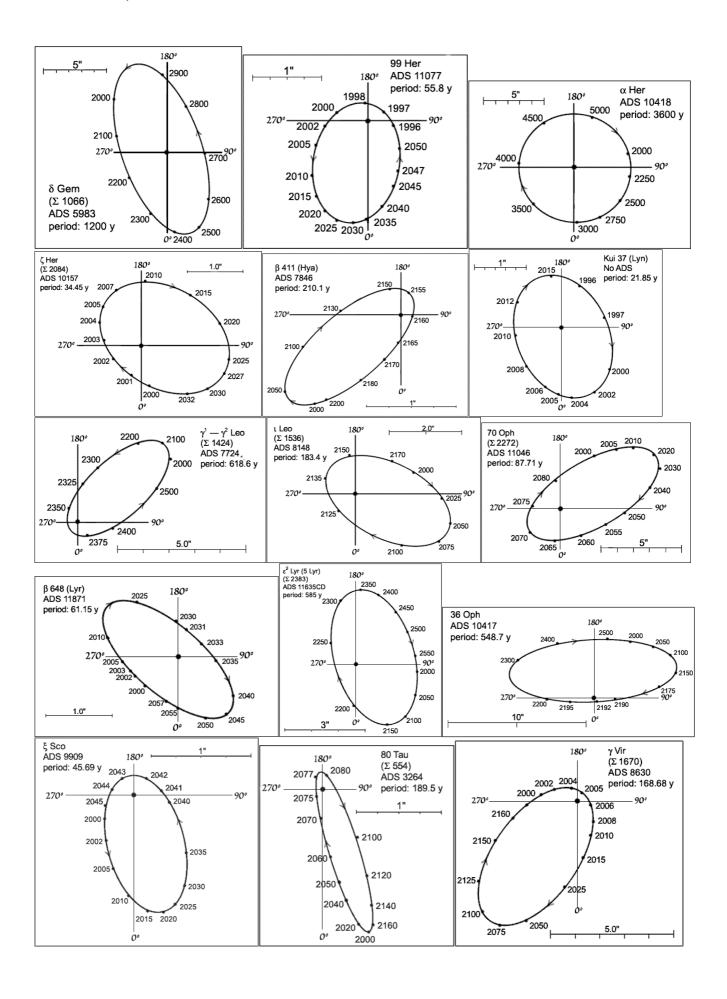
Griechisches Alphabet

Griechischer	Name	Griechischer	Name
Buchstabe		Buchstabe	
Α α	Alpha	Νν	Ny
Ββ	Beta	E	Xi
Γ γ	Gamma	Оо	Omikron
Δ δ	Delta	Π π	Pi
Ε ε	Epsilon	Ρρ	Rho
Ζ ζ	Zeta	Σ σ	Sigma
Η η	Eta	Τ τ	Tau
Θ ϑ	Theta	Υυ	Ypsilon
Ιι	Jota	Φ φ	Phi
Κκ	Kappa	Χ χ	Chi
Λ λ	Lambda	Ψψ	Psi
Μ μ	my	Ω ω	Omega

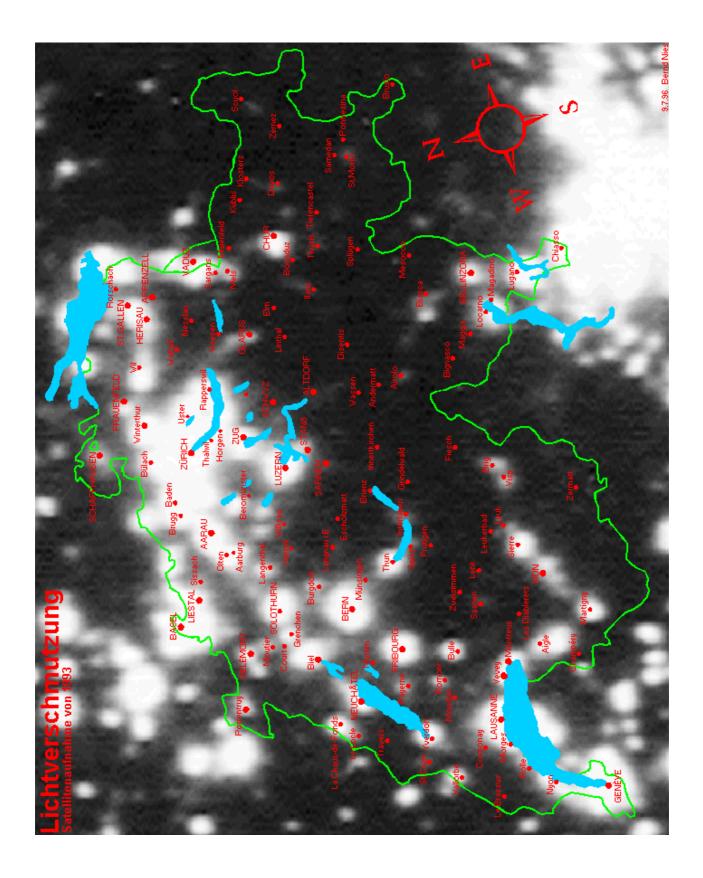
Orbitaldiagramme interessanter Doppelsterne







