

Himmelskundliche Beobachtungen

Hilfen-Instrumente-Ergebnisse

Wetter – Sonnenuhren angewandt – Jupiter – Dämmerungssterne – Sternstrahlung – Milchstraße – Kleinstrechner – Uraniasternwarte – Österreich-Montierung-Neu: 60cm Ø Teleskop – Teleskop-Steuerung.

- 1 – 2 Titelseite und Inhaltsverzeichnis. Gesamtliste: <http://members.ping.at/astbuero/>.
- 3 – 18 Grundlagen zur Wetterprognose für astronomische Beobachtungen (Dr.Alexander Probst, Wien).
- 19 – 22 Wetterverhältnisse auf Teneriffa aus Sicht der Astronomie (Hermann Koberger, Estacion Astronomica de Vilaflor, Tenerife / Privatsternwarte Rohrwies OÖ).
- 23 – 38 Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren (Prof.Dr.Helmut Sonderegger, Feldkirch).
- 39 – 42 Visuelle Beobachtungen der Jupiteratmosphäre (Dipl.Ing.Alexander Pikhard, Wien).
- 43 – 50 Komet P/1998 U3 (Jäger) – nach 108 Jahren wieder ein Komet in Österreich entdeckt! (Prof.Hermann Mucke, Wien).
- 51 – 55 Zur Rotation von Kometenkernen – Beobachtungen am Kometen C/1995 O1 Hale-Bopp. Mit Beilage: Vier CCD-Aufnahmen in Farbe (Zusammengestellt von Prof.H. Mucke).
- 56 – 65 Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung (Herbert Smutek, Wien).
- 66 – 75 Die Farben der Sterne (Karl Glaser, Wien).
- 76 – 83 Himmelskundliche Spektralbeobachtungen. Mit 11 Objektivprismenspektrogrammen (Univ.-Ass.Dr.Jörg Schmiedmayer, Universität Innsbruck).
- 84 – 95 Die Milchstraße – unsere Spiralgalaxie (Wolfgang Vollmann, Wien).
- 96 –103 Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs (Georg Zotti, Wien).
- 104–115 Beobachtungsmöglichkeiten auf der Wiener Urania Sternwarte – neue himmelskundliche Bildungswege. Mit Beilage: Prospekt URANIASTAR (Prof.Hermann Mucke, Wien).
- 116–121 Astrometrie mit dem Passageninstrument. Messungen auf der Wiener Urania Sternwarte (Dipl.Ing.Dr.Robert Weber, Wien)
- 122–127 Neues 60cm-Teleskop mit der „Österreich-Montierung-Neu“ für die Privatsternwarte in Davidschlag OÖ (Ing.Erich Meyer und Erwin Obermair, Linz).
- 128–137 Teleskopsteuerung mit Personalcomputer (Min.-Rat Dr.Manfred Stoll, Wien).

Das Seminar wurde an fünf Abenden im Frühling als Gemeinschaftsveranstaltung im Wiener Planetarium von diesem und vom Österreichischen Astronomischen Verein abgehalten. Der Seminarleiter war Prof.H.Mucke.

Besondere Kennzeichen unserer Seminare sind ihre Dokumentationen, die Seminarpapiere:

SEMINARPAPIERE

Die Dokumentationen der Seminare 1973–2000 wurden vom Österreichischen Astronomischen Verein als Eigentümer, Herausgeber und Verleger veröffentlicht; er besitzt alle Rechte an diesen. Die Wiedergabe, auch von Teilen, ist nur mit dessen Genehmigung gestattet. Die Seminarpapiere 1973–1979 einschließlich werden, weil größtenteils überholt, nicht mehr angeboten. Jene ab 1980 einschließlich sind lieferbar.– Bestellungen: Astronomisches Büro, Hasenwartgasse 32, A-1238 Wien, Tel.+Fax 00431 – 889 35 41, astbuero@astronomisches-buero-wien.or.at. Die Titel aller Seminarbeiträge stehen in der Homepage des Astronomischen Büros, <http://members.ping.at/astbuero/>. Die Zahlen hinter den genannten Generalthemen nennen die durchschnittlich pro Abend *tatsächlich* anwesenden Teilnehmer.

1973 Astronomische Koordinatensysteme, 58	1989 Planet Erde, 211
1974 Gebrauch astronomischer Jahrbücher, 81	1990 Die Milchstraße, 188
1975 Himmelskarten und ihr Gebrauch, 97	1991 Die Sonnenuhren (Urania), 100
1976 Fernrohre und ihr Gebrauch, 115	1992 Moderne Astronomische Phänomenologie, 137; dessen Fortsetzung,
1977 Astronomische Phänomenologie, 106	1993 Astron.Phänomenologie, 105
1978 Amateurastronomie, Theorie/Praxis, 198	1994 Himmelskundliche Beobachtungen und himmelskundl.Weltbild, 144
1979 Astronomische Finsternisse, 104	1995 Himmelskundliche Beobachtungen und himmelskundl.Weltbild, 70
1980 Die Kometen, 111	1996 Angewandte Astronomische Phänomenologie, 90
1981 Der Mond, 147	1997 Himmelskundliche Beobachtungen und himmelskundl.Weltbild, 93
1982 Die Kleinplaneten, 164	1998 Astronomische Finsternisse, 124
1983 Die Doppelsterne, 163	2000 Himmelskundl.Beobachtungen, ≈105
1984 Die Sonne, 199	
1985 Himmelskunde und Kleinrechner, 167	
1986 Die Meteore, 127	
1987 Die Veränderlichen, 172	
1988 Die Galaxien, 223 (Hausrekord)	

Die Papiere waren jeweils für den Abend vor dessen Beginn bei persönlicher Teilnahme und Vorweis der Kurskarte unentgeltlich zu beheben.

Den mit den Papieren verbundenen beträchtlichen Arbeits- und Mittelaufwand leistete der Österreichische Astronomische Verein, die größte landesweite österreichische Fachvereinigung, im Interesse einer qualifizierten Weiterbildung auf dem Gebiet der Himmelskunde.

Res servera est verum gaudium!

Referat: **Grundlagen zur Wetterprognose für astronomische Beobachtungen**

Der folgende Beitrag soll **im ersten Teil** Grundlagen jener Kräfte und Mechanismen darstellen, welche das Wetter in Mitteleuropa gestalten und beeinflussen. **Im zweiten Teil** wird die praktische Umsetzung dieser Grundlagen zur Erstellung von Wetterprognosen durch den Amateurastronomen erläutert. Dadurch soll die Entscheidungsfindung zur Durchführung von astronomischen Beobachtungen in Abhängigkeit von der Wetterlage und unterschiedlichen Orten erleichtert werden.

1. TEIL

1.1 Grundlagen:

Der Raum für das Wettergeschehen ist die bis in eine Höhe von ca. 15 km reichende **Troposphäre**, in der die Luftmischung unserer Atmosphäre besonders ausgeprägt ist. Hier bilden sich Wolken und Niederschläge. In der darüber anschließenden **Stratosphäre** gibt es keine vertikale, dafür aber kräftige horizontale Durchmischung. Bei etwa 60 km Höhe beginnt die **Ionospäre**, welche bis ca. 2000km Höhe reicht. Auch wenn sich das Wettergeschehen auf die Troposphäre beschränkt darf man nicht vernachlässigen, daß die anderen Schichten eine Filterfunktion in allen Wellenlängenbereichen ausüben. Nur 47% der Gesamtsonnenstrahlung gelangen auf den Erdboden (bedingt durch Absorption, Reflexion, Brechung und Streuung)! Dieser reflektiert sofort aber wiederum einen Teil der Strahlung, sodaß **nur 33%** der Sonnenstrahlung die wetterwirksamen unteren Luftschichten der Atmosphäre erwärmen! Die Zustrahlung ist umso größer, je steiler die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche auftreffen (z.B. Äquator, Tropen). Auf dem Weg durch die Atmosphäre wird diese nur unwesentlich angewärmt. Die zur Erdoberfläche durchkommene Strahlung wird dort absorbiert. **Dadurch erwärmt sich die Erdoberfläche und heizt die Lufthülle von unten her an!** Diese „Erwärmung von unten“ löst starke, nach oben gerichtete Luftströmungen aus. Es ist nicht nur die unmittelbare Wärmeabgabe an die Luft über dem Erdboden, zumal die Luft kein guter Wärmeleiter ist. Es ist vielmehr die erwärmte Luft über dem Erdboden, die Wärme in größere Höhen bringt. Andererseits sinkt kühlere Luft aus der Höhe auf die Erdoberfläche. Diese Turbulenzen unterstützen den Temperatenausgleich und mischen verschieden temperierte Luftmassen. Zu beachten ist außerdem die unterschiedliche Erwärmung von Festland und Meer. Das Wasser reflektiert mehr Strahlung und erwärmt sich langsamer. Die Strahlung dringt bis zu 20 Meter tief in Wasser ein und erwärmt dadurch eine größere Masse als auf dem Festland. Die Strahlung dringt aber nur ganz wenig tief in den Erdboden ein. Da dieser aber weniger stark reflektiert als das Wasser, erfolgt die Erwärmung rascher, jedoch auch die Wärmeabgabe. Außerdem wird auch für die Verdunstung über Wasser Wärme verzehrt.

Über dem Festland kann die Abkühlung bei Nacht allerdings beträchtlich sein, wodurch auch die unteren Luftschichten stark abkühlen. Die unterschiedliche Beschaffenheit der Erdoberfläche führt bereits zu deutlichen Temperaturunterschieden selbst in geringstem Umkreis. Schnee und Eis z.B. mindern durch ihr hohes Reflexionsvermögen und den Einsatz der zugeführten Energie zum Schmelzen die Erwärmung des Bodens und damit der Luft. Aus diesem Grund sinkt die Temperatur einer schneebedeckten Landschaft in klarer Nacht schneller ab als bei blankem Boden. Mit Wiese oder Wald bedeckter Boden hingegen erwärmt sich langsamer, kühlt dafür aber auch langsamer ab.

Das **Wetter** ist das Geschehen in der Atmosphäre während eines Tages an einem Ort (z.B. Wiener Innenstadt). Die **Witterung** charakterisiert die atmosphärischen Zustände innerhalb eines Jahres über einem begrenzten Gebiet (z.B. Wien, Weinviertel, Lungau,

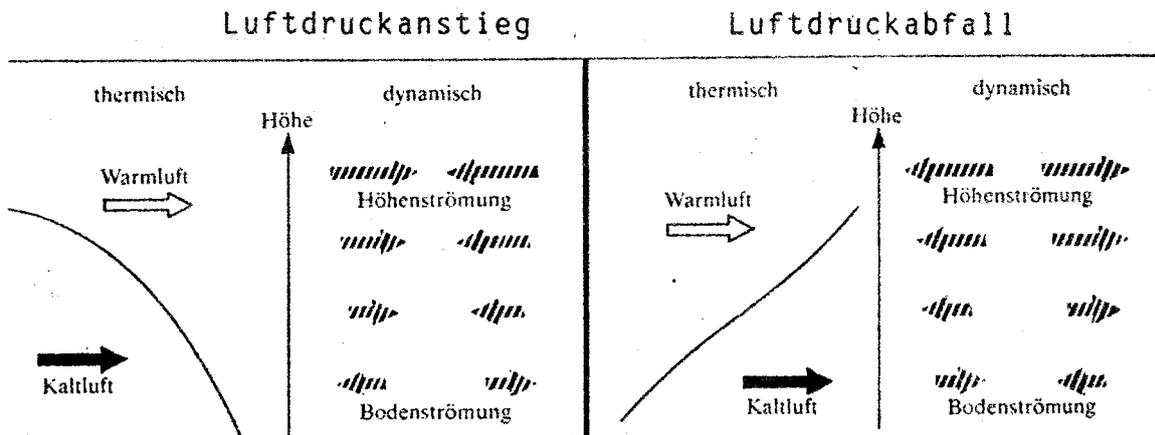
Salzkammergut). Das **Klima** ist die durchschnittliche Witterung über einen Zeitraum von wenigstens 10 Jahren.

1.2 Die meteorologischen Elemente:

1.2.1 Luftdruck:

Die Einheit des Luftdrucks ist das Hektopascal (hPa), wobei 1 Pascal jenem Druck entspricht, den die senkrecht auf eine Fläche von 1 m^2 wirkende Kraft von 1 Newton ausübt. Physikalisch ist 1 hPa gleich 1 mbar. Mit zunehmender Höhe wird die Luftsäule kürzer und dadurch das Gewicht der Luft geringer; der Luftdruck fällt.

Maßgeblich für die Wetterbeobachtung ist das Steigen und Fallen des Luftdrucks sowie die Geschwindigkeit dieser Vorgänge. Ablesbar ist dies auf einem Barometer, welches den Druck der über dem Beobachtungsort befindlichen Luftsäule zeigt. **Kaltluft** ist schwer, man registriert hohen Luftdruck, **Warmluft** ist leicht und steigt auf, das Barometer zeigt fallenden oder niedrigen Luftdruck.



Wichtige Anhaltspunkte für das bevorstehende Wettergeschehen liefert vor allem die Geschwindigkeit der Luftdruckveränderung.

Barometerstand	hPa/Stunde	Wettergeschehen
Steigend	0,25-0,5	Aufkommende Hochdrucklage (längerfristig)
Steigend	1-2	Zwischenhoch (kurzfristig)
Fallend	0,25-0,5	Aufkommende Tiefdrucklage (längerfristig)
Fallend	1-2	Stürmische Wetterlage (evtl. Gewitter)

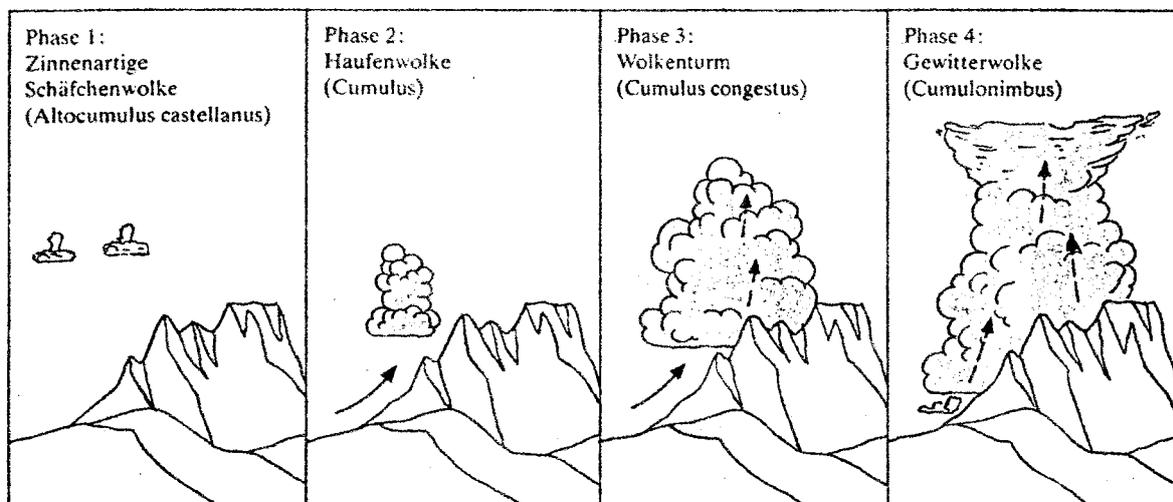
Es kann aber auch Abweichungen geben, z.B. zeigt das Barometer am Standort des Beobachters **fallende Tendenz**, trotzdem ist das Wetter schön. In diesem Fall gelangt warme Luft aus dem Süden bodennah besonders schnell nach Norden (Luftdruckabfall!), auf ihrer Rückseite dringt kalte Luft aus der Höhe ein. Diese absinkende Kaltluft aber löst die Wolken auf und läßt die Sonne scheinen. Im anderen Fall zeigt das Barometer am Standort des Beobachters **steigende Tendenz**, trotzdem ist das Wetter wolzig und regnerisch. Hier ist es bodennahe Kaltluft aus dem Norden, die schnell südwärts gelangt (Luftdruckanstieg!). Die kalte Luft schiebt aber die stationäre Warmluft in die Höhe, wodurch diese abkühlt und durch Kondensation Wolken und Niederschlag resultieren.

1.2.2 Lufttemperatur:

Sie wird mit einem Thermometer gemessen. Bei der Gradeinteilung nach Celsius geht man vom Gefrier- und Siedepunkt des Wassers aus ($^{\circ}\text{C}$). Der Nullpunkt entspricht der Temperatur von schmelzendem Eis. Neben einer korrekten Eichung des Thermometers ist

2. Fortsetzung Referat: Grundlagen zur Wetterprognose für astronomische Beobachtungen

darauf zu achten, daß es an einem gut durchlüfteten und nicht der Sonneneinstrahlung ausgesetzten Ort, ca. 2 m über dem Boden aufgestellt wird. Die Lufttemperatur zeigt eine Tageskurve mit dem Minimum kurz vor Sonnenaufgang und dem Maximum knapp nach Mittag (ca. um 14 Uhr). Grundsätzlich gilt, daß die Lufttemperatur mit der Höhe abnimmt. Aufsteigende Luft kühlt sich ab, es ist allerdings nicht gleichgültig ob es sich um trockene oder feuchte Luft handelt! Aufsteigende trockene Luft kühlt sich gleichmäßig um 1°C pro 100m ab. Für feuchte Luft gilt dies nur solange, bis sie ihren Sättigungszustand erreicht hat. Steigt sie weiter, so kondensiert der Wasserdampf und die dabei freiwerdende Wärme bremst die Abkühlung, etwa auf $0,5^{\circ}\text{C}$ pro 100m. Anders ist es bei absinkender Luft. Sowohl trockene als auch feuchte Luft erwärmt sich um 1°C pro 100m. Es handelt sich in beiden Fällen um Vorgänge, die ohne äußere Wärmezufuhr (bzw. Wärmeabgabe) ablaufen, sogenannte **adiabatische Prozesse**. Allein die Tatsache, daß der Luftdruck mit steigender Höhe abnimmt führt zu dem oben erwähnten Abkühlungsvorgang. Der Luftdruck nimmt mit der Höhe relativ schnell ab. Ist die Aufstiegs geschwindigkeit der Luft entsprechend groß, wird die Abkühlung rasch wirksam. Bei bestimmten Wetterlagen, wie z.B. beim Föhn, sind Aufstiegs geschwindigkeiten von 10 m/s keine Seltenheit. Auch in Gewitterwolken sind schnelle Aufstiegsbewegungen die Regel, die Luftmassen können so bis in 10 km Höhe gelangen!



Die mit dem Aufstieg verbundene Abkühlung der Luft führt also in einer bestimmten Höhe zur Wolkenbildung. Umgekehrt erwärmt sich mit der Senkung die Luft, sie wird trockener und dies führt zur Wolkenauflösung.

Erst in der oberen Tropo-, und der darüberliegenden Stratosphäre nimmt die Temperatur wieder zu. Deutliche Abweichungen vom täglichen Gang der Lufttemperatur (z.B. extrem rasche Erwärmung am Morgen) sind häufig Anhaltspunkte für Veränderungen im Wettergeschehen.

Eine Luftschichtung mit schwerer Kaltluft bodennahe und leichter Warmluft darüber ist sehr stabil (siehe Inversionswetterlagen im Winter in Tälern oder Beckenlagen). Ausgesprochen labil hingegen sind Schichtungen, bei denen schwere Kaltluft über leichter Warmluft zu liegen kommt. In diesem Fall ist die Neigung zu turbulentem Wettergeschehen sehr groß, da die kalte Luft den Weg nach unten und die warme Luft den Weg nach oben sucht. Gewitter und Sturm kennzeichnen solche labile Luftschichtungen.

1.2.3 Luftfeuchtigkeit:

Sie wird mit einem Hygrometer gemessen. Man unterscheidet zwischen absoluter und relativer Luftfeuchtigkeit. Je wärmer Luft ist, umso mehr Wasserdampf kann sie aufnehmen, umgekehrt vermindert Abkühlung der Luft die Wasserdampfaufnahme. Pro m^3 Luft sind diese Wasserdampfmengen in g beispielhaft für einige Temperaturen in $^{\circ}\text{C}$ angegeben :

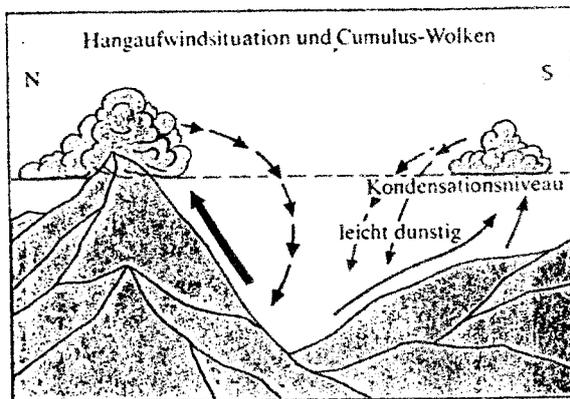
3. Fortsetzung Referat: Grundlagen zur Wetterprognose für astronomische Beobachtungen

Temperatur in °C	+30	+20	+10	0	-10	-20
Wasserdampf in g	30,3	17,3	9,4	4,8	2,4	1,1

Die relative Feuchtigkeit (%) errechnet sich aus

$$\frac{\text{Absolute Feuchtigkeit (g/m}^3\text{)} \times 100}{\text{Sättigungsfeuchtigkeit (g/m}^3\text{)}}$$

Aufsteigende warme Luft kühlt sich solange kein Wasserdampf verflüssigt wird (adiabatisch) um 1°C pro 100m ab. Die Wolkenbildung wird in einer Höhe einsetzen, wo das Wasserdampfsättigungsniveau für die jeweilige Lufttemperatur erreicht ist, also 100% relative Luftfeuchtigkeit vorherrschen (=Kondensationsniveau). Bei sonnigem Wetter erwärmt sich im Tagesverlauf die bodennahe Luft immer mehr, wird allmählich leichter als die darüber gelegene Kaltluft und steigt auf. Ob sie in der Lage ist ihr Kondensationsniveau zu erreichen, hängt von der **Auslösetemperatur** ab. Das ist jene Temperatur, die gerade ausreicht die bodennahe Luft so stark zu erwärmen, daß diese ihr Kondensationsniveau erreicht und damit eine Wolkenbildung stattfinden kann.



Auch die Luftfeuchtigkeit unterliegt einem Tagesgang, am höchsten ist sie in der Nacht und den frühen Morgenstunden. Sie erreicht dann nicht selten 100% und es kommt zur Taubildung. Ein Aufzug von Wolken kann dies verhindern, da die nächtliche Abstrahlung vermindert wird, und die Luft warm genug bleibt um die gesamte Feuchtigkeit aufzunehmen. Auch diese Abweichung vom Tagesgang ist ein Indiz für eine durchgreifende Wetteränderung. Hohe relative Luftfeuchtigkeit in einer sternklaren Nacht läßt Nebelbildung erwarten, bei geringer relativer Feuchtigkeit hingegen ist mit weiterer Abkühlung zu rechnen. Zum besseren Verständnis eine Beziehung zwischen Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur:

Temperatur	Wasserdampfgehalt	Sättigungsfeuchtigkeit	Luftfeuchtigkeit
steigend	konstant	steigend	relativ trocken
fallend	konstant	fallend	relativ feucht

1.2.4 Luftdichte:

Die Luftdichte in kg/m³ errechnet sich aus

$$\frac{0,349 \times \text{Luftdruck (hPa)}}{273 \pm \text{Temperatur in } ^\circ\text{C}}$$

Auf Meereshöhe bei 15°C beträgt die Dichte der Luft 1,23 kg/m³. Die Abnahme der Luftdichte mit der Höhe ist bis ca. 100 km der Abnahme des Luftdrucks annähernd proportional. Staub und andere Luftverunreinigungen verändern die Luftdichte nicht!

1.2.5 Luftströmung (Wind):

Die **Windrichtung** ist jene Richtung aus der die Luftströmung kommt, sie wird in Winkelgraden im Uhrzeigersinn der Windrose angegeben (Norden=0°). Die **Windgeschwindigkeit** wird in m/s angegeben, oder häufig als „**Windstärke**“ in der 12-gradigen Beaufortskala. Die Windstärke 12 entspricht einer Windgeschwindigkeit von über 120 km/h! Für spezielle Luftströmungen (Hurrikans und Tornados) gibt es eigene Skalen (z.B. wird in der Fujita-Tornado-Skala die höchste Stufe 5=katastrophal erst bei Windgeschwindigkeiten ab 419 km/h angewendet).

Mit zunehmender Höhe erreichen Luftströmungen höhere Werte, so z.B. die „Jet-Streams“ in 6 bis 15 km Höhe mit ca. 400 km/h (diese haben unter anderem auch großen Einfluß auf das sog. „Seeing“!). Luft strömt von einem Punkt mit höherem Luftdruck zu einem Punkt mit niedrigerem, die Windstärke steht damit in Zusammenhang mit dem auszugleichenden Druckunterschied. Der Wind weht umso stärker, je größer der Druckunterschied und je geringer die Entfernung zwischen den beiden Punkten unterschiedlichen Luftdrucks ist. Nur bei lokalen Luftströmungen bestimmt der Druckgradient alleine Windstärke und -richtung. Für alle großräumigeren Luftströmungen ist die auf die unterschiedliche Erwärmung der Luftmassen nachfolgende Ablenkung der Luftströmung als Folge der Erdrotation zu berücksichtigen.

1.3 Hoch- und Tiefdruckgebiete:

In einem **Tiefdruckgebiet** finden wir aufsteigende Luftmassen vor. Diese warmen Luftmassen sind von einem Hochdruckgebiet bodennahe zugeführt worden. Dabei haben sie an der Erdoberfläche jedoch Feuchtigkeit aufgenommen. Mit dem Aufsteigen der Luftmassen sind Abkühlung der Luft, Wolkenbildung und Niederschlag verbunden. Da diese warmfeuchten Luftmassen aufsteigende Bewegung zeigen, ist das Gewicht dieser Luftsäule über der Erdoberfläche gering, wir sprechen also von tiefen Druckverhältnissen.

In einem **Hochdruckgebiet** finden wir absinkende Luftmassen vor. Diese kühlen Luftmassen sind von einem Tiefdruckgebiet in höheren Luftschichten zugeführt worden. Die absinkende Luftbewegung bewirkt eine Temperaturzunahme und Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit der Luft, verbunden mit Wolkenauflösung. Nur kräftige Sonneneinstrahlung kann zu vorübergehender, thermisch bedingter Quellwolkenbildung führen.

Kaltluft wird sich aus physikalischen Gründen also immer unter bodennahe Warmluft schieben, umgekehrt gleitet Warmluft immer auf bodennahe Kaltluft auf.

1.4 Wolkenformen

Die Abkühlung von Luft in der Höhe führt zur Kondensation von Wasserdampf und damit zur Wolkenbildung. Das verflüssigte Wasser kann als Niederschlag ausfallen oder auch in der Luft bereits verdunsten (Wolkenauflösung ohne Niederschlag). Es gibt 10, international klassifizierte Wolkenarten:

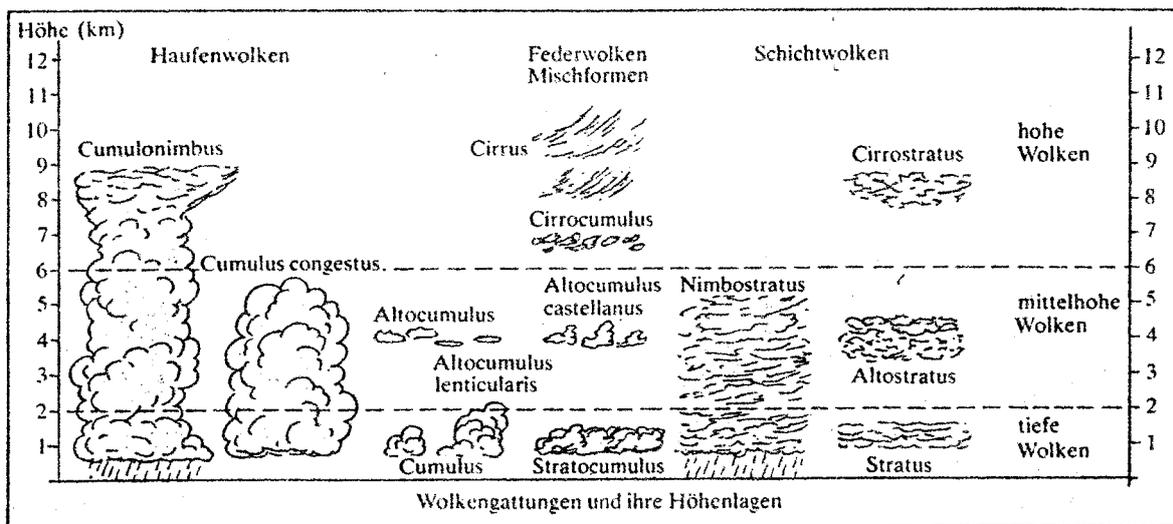
a) **Cirrus**: physikalisch Eiswolken, werden auch Federwolken genannt, gehören zu den hohen Wolken (5km und höher), ihre Zugrichtung erlaubt Rückschlüsse auf die Wetterentwicklung, zeigen ein faseriges, oft auch schleierartiges Aussehen

b) **Cirrocumulus**: physikalisch Eiswolken, stellen kleine Quellwolken dar, gehören zu den hohen Wolken, für die Wetterentwicklung unterschiedliche Bedeutung

c) **Cirrostratus**: physikalisch Eiswolken, stellen schleierförmige Schichtwolken dar, gehören zu den hohen Wolken, häufig kündigt sich mit deren Aufzug die Warmfront eines Tiefdruckgebietes an, Auftreten von Halo-Erscheinungen

d) **Alto cumulus**: Überwiegend aus Wasser bestehende Quellwolken, oft bandartig am Himmel angeordnet, gehören zu den mittelhohen Wolken (2,5 bis 7 km hoch), sie sind fast ohne Ausnahme typischerweise kennzeichnend für bald eintreffendes schlechtes Wetter

- e) **Altostratus:** Schichtwolken aus Eis und Wasser, gehören zu den mittelhohen Wolken, für die Wetterentwicklung unterschiedliche Bedeutung
- f) **Nimbostratus:** dichte Schichtwolken aus Eis und Wasser, gehören zu den mittelhohen Wolken. Es handelt sich dabei um aus Altostratus entwickelte Regenwolken, die häufig mit Quellwolken durchsetzt sind.
- g) **Stratocumulus:** aus Wasser bestehende Haufenschichtwolken, gehören zu den tiefen Wolken (unter 2,5 km Höhe). Trotz bedrohlichem dunklen Aussehen und weiter Ausbreitung am Himmel bringen diese Wolken meist keinen Niederschlag.
- h) **Stratus:** aus Wasser bestehende Schichtwolken, gehören zu den tiefen Wolken, typische konturlose Regenwolken, oft darunter noch „Wolkenfetzen“ in Berg- oder Bodennähe
- i) **Cumulus:** aus Wasser bestehende Haufenwolken („Quellwolken“), gehören zu den tiefen Wolken, können sich aber bis in große Höhen auftürmen, locker verteilte Quellwolken gelten als „Schönwetterwolken“
- j) **Cumulonimbus:** Aus einer Cumuluswolke, durch thermisch bedingte Auftürmung hervorgegangene Gewitterwolke.



1.5 Luftmassen und Wetterfronten:

Befindet sich Kaltluft im Vorrücken, spricht man von einer **Kaltfront**, kommt Warmluft voran, von einer **Warmfront**. Welche Temperatur eine Luftmasse hat, entscheidet, großräumig gesehen, die geographische Breite aus der sie heranströmt. Es gibt bevorzugte Herkunftsorte derjenigen Luftmassen, die das Wetter in Mitteleuropa bestimmen, dazu gehören die Polargebiete und die Subtropen:

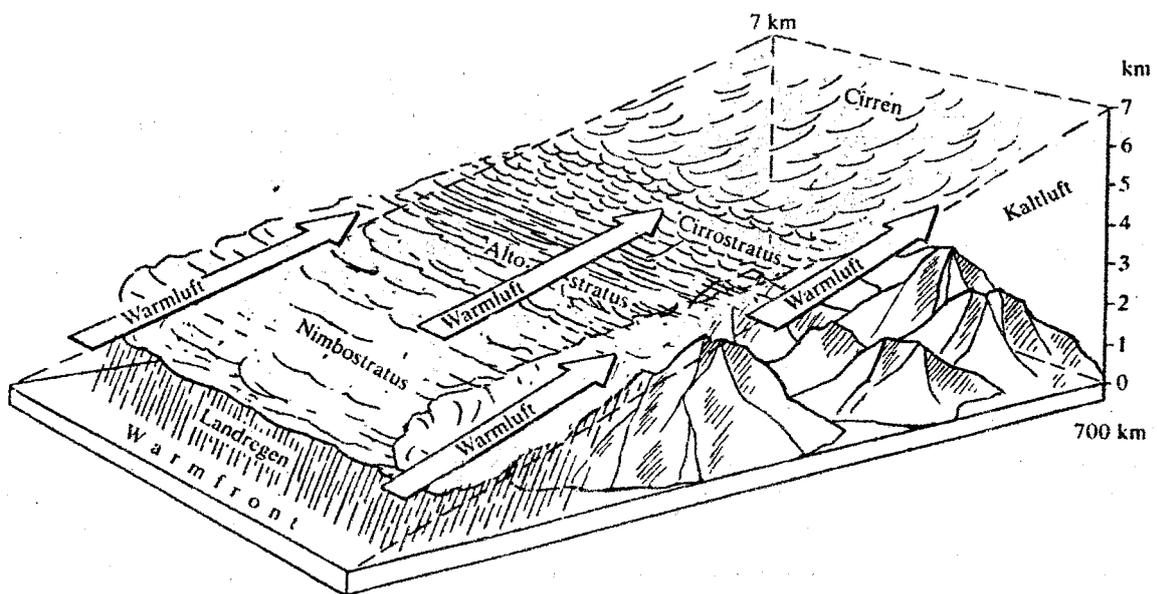
Name	Herkunft	Eigenschaften
Polarluft	polare Gebiete	kalt und trocken
Maritime Polarluft	polare Gebiete nach längerem Strömen über dem Meer	kühl und feucht, in den unteren Schichten nicht mehr ganz so kühl
Kontinentale Polarluft	polare Gebiete nach längerem Strömen über dem Festland (Osteuropa)	kalt und sehr/extrem trocken
Tropikluft	subtropischer Hochdruckgürtel	warm und trocken
Maritime Tropikluft	Atlantik (Azorenggebiet)	warm und sehr feucht
Kontinentale Tropikluft	Nordafrika, Kleinasien	warm und sehr trocken

Der „Kampf“ zwischen Kalt- und Warmfronten ist besonders eindrucksvoll im Tiefdruckgebiet. In den europäischen Breiten sind diese sog. **Zyklone** (Wolkenspiralen entgegen dem Uhrzeigersinn) oft von flächenmäßig großer Ausdehnung und sie vereinigen mindestens zwei unterschiedlich temperierte Luftmassen. Gehäuft treten sie im Frühjahr und im Herbst auf.

Wie kann man sich nun die Entwicklung eines Tiefdruckgebietes (Zyklon) vorstellen: Zunächst schiebt sich eine Warmluftzunge von Westen vor und gleitet an der östlich gelegenen kälteren Luft auf (Warmfront). Danach bricht eine westliche Kaltluftmasse in die Warmluft ein (Kaltfront). Diese Luftmasse ist schneller und engt dadurch die Zone der Warmluft immer mehr ein. Zu einem bestimmten Zeitpunkt hat die westliche Kaltluft, also die Kaltfront die Warmfront eingeholt. Die restliche Warmluft entweicht in die Höhe und die Zyklone okkludiert (zum Zusammenbruch gebracht). Wenn also die Kaltfront die Warmfront eingeholt hat entsteht die Okklusionsfront. Zum Zeitpunkt der Okklusion hört die Bewegung der Luftmassen nach Osten fast vollständig auf, es bildet sich ein „stationäres“ Tief.

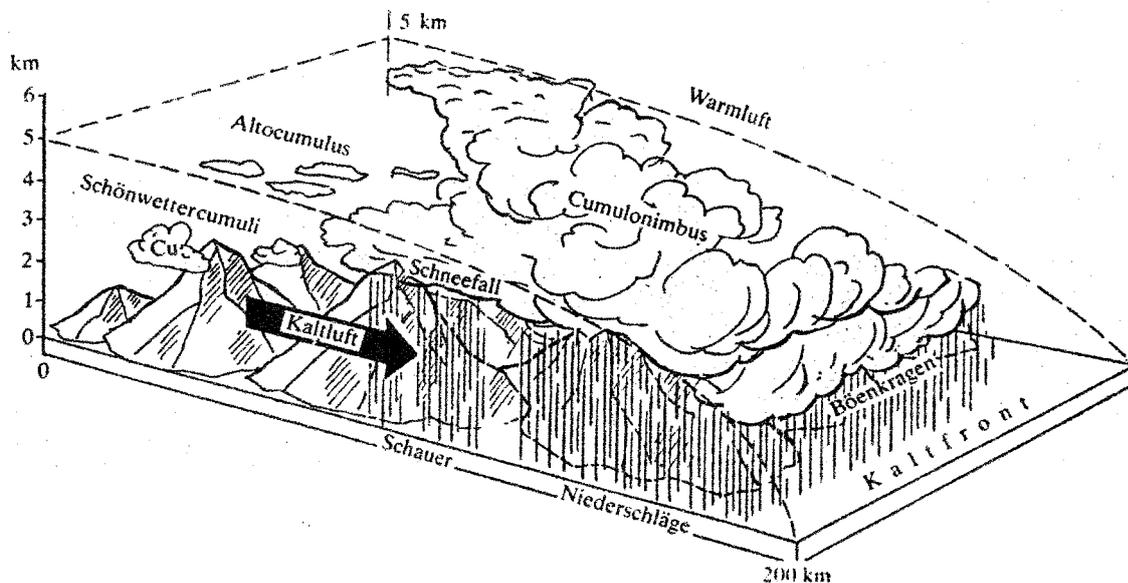
Wettergeschehen in der Warmfront:

	Vor der Front	In der Front	Nach der Front
Wolken	Cirren, dann Cirrostratus, gefolgt von Altostratus und Altocumulus	Nimbostratus	Wolkenauflösung
Luftdruck	fallend	fallend	konstant, evtl. noch fallend
Wind	Südost bis Süd, frisch und kühl	Süd, auffrischend	Südwest bis West, frisch und wärmer
Temperatur	sinkend	steigend	steigend
Sicht	zunehmend schlechter	schlecht	meist weiterhin schlecht
Wetter	Himmel grau, leichter Regen	Überall Landregen	Teilweise Aufhellungen und nachlassender Regen



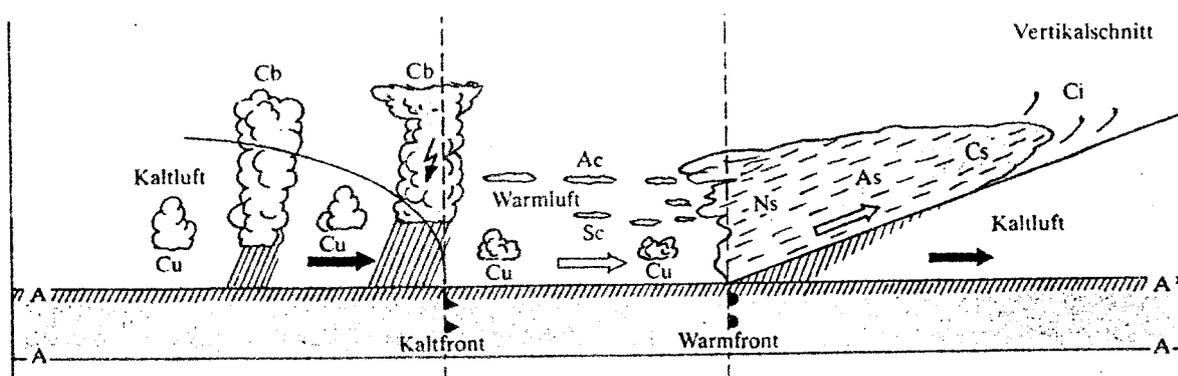
Wettergeschehen in der Kaltfront:

	Vor der Front	In der Front	Nach der Front
Wolken	Cirren, danach massive Ballung von walzenförmigen Cumulonimbus	Nimbostratus, Cumulonimbus	Aufklaren oft sehr rasch
Luftdruck	fallend	steigend (oft sogar kräftig)	steigend
Wind	Südwest, kräftig und kühl	West bis Nordwest, stürmisch und kalt, oft böig	Nordwest, zum Teil kräftig und kühl
Temperatur	sinkend	sinkend	sinkend
Sicht	mittelgut	schlecht	gut bis sehr gut
Wetter	„Drohende“ Wolkenansammlung in West oder Nordwest	ganzer Himmel bedeckt mit rasch ziehenden Wolken und Wolkenfetzen	Neigung zu weiteren Regenschauern, unbeständiges „Rückseitenwetter“



Wettergeschehen in der Okklusionsfront:

	Vor der Front	In der Front	Nach der Front
Wolken	Nimbostratus	Nimbostratus, Cumulonimbus	Zeitweise Wolkenauflösung
Luftdruck	fallend	fallend	steigend
Wind	auffrischend aus Südwest	West, zunehmend	Nordost, nachlassend aber kühl
Temperatur	sinkend, manchmal gleichbleibend	sinkend oder gleichbleibend, aber eher kühl	sinkend
Sicht	mäßig	schlecht	gut bis sehr gut
Wetter	stark bewölkt und Niederschläge	stark bewölkt und Niederschläge	Auflockerung der Bewölkung aber noch Niederschläge



2. TEIL

2.1 Mondschein:

Direkte Einflüsse des Mondes auf das Wettergeschehen sind nicht nachweisbar. Die „alte Volksweisheit“, daß Bewölkungsabnahme bei zunehmendem Mond bzw. Vollmond auftritt ist falsch. Die Wolken lösen sich nicht auf weil der Mond scheint, sondern weil sich die Wolken aufgelöst haben sehen wir den Mond! Vorausgesetzt, daß nicht Neumond ist! Schließlich ist ja die gerade zu beobachtende Mondphase in derselben Nacht rund um die Erde zu sehen, doch ist das Wettergeschehen keineswegs an jedem Ort der Erde gleich. Außerdem sind die Mondzeiten in der Atmosphäre (Luftdruckänderung) viel zu gering, um das Wettergeschehen zu steuern oder zu beeinflussen. Die volkstümlichen Regeln, daß bei zunehmendem Mond das Wetter schön wird und bei abnehmendem schlecht, sind wissenschaftlich nicht haltbar.

2.2 Szintillation:

Darunter versteht man das „unruhige“ Erscheinungsbild des Sternenlichtes, welches durch örtliche Dichte- und Temperaturunterschiede innerhalb der Atmosphäre verursacht wird. Das Sternenlicht erleidet dadurch kurzfristige Richtungs-, Helligkeits- und Farbschwankungen. Die Stärke der Luftunruhe ist in Horizontnähe stärker als im Zenit, da man Richtung Horizont tangential durch eine größere Wegstrecke innerhalb der Atmosphäre hindurchblickt. Es ist erwiesen, daß die Luftbewegungen bei einem von einem Tiefdruckgebiet ausgelösten Wettergeschehen größer sind als bei Hochdruckeinfluß. Starke Szintillation deutet also auf turbulente Vorgänge in der Erdatmosphäre hin. Tritt diese Erscheinung nach einer längeren Schönwetterperiode auf, weist sie auf Luftumschichtungen in großen Höhen hin. Kommt noch schlechte, durch Dunst bedingte Durchsicht hinzu, ist ein Wetterumschwung sehr wahrscheinlich. Ruhiges Sternenlicht und gute Durchsicht hingegen deuten auf eine stabile Wetterlage hin. Die geringste Luftunruhe herrscht immer in ausgedehnten Hochdruckgebieten (z.B. im Winter kontinentales Hochdruckgebiet).

2.3 Blauer Himmel:

Ohne Atmosphäre hätten wir auf der Erde einen dunklen Taghimmel. In der Atmosphäre werden jedoch an Molekülen, Staubteilchen und Wassertropfen die kurzwelligeren, blauen Anteile des Sonnenlichtes zerstreut, wodurch dieser Anteil in der Atmosphäre viel stärker zur Geltung kommt als die anderen Farbanteile. Die wechselnde Kraft der Blautönung ist durch das unterschiedliche Auftreten trübender Elemente der Atmosphäre bedingt. Nicht immer ist blauer Himmel mit einer Hochdruck- oder Schönwetterlage verbunden. Vorübergehende Aufheiterungen („Zwischenhoch“), tiefblauer Himmel bei Föhn in Alpentälern oder dem

Alpenvorland und kurzfristiges „Aufreißen“ der Wolkendecke vor dem Eintreffen einer Warmfront verfälschen den Eindruck des in Wirklichkeit von Tiefdruck geprägten instabilen Wettergeschehens. Der Grad der Blaufärbung ist jedoch vor allem für das **Flachland** ein wichtiger Indikator:

- .) Extrem dunkles Blau mit perfekter, „überscharfer“ Fernsicht weist auf sehr instabiles Wetter hin. Eine plötzliche Wetterverschlechterung ist nicht ausgeschlossen.
- .) Mittleres bis leuchtendes, helles Blau bedeutet Fortdauer einer Schönwetterlage.
- .) Zunehmende „Grauverfärbung“ und Auftreten von Dunst weist auf einen tiefdruckbedingten Wetterumschwung hin.

2.4 Dämmerung:

Durch Reflexion und Streuung der Sonnenstrahlen in höheren atmosphärischen Schichten entsteht nach Sonnenuntergang, bzw. vor Sonnenaufgang die Dämmerung. Bei etwa 3° bis 4° Sonnentiefe unter dem Horizont entsteht