



# Die Himmelpolizey

AVL Astronomische Vereinigung Lilienthal e. V.



25

01/11

ISSN 1867 – 9471

## **PFERDE IM WELTALL**

Messier 42 und der Pferdekopfnebel

## **VON HORIZONTALOBSERVATORIEN UND GASOMETERN**

Mit der AVL im Ruhrpott

**Die Himmelspolizey**  
 Jahrgang 7, Nr.25  
 Lilienthal, Januar 2011

## Inhalt

Die Sterne .....	3
Reise zu den Sternen – die Voyager Missionen .....	4
Dunkle Materie. Gibt es sie wirklich? .....	11
Der Omega-Nebel .....	14
Impressionen von der AVL-Vereinsfahrt 2010 .....	16
Die Purus – eine wiederentdeckte Astromontierung .....	20
Messier 42 und der Pferdekopfnebel .....	22
Neues aus der AVL-Bibliothek .....	26
Impressionen von der Partiellen Sonnenfinsterniss vom 04.01.2011 in Würden .....	27

Der Winter ist die beste Zeit, um die Milchstraße zu beobachten. In den knackig kalten Januarnächten steht sie hoch über Lilienthal. Die hellsten Sterne strahlen in ihrem Vordergrund. Aber nicht nur die Sterne machen den Winterhimmel so schön. Es glänzen auch helle Nebel, wie der Orionnebel M 42, der sogar mit bloßem Auge gesehen werden kann. Gerald Willems berichtet in dieser Ausgabe der Himmelspolizey über M 42 und den in ihn eingebetteten Pferdekopfnebel. Unser Titelbild zielt deshalb der Pferdekopfnebel. Aber auch der von Hans-Joachim Leue beschriebene Omeganebel ist einen Beobachtungsabend wert. Dazu braucht man natürlich neben dem Teleskop die richtigen Montierung, so wie sie Jürgen Ruddek beschreibt.

Aber auch mit bloßem Auge kann sich so einiges am Himmel tun. Bestes Beispiel war die Mondfinsternis vom 21. Dezember, die Kai-Oliver Detken für uns in den frühen Morgenstunden photographierte.



*Titelbild: Gerald Willems  
 Bild Seite 2: Kai-Oliver-Detken*

## DIE STERNE

werden von uns beobachtet, berechnet und vermessen. Aus ihren Spektren lesen wir wie aus einem Buch. Wir glauben, so die Natur der Sterne, der Galaxien und letztendlich des gesamten Universums und vielleicht eines Multiversums zu erkennen. Immerhin können wir mit der universellen Sprache der Mathematik recht gut beschreiben, was wir sehen. Wir stellen Theorien auf, die zeit- und raumunabhängig gelten sollen. Was jetzt gilt, galt und wird gelten. Doch wer oder was sagt uns eigentlich, ob wir nicht einer Illusion aufgesessen sind? Existiert all das, was wir sehen und fühlen? Können wir eigentlich sicher sein, selber zu existieren? Wer könnte einem tatsächlich existierenden Individuum, vielleicht dem einzigen!, mitteilen, welche Welt um sich herum es sich einbildet?

Ein Gedankenexperiment beschreibt unser Universum als Computersimulation einer weiterentwickelten Kultur, die in ihrem eigenen Universum lebt. Sie hat bereits ihr Universum bis in die kleinsten Teile berechnet und verstanden. Wir dagegen haben erst im letzten Jahrhundert verstanden, wie ein Atom mit den variablen Positionen der Elektronen aufgebaut ist. Aber wir sind noch lange nicht ins Aller-kleinste eingedrungen und haben gar eine Idee von der Physik dahinter. Doch in unserem Gedankenexperiment wäre der Computer so leistungsfähig, um nicht nur eine verpixelte Welt darzustellen, sondern sogar kleinste Details mitzubersich-tigen. Schließlich soll das erhoffte Ergebnis eine die Welt erforschende Kultur werden, der jede Unregelmäßigkeit der Naturge-setze auffiele. So könnte Astronomen auf-fallen, wie sich Naturkonstanten langsam veränderten.

Wenn nun die Programmierer der Simu-lation in der Lage wären, die Entwicklung ihrer eigenen Welt mit den notwendigen Anfangsbedingungen in allen Details, ins-

besondere auch der Biochemie, zu simu-lieren, so wären wir und unsere Welt mög-licherweise das Ergebnis. Zur genauen Betrachtung der Erde wäre das umgebende Universum allenfalls Zierde, doch um die Sonne entstehen zu lassen, wäre es mit all seiner Quantenphysik und Relativität zwin-gend. Der Planet Erde aber mit all seinen Eigenschaften wäre quasi wie eine Bakteri-enkultur in der Petrischale unter ständiger Beobachtung. Man könnte beobachten, wie sich der Planet von einer Gesteinswolke bis zu einer harten Gesteinskugel entwickelt. Und dann? Die Computersimulation würde an dieser Stelle langweilig, da auf der Erde bis zu ihrem Verglühen in der Sonne nichts Spannendes mehr passiert.

Wahrscheinlich würde das Szenario ein-fach geändert. Der Simulation wird etwas hinzugefügt, das die Erde sich entwickeln ließe. Man könnte von außen einfach mal einen Planeten mit der Erde kollidieren lassen, um einen stabilisierenden Mond zu erzeugen. Man könnte Wasser hinzu-fügen. Oder einfach mal ein paar einfache Aminosäuren irgendwo aussetzen. Oder alles zusammen, da nur so das komplexe, mehrzellige Leben entstünde und stabil wäre. Nun sähe der Programmierer wie sich die Erde plötzlich verändert. Diese Ände-rungen wären zwar nicht rationell erklärbar und würden jemanden, der die Entwick-lung seines Planeten erklären wollte vor unlösbare Probleme stellen, doch sind sie notwendig, um der Evolution die Anfangs-bedingungen zu bieten.

Natürlich sollte ein realistisch wirkendes Szenario anfangs nicht zu komplex sein, und vielleicht soll es auch der Realität der Welt des Programmierers entsprechen. Der Vorteil einer Computersimulation ist seine Wiederholbarkeit mit geänderten Bedingungen, um verschiedene Szena-rien zu erforschen. So ist eine der größten Fragen der Menschheit immer noch, wie sie reagieren würde, wenn sie mit einer fremd-

artigen Kultur konfrontiert würde. Auch unsere Programmierkultur mag sich diese Frage stellen, denn vielleicht ist sie zwar auf dem höchsten Punkt der technischen Ent-wicklung angelangt, aber nicht in der Lage, mit Raumschiffen zu anderen Planeten zu reisen. So könnten sie die Erde als Modell benutzen, um das Zusammentreffen der Kulturen zu erforschen. Die meisten Auf-einandertreffen verschiedener Kulturen waren bisher ziemliche Fiaskos, bei denen die schwächere (oder friedlichere) Kultur nicht überlebte. Bereits der Neandertaler hat das Treffen mit dem Homo sapiens nicht überlebt.

Doch wie jedes Computerprogramm wird auch unsere Simulation seine Pro-grammierfehler haben. Weil aber bei einer so aufwendigen Simulation jeder Fehler sich fortpflanzt und somit weitere Fehler generiert, wird der Programmierer für kleine parallel ablaufende Korrekturpro-grammchen sorgen. Sie würden nur den Nachteil haben, ständige Beobachter durch unlogische Sprünge in festgelegten Natur-gesetzten auf sich aufmerksam zu machen. Vielleicht tauchen sogar Viren auf, die die Simulation beeinflussen und bestimmte Teile des Programms zerstören. Plötzlich würden vielleicht Sterne zerstört oder auf der Erde stürben unerklärlicherweise ganze Spezien aus.

All diese Ereignisse sichten wir von unserem kleinen Beobachtungsplatz aus. Nicht nur räumlich, auch zeitlich, stellen wir fest, wie zum Beispiel plötzlich auf-tretendes Massenaussterben auf der Erde auftritt und es mit unsrem heutigen Wissen nicht erklärbar ist. Doch ist unsere Welt - wenn sie denn existiert – wohl wirklich so komplex. Ein Zitat von Douglas Adams besagt, es gäbe eine Theorie, wonach das Universum, sobald seine Natur ergründet werde, sofort durch etwas weitaus Komple-xeres ersetzt werde. Eine weitere Theorie besage, es sei bereits geschehen.

Alexander Alin



# REISE ZU DEN STERNEN

Die Voyager Missionen:  
von DR. KAI-OLIVER DETKEN, GRASBERG

Den Griff zu den Sternen zu realisieren, war schon immer der Wunsch der Menschheit. Konnte man in Jahrtausenden nur durch reine Beobachtung und das Hilfsmittel der Mathematik Vermutungen zu unserem Sonnensystem anstellen, so änderte sich dies schlagartig mit Beginn des Raumzeitalters. Mit der Möglichkeit unsere Atmosphäre zu verlassen eröffneten sich völlig neue Wege, um mehr über unser Universum erfahren zu können. Raumsonden wurden gebaut, um zu den Planeten unseres Sonnensystems zu reisen und mehr über sie zu erfahren. Sie brachten Bilder mit, die man bis dahin nicht für möglich gehalten hatte und lieferten Beweise für so manche Theorie. Begonnen wurde diese Geschichte u.a. von den Raumsonden Voyager 1 und 2, die ihre Missionen längst abgeschlossen haben, aber noch heute Daten zur Erde senden. Dieser Artikel möchte auf die Reise dieser beiden Sonden eingehen, die in Bereiche vorgedrungen sind und noch vordringen werden, die nie ein Mensch zuvor gesehen hat.

## Die Nutzung der Gravitation

Bereits Mitte der 1960er Jahre machte man sich Gedanken, wie es ermöglicht werden könnte, Raumsonden mit möglichst wenig Energiebedarf zur Erkundung unseres Sonnensystems einzusetzen. Schließlich wäre es problematisch gewesen große Energietanks anzubringen, um so ausreichend Treibstoff für eine längere Reise zur Verfügung stellen zu können. Zwar lassen sich die Systeme hauptsächlich mit Solarenergie speisen, aber den Gravitationsausgleich zu den Planeten, hätte jeweils eine Menge Treibstoff verbraucht. Um dieses Problem zu lösen, spielte man mit dem Gedanken die Gravitationsenergie der Planeten positiv zu nutzen (**Anziehungseffekt**), um dann später sich wieder von ihnen abzustoßen. Dieser Effekt wurde „**Swing-by**“ genannt und sollte eine Schwerkraftumlenkung ermöglichen. Eine besondere Bedeutung nahm dabei der Planet Jupiter ein, der die größte Masse in unserem Sonnensystem besitzt – nämlich 2,5mal soviel Masse, wie alle anderen sieben Planeten zusammen. Die Masse entspricht ungefähr 318 Erdmassen bzw. dem 1.048ten Teil der Sonnenmasse. Diese Masse wollte man nun ausnutzen, um möglichst Energiesparend die äußeren Planeten erreichen zu können, über die man bis dato noch relativ wenig bzw. schlechtes Bildma-

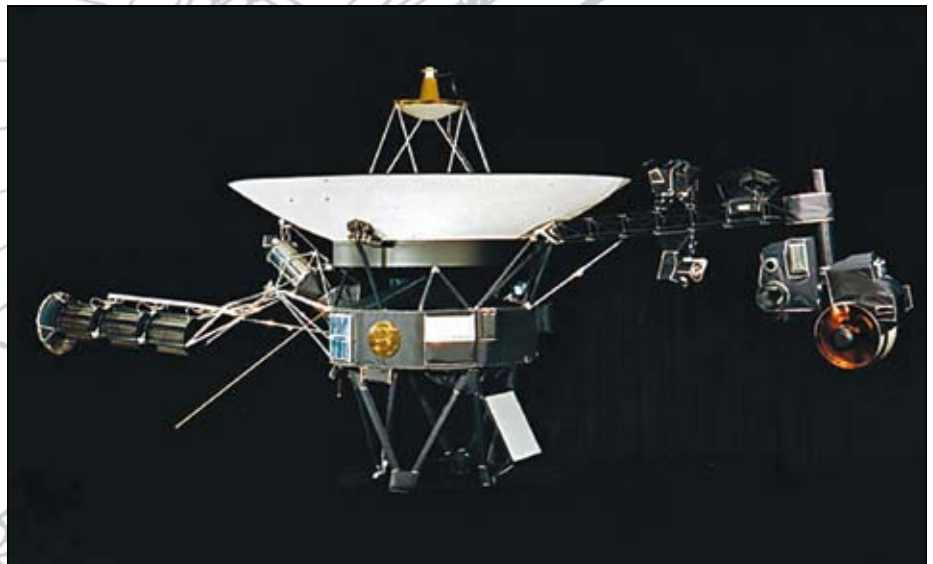


Abb. 1: Modell der Voyagersonden [1].

terial besaß. Eine besonders günstige Konstellation der Planeten errechnete man zwischen 1976 und 1978, so dass bei der NASA mit Hochdruck an der Fertigstellung bis zu diesem Zeitpunkt gearbeitet wurde.

## Geschichtliches

Anfangs war sogar eine Sondenfamilie vorgesehen, die die Erforschung der äußeren Planeten umsetzen sollte. Ende der 1960er Jahre waren die ersten Sonden zudem auch recht üppig konstruiert worden, so dass man eine Saturn V als Trägerrakete benötigt hätte. Bis zu fünf Sonden sollten im **Outer Planets Grand Tour Project**

(**OPGTP**) eingesetzt werden, um auf der einen Seite die Tour Jupiter-Saturn-Pluto im Jahr 1976 und auf der anderen Seite die Tour Jupiter-Uranus-Neptun im Jahr 1979 anzugehen. Das Programm sollte 700 Mio. Dollar kosten und wurde dann auch prompt Anfang der 1970er Jahre aufgrund der zu hohen Kosten gestrichen. Voyager 1 und 2 (baugleich, siehe Abbildung 1) waren somit eine Notlösung, um die Kosten im überschaubaren Rahmen halten zu können. Der Kostenrahmen betrug nun „nur“ noch 250 Mio. Dollar. Durch die wesentlich kleinere Bauweise war als Trägerrakete die Titan-Serie vorgesehen. Diese war ur-

sprünglich als Interkontinentalrakete entwickelt worden, diente dann aber als leistungsfähige Trägerrakete, u.a. für das Raumfahrtprogramm Gemini. Weiterentwicklungen der Titan-Rakete sind bis 2003 noch als Trägerrakete für Satellitensysteme im Einsatz gewesen.

Bis 1975 hatte man die konzeptionelle Phase abgeschlossen, so dass anschließend mit dem Bau der Sonden begonnen werden konnte. Als Forschungsschwerpunkte wurden die Untersuchung der Atmosphäre von Saturn und Jupiter, Analyse der Monde beider Planeten, genauere Bestimmung der Masse, Größe und Form aller Planeten, Monde und Ringe sowie die Untersuchung diverser Magnetfelder und Zusammensetzung geladener Teilchen auserkoren. Damit waren die Themen relativ weit gefasst – man wusste einfach noch zu wenig über die Möglichkeiten eines solchen Vorbeiflugs.

### Der Swing-by-Effekt

Um den Jupiter zur Schwerkraftumlenkung nutzen zu können, musste, wie bereits erwähnt, der Swing-by-Effekt erfunden werden. In den 1960er Jahren wurde bereits darüber nachgedacht. Die erste Erprobung dieser Theorie ist dann 1970 bei der Apollo-13-Mission aus einer Notlage heraus vorgenommen worden, da nach einer Explosion eines Sauerstofftanks die Mission abgebrochen werden musste. Große technische Improvisation war notwendig, um die drei Besatzungsmitglieder wieder heil auf die Erde zurückzubringen. Durch den Ausfall der Sauerstoff-, Strom- und Wasserversorgung blieben nur wenige Stunden, um das Unheil abzuwenden. Da eine direkte Schubumkehr wegen des unbekanntem Zustands der Antriebsraketen ausgeschlossen wurde, beschloss man die Gravitation des Mondes auszunutzen, um den Schwung nach dem Mondumflug wieder zur Erde mitzunehmen. Wenn man bedenkt, wie viele Unsicherheitsfaktoren bei dieser Mission eine Rolle spielten, grenzte es fast an ein Wunder, dass die Astronauten alle überlebten.

Aber wie funktioniert dieser Swing-by-Effekt eigentlich genau? Schließlich kann ja eine Beschleunigung durch die Anziehung eines Planeten nur wieder abbremmend wirken nach einem Vorbeiflug, da dann die Gravitation sich ja negativ auswirken würde. Man könnte auch sagen: eine Energie, die hinzugefügt wurde, muss auch anschließend wieder abgezogen werden.

Im Fall von Voyager 2 wurde eine Beschleunigung von 18 km/s durch den Saturn erreicht, wodurch seine Reisezeit zum Neptun auf die Hälfte gekürzt werden konnte. Dabei wurde die Sonde im ersten Schritt durch das Gravitationsfeld des Planeten Saturns angezogen und dadurch entsprechend abgelenkt von ihrer ursprünglichen Flugbahn. Dies geschieht, indem die Sonde in einem verhältnismäßig steilen Winkel auf den Planeten zufliegt. Dadurch wird zwischen dem Planeten und der Sonde ein Drehimpuls ausgelöst. Die Sonde verlässt dabei den Einflussbereich des Planeten in einer Richtung, die der Bewegungsrichtung des Planeten ähnlich ist. Bei diesem Vorgang wird kinetische Energie von dem Planeten auf die Sonde übertragen. Wegen des großen Masseunterschieds ist eine Geschwindigkeitsänderung des Planeten dabei nicht nachzuweisen. Dies lässt sich anhand eines einfachen Beispiels verdeutlichen: Wirft man einen Tennisball auf ein fahrendes Auto, wird der Ball ungefähr mit der Geschwindigkeit des Fahrzeugs zurückgeschleudert. Zusätzlich müsste die Geschwindigkeit des Balles das Auto entsprechend verlangsamen. Das geschieht letztendlich auch, ist aber nicht merkbar.

Wichtig für das Verständnis ist es, den Vorgang von zwei verschiedenen Standpunkten aus zu beobachten. System 1 ist dabei der Standpunkt, den die Sonne als fest annimmt und die Bahnen der Planeten betrachtet. Hier muss der Energiegewinn festgestellt werden. System 2 ist ein Beobachtungssystem, das sich mit den Planeten mitbewegt. Aufgrund der großen Entfernung zur Sonne, kann die Gravitationskraft der Sonne als konstant

betrachtet werden. Der Planet folgt ihr durch die Bahnkrümmung. Das System 2 wiederum folgt dieser beschleunigenden Kraft, ohne dass ihre Wirkung im System spürbar ist. Wegen der kurzen Dauer des Vorgangs und der daraus folgenden räumlichen Begrenzung kann für System 1 angenommen werden, dass der Planet sich gradlinig und gleichförmig bewegt. In System 2 ruht der Planet und in seinem Gravitationsfeld befindet sich die Sonde. Die Systeme 1 und 2 sind somit Inertialsysteme, die sich zueinander mit der Geschwindigkeit des Planeten bewegen. In System 2 findet eine elastische Streuung statt, weshalb Energie- und Impulserhaltungssatz gelten. Die Geschwindigkeit der Sonde im System 2 ist also vor und nach der Begegnung annähernd gleich groß. Um die Geschwindigkeiten in das System 1 zu übertragen, muss die Geschwindigkeit, mit der sich die Systeme zueinander bewegen, addiert werden. Der Energiegewinn ergibt sich dann aus der kinetischen Energie. [2]

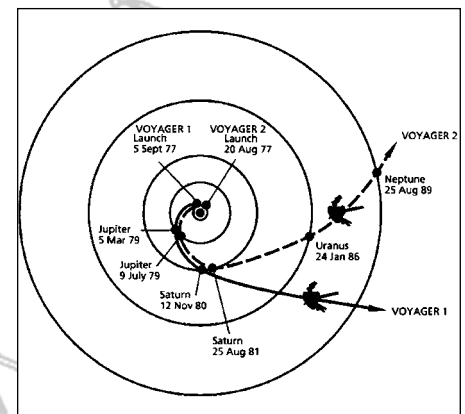


Abb 2: Flugbahnen der Voyager-Sonden mittels des Swing-by-Effekts [2].

Man kann den Swing-by-Effekt auch einfacher erklären, wie auch die Abbildung 2 verdeutlicht. Die Sonde tritt mit einer bestimmten Geschwindigkeit in die Einflussphäre des Planeten, wird durch den Planeten beschleunigt. Sie erreicht den planetennächsten Punkt und hat dort ihre maximale Geschwindigkeit. Wenn die Sonde den Planeten wieder verlässt, baut sich die Geschwindigkeit wieder ab, bis die Geschwindigkeit erreicht

wird, mit der die Sonde den Planeten ursprünglich erreicht hat. Vom Planeten aus gesehen hat die Sonde also weder Geschwindigkeit gewonnen oder verloren. Einziger Unterschied: die Bahn der Sonde wurde durch die Anziehungskraft des Planeten gekrümmt. Aus Sicht eines Planeten ist der Vorbeiflug einer Sonde vergleichbar mit dem Squash-Spiel auf der Erde. Hier wird ein Ball mit einem Squash-Schläger gegen eine Wand geschlagen. Der Ball prallt von der Wand ab und verlässt sie mit derselben Geschwindigkeit und demselben Winkel zur Senkrechten. Die Sonde verlässt den Planeten ebenfalls im gleichen Einfallswinkel aus Sicht des Planeten. Aus Sicht der Sonne bewegt sich aber der Planet in einer Sonnenumlaufbahn und der Ein-/Austrittspunkt der Sonde unterscheidet sich auf die Sonne bezogen, da man hier den Geschwindigkeitsvektor der Sonne addieren muss. Der Planet krümmt also die Bahn der Sonde, wodurch der Geschwindigkeitsvektor der Bahn in eine andere Richtung zeigt. Selbst wenn die Sonde keine Geschwindigkeit gewonnen hätte, wäre das so. Des Weiteren haben die Sonde wie der Planet eine Geschwindigkeit, die sich relativ zur Sonne befindet. Dies ist mit einem Tennisspiel vergleichbar. Der Gegenspieler kann dabei seinen Schläger auf den Ball zu bewegen (Beschleunigen) oder sich von ihm weg bewegen (Abbremsen). Der Planet ist mit dem Gegenspieler gleichzusetzen: er bewegt sich auf seiner Sonnenumlaufbahn und die Sonde kann sich auf ihn zu bewegen oder ihn von hinten langsam einholen. Dementsprechend kann die Sonde nach einer Planetenpassage in Bezug auf die Sonne eine höhere oder niedrigere Geschwindigkeit aufweisen. [3]

Es ist daher immer wichtig von wo man solche Vorgänge aus betrachtet, um sie komplett verstehen zu können. Die Voyager-Sonden haben auf jeden Fall bewiesen, dass die Theorie in der Praxis funktioniert. Die Sonden nutzen die Wege Jupiter-Saturn-Uranus-Neptun, Jupiter-Saturn-Pluto und Ju-

pter-Uranus-Neptun aus, um schnell und Treibstoff sparend ans Ziel zu gelangen.

### Energieversorgung und Computersysteme

Da die Voyager-Sonden sehr lange unterwegs sein sollten und sogar noch heute aktiv sind, mussten neue Wege in der Energieversorgung gegangen werden. Solarzellen waren beispielsweise nicht geeignet, da sich Voyager von der Sonne immer weiter entfernte und dadurch auf Dauer seinen Energiebedarf nicht hätte decken können. Daher wurden jeweils drei **Radionuklidbatterien** verbaut, die durch den Kernzerfall verursachte Wärme in elektrische Energie umwandeln können. Die Batterien enthalten dafür Plutonium 238, das eine Halbwertszeit von 87,7 Jahren besitzt. Während des Kernzerfalls werden Alphastrahlen ausgesendet, die von außen auf den Menschen relativ ungefährlich sind. Die Einnahme durch die Nahrung oder durch die Luft ist allerdings sehr schädlich, da dann lebende Zellen geschädigt werden. Es können dadurch also auch Strahlenkrankheiten entstehen. Falls die Voyager-Sonden also innerhalb der 87,7 Jahre auf einem Planeten oder Asteroid stranden sollten, würden sie in geringem Maße bereits diesen anderen Körper kontaminieren. Wahrscheinlich wird dies aber erst lange nach Ablauf der Halbwertszeit passieren. Auf Planeten werden beide Sonden in dieser Zeitspanne jedenfalls nicht mehr treffen.

Beim Start standen den Systemen an Bord ca. 470 Watt bei einer Gleichspannung von 30 V zur Verfügung. Da die Leistung aufgrund des radioaktiven Zerfalls jedes Jahr geringer wird, muss mit einem Energieverlust von 1,38% pro Jahr gerechnet werden. Damit die Sonden möglichst lange noch ihre Signale zur Erde senden können, sind daher immer mehr wissenschaftliche Geräte im Laufe der Zeit abgeschaltet worden.

Die Voyager-Sonden besitzen drei vollständig redundante Computersysteme, die für die Kommunikation,

die Bahnausrichtung und die Datenspeicherung zuständig sind. Für die Kommunikationssysteme wurde eine Rechenleistung von 0,73 MIPS bei einer Taktrate von 1,9 MHz eingesetzt. Zum Vergleich: ein Atari-Rechner für den Heimbereich hatte 1989 auf Basis eines Motorola 68000 Chips erst 1 MIPS mit 8 MHz, während heutige Prozessoren Taktraten von 3 GHz bieten mit ca. 95.000 MIPS. Für damalige Verhältnisse war die Rechenleistung also durchaus als hochwertig zu bezeichnen. An den heutigen CPU-Leistungen lässt sich allerdings erkennen, welchen Fortschritt wir in der Computertechnik gemacht haben und noch machen werden. Dies kann man auch am Speicher feststellen: die Sonden wurden damals mit einer Kapazität von 4.000 Datenworten, die je 18 Bit lang sind, ausgestattet. Man kam daher auf eine Gesamtkapazität von 9 kByte. Heutige Computersysteme besitzen in der Grundausstattung bereits 4 GByte RAM-Speicher und auch Taschenrechner haben heute eine größere Speicherkapazität. Weshalb man auch mit 9 kByte damals auskam lag an der wesentlich schlankeren Programmierung, die damals in Maschinencode vorgenommen wurde. Das heißt, der Binärcode konnte vom jeweiligen Prozessor ohne datenverarbeitendes System direkt ausgeführt werden. Neben den redundanten Systemen wurde auch zum ersten Mal ein Selbsttest implementiert, der auftretende Probleme analysieren soll. So können damit Spannungs- und Stromschwankungen oder der Ausfall des Senders festgestellt und untersucht werden.

Die Ausrichtung der Sonden während des Vorbeiflugs an den Planeten, wurde durch ein zweites Kontrollsystem vorgenommen. Dieses musste die Instrumentenplattform bei den Vorbeiflügen exakt ausrichten und beinhaltete einen Sternenmodus zur astronomischen Navigation. Die Kalibrierung hatte dabei eine Genauigkeit von 0,05 Grad pro Stunde. Im Sternenmodus kommen jeweils ein Sternen- und Sonnensensor zum Einsatz. Der Sonnensensor besitzt eine

Abweichung von nur 0,01 Grad, während der Sternensensor exakt auf den Stern Canopus ausgerichtet ist. Beide Sensoren sind darauf geeicht, ein Bildobjekt in der Mitte des Sichtfeldes zu halten. Ab einer Abweichung von nur 0,05 Grad werden zur Kompensation die Schubdüsen aktiviert.

Der Datenspeicher des dritten Computersystems war für die Zwischenspeicherung der aufgenommenen Informationen notwendig, da die Datenrate für die Bearbeitung zu hoch war. Er enthält 18 kByte Gesamtspeicher auf CMOS-Basis, einer damals sehr neuen Speicherart, und wurde für das erste Computersystem manchmal mit verwendet. Zusätzlich wurde ein Massenspeicher auf Basis eines 328 m langen Magnetbandes verwendet, da die Bilddaten nicht sofort zur Erde gesandt werden konnten. Darauf lassen sich 67 MByte abspeichern – eine für damalige Verhältnisse enorme Speichergröße. Damit konnten ca. 100 Bilder zwischengespeichert werden. Hingegen liegen heutige Massenspeicher im Terabyte-Bereich (10<sup>12</sup>) und werden demnächst den Petabyte-Bereich (10<sup>15</sup>) erreichen. Die Bilder wurden dann bei optimaler Lage der Sonde über die große Parabolantenne (siehe Abbildung 3) mit bis zu 115 kBit/s zur Erde gesendet.

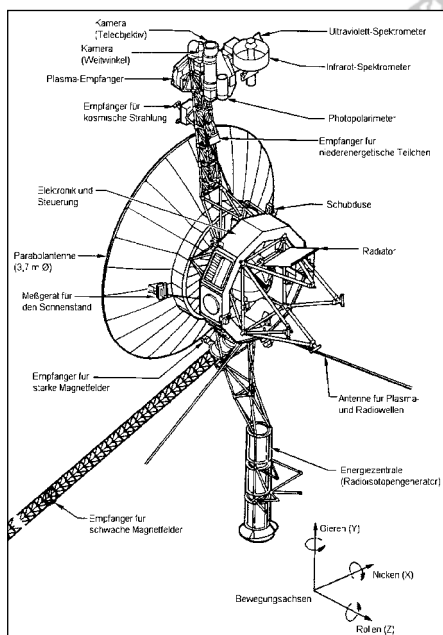


Abb 3: Architektur der Voyager-Sonden [1].

### Equipment an Bord

Die Sonden enthalten 11 wissenschaftliche Instrumente, die insgesamt 90 Watt an elektrischer Leistung benötigen haben. Diese lassen sich unterteilen in Instrumente für Direktmessungen und die Fernerkundung. Alle Instrumente für die Fernerkundung sind in der beweglichen Scanplattform angebracht, die präzise auf einen bestimmten Punkt ausgerichtet werden kann.

### Folgende Instrumente sind in den Sonden enthalten:

#### a. Cosmic Ray System (CRS):

Untersuchung des Sonnenwindes und der Strahlungsgürtel der Planeten. Drei Teilchenzähler nehmen Winkel, Anzahl und Energie von auftreffenden Teilchen wahr. Die Schädigung auf elektronische Bauteile wurde dadurch auch für zukünftige Missionen untersucht.

#### b. Imaging Science System (ISS):

Beinhaltet zwei optische Kameras, die im Bereich des sichtbaren und ultraviolett Lichts arbeiten. Beide Kamerasysteme können Bilder von 0,005 bis 61 Sekunden lang belichten. Die Telekamera verfügt über ein Cassegrain-Teleskop mit einer Öffnung von 176,5 mm und einer Brennweite von 1500 mm.

#### c. Infrared Interferometer Spectrometer (IRIS):

Hierdurch kann die Temperatur und Atmosphärenstruktur von Planeten und Monden festgestellt werden. Dies gelingt durch die Auswertung der Infrarot-Emissionswerte. Das IRIS ist mit den Kameras des ISS synchronisiert.

#### d. Low-Energy Charged Particles (LECP):

Dieses Instrument ergänzt das CRS, indem es niedrige elektrische Ladungen aufspüren soll. Durch zwei Sensoren konnten die Wechselwirkungen von Teilchen mit den Magnetfeldern von Monden und Planeten sowie die kosmische Strahlung und Sonnenwinde nachgewiesen werden.

#### e. Photopolarimeter System (PPS):

Polarisierungseffekte, die oft durch die Wechselwirkung von Licht mit

Materie entstehen, können mit diesem Instrument gemessen werden. Dadurch lassen sich Rückschlüsse auf die chemische Struktur von Planetenoberflächen, Ringsystemen und Atmosphären ermöglichen.

#### f. Plasma Spectrometer (PLS):

Dieses Instrument untersucht das Verhalten des Sonnenwindes. Zusätzlich wurden heiße, ionisierte Gase im offenen Weltraum und deren Wechselwirkung mit den Magnetfeldern der Planeten untersucht.

#### g. Plasma Wave System (PWS):

Dieses System benötigte die 10 m langen Antennen der Voyager-Sonden (siehe Abbildung 3), um die Wechselwirkung von Teilchen mit den Magnetfeldern der Planeten und die elektrische Komponente von Plasmawellen zu untersuchen.

#### h. Planetary Radio

##### Astronomy (PRA):

Durch die Verwendung beider Antennen des PWS können Radiowellen im Frequenzbereich von 20,4 bis 1300 kHz und von 2,3 bis 40,5 MHz empfangen werden.

#### i. Radio Science (RSS):

Hiermit wird der Dopplereffekt der empfangenen Signale gemessen, um daraus Rückschlüsse auf die Masse von nahe gelegenen Planeten und Monden ziehen zu können. Zusätzlich können Frequenzverschiebungen von Atmosphären oder Staubwolken ermittelt werden.

#### Triaxial Fluxgate Magnetometer (MAG):

Vier Sensoren messen die Magnetfeldstärke in drei Richtungen. Durch die Anordnung können Magnetfelder bis zu einer Stärke von 1/10.000stel des Erdmagnetfelds gemessen werden.

#### Ultraviolet Spectrometer (UVS):

Dieses Instrument führt Analysen im Ultraviolettenbereich durch, um Strahlungsquellen in der Atmosphäre von Planeten und Monden ausmachen zu können.

Neben den wissenschaftlichen Instrumenten wurde an Board der Voyager-Sonden zusätzlich eine vergoldete

Datenplatte aus Kupfer angebracht (siehe Abbildung 4). Diese enthält Audio- und Videomaterial, um fremden Zivilisationen Informationen über die Menschen mitzugeben. Auf ihr enthalten ist u.a. unsere genaue Position im Universum. Die Datenplatte wird schätzungsweise 500 Mio. Jahre überdauern und daher noch lange Zeugnis über die Existenz der Menschheit geben. Neben der genauen Position wurde auch eine Gebrauchsanleitung für das Abspielen der Datenplatte mitgegeben. Die Angaben sind in binärer Form vorhanden und beziehen sich auf ein Wasserstoffatom, welches ebenfalls gezeigt wird. Die Datenspur enthält 115 analog gespeicherte Bilder, auf denen u.a. mathematische Definitionen, die Planeten unseres Sonnensystems und eine stillende Mutter dargestellt sind. Der vollständige Index kann unter [4] nachgesehen werden.

Die Audiodaten enthalten hingegen gesprochene Grüße in 55 Sprachen, verschiedene Geräusche auf der Erde (Wind, Donner, Tiergeräusche) und ausgewählte Musik. Darunter Ludwig van Beethoven, Johann Sebastian Bach, Wolfgang Amadeus Mozart oder Chuck Berry. Der damalige Präsident der USA Jimmy Carter ist ebenfalls auf ihr mit der Grußbotschaft zu hören: „Dies ist ein Geschenk einer kleinen, weit entfernten Welt... Wir versuchen unser Zeitalter zu überleben, um so bis in Eure Zeit hinein leben zu dürfen.“ Die goldene Datenplatte hatte aber nicht nur Befürworter. Es wurde u.a. die Vielseitigkeit der Platte kritisiert, die ein heiles Weltbild darstellt, ohne die Bezugnahme zu Hunger, Leid und Kriegen. Es würde daher ein falsches Bild von der Erde wiedergegeben. Auch die genaue Position unserer Erde wurde kritisch gesehen, da diese einer genauen Wegbeschreibung gleichkommt, die auch von feindlich gesinnten Spezies genutzt werden könnte. Im Kinofilm Star Trek I wurde dann auch diese Thematik aufgenommen, indem Voyager von einem Maschinenplaneten umkonfiguriert und mit Intelligenz versehen, wieder zur Erde zurückgeschickt wird, um nach ihrem Schöpfer



Abb. 4: Die goldene Platte der Voyager-Sonden (Vor- und Rückseite) [1].



Abb. 5: Jupiters „Red Eye“ in Nahaufnahme von Voyager 1 [6].



Abb. 6: Aktiver Vulkan auf dem Mond Io, aufgenommen von Voyager 1 [7].



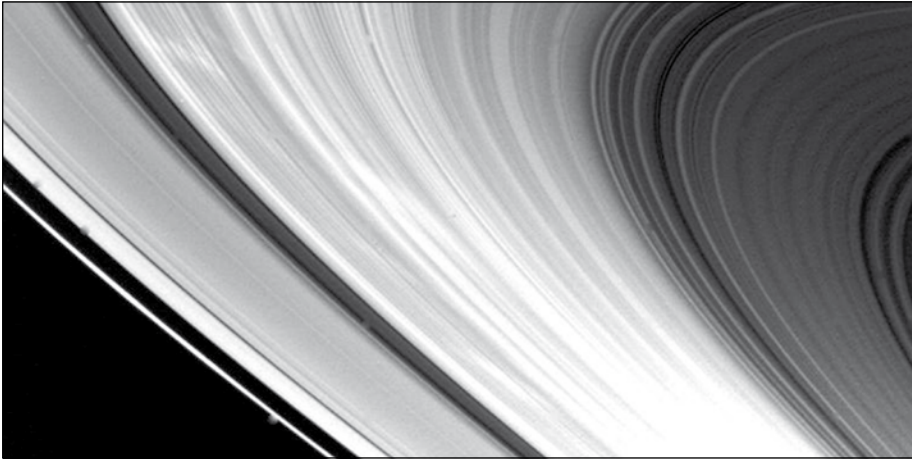


Abb. 7: Ringsystem des Saturns, Aufgenommen von Voyager 1 [8].

zu suchen. Die Menschheit wird dabei von ihr nur als Krankheitserreger (Kohlestoffeinheiten) wahrgenommen. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit in der Realität sehr gering, dass dieses oder andere Szenarien wirklich eintreffen werden, so dass man sich nicht wirklich Sorgen machen sollte.

### Aufnahmen der Planeten

Voyager 2 wurde im August 1977 von Cape Canaveral aus gestartet, während Voyager 1 zwei Wochen später nachfolgte. Beide Sonden brachten Ergebnisse von den Planeten mit, die niemand vorher voraussagen konnte. Neben Aufnahmen, die man in dieser Detailtiefe bisher mit keinem Teleskop der Erde hätte machen können, wurden auch neue Monde oder Ringsysteme entdeckt. Über die Bilder, die von den Voyager-Sonden geliefert wurden, war man aber am meisten fasziniert – gaben sie doch eine Schönheit wieder, die man so nicht erwartet hatte (siehe Abbildung 5).

Neben der Schönheit der Bilder wurde auch die Vielfalt der Monde entdeckt. Nahm man vorher an, dass alle bisher bekannten Monde ähnlich dem Erdenmond aussehen würden, so erkannte man nun, dass diese höchst unterschiedlich waren. So gab es beispielsweise auf Io vulkanische Aktivitäten, die man im Bild festhalten konnte (siehe Abbildung 6). Die schwarzen Löcher stellen dabei die Vulkanschlote dar, während die Lavaströme durch die roten Flecken zu er-

kennen sind, die um die Schloten herum vorhanden sind. Andere Monde wie der Saturnmond Titan hatten eine Methan-Atmosphäre oder waren komplett mit Eis bedeckt, wie der Saturnmond Europa.

Außerdem entdeckte man am Planeten Jupiter ein schwaches Ringsystem, dass das einfallende Licht fast komplett absorbiert, weswegen es vorher nicht ausgemacht werden konnte. Das konnte natürlich mit dem Ringsystem des Saturns nicht mithalten, wie die Abbildung 7 zeigt. Durch den Vorbeiflug am Saturn erkannte man jetzt erst die feine Strukturen der Ringe und entdeckte weitere Außenringe, die bis dahin nicht bekannt waren. Man sah jetzt, dass der Saturnring nicht homogen war, sondern sich aus vielen einzelnen Ringen zusammensetzte. An den Ringrandbereichen wurden weitere zahlreiche Kleinstmonde entdeckt, die u.a. die Ringstruktur zusammenhalten.

Voyager 2 nahm wenig später weitere Aufnahmen von Saturn auf. So wurde auch die Atmosphäre genauer untersucht, was mit Voyager 1 noch nicht möglich war. Neben den tiefen Temperaturen von -130 bis -191 Grad Celsius wurden auch polarlichtähnliche Phänomene entdeckt. Dabei fiel im UV-Bereich auf, dass Polarlichter auch in den mittleren Breitengraden auf dem Saturn vorhanden sind, was man sich bis heute nicht erklären kann. Auch über das mehrstufige lineare Wolkenmuster, welches man in der Nordpolarregion ausmachen konnte und die Form eines perfekten Hexagons aufweist, rätselt man heute noch. Die Wolken innerhalb des geometrischen Musters bewegen sich kontinuierlich rückwärts, entgegen der Eigendrehung des Saturns. Dieses Muster blieb nachweislich über Jahrzehnte erhalten, weshalb man davon ausgehen muss, dass ein beständiger, innerer hyperdimensionaler Energiefluss durch Saturn geht. Das Hubble-Teleskop konnte 15 Jahre später immer noch die gleiche Form ausmachen, wenn auch nicht ganz so deutlich wie Voyager 2.

Nach Saturn waren Uranus und Neptun bei Voyager 2 an der Reihe. Man glaubte aber ursprünglich selbst nicht daran, dass diese Missionen erfolgreich verlaufen sollten, da die geschätzte Lebensdauer bis dahin über das doppelte überschritten sein würde. In den 8 Jahren des Anflugs auf Uranus, wurde die Software von Voyager 2 komplett überarbeitet. Die Verbesserungen mussten implementiert werden, da die

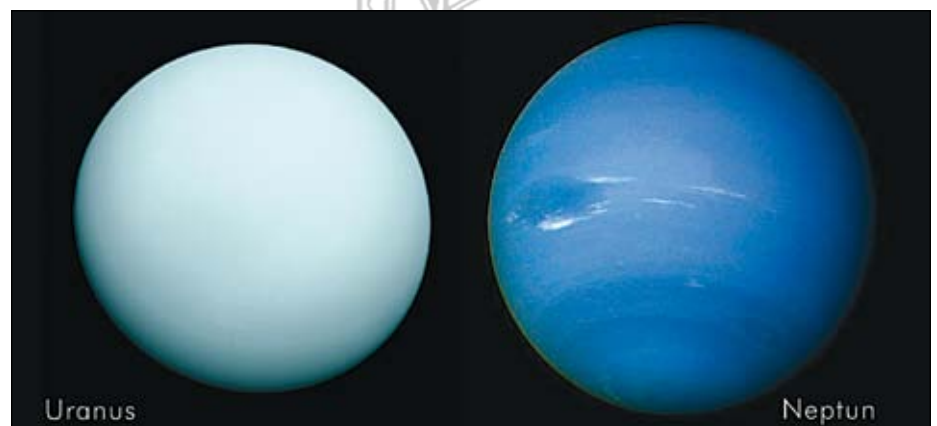


Abb. 8: Uranus und Neptun, aufgenommen von Voyager 2 [1].

Datenrate aufgrund der Entfernung weiter sank, die Energieabgabe der Batterien nur 400 Watt betrug und die Lichtstärke für die Bildbelichtung immer geringer wurde. Man bekam aber alle Probleme in den Griff und sendete 1985 die ersten hochauflösenden Bilder von Uranus zur Erde.

Neptun wurde 1989 erreicht und in 4.828 km Entfernung fotografisch festgehalten. Die genannten Probleme bei der Uranus-Mission verschärften sich natürlich weiter, aber auch hier schafften Verbesserungen erneut den erfolgreichen Abschluss der Mission. Größtes Problem war der immer weiter gesunkene Empfangspegel. Um das Empfangssignal aus dem Rauschsignal noch sicher erkennen zu können, wurden die Empfangsstationen auf der Erde wesentlich verbessert. So wurde auf der einen Seite die Antenne vergrößert und auf der anderen Seite mehrere Antennenanlagen zusammengeschaltet.

Dadurch war dann immerhin eine Datenrate von 19-22 kBit/s möglich. Das entspricht ungefähr der Hälfte einer ISDN-Verbindung, die auf einem B-Kanal immerhin 64 kBit/s senden und empfangen kann. Man kann sich daher vorstellen, wie lange die Übertragung der ca. 9.000 Bilder gedauert haben mag.

Es wurden auch bei Neptun neue Monde entdeckt. Die neun neuen

Objekte konnten aber nicht optimal beobachtet werden, da dies in der Flugbahn vorab nicht einbezogen wurde. Eine Ausnahme bildete Proteus, der früh genug entdeckt wurde. Der vorher bekannte Mond Triton wurde sehr genau untersucht. Er enthielt kaum Einschlagskrater und besaß ebenfalls vulkanische Aktivitäten. Auch konnte seine Größe erstmals genau bestimmt werden.

### Heutige Mission

Im Januar 1990 begann die letzte Phase beider Sonden, die Voyager Interstellar Mission (VIM) genannt wurde. Es wurde zum letzten Mal das Instrument ISS aktiviert, um ein Mosaik aufzunehmen, welches sechs Planeten unseres Sonnensystems in Farbe zeigt. Dafür musste Voyager 1 vorab um 180 Grad gedreht werden. Die Fotos wurden aus einer Entfernung von 6,4 Mrd. Kilometern aufgenommen – der größten Distanz, aus der je ein Mensch die Erde gesehen hat.

Die Voyager-Sonden haben uns das eigene Sonnensystem mit ganz neuen Augen gezeigt. Viele Monde und neue Ringsysteme wurden neu entdeckt. Auch war die Vielfalt der Mondoberflächen vorher völlig unbekannt. Der Nachweis von gefrorenem Wasser auf anderen Himmelskörpern in unserem Sonnensystem wurde

von der Öffentlichkeit und den Wissenschaftlern mit großem Interesse verfolgt. Weitere Missionen wurden daher nach Voyager geplant, um neue Entdeckungen zu machen.

Aktuell befinden sich beide Sonden in der Heliosheath-Region, noch im Einflussbereich des Sonnenwindes. Im Jahr 2015 soll auch diese Region verlassen werden und in die Heliopause eintreten. Der Treibstoff der Sonden wird ca. noch 40 Jahre ausreichen, wobei sich aber vorher die Energieversorgung für die Instrumente langsam verabschieden wird. So werden bis zum Jahr 2025 wohl alle restlichen Instrumente abgeschaltet sein. Einen Forschungsauftrag müssen beide Sonden nicht mehr erfüllen. Das vorzeitige komplette Abschalten wurde trotzdem durch internationale Proteste auch immer wieder verhindert, so dass heute noch die Signale empfangen werden können. Vielleicht findet eine außerirdische Spezies eines Tages die goldene Schallplatte und erhält dann den Beweis, dass es auch noch andere Lebewesen in der Unendlichkeit des Weltraums gibt – auch wenn dann die Menschheit wahrscheinlich längst nicht mehr die Erde bewohnen wird.

Dr. Kai-Oliver Detken



### Literaturhinweise

- [1] **Diese Abbildung ist gemeinfrei (public domain)**, da sie von der NASA erstellt worden ist.
- [2] **Martin Franz Stephan Freiherr von Gagern:** Der Swing-by-Effekt, erklärt anhand der Voyager-Mission. Computerprogramm, Facharbeit in Physik am Schyren-Gymnasium in Pfaffenhofen an der Ilm, Ilm 2000
- [3] **Bernd Leitenberger:** Swing By, Webseite vom Autor, URL: <http://www.bernd-leitenberger.de>
- [4] **Voyagers Plattenindex:** Scenes from Earth, <http://voyager.jpl.nasa.gov/spacecraft/sceneearth.html>
- [5] **Voyager-Projektseite der NASA:** <http://voyager.jpl.nasa.gov>
- [6] **Detailaufnahme wirbelnder Wolken um Jupiters großen roten Fleck am 5. März 1979 von der Sonde Voyager 1 aufgenommen**, Das Bild setzt sich aus drei schwarzen und weißen Negativen zusammen, das Bild ist von der NASA erstellt worden und ist gemeinfrei.
- [7] **Aufnahme des Jupiter-Mondes Io am 5. März 1979 von Voyager 1 aus einer Entfernung von 128.500 km, abgebildet sind vulkanische Aktivitäten**, das Bild ist von der NASA erstellt worden und ist gemeinfrei.
- [8] **Aufnahme des F- und A-Rings, der Cassini- Teilung sowie des B- und des C-Rings am 12.11.1980 aus 720.000 km Entfernung von der Sonde Voyager 1**, das Bild ist von der NASA erstellt worden und ist gemeinfrei.
- [9] **Status der Voyager-Sonden:** <http://voyager.jpl.nasa.gov/mission/weekly-reports/>

# DUNKLE MATERIE. GIBT ES SIE WIRKLICH ?

VON PETER STEFFEN, WEYHE

Die Dunkle Materie wird als dunkel bezeichnet, weil sie nicht sichtbar ist. Außerdem weiß niemand bisher, worum es sich dabei eigentlich handelt. Wenn aber etwas nicht nur unsichtbar im klassischen Sinne ist, sondern auch sonst in unserer Umwelt keine Auswirkungen zeigt, wie kommt man dann dazu, so etwas wie die Dunkle Materie als existent anzunehmen? Nun, um diese Frage zu beantworten, müssen wir uns in Raum und Zeit weit von unserem irdischen Gesichtskreis entfernen und in kosmische Tiefen des Universums und dessen Entwicklung begeben.

In den letzten Jahrzehnten hat die Astronomie derart große Fortschritte gemacht, dass wir heute in der Lage sind, bis fast auf die Geburtsstunde des Weltalls zurückzublicken und uns, gepaart mit der Physik, ein einigermaßen konsistentes Bild von den Anfängen des Universums bis hin zu den komplexen kosmischen Strukturen der Gegenwart zu machen. Dazu gehören auch Erscheinungen, die wir nicht direkt beobachten können, sie aber aus astrophysikalischen Zusammenhängen erschließen. So gibt es nach heutigem Erkenntnisstand zwei starke Indizien, die die Existenz einer Materieart als unabdingbar erscheinen lassen, die so gut wie nichts mit der uns bekannten Materie, bestehend aus einer, Baryonen genannten Elementarteilchenfamilie, zu tun hat [1,2,3].

Das erste Indiz für die Existenz der Dunklen Materie ist u. a. auf eine Beobachtung der Rotation von Galaxien zurückzuführen. Man weiß seit geraumer Zeit, dass Sternsysteme nicht einfach unbeweglich im Raum stehen, sondern sich im Gleichgewicht mit der Gravitation gegenüber anderen Galaxien bewegen und auch um ihr Zentrum rotieren.

So umrundet unsere Sonne das galaktische Zentrum einmal vollständig in rund 240 Millionen Jahren. Seit seiner Entstehung hat unser Zentralgestirn demnach etwa 20 Umläufe um

das Milchstraßenzentrum absolviert. Allerdings rotieren die zu einer Galaxie gehörigen Himmelskörper nicht starr gegeneinander um das Zentrum der galaktischen Scheibe. Nach dem 3. Kepler-Gesetz in Verbindung mit dem Gravitationsgesetz hängt vielmehr die Rotationsgeschwindigkeit z. B. eines Sterns von dessen Entfernung zum Zentrum der Galaxie und der zwischen Stern und Zentrum befindlichen Gesamtmasse ab. Damit können die Astrophysiker theoretisch aus dem Dichteverlauf der Sterne und sichtbaren Gaswolken auf die Rotationsgeschwindigkeit der Materie in verschiedenen Entfernungen vom Galaxiezentrum und damit auch auf die Gesamtmasse der Galaxie schließen. Daraus ergibt sich dann ein theoretisches Entfernungs-Rotationsgeschwindigkeits-Diagramm für die Gesamtheit der sichtbaren Objekte einer Galaxie, wie die Kurve a in Abbildung 2 zeigt.

Nun haben die Wissenschaftler mit Hilfe des Doppler-Effekts die Rotationsgeschwindigkeit von Sternen und Gaswolken in unterschiedlichen Entfernungen bis weit hinaus an den Rand von Galaxien gemessen. Die daraus ermittelten Messwerte führen jedoch zu einem Diagramm (Kurve b in Abb. 2), das für große Entfernungen vom galaktischen Zentrum einen völlig anderen Verlauf zeigt, als die Theorie erwarten lässt. Im Gegensatz zum theoretischen Verlauf der Rotationsge-

schwindigkeit fällt diese nicht zu größeren Entfernungen hin ab, sondern bleibt weit über die sichtbare Galaxis hinaus mehr oder weniger konstant. Da die bisherigen Erkenntnisse nicht darauf hindeuten, dass die Theorie falsch ist, und diese Abweichung kein Einzelfall ist, sondern vielfach beobachtet wird, gibt es dafür nur eine mögliche Erklärung: Galaxien müssen in riesige Wolken, so genannte Halos, von unsichtbarer Materie eingebettet sein. Dafür kommen zunächst einmal kalte, elektrisch neutrale Gase sowie kalter Staub und kleinere Materiebrocken, Meteoriten, Kometen und Planeten aber prinzipiell auch Schwarze Löcher, Neutronensterne oder Braune Zwerge in Frage. Genauere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass all diese Materie zusammen aber auch nicht zu einem Diagramm führen kann, wie in Abbildung 2, Kurve b gemessen. Daraus schließen nun die Astrophysiker, dass es eine unbekannte Materieart geben muss, die mit der normalen baryonischen Materie nicht oder nur sehr schwach wechselwirkt. Was heißt aber in diesem Zusammenhang wechselwirken?

Wir kennen in der Physik vier Grundkräfte oder Wechselwirkungen, auf die alle bekannten Erscheinungen in der Natur zurückzuführen sind. Diese sind die elektromagnetische Kraft, die schwache Kernkraft, die starke Kernkraft und die Gravitation. Im



Abb. 1: Galaxie M104 im Sternbild Jungfrau, mit angedeuteter Rotation.  
Quelle: AVL (Leue/Steffen)

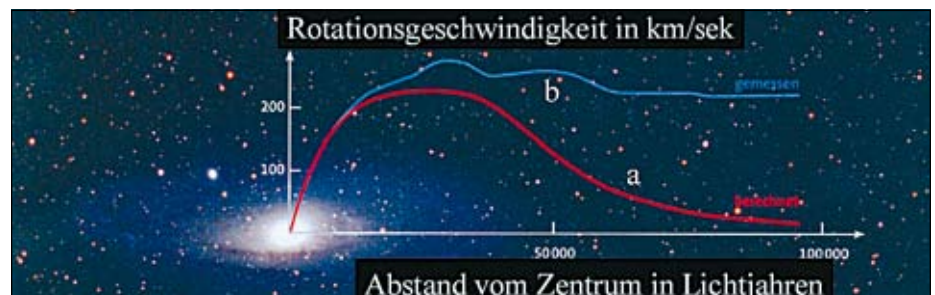
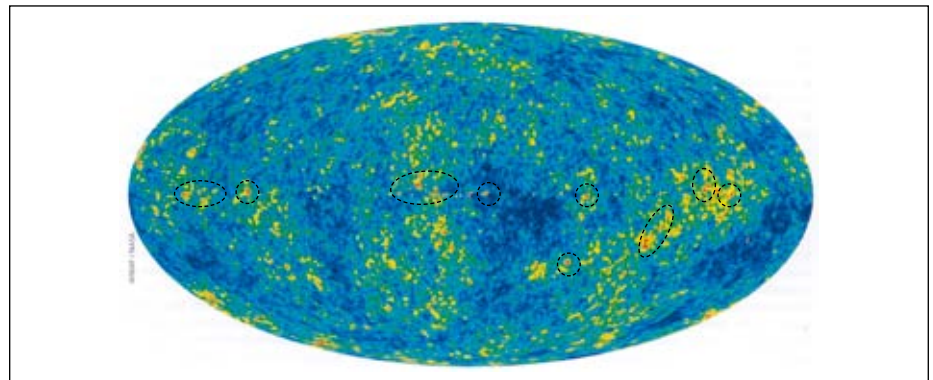


Abb. 2: Theoretischer (Kurve a) und gemessener (Kurve b) Verlauf der Rotationsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand zum Zentrum einer typischen Spiralgalaxie.  
Quelle: MPIA/SUW

Normalfall der baryonischen Materie wirken alle vier Grundkräfte auf diese Materieform ein und vice versa. Das bedeutet zum Beispiel, dass Licht oder allgemeiner die elektromagnetische Strahlung mit Materie wechselwirkt, indem es bei hinreichender Energie atomare Zustandsänderungen verursacht. Umgekehrt kann elektromagnetische Strahlung durch atomare Zustandsänderungen erzeugt werden. Diese Eigenschaft der baryonischen Materie lässt uns dann auch die Objekte im Raum erkennen.

Wie der Kurvenverlauf der gemessenen Rotationsgeschwindigkeit (vergl. Abb. 2) zeigt, muss es also in ausgedehnten Bereichen, weit vom galaktischen Zentrum entfernt, riesige Materiemengen geben, die offenbar überwiegend nur gravitativ wechselwirken. Da diese Materie sich in keinem Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums bemerkbar macht, schließen nun die Astrophysiker daraus, dass es im Halo von Galaxien eine nicht-baryonische Materieform geben muss. Woraus diese besteht, ist jedoch unbekannt. Es gibt allerdings einige Eigenschaften, die die Dunkle Materie haben müsste, auf die ich später noch eingehen werde.

Das zweite Indiz ist rein kosmologischer Natur. Wie inzwischen allgemein akzeptiert, ist das Universum vor rund 13,7 Milliarden Jahren mit dem so genannten Urknall oder Big Bang entstanden. Das erste und einzige umfassende Bild, das die Astrophysiker vom Zustand des Weltalls relativ kurz, nämlich etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall erhalten haben, ist der so genannte Mikrowellenhintergrund [4,5] (siehe auch Kasten). Dieser ist, wie Abbildung 3 zeigt, keineswegs vergleichbar mit der heutigen Struktur des Universums, sondern zeigt lediglich geringste Temperaturdifferenzen von weniger als einige hunderttausendstel Grad in einem sonst homogenen Strahlungs-Materie-Gemisch. Die Astrophysiker interpretieren das Bild so, dass die geringfügig kühleren dunkleren Regionen gegenüber den leicht wärmeren helleren Bereichen Materieverdichtungen entsprechen, die jedoch um das nahezu Millionenfache unter unseren Maßstäben liegen. Verständlich wird die Korrespondenz von Temperatur und Materiedichte dadurch, dass die Wärmestrahlung beim Verlassen eines Gravitationsfeldes einen Energieverlust erleidet, also abkühlt. Das heißt, salopp gesprochen, die Photonen



**Abb. 3: WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropic Probe) Bild des Universums etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall. (blau: relativ kühle Regionen, rot (gestrichelte Umrandung): relativ warme Regionen).**

Quelle: NASA

**Maximale Temperaturdifferenz zwischen blau und rot: einige Millionstel Grad.**

Quelle: NASA

der Wärmestrahlung müssen aus dem "Potentialtopf" der Gravitation "herausklettern", und das kostet sie Energie. Diese geringen Fluktuationen der Materiedichte sieht man heute als die Kondensationskeime von Galaxien, Galaxienhaufen und Sternen an.

**Aus den heutigen Erkenntnissen schließen die Astrophysiker, dass das Universum mit dem sogenannten heißen Urknall zur Zeit Null geboren wurde. Seither expandiert das Weltall mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, wobei es sich inzwischen auf die heutige Größe ausgedehnt hat. Nach dem Urknall war das Universum zunächst für einige Zeit undurchsichtig. Es bestand aus einem Gemisch aus Photonen und extrem heißem Plasma, das sich durch die Expansion stetig abkühlte, bis sich bei einer Temperatur von etwa 3000 K\* die Ionen (elektrisch geladene Teilchen) des Plasmas zu neutralen Atomen verbanden und das Universum durchsichtig wurde. Dieses „Ereignis“ fand nach heutigem Erkenntnisstand etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall statt. Das was wir jetzt als Mikrowellenhintergrundstrahlung empfangen, entstand genau in dieser Übergangsphase, die in der Fachsprache als „Last Scattering Surface“ (LSS) bezeichnet wird. Ursache dafür, dass wir nur noch Mikrowellen empfangen, ist die seither erfolgte weitere Expansion des Universums um den Faktor von etwa 1100, da die ursprünglich 3000 K heiße Strahlung auf mittlerweile 2,7 K abgekühlt ist. Dementsprechend ist die Wellenlänge der heute bei uns**

**empfangenen 2,7 K - Strahlung etwa 1100 mal größer als am Emissionsort zur Zeit 380 000 Jahre nach dem Urknall (kosmische Rotverschiebung). Diese Strahlung, die uns aus allen Himmelsrichtungen völlig gleichmäßig (isotrop) erreicht, wurde von den beiden Physikern Arno Penzias und Robert Wilson 1964 rein zufällig entdeckt. Mittels Weltraumsonden (u. a. WMAP) wurde diese, nunmehr als kosmischer Mikrowellenhintergrund (Cosmic Microwave Background = CMB) bezeichnete schwache Strahlung immer genauer untersucht. Dabei fand man dann doch, wie erhofft, winzige Temperaturschwankungen im CMB der Größenordnung 1/100 Promille. Diese Entdeckung war äußerst wichtig, da die minimalen Fluktuationen im Mikrowellenhintergrund als Kondensationskeime der heutigen komplexen Strukturen des Weltalls, wie Sterne, Galaxien und Galaxienhaufen angesehen werden und damit deren Ursprung erklären.**

\*K ist das Symbol für Kelvin, die Temperatur vom absoluten Nullpunkt an gerechnet.

0° Celsius = 273, ... K)

Das sich daraus ergebende konsistente Bild von der Entstehung der heutigen komplexen Strukturen im Weltall hat jedoch einen Schönheitsfehler. Denn die Astrophysiker gehen derzeit davon aus, dass sich die ersten Galaxien bereits etwa 200 Millionen Jahre nach dem Urknall gebildet haben. Die Aufnahmen des Weltraumteleskops "Hubble" zeigen nämlich Galaxien und Sterne, die schon weniger als

eine Milliarde Jahre nach dem Urknall existiert haben müssen. Die neueste Auswertung der Bilder lässt eine Galaxie erkennen, die bereits 600 Millionen Jahre nach Entstehung der Welt vorhanden war [6]. Unter Berücksichtigung der im ganz frühen Universum herrschenden physikalischen Verhältnisse, konnten sich jedoch nicht aus den extrem schwachen Inhomogenitäten, die uns heute der kosmische Mikrowellenhintergrund zeigt, in wenigen hundert Millionen Jahren derart massive Materieansammlungen wie Sterne und Galaxien bilden. Daraus lassen sich nun zwei Konsequenzen ableiten: Entweder stimmt etwas nicht mit der kosmischen Zeitskala oder die aus dem Mikrowellenhintergrund abgelesenen Dichtefluktuationen sind sehr viel größer als es aus den Temperaturschwankungen hervorgeht. Da ersteres von den Wissenschaftlern nicht in Betracht gezogen wird, bleibt nur die zweite Möglichkeit der Interpretation. Dann darf aber der überwiegende Teil der Materie im Wesentlichen nur gravitativ und nicht elektromagnetisch wechselwirken. Andernfalls hätte nämlich die mittlere, extrem hohe Temperatur des Weltalls in seiner allerfrühesten Entwicklungsphase und die damit verbundene virulente Wärmebewegung der Teilchen die Zusammenballung normaler Materie über das in den Temperaturfluktuationen des Mikrowellenhintergrundes hinausgehende Maß verhindert. Man könnte dieses Verhalten der normalen Materie mit Herbstlaub im Wind vergleichen, das sich nur schwer zusammenfügen lässt, weil der Wind es ständig wieder durcheinandervirbelt. Wenn das Laub aber nun so beschaffen wäre, dass der Wind damit nicht oder nur schwach "wechselwirken" kann, dann ließe es sich sehr viel leichter und schneller zu Haufen zusammenkehren.

Aufgrund dieser Indizien können wir also annehmen, dass es tatsächlich so etwas wie Dunkle Materie gibt. Die Frage ist aber, wie sie dann beschaffen sein muss und in welcher Menge sie relativ zur normalen baryonischen Materie vorhanden ist. Um dies wenigstens ansatzweise zu erhellen, müssen wir uns etwas mit dem Aufbau der Materie und ihrer Wechselwirkung mit der Strahlung beschäftigen.

Die Materie besteht aus einer Reihe unterschiedlicher Elementarteilchen, die allesamt Fermionen genannt werden. Diese wiederum werden in zwei Familien unterteilt, die Baryonen und die Leptonen. Hinzu kommen weitere Teilchen, die Bosonen, die für die

Wechselwirkung zwischen den Fermionen verantwortlich sind. Die Baryonen bilden die normale Materie, die allen vier Wechselwirkungen, insbesondere der starken Kernkraft unterliegen. Hingegen unterliegen die Leptonen, sofern sie elektrisch neutral sind, nur der schwachen Kernkraft und der Gravitation. Bei elektrisch geladenen Leptonen, wie dem Elektron, kommt noch die elektromagnetische Wechselwirkung hinzu. Daraus folgt, dass als Bausteine der Dunklen Materie nur elektrisch neutrale Leptonen oder bisher völlig unbekannte Teilchen in Frage kommen. Als solche haben die Physiker nun eine Reihe von Teilchen auserkoren, wie da sind: Neutrinos, Axionen, Monopole, WIMPs (weakly interacting massive particles) etc. Bis auf die Neutrinos sind alle Teilchen bisher spekulativ und äußerst exotisch; keines von denen wurde bisher gefunden. Da die nachgewiesenen Neutrinos sich aber de facto mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen und extrem leicht\* sind, können sie nicht zu massiven Materieansammlungen zusammenklumpen. Sie kommen deshalb zumindest für die angeführten Indizien nicht als Kandidaten einer Dunklen Materie in Frage. Bleiben also nur die bisher rein hypothetischen Exoten übrig, auf die ich hier aber nicht weiter eingehen will. Anmerkung: Unter anderem hoffen die Physiker eines oder mehrere dieser Geisterteilchen im LHC (Large Hadron Collider), dem erst kürzlich in Betrieb gegangenen Super-Teilchenbeschleuniger bei Genf, nachweisen zu können.

Das Einzige, was sich demnach bisher über die Dunkle Materie sagen lässt, um die ermittelten kosmischen Erscheinungen zu erklären, ist, dass sie nicht oder nur schwach mit der Strahlung und der baryonischen Materie wechselwirken darf, kalt sein muss, d. h. aus schweren, langsamen, nicht-baryonischen Teilchen bestehen muss.

Ferner kann man aus einer detaillierten Analyse der kosmischen Hintergrundstrahlung schließen, dass sich das Mengenverhältnis von baryonischer zu Dunkler Materie etwa wie eins zu vier verhält. Das heißt also, die gesamte Materie im Weltall nur zu etwa 20 % aus normaler sichtbarer Materie und zu rund 80 % aus Dunkler Materie besteht.

Zum Schluss sei noch angemerkt, dass ergänzend zur Dunklen Materie auch noch darüber nachgedacht wird, ob eine Modifikation des Newtonschen Gravitationsgesetzes die beobachteten Abweichungen von der Standardtheorie wenigstens teilweise erklären kann. Ein derartiger Ansatz ist unter dem Akronym **MOND** (**MO**difizierte **NE**wtonsche **D**ynamik) bekannt geworden.

#### Fazit:

Die nicht-baryonische Dunkle Materie bleibt trotz aller bisheriger Indizien bis heute noch spekulativ.

Peter Steffen



#### Literatur:

**[1] : K. S. de Boer**

Dunkle Materie. Weshalb? Wieviel? Wo? Jahr der Physik, [www.physik-2000.de](http://www.physik-2000.de)

**[2] : M. Bartelmann, M. Steinmetz**

Dem Dunklen Universum auf der Spur Sterne und Weltraum 8/2010, Seite 32ff

**[3] : D. Lennarz, C. Wiebusch**

Dunkle Materie [http://web.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/lectures/sem0607/lennarz\\_ausarbeitung.pdf](http://web.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/lectures/sem0607/lennarz_ausarbeitung.pdf)

**[4] : Matthias Bartelmann**

Cosmic Background Radiation and its Interpretation [www.ita.uni-heidelberg.de/~msb/Lectures/gradTueb.pdf](http://www.ita.uni-heidelberg.de/~msb/Lectures/gradTueb.pdf)

**[5] : Hu Wayne**

The Microwave Background Power Spectrum <http://background.uchicago.edu/~whu/intermediate/intermediate.html>

**[6] : <http://www.nationalgeographic.de>**

/aktuelles/fernste-galaxie-entdeckt

# DER OMEGA-NEBEL

HANS-JOACHIM LEUE, Hambergen

Ein Blick in die Milchstrasse ist auch immer ein Blick in die Spiralarme unserer Galaxie.

Erst die verfeinerten Meßmethoden der modernen Astronomie machten es möglich, unsere Welteninsel als dreidimensionales Gebilde zu verstehen. Charles Messier und die Astronomen der Zeit haben die zu katalogisierenden Objekte mehr nach ihrer Erscheinung als nach ihrem Typus betrachtet. Die begrenzte Auflösung ihrer Fernrohre und die Unkenntnis von der Struktur der Milchstrasse und der darin befindlichen Objekte ließen auch keine detaillierte Klassifizierung zu.

Auf dem Weg in nördlicher Richtung vom Trifid-Nebel Messier 20 (s. HiPo Nr. 24) zum galaktischen Nebel Messier 17 –auch Omega-Nebel genannt – stößt man auf ca. der dreiviertel Distanz auf eine Sternwolke, der Charles Messier die Katalog-Nummer 24 gab.

Die Gegend ist stark mit Dunkelwolken durchsetzt, so dass die helle Sternansammlung sehr kontrastreich erscheint und ein sehr schönes Feldstecherobjekt ist.

Messier erkannte die Wolke 1764 als „großen Nebel, in dem viele Sterne stehen“.

Im Jahre 1835 beschrieb John Herschel in Südafrika ihren wahren Charakter als Teil unserer Milchstrasse. Die Wolke wird heute als Kleine Sagittarius-Wolke bezeichnet und ist kein diskretes Objekt sondern eine Sternensammlung hoher Dichte in einer Entfernung von ca. 15.000 Lj. Ihre Beobachtung ist aber bereits ein Blick aus unserem lokalen und dem Sagittarius-Carina-Spiralarm hinaus in Richtung zum galaktischen Zentrum der Milchstrasse in den sog. Norma-Spiralarm!



Abb. 1: Kleine Sagittarius-Wolke M24, Omega-Nebel M17, Adler-Nebel M16; Juli 2008; 3 x 150 sec; ISO 800; ISCO-Objektiv, 100mm, f/4, Bl. 5-6; Canon EOS-350Da.

Leue; Rooisand-Sternwarte/Namibia

In den erwähnten Dunkelwolken befindet sich ein Fenster geringer Extinktion, das von den Sternen des Norma-Spiralarmes „ausgefüllt“ wird.

Abb.(1) zeigt nahe am Bildrand die Kleine Sagittarius-Wolke M24, nördlich von ihr den Omega- und Adler-Nebel. In der Wolke sind zahlreiche Sterne der 8ten Größenklasse zu sehen, sowie oberhalb der Mitte (als Klecks) der offenen Sternhaufen NGC 6603 und am Rand der Wolke die beiden Dunkelnebel Barnard 92 und 93. In der abgeknickten Dunkelregion befindet sich der Emissionsnebel IC 1283-4. Zwischen M24 und dem Omega-Nebel befindet sich ein weiteres Messierobjekt - der offene Sternhaufen Messier 18.

Die Aufnahme aus drei Einzelbildern entstand im Jahre 2008 mit einer Canon-350Da- DSLR-Kamera und einem alten kontrastreich abbildendem ISCO-Objektiv. Sie zählt zu den sog. „hochgequälten“ Bildern, die dicht vor der Entsorgung stehen. Im Gegensatz zu langbrennweitigen Aufnahmen hoher Auflösung ist es weitaus schwieriger, ein brillantes Deep-Sky-Feld mit

einem Objektiv kurzer Brennweite zu produzieren. Man benötigt dazu nicht nur einen möglichst dunklen Himmel – und/oder als Hilfsmittel die geeigneten Filter – sondern auch ein hoch auflösendes Objektiv, wobei extremen Weitwinkelobjektiven rein optisch schon Grenzen gesetzt sind, sowie die entsprechende Anzahl von gut durchbelichteten Rohbildern. Hilfreich sind dabei auch die DSLR-Kameras der jüngsten Generation mit deutlich vermindertem Rauschen.

Im Jahre 1745 entdeckte De Chéseaux im Sternbild Schütze einen Nebelfleck und beschrieb grob seine Struktur. Charles Messier, der den Nebel 1764 als Nummer 17 katalogisierte, wunderte sich, dass er fast keine Sterne enthält und beschreibt ihn als spindelförmig.

Wie bei fast allen ähnlichen Objekten erkennt dann im Jahre 1785 Wilhelm Herschel mit seinen Teleskopen die detaillierte Struktur der Gaswolke. Für ihn ist er artverwandt mit dem großen Orion-Nebel M42 und hat in etwa die Form des griechischen Buchstaben Omega.

Diese Bezeichnung bürgert sich ein, obwohl die Anlehnung an die Figur eines Schwans zumindest bei visueller Beobachtung zutreffender ist. Messier 17 wird deshalb zuweilen auch als Schwanen-Nebel bezeichnet. Herschel spricht von einem „wundervollen, ausgedehnten verschwommenen Nebel“ und erwähnt auch Sterne, die aber sicher Vordergrundsterne unserer Milchstrasse sind.

Wie der Großteil der aktiven Gasnebel in der sog. habitablen Zone der Milchstrasse ist auch der Omega-Nebel eine Sternfabrik, die zu den

leuchtkräftigsten ihrer Art gehört.

Seine Ausdehnung von ca. 40 x 30 Bogenminuten entsprechend 70 x 50 Lj. bei einer scheinbaren Helligkeit von ca. 6 Magnituden – zuweilen wird auch die 5te Größenklasse angegeben – machen den Nebel zu einem schönen Feldstecherobjekt, welches mit der Beschreibung von Messier übereinstimmt. Im Dobson mit großer Öffnung ist richtig viel Struktur mit hellen und dunklen Flecken zu erkennen und die fotografische Aufnahme offenbart die ganze Schönheit des Nebels, der sich weit in die Umgebung erstreckt (Abb. 2).

Die erst wenige Millionen Jahre alten Sternhaufen sind im Omega-Nebel zum großen Teil versteckt.

Sie enthalten durchweg große Sterne von mehr als 5 bis 60 Sonnenmassen. Einige dichte und dunkle Gaswolken sind die Geburtsstätte von Sternen der kommenden Generationen.

*Hans-Joachim-Leue*



Abb. 2: (Omega-APQ): Omega-Nebel Messier 17; Juliz2008; 1x122, 2x400, 1x310 sec; ISO 800; 150mm-Zeiss-APQ, f/8; Canon-EOS-350Da.

Simon, Leue, Rooisand-Sternwarte/Namibia

# IMPRESSIONEN VON DER AVL-VEREINSFAHRT 2010

HORST SCHRÖTER, BREMEN



Auch im Jahr 2010 führte die AVL wieder eine Fahrt zu (hauptsächlich) astronomisch interessanten Zielen durch. Leider konnte der Organisator der sehr gut geplanten Fahrt, Alexander Alin, berufsbedingt nicht teilnehmen. Sehr schade, daher an dieser Stelle nochmals besten Dank für die gute Vorbereitung und die Super-Auswahl der Ziele im Ruhrgebiet an ihn.



Abb. 1: Die AVL-Gruppe trifft ein.



Abb. 2 :Das ZKP 2 im Einsatz.

Die Reise begann am Samstag dem 25. September sehr früh am Morgen. Glücklicherweise nicht für meine Frau und mich – da die Vereinsfahrt der Auftakt zu unserem Jahresurlaub war, konnten wir bereits am Freitag in Ruhe nach Recklinghausen fahren. So konnten wir daher auch, wie bereits bei der Fahrt nach Irland, die restliche AVL Gruppe nach Hase und Igel-Manier mit einem fröhlichen „Ich bin all dör“ begrüßen: Im Planetarium Recklinghausen (<http://www.sternwarte-recklinghausen.de>) sternwarte-recklinghausen.de) konnten wir dann einen Einführungsvortrag in die Horizontastronomie und die Gedanken zur Planung des Horizontobservatoriums auf der Halde Hoheward genießen. Der freie Mitarbeiter der Sternwarte, Herr Thomas Morawe, gab uns eine sehr interessante, ausführliche und auch kurzweilige Darstellung der astronomischen sowie kulturellen Hintergründe des Projektes. Die Vielzahl der Detailinformationen würde den Rahmen dieses Reiseberichtes

sprengen, dies wird daher Thema des Vortrages „Horizontastronomie im Wandel der Zeiten – Von Goseck über Nebra und Stonehenge nach Hoheward“ am 18.03.2011 um 19.30 Uhr im Vereinsheim Würdren, mit anschließender Beobachtung in der Sternwarte (falls das Wetter es zulässt).

Nach dem Vortrag im Planetarium hatten wir noch die Gelegenheit, die Volkssternwarte Recklinghausen zu besichtigen, die inzwischen leider das Schicksal aller in Städten gelegenen Sternwarten teilt – Aufgrund der dramatischen „Lichtverschmutzung“ des Himmels durch falsch ausgelegte und überdimensionierte nächtliche Beleuchtung ist fast nur noch die Beobachtung von Sonne, Mond und Planeten sinnvoll durchführbar. Und zusätzlich ist auch der Erhalt der Volkssternwarte Recklinghausen durch fast stetige Mittelkürzungen bedroht... Nach der Sternwartenführung ging es dann erstmal zum Hotel in der Recklinghauser Innenstadt und es gab eine kurze Pause zur freien Verfügung

– von den meisten Teilnehmern zum Essen genutzt.

Dann wurde wieder der Bus bestiegen und es ging in Richtung der Halde Hoheward. auf der ein Obelisk als Sonnenuhr und das Horizontobservatorium errichtet wurden. Vom Parkplatz der Zeche Recklinghausen 2 ging es über die Drachenbrücke auf-



Abb. 3: Lage des Horizonts zu Äquator und Rotationsachse.



wärts zur Sonnenuhr, der Fußmarsch wurde immer wieder unterbrochen von den Erläuterungen Herrn Morawes die sowohl die Geschichte der Errichtung der Halde und der darauf installierten Objekte als auch einen Überblick über das gesamte von dort sichtbare Ruhrgebiet vermittelten. Auf dem ersten Plateau konnte dann die überdimensionale Sonnenuhr bestaunt werden und durch die sehr anschaulichen Erläuterungen wurden auch die wesentlichen Merkmale von Sonnenuhren herausgearbeitet.

Nach der Besichtigung der Sonnenuhr ging es dann durch eine Senke, die zur Aufrechterhaltung einer Richtfunkstrecke (wieder) angelegt werden musste, zum Plateau mit dem Horizontobservatorium. Durch ein bauliches Problem ist dieses leider nicht

unbehindert zugänglich gewesen. Einige Schweißnähte der Röhrenkonstruktion, die den Meridian und den Himmelsäquator projizieren sind bereits kurz nach Fertigstellung gerissen. Da der Ersatz des Schadens vor Gericht geklärt werden muss, ist leider auch nicht klar, ab wann man wieder mit einem uneingeschränkten Zugang rechnen kann. Hier hatten wir dann die Gelegenheit, all die Peillinien die wir im Planetarium erklärt bekommen hatten noch einmal nachzuvollziehen – natürlich leider nicht zu den besonders wichtigen Zeitpunkten – Sonnenwenden und Tag- und Nachtgleichen. Es lohnt sich bestimmt, nach Reparatur der Rohrbögen zur Tag- und Nachtgleiche noch einmal zur Ortsmittagszeit nach Hoheward zu kommen, um den Durchgang der Sonne



Abb. 4: Das 14" Teleskop der Sternwarte Recklinghausen.



Abb. 5: Lageplan des Landschaftsparks Hoheward.

durch die Öffnung an der Verbindung von Meridian- und Äquatorbogen zu beobachten. In Abbildung 9 sind auch die Markierungen zur Winkelmessung an den Rohrbögen zu sehen, der Meridianbogen trägt alle  $10^\circ$  eine quadratische Markierung, der Äquatorbogen alle  $15^\circ$ . Die  $15^\circ$  entsprechen dem Winkel, den die Erde sich um die Polachse dreht, daher kann man diese Markierungen zur Bestimmung der Ortszeit nutzen. Nach der ausgiebigen Haldenbesichtigung ging es dann wieder hinunter zum Bus- gerade rechtzeitig vor dem Eintreffen



Abb. 9: Meridian- und Äquatorbogen aus Süd-Südwest.

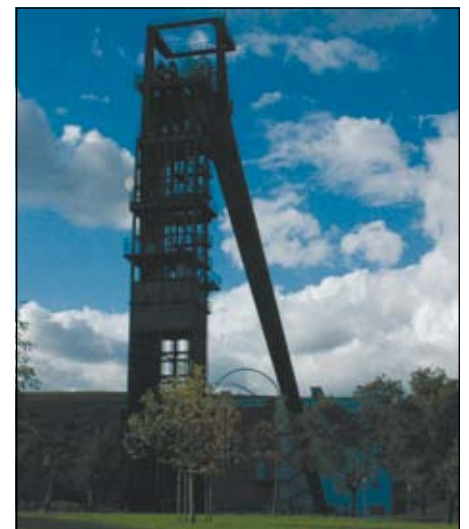


Abb. 6: Förderturm der Zeche II.



Abb.7: Herr Morawe in Aktion.

der Regenfront die uns aber noch ein weiteres himmlisches Hochlicht bot. Am Abend konnten wir uns dann im libanesischen Restaurant **MAROUSH** im Keller des Hotels bei weiteren kulturellen Darbietungen, d.h. Bauchtanz, mit leckerem Essen stärken. Und

so fand dann ein rundum gelungener Tag ein angemessenes Ende.

Der nächste Morgen begann allerdings dann nicht wie im Programm angegeben mit der Morgengymnastik um 6:00 Uhr, sondern erst mit einem reichlichen Frühstück 2 ½

Stunden später. Von der Terrasse des Frühstücksraumes im 6. Stock des Hotels konnte man dann auch noch einen netten Ausblick über Recklinghausen genießen. Frisch gestärkt ging die Fahrt dann Richtung Oberhausen wo uns eine der „Sternstunden“ unter den Ausstellungen erwartete. Im für sich schon sehenswerten Gasometer, im wahrsten Sinne der Worte „Ingenieur(s)Kunst“ vom Beginn des letzten Jahrhunderts, befindet sich eine wahrhaft kosmische Ausstellung rund um die Astronomie. Der Schwerpunkt der Ausstellung liegt auf dem Sonnensystem und seiner Erforschung. Aber auch wunderschöne Riesenposter von extrasolaren Objekten sind zu sehen. Und nicht zu vergessen der Welt „größter Mond auf Erden“ der einen Teil des Raumes zwischen Ausstellungsfläche und Gasometerdach einnimmt. Und wie auch die Halde Hoheward ist das begehbare Dach des Gasometers 100 Meter höher als das Umland. Es bietet daher eine hervorragende Aussicht, zumindest für schwindelfreie Besucher. Und für sportliche Typen wie unseren 1. Vorsitzenden gibt es natürlich auch die Herausforderung, bis zum Dach nur die 529-stufige Außentreppe zu benutzen und die Fahrstühle zu verschmähen – Respekt!



Abb. 8: Sonnenuhr.



Abb. 10: Peilöffnung Sonne zur Tag- und Nachtgleiche Mittags.



Abb. 12: Gasometer Oberhausen.



Abb. 13: Mond und Gasometerdach.

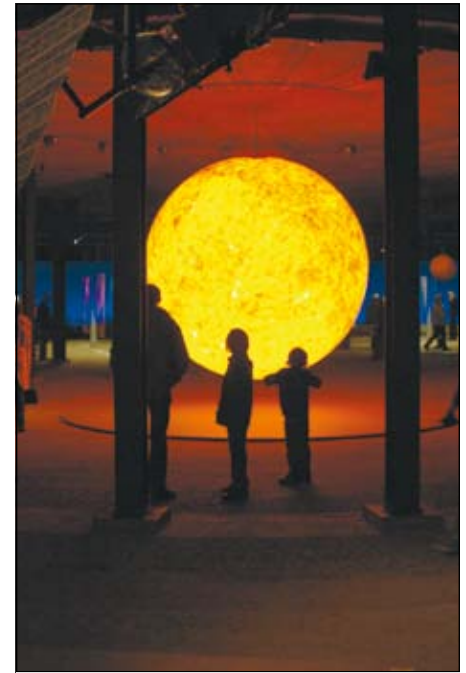


Abb. 17: Die Sonne und ihre Kinder.

Die Beschreibung aller Fotos und Exponate, wie z.B. Modelle des Mars-Rover, der Rosetta-Sonne, des Sonnenwagens von Trundholm und, und, und...würde ebenfalls den Rahmen dieses Berichtes sprengen. Aber nähere Informationen kann man unter [www.gasometer.de](http://www.gasometer.de) und aus dem Ausstellungsbuch „Sternstunden – Wunder des Sonnensystems“ (erschienen im Klartext Verlag, Essen, ISBN 978-3-8375-0143-8) entnehmen. Die nächste und letzte Station auf unserer Reise war dann das Zeiss Planetarium in Bochum [www.planetarium-bochum.de](http://www.planetarium-bochum.de) in dem wir die Astronomieshow „Lebendiger Kosmos -Stella Nova“ gebucht hatten. Hier war dann auch die modernere Version eines Planetariumsprojektors, der Carl Zeiss Universarium, in Aktion zu bewundern. Thema der Show war das Werden und Vergehen von Sternen und die damit verbundene Erschaffung all der chemischen Elemente, die für Leben in der uns vertrauten Form notwendig sind. So gesehen ist unsere eigene Sonne sowohl unsere Mutter als auch unsere Schwester...

*Horst Schröter*



Abb. 15: Zeiss Planetarium Bochum – oder „Das Alien aus dem Berge“.



Abb. 16: Carl Zeiss Universarium Projektor.

# DIE PURUS – EINE WIEDER ENTDECKTE ASTROMONTIERUNG

VON JÜRGEN RUDDEK, AVL-LILIENTHAL

Anfang vergangenen Jahres wurde ich im AVL-Fotoworkshop das erste Mal auf die PURUS, einer mechanisch betriebenen Astromontierung, aufmerksam. Als Lothar Riecke seine eines Abends mitbrachte und die Funktion erklärte, war mein Interesse daran eher verhalten, denn seinen Angaben zufolge war sie nur für kleinere Brennweiten ausgelegt und leider nicht mehr lieferbar.

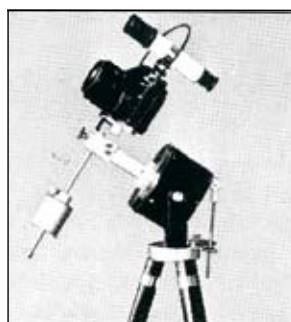
Erst viel später, im Oktober 2010, interessierte ich mich wieder für die PURUS-Astromechanik, wie sie dem Aufkleber nach, der sich auf der Unterseite des Gehäuses befindet, heißt, weil im Internet bei einem bekannten Auktionshaus eine zum Verkauf angeboten wurde. Zu diesem Zeitpunkt erwachte bei mir das Interesse an der tickenden Montierung, obwohl ich für Reisen eine mittlerweile gut funktionierende, aber elektrisch betriebene Barndoor besaß, die die Erddrehung für Astrofotos auch relativ gut ausgleicht. So suchte ich nach weiteren Informationen und stieß im Internet in einem Forum auf die „Puristen“, Freunde der PURUS-Uhrwerkmontierung. Hier wurde nicht nur über die Geschichte der mechanisch betriebenen Montierung berichtet, son-

dern auch über die Herstellung, die seit der 70er Jahre bis Anfang 1996 dauerte. In der Zeitschrift Sterne und Weltraum wurde sie als „Uhrwerknachführung für die Himmelsphotographie“ angeboten (Abb.1). In der Bedienungsanleitung heißt es: „Der Zweck dieses Instruments besteht darin, die Kamera der scheinbaren Bewegung der Sterne, die von der Rotation der Erde hervorgerufen wird, genau nachzuführen, damit die Sterne nicht als Striche sondern in ihrer tatsächlichen Erscheinung fotografiert werden können.“

Sie war mehr oder weniger ein Abfallprodukt eines süddeutschen, seinerzeit noch Mannheimer Unternehmens, die noch heute unter dem Namen Purivox Produkte zur Vogel- und Wildabwehr herstellen, um Saat- und Ernteschäden in Kulturen vorzubeugen. Damals wurden diese Geräte noch komplett mechanisch betrieben. Als Kernstück dieser Anlagen diente ein starker Wecker, der einmal aufgezogen eine ganze Woche lief. Auf Basis dieses Weckers kam die Idee auf, sie auch für die Astrofotografie zu nutzen,

denn die Stundenachse dreht sich in 24 Stunden um 360 Grad.

Die PURUS besteht neben dem Wecker, der in einer schwarzen Dose mit einem messingfarbenen Deckel eingebaut ist, noch aus ein paar Zubehörteilen, wie Haltewinkel, verstellbarer Stange, Gegengewicht, Aufziehschlüssel und einer Befestigungsmöglichkeit für eine Kamera mit Objektiv. Als Zubehör gab es noch eine Halterung mit Gewindestange, mit der die Polhöhe fixiert werden konnte. Das Herz des Weckers selbst aber ist die Unruh, die von einer Zulieferfirma made in Germany hergestellt wurde (Abb. 2). Mit Auflösung dieses Unternehmens im Zeitalter der Elektronik und Digitalisierung wurde auch die Produktion der PURUS eingestellt. Leider fand sich seitdem keine Firma mehr, die ein entsprechend kräftiges Uhrwerk zu einem akzeptablen Preis herstellt.



*Sterne photographieren, gestochen scharf, ohne Strichspuren. Die PURUS-Nachführung ohne Strom, ohne Batterie macht's möglich, ideal zum Reisen, ideal für Anfänger.*

Gewicht nur 1,2 kg. Preis DM 270,- incl. Mwst.

PURUS-ASTRO-MECHANIK · Postfach 31 · 68221 Mannheim  
Telefon: 06 21/47 15 17 Fax: 06 21/47 15 11

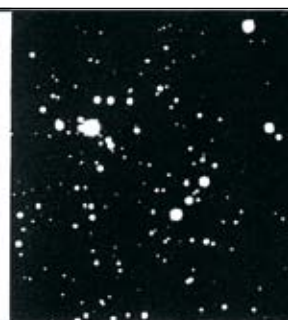
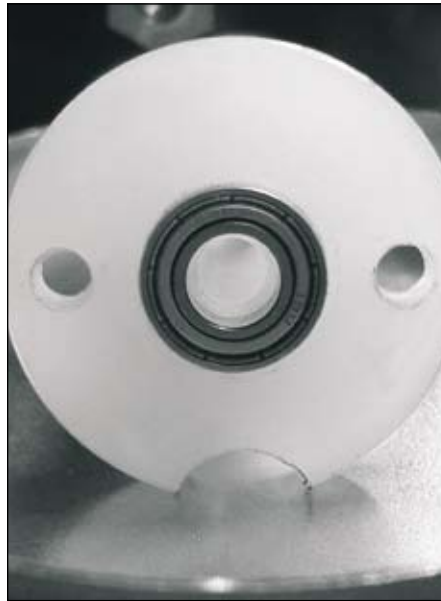


Abb. 1: Anzeige in der Zeitschrift Sterne und Weltraum 12/95.

Erst in den letzten Jahren ist das allgemeine Interesse an diesem „Kultwecker“ wieder gestiegen, so dass die Verkaufspreise auf dem Gebrauchtmrkt neuerdings astronomische Höhen erreichen. Ende Oktober 2010 kam mir die Idee, einen bekannten Händler für Astronomiebedarf in Bremen anzusprechen, um bei ihm eine gebrauchte PURUS zu bestellen. Ich wusste von ihm selbst, dass er viel auf Astromessen, Foto-flohmärkten und Ausstellungen unterwegs ist und von daher viel eher die Chance hat, an diese Montierung zu kommen. Er versprach mir, sich für mich umzusehen, meinte aber, sich kaum daran erinnern zu können, sie in letzter Zeit einmal wieder auf den Märkten gesehen zu haben. Daher müsste ich mich wohl gedulden, da hier eher mittelfristig damit zu rechnen sei, sie zu beschaffen. Umso erstaunter war ich, als er sich bereits drei Wochen später bei mir meldete, um mir mitzuteilen, dass er in Berlin eine PURUS von einem älteren Herren für mich erworben hatte. Hierüber war ich so erfreut, dass ich mich sofort auf den Weg machte, um sie bei ihm abzuholen. Dort stellte ich glücklicherweise fest, dass sie sich in einem sehr guten Zustand befand und das Uhrwerk tadellos lief – aber leider ein paar Zubehörteile fehlten. Der Befestigungswinkel nebst Schrauben, das Gegengewicht und der Polsucher waren nicht dabei. Gleich am nächsten Tag setzte ich mich telefonisch mit der Firma Purivox in Verbindung und fragte beim Firmeninhaber Herrn Eissler persönlich nach, ob er mir die fehlenden Teile liefern könnte. Er hatte einem Astrofotografen mal gegenüber geäußert, dass er noch Zubehörteile für die PURUS liegen hätte. Auf meine Frage nach den Ersatzteilen bekam ich eine positive Antwort. Sogar Zahnräder des Uhrwerks seien noch vorrätig. Ich musste nur ein paar Tage warten, weil eine Messe ansteht und er keine Zeit hätte, sich sofort darum zu kümmern.

Wegen des anhaltend bedeckten Wetters im November 2010 hatte ich meine PURUS ohnehin nicht einsetzen können. So nahm ich mir zwischenzeitlich die vorhandenen Teile vor, um sie zu reinigen und soweit es ging zu polieren. Hierbei griff ich die Idee auf, die bewegliche Stundenachse,

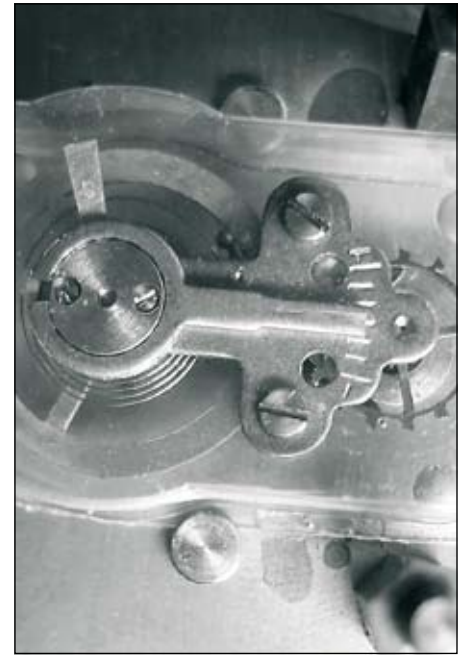


**Abb. 2: Reduzierung des Spiels der Stundenachse durch Einbau eines Kugellagers auf der Unterseite der Polyamidhalterung.**

die leider recht viel Spiel und dementsprechend im Betrieb viel Reibung hat, mit einem Kugellager zu stabilisieren. Hierzu brauchte in das aufgesetzte Kunststoffteil aus Polyamid nur eine Aussparung gedreht zu werden. Ein befreundeter Feinmechaniker führte diese Arbeit in kürzester Zeit aus (Abb. 2). Im Internet fand ich reichlich Beispiele wie durch Veränderungen und Anbauten am Gehäuse das Spiel der rotierenden Achse reduziert wurde. Ich wollte aber die PURUS äußerlich nicht verändern, damit sie sich optisch nicht vom unmodifizierten Original unterscheidet. Außerdem sollte sie nicht unhandlich und schwerer werden.

Der zur PURUS gehörende mitgelieferte Polsucher weist leider nicht die Qualität heutiger Polsucher auf, um die Montierung genau genug zum Polarstern auszurichten. Da ich einen recht guten Polsucher besitze, musste dieser jetzt nur noch parallel zur Montierung befestigt werden. Hierfür konnte ich die mitgelieferte Befestigungsapparatur verwenden.

Als ein paar Tage später die fehlenden Teile kamen, war die Freude groß. Nun hatte ich eine für die Reise recht kompakte Montierung, die ohne Strom auskommt und gut eingenordet für Brennweiten bis 135 mm erfolgversprechende fotografische



**Abb. 3: Das Herz der PURUS: die staubsticheres eingeschlossene Unruh im Uhrwerk.**

Ergebnisse verspricht. Laut Bedienungsanleitung kann sie ein Gewicht für die Kamera nebst Objektiv bis zu 2 kg tragen. Um sie mit meiner Mini-Polhöhenwiege zu verbinden, musste ich sie jetzt nur noch mit einer passenden 1/4 Zoll-Schraube am Haltewinkel befestigen.

**Die komplette PURUS** ohne Kamera und Objektiv (Abb. 4) wiegt rund 1,5 kg, sie ist also voll reisetauglich. Hinzu rechnen muss man noch das Gewicht für die Minipolhöhenwiege, den Polsucher und einen kleinen Kugelkopf von insgesamt ca. 1 kg.

Zum Fotografieren auf der Südhalbkugel kann man sie übrigens nicht verwenden, weil sich dort der Himmel in die entgegengesetzte Richtung bewegt.

In einer der kalten klaren Nächte Anfang Dezember sollte ich schon recht bald die Gelegenheit bekommen, sie erstmals zum Fotografieren von Sternbildern und größeren Deep Sky-Objekten einzusetzen.

Clear Skies  
Jürgen Ruddek



# MESSIER 42 UND DER PFERDEKOPFNEBEL

VON GERALD WILLEMS, GRASBERG

„...Paradeobjekt der Gasnebel, phantastisch in jedem Instrument; Dunkelwolken, helle Ausläufer und eingebettete Sterne sind unbeschreiblich, Zentralgebiet im Teleskop strukturreicher als auf vielen Fotografien, blaugrün; enthält bekanntes Trapez“.

Soweit ein Zitat aus dem Atlas für Himmelsbeobachter von Erich Karkoschka. Selbst Erich Karkoschka, der mit seinen Objektbeschreibungen eher zurückhaltend und nüchtern umgeht, kommt bei Messier 42, dem großen Orionnebel, beinahe ins Schwärmen. Ebenfalls im Orion und vermutlich auch jedem Deep-Sky-Beobachter bekannt, der Pferdekopfnebel, Barnard 33, und seine Umgebung. Um diese außergewöhnlichen Objekte, die vermutlich jedem Deep-Sky-Beobachter ein Begriff sein dürften, soll es in dieser Ausgabe der Himmelspolizey gehen. Wie mir der Spagat zwischen dem hellsten Gasnebel überhaupt und einer Dunkelwolke gelingen soll weiß ich allerdings noch nicht.

## M 42, der Große Orionnebel

In der Einleitung wurde es bereits erwähnt, M 42 ist der hellste Gasnebel, den wir überhaupt am nördlichen Himmel finden. Er ist daher besonders für Deep-Sky-Einsteiger eines der ergiebigsten Objekte, um erste Schritte in der Beobachtung oder der Fotografie von Deep-Sky-Objekten zu tun. Hier kommen alle Superlative zusammen: Strukturreichtum, Helligkeit und nicht zuletzt die Größe. M 42 ist mit einer scheinbaren Ausdehnung von 66' auch eines der großen Deep-Sky-Objekte, das wir zudem noch in einer relativ bequemen Position am Himmel finden. Das Zentralgebiet finden wir direkt südlich der drei Gürtelsterne innerhalb des



Abb. 1: Sternbild Orion

5x 10min, 2 x 5 min, 2 x 2 min, 2 x 1 min, 2 x 30 sec, 2 x 15 sec  
55 mm/1,8 Takumar abgeblendet auf f/2,8, Canon EOS 300da  
Im linken, östlichen Gebiet befindet sich „Barnards Loop“.



Abb. 2: Mosaik aus 3 Aufnahmen

für alle Gebiete: 3 x 12min, 2x 5min, für Zentralgebiet: 2 x 2 min, 2 x 1 min, 2 x 30 sec,  
2 x 15 sec, 2 x 5 sec 10" Newton bei f/4,7, Canon EOS 300da.



Abb. 3: Orionnebel Zentrum

12"-Newton bei f/5,7, Atik 16HR

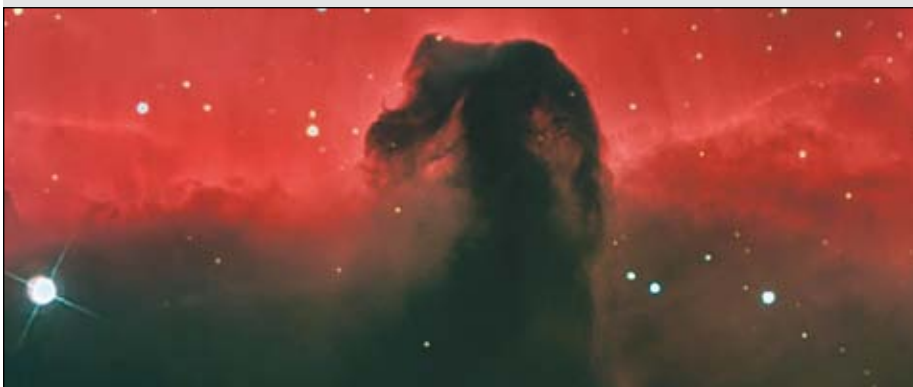
L: 5 x 5 min + 5 x 15 s ohne Binning, RGB: je 5 x 1 min im 2-fach Binning.



**Abb. 4:Orionnebel Zentrum**  
 12"-Newton bei f/5,7, Atik 16HR  
 18 x Ha + 10x [O III] je. 5 min  
 Aufnahmen mit Schmalbandfiltern machen einige der Strukturen besonders deutlich.



**Abb. 5: Pferdekopf- und Flammennebel**  
 Ha: 21x 10min , R,G,B: 7 x 5 min, ohne Binning  
 4" APO Refraktor bei f/5,4. (Norden ist links).



**Abb. 6: Barnard 33, Pferdekopfnebel**  
 Ha: 7x 10min bei 1x1 bin, R,G,B: 6x 5min, L: 4x 10min 12"-Newton bei f/5,7, Atik 16HR  
 (Norden ist links).

so genannten Schwertgehänges des Sternbildes Orion. Im Feldstecher ist das Nebelgebiet schon deutlich als diffus glimmende Region zu erkennen. Fernrohre aller Größen zeigen bereits ausgeprägte Details. Daher gehört der Orionnebel, zumindest in den hellen Gebieten, zu den wenigen Objekten, die bei direkter Betrachtung durch ein Fernrohr eindrucksvoller erscheinen können als auf einer Fotografie.

Vor der Erfindung des Fernrohrs war der Orionnebel unbekannt. 1609 beschrieb und zeichnete Galileo Galilei die enthaltenen Sterne, bemerkte aber nichts vom nebligen Umfeld dieser Sterne. Der Erste, der dort einen Nebel erkennen konnte, war Nicholas-Claude Fabri de Peiresc im Jahre 1611. 1654 konnte Giovanni Batista Hodierna eine erste Zeichnung anfertigen. Genauer beschrieben wurde das helle Zentralgebiet schließlich von Christian Huygens im Jahre 1656. Diese Zentralregion wurde daher auch Huygens-Region genannt. Huygens war es auch, der drei der dort enthaltenen so genannten Trapezsterne beschrieb. 1673 wurde schließlich der vierte Trapezstern durch Picard erkannt. Die Fülle an Sternen, die in dieser Region aufzufinden sind, konnte erst in den nachfolgenden Jahren bis ins vergangene Jahrhundert hinein entdeckt werden. 1865 konnte William Huggins mit Hilfe der Spektroskopie den Nachweis erbringen, dass es sich bei M 42 um eine Gaswolke handeln müsse. Aktuelle Untersuchungen der Geschichte zur Beobachtung des Orionnebels lassen den Schluss zu, dass das Nebelgebiet in den vergangenen vierhundert Jahren an Helligkeit gewonnen haben könnte.

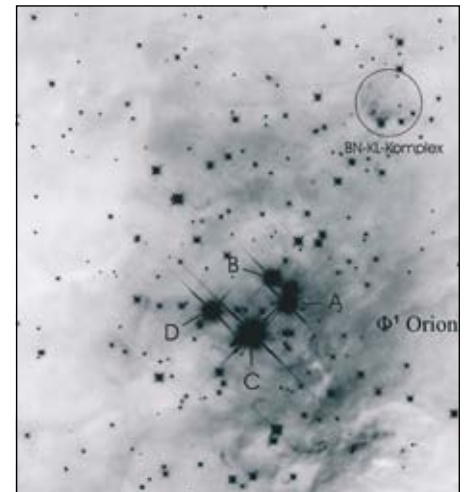
M 42 ist eine Region innerhalb einer Molekülwolke, die sich mit einer scheinbaren Ausdehnung von  $10^\circ$  nahezu über das gesamte Sternbild des Orion erstreckt. Zu dieser Region

gehören weiterhin Messier 78, die bekannte Pferdekopfreion und, etwas weniger bekannt, Barnards Loop. Innerhalb des Orionnebels befindet sich eine Region mit äußerst aktiver Sternentstehung. In dieser eher kleinen Region finden wir die Ursache für das auffällige Erscheinungsbild des Orionnebels. Wir blicken hier in eine Molekülwolke, die sich auf der uns zugewandten Seite geöffnet hat. Die starken Sternwinde junger Sterne haben eine Höhlung in die Molekülwolke geblasen, die uns nun einen Blick in ihr Inneres gewährt. Einige der jungen Sterne sind noch immer von einer dichten Staub- und Gaswolke umgeben, die uns einen direkten Blick auf den Stern selber verwehren. Diese Sterne können allerdings mit Infrarot-Teleskopen nachgewiesen werden. Bei den wenigen jungen Sternen, die uns auch im sichtbaren Licht zugänglich sind, handelt es sich unter anderem um die bekannten Trapezsterne (Abb. 7). Es sind gerade diese Trapezsterne, die mit ihrem geringen Alter von nur 10.000 bis 100.000 Jahren für die Leuchtkraft der Gasmasse verantwortlich sind. Sie sorgen mit ihrer energiereichen Strahlung für die Ionisation der umgebenden Gase und damit für deren Lichtemission. Im Umkreis von 5' um diese vier Trapezsterne findet man etwa 300 weitere Sterne bis zur 17. Größe. Hier bildet sich ein junger offener Sternhaufen mit der bisher größten beobachteten Sterndichte überhaupt. Die Extinktion durch Staub von bis zu 10 mag verhindert allerdings die direkte Sichtbarkeit der meisten Haufenmitglieder. Bleibt noch zu erwähnen, dass sich viele dieser jungen Sterne noch weit von der Hauptreihe des Hertzsprung-Russell-Diagramms entfernt befinden, d.h. mit ihrem zentralen Wasserstoffbrennen noch nicht das thermische Gleichgewicht erreicht haben.

Mit Hilfe des Hubble-Space-Teleskops (HST) sind Sterne in einer besonders frühen Entstehungsphase aufgenommen worden. Dabei konnten Akkretionsscheiben aus dichtem

Staub nachgewiesen werden (Abb. 8 +9). Der innerhalb dieser dichten Staubscheiben befindliche Protostern ist meist nur mit Infrarot-Teleskopen zugänglich. Nordwestlich des Trapezes befindet sich der so genannte "Becklin-Neugebauer- und Kleinman-Low-Komplex". Hier konnte ein Stern nachgewiesen werden, der einem engen Doppelsystem entstammt und von dort vor nur 4.000 Jahren herausgeschleudert wurde (Abb. 7).

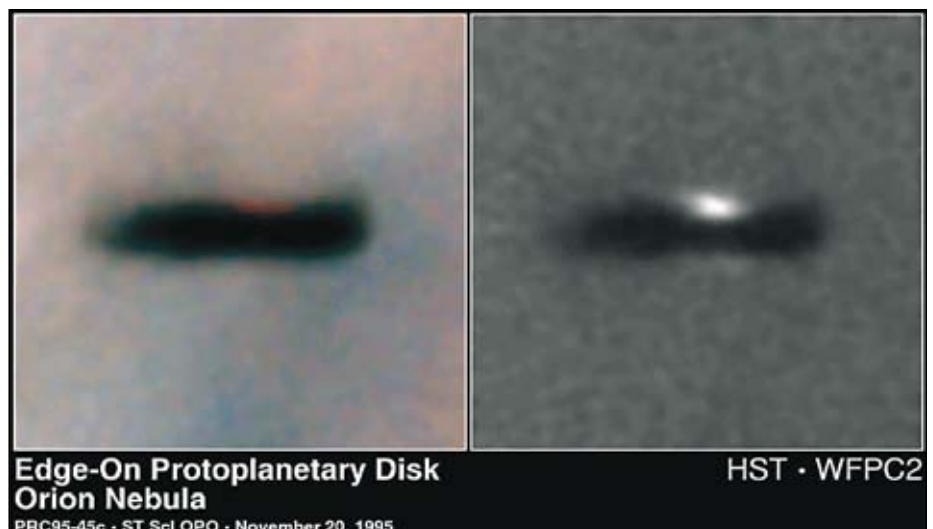
In der Trapezregion (Theta<sup>1</sup> Orionis) befinden sich Sterne verschiedener Entwicklungsstadien. Man kennt inzwischen 50 unregelmäßig Veränderliche, deren tatsächliche Zahl vermutlich deutlich höher liegt. Die Perioden dieser Veränderlichen schwanken zwischen einigen Monaten und wenigen Minuten. Die extrem kurzperiodischen Veränderlichen können sich innerhalb weniger Minuten um mehrere Größenklassen verändern. Auch bei den bekannten Trapezsternen selber handelt es sich zum Teil um Veränderliche.  $\Phi^1$  Ori C ist dabei der Hauptverursacher, der zur Ionisation des Gases beiträgt.  $\Phi^1$  Ori A ist ein Bedeckungsveränderlicher mit einer Periode von 65 Tagen.  $\Phi^1$  Ori B, der schwächste der vier Trapezsterne dagegen, ist mit einer Periode von 6,47 Tagen gemessen worden. Bei  $\Phi^1$  Ori C ist die Veränderlichkeit übrigens noch nicht



**Abb. 7: Theta-Orionis, Das Trapez im Orionnebel Hubble-Space-Teleskop.**

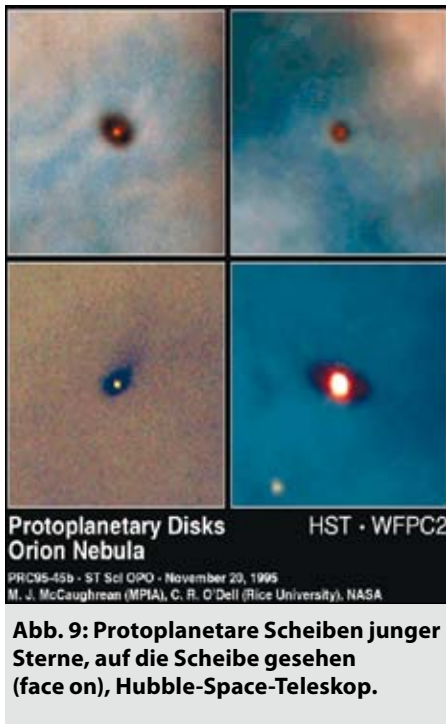
nachgewiesen worden. Mit Hilfe des HST gelang es weiterhin innerhalb der Trapezregion Braune Zwerge nachzuweisen. Braune Zwerge werden zwar zu den Sternen gerechnet, haben jedoch mit der nur 80-fachen Masse des Jupiters keine atomare Fusion zünden können.

Die Verteilung der Elemente innerhalb des Orionnebels ist typisch für H $\alpha$ -Regionen wie dieser. Mit 25.000.000 Atomen pro Kubikdezimeter dominiert der Wasserstoff, 2.500.000 Atome bringt Helium und mit 5.000 Atomen pro Kubikdezimeter schlägt Stickstoff zu Buche. Neon, Argon und Fluor sind nur in sehr geringen Dosierungen vertreten.



**Abb. 8: Protoplanetare Scheiben junger Sterne, gesehen von der Kante (edge on) Hubble-Space-Teleskop.**





Wie eingangs schon gesagt, gehören zur gesamten Molekülwolke weitere bemerkenswerte Regionen. Messier 43, eigentlich ein kleiner Ausläufer nördlich des Orionnebels, wird nur durch den dort vorhandenen Staub vom eigentlichen Orionnebel abgetrennt (Abb. 2 + 4). Oder besser gesagt, der Licht absorbierende Staub verhindert uns den Blick auf die leuchtenden Gasanteile. M 43 wird auch als der kleine Orionnebel bezeichnet.

Unmittelbar nördlich an den Orionnebel angrenzend findet man den schönen Reflexionsnebel NGC 1977 (Abb. 2). Hier ist es der kalte Staub, der das Licht der eingebetteten hellen Sterne zerstreut und als blaue Nebelregion sichtbar macht. Tiefe H-Alpha-Aufnahmen zeigen jedoch, dass auch hier im Inneren ein Großteil an roter Wasserstoffemission entsteht.

### Der Pferdekopfnebel, Barnard 33 und seine Umgebung

Dicht beim süd-östlichen Gürtelstern Alnitak ( $\xi$  Ori) befindet sich eine weitere H $\alpha$ -Region.

IC 434 ist eine ausgedehnte Wasserstoffwolke, in die ausgeprägte Staubformationen hineinragen. Die Wasser-

stoffwolke selber wird durch Sterne, die hinter diesen dunklen Staubwolken verborgen sind, ionisiert und damit zum Leuchten angeregt. Hier sind wir nun wiederum bei einem der meist fotografierten Objekte. Würde ein Ausläufer dieser dunklen Wolken nicht so eine markante Figur gebildet haben, würde sich vermutlich kaum Jemand so ausführlich damit beschäftigt haben – klar, es geht um den Pferdekopfnebel Barnard 33 (Abb. 5 + 6). Der Amerikaner Edward Barnard hatte dieses markante Objekt Anfang des 20. Jahrhunderts entdeckt. Diese dunklen Wolken aus Staub sind der leuchtenden H $\alpha$ -Region vorgelagert – nur dadurch werden sie für uns sichtbar. Sternwinde sorgen dafür, dass diese Staubformation in einigen Tausend Jahren wohl kaum noch als dieser Pferdekopf zu erkennen sein dürfte.

Östlich des Pferdekopfes befinden sich noch zwei Reflexionsnebel, die es wert sind, erwähnt zu werden: NGC 2023 und IC 435. Das dominierende Objekt dieser Region ist aber der nord-östlich des Pferdekopfes befindliche Emissionsnebel NGC 2024. Es ist ebenfalls eine H $\alpha$ -Region. Von Süd nach Nord wird dieser verhältnismäßig helle Nebel von einem Staubgebilde durchzogen, das an einen Baum erinnert. Die hellen, flammenartigen Filamente haben diesem Gebiet aber den Namen Flammennebel eingebracht (Abb. 5). Innerhalb der dunklen Staubgebiete hat man inzwischen die beiden Verursacher des Leuchtens ausmachen können. Es sind zwei B0-Sterne, die im Staub verborgen, nur im Infrarot-Licht zu erkennen sind.

Beobachtern wird der Pferdekopf wohl nur unter extrem guten Bedingungen und mit großem Gerät zugänglich sein, der Flammennebel ist aber schon mit kleinem Refraktor unter guten Bedingungen erkennbar.

Alle bis hier beschriebenen Gebiete werden im Osten von einem Bogen leuchtenden Gases umgeben. Barnards Loop (Abb. 1), wie dieser Bogen genannt wird, ist vermutlich der Überrest mehrerer Supernovaexplosionen. Zu diesem Bogen sollte noch ein westlicher Teil gehören, denn eigentlich müssten wir einen Kreis erkennen können. Immerhin sind von dem westlichen Teil Bruchstücke erkannt worden. Ebenfalls haben es alle beschriebenen Gebiete gemeinsam, dass sie etwa die gleiche Entfernung zu uns haben. Wie so oft ist aber auch hierbei keine absolute Angabe zu finden. Wir können davon ausgehen, dass sich die Entfernung zwischen 1300 Lj und 1500 Lj bewegt.

Beobachtern und Fotografen bieten die Regionen im Orion enorme Möglichkeiten immer wieder neue Einzelheiten zu entdecken. Nicht grundlos werden diese Highlights am Winterhimmel Jahr für Jahr aufs Neue von Fotografen und Beobachtern aufgesucht.

Gerald Willems



#### Quellen:

Ronald Stoyan: *Deep Sky Reiseführer*, Oculum-Verlag, 3. Auflage 2004  
 Ronald Stoyan, Stefan Binnewies, Susanne Friedrich: *Atlas der Messier-Objekte*  
 Thorsten Neckel: *Astronomie für Alle, Schönheiten der Milchstraße*  
 Klaus-Peter Schröder: *Die schönsten Nebel des Winterhimmels*, SuW 1/09  
 Peter Riepe, *Die Nebellandschaft im Orion*, Journal für Astronomie 1/2009  
 Erich Karkoschka: *Atlas für Himmelsbeobachter*

<http://www.epsilon-lyrae.de/Doppelsterne/Trapez/ThetaOrionis.html>  
[http://www.maa.clell.de/Messier/E/More/m042\\_h5.html](http://www.maa.clell.de/Messier/E/More/m042_h5.html)  
<http://www.astronews.com/news/artikel/2006/01/0601-016.shtml>

## Neues aus der AVL-Bibliotheksecke

DR. KAI-OLIVER DETKEN



Gertraud Meinel:

### Magischer Mond – Mythos, Märchen und Mirakel Thorbecke-Verlag, 2007

Mit dem Buch „Full Moon“ präsentiert Michael Light eine Bilderreise zum Mond und zurück. Light nahm dabei Originalnegative der NASA, die von Apollo-Astronauten aufgenommen wurden, und setzte sie elektronisch um. Die daraus resultierenden Bilder sind lebhaft und erscheinen sehr klar. Der Autor ordnete die Fotografien als Sequenz und wählte dabei die besten Bilder von jeder Mission, um ein filmisches Erlebnis zu schaffen. So werden vom Abflug bis zum Wiedereintritt in die Erdatmosphäre alle Abschnitte anhand unterschiedlicher Missionen dargestellt. Beim Start wird fast die gewaltige Erschütterung spürbar, als die Rakete sich bemüht, der Schwerkraft der Erde zu entkommen. Dann sieht man die lautlose Ruhe der Schwerelosigkeit und den Blick der Astronauten auf eine vollkommene Erde, auf der sich leuchtende, weiße Wolken vor unendlichen Ozeanen abheben. Beim Weltraumspaziergang erscheint der Astronaut verletztlich und sehr einsam, als er weit über seinem Heimatplanet außerhalb seiner Raumkapsel schwebt. Dann kommt das Warten, während sich die lange Reise in Richtung Mond fortsetzt. Dann beobachtet man die mit Kratern übersäte Oberfläche und erkennt die silber- und goldfarbene Landekapsel, die abgekoppelt wird, um schließlich sanft auf dem Mond zu landen. Die Astronauten verlassen in ihren Raumanzügen das Innere der Landekapsel. Fünf große Aufklappseiten präsentie-

ren atemberaubende Ansichten der komplex gezeichneten Mondoberfläche. Danach kehrt man zurück in den Weltraum - zur Wiedervereinigung der Landekapsel mit dem Mutterschiff und der Wiederholung der langwierigen Reise zurück nach Hause. Abschließend sieht man die Wasserung auf der Erde. Jedes Foto ist mit einer detaillierten Erläuterung versehen. Ein Essay des Autors Andrew Chaikin (A Man on the Moon) rundet das Buch ab.



Lutz Röhrich:

### Im Licht der Sonne – Schönheit, Mythos und Symbolik Thorbecke-Verlag, 2007

Der Sonne galt von jeher die Bewunderung und Verehrung der Menschen. Ihr widmeten sie ihre frühesten Symbole und erhoben sie zur Gottheit. Sie verkörpert das lebensspendende Prinzip, ist Wärme, Licht, Wachstum und Sehen. Ihre Strahlen vertreiben die Finsternis und die Dämonen, erhellen die Welt. Der Autor Lutz Röhrich erzählt anschaulich und unterhaltsam von der Geburt der Sonne, Sonnenmythen, Sonnenkalender und Volksbräuchen, der Sonne im Volkslied und Volkserzählungen, Sonne und Wetterregeln. Lutz Röhrich war bis zu seinem Eintritt in das Rentenalter der Direktor des Instituts für Volkskunde und des Deutschen Volksliedarchivs an der Universität Freiburg im Breisgau. Er beschreibt durch dieses Buch zusammengefasst ein Lob auf die Sonne, ohne die das Leben auf unserem blauen Planeten nicht möglich wäre.

Dr. Kai-Oliver Detken



## Impressum

### „Die Himmelspolizey“

ist die Mitgliederzeitschrift der Astronomischen Vereinigung Lilienthal e.V. (AVL). Sie erscheint regelmäßig alle drei Monate. Sie wird in Papierform und online unter [www.avl-lilienthal.de](http://www.avl-lilienthal.de) veröffentlicht.

Mitarbeiter der Redaktion  
Alexander Alin.  
E-Mail: [hipo@avl-lilienthal.de](mailto:hipo@avl-lilienthal.de).

Redaktionsschluss für die nächste Ausgabe ist vier Wochen vor dem Erscheinen. Später eingeschickte Artikel und Bilder können erst für spätere Ausgaben verwendet werden. Die Redaktion behält sich vor, Artikel abzulehnen und ggf. zu kürzen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht zwangsläufig die Meinung der Redaktion wieder. Durch Einsendung von Zeichnungen und Photographien stellt der Absender die AVL von Ansprüchen Dritter frei.

Verantwortlich im Sinne des Presserechts ist Alexander Alin,  
Hemelinger Werder 24a, 28309 Bremen  
ISSN 1867-9471  
Nur für Mitglieder

Erster Vorsitzender  
Peter Kreuzberg .....(04202) 76 508 22

Stellv. Vorsitzender  
Ernst-Jürgen Stracke .....(04792) 10 76

Pressereferat  
Ute Spiecker .....(04298) 24 99

Schatzmeisterin  
Magret König .....(0421) 27 35 58

Schriftführung  
Ulla Proffe .....(04298) 69 86 32

Sternwarte Würdten  
Ernst-Jürgen Stracke .....(04792) 10 76

Redaktion der Himmelspolizey  
Alexander Alin .....(0421) 33 14 068

AG Astrophysik  
Peter Steffen .....(04203) 93 43

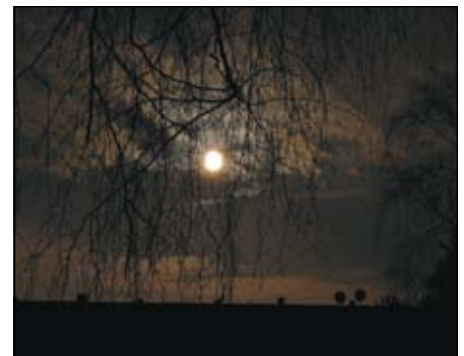
Freundeskreis Telescopium  
Klaus-Dieter Uhden .....(04298) 47 87

Interpräsenz und E-Mail-Adresse  
der AVL: [www.avl-lilienthal.de/](http://www.avl-lilienthal.de/)  
[vorstand@avl-lilienthal.de](mailto:vorstand@avl-lilienthal.de)





Partielle Sonnenfinsterniss am 04.01.2011 in Würden.



Trotz bedecktem Himmel fanden sich am 04.01.2011 über 20 SoFi-Begeisterte in Würden ein!!! Um kurz nach 10:00 Uhr bauten wir allerdings ab. Doch dann brach die Wolkendecke auf dem „nach Hause Weg“ wenige Augenblicke später für einige Minuten auf. Und wie sich das für Hobby-Astronomen gehört, gelangen sogleich einige Fotos, aufgenommen von Alexander Alin in Bremen sowie Carsten Gäbe und Ute Spiecker in Würden. Und Jürgen Ruddeck (Rückseite.)



Lilienthal, 04.01.2011, 10:16 Uhr  
Canon 400mm, Blende 14, 1/8000 sec.  
(ohne Sonnenfilter)  
Foto J. Ruddek