Lichtverschmutzungskarte Schweiz



Optische Parameter des Nexstar 8i

1. Brennweiten f [mm]

	Ohne Barlow Linse	Mit Barlow Linse
Mit Zenit Prisma	2′110	4′600
Mit Amici Prisma	2′150	4′680

2. Vergrösserungsfaktoren (mit Amici Prisma)

Okular	40 mm	25 mm	12.5 mm	9 mm	6 mm
Vergrösserung	54	86	172	239	358
Vergrösserung mit Barlowlinse	117	188	375	520	780

3. Wahres Gesichtsfeld (Winkel in Bogenminuten mit Amici Prisma)

Okular mit schein-	40 mm	25 mm	12.5 mm	9 mm	6 mm
barem Gesichtsfeld	46°	50°	42°	52°	52°
Wahres Gesichtsfeld	51.1	34.9	14.7	13.0	8.7
Wahres Gesichtsfeld mit Barlowlinse	23.6	16.0	6.7	6.0	4.0

4. Winkelmessung (Bogensekunden) mit Microguide Messokular (12.5 mm) (Basis Amici Prisma)

Skalenbereich	1 ST* auf	Strich-	Φ der	konzen	trisch	en Krei	se
auf Messplatte	µm Skala	stärke	1	2	3	4	5
Winkelwert	9.6	1.44	12	24	48	96	192
Winkelwert mit Barlowlinse	4.4	0.66	5.5	11	22	44	88

^{*)} ST = Skalenteil

5. Distanz- oder Objektgrössenberechnung mit dem Microguide Messokular

ST= Anzahl Skalenteile, f= Brennweite

Astrobeobachtungen

Logblatt Nr:

Beobachter:

Datum/ Standort	Zeit [UTC]/ Bedingungen	Objekt	Beobachtung		Skizze									Himmelskörper-/ Gesichtsfeld Schablone								
				_															#			$\stackrel{\bigstar}{+}$
										Ш									Ħ		\blacksquare	\mp
					- -	-+-	++		+		- - -				- - -		+		ĦŦ.			#
										+++							\boxplus	\bigoplus			\blacksquare	\pm
							Ħ			\blacksquare			Ħ								\blacksquare	#
						1 1 1	#	Ш		\blacksquare	\blacksquare						Ш					#
				_						1 1 1			Н					H	曲		\blacksquare	$\frac{1}{1}$
									1 1 1	1 1 1	Ш			Ш			+		Ħ		\pm	\pm
				_		- - -					+	-			1.1.				H			#
													\blacksquare						\blacksquare		\pm	\pm
							+			+			H							i		#
				_									H								\blacksquare	\mp
				_									H	Ш							\blacksquare	\Rightarrow
									+++	+++			H				H		Ħ		\blacksquare	#
															-1		Π		H		\pm	#
							#				Ħ		Ħ	\pm			\exists		Ħ		\equiv	$\frac{1}{2}$
								Ш		Ш	Ш		Ħ							<u> </u>		#
				_																		#
											Ш		Ш				111,				\blacksquare	$\stackrel{1}{\Rightarrow}$
				_															\coprod		\pm	#
																	+					\pm
														+							\blacksquare	$\frac{1}{2}$
																				+		$\frac{4}{1}$
				_				Ш		+			H	+							\Rightarrow	\neq
													H				\prod		Ħ		\blacksquare	\Rightarrow
						- - -					+				+++		- - -				H	Ŧ
									Ħ		\blacksquare		Ħ	#			++		Ħ		#	#
													\blacksquare	\blacksquare				M	Ħ		\blacksquare	#
				_			\pm										\pm		#		#	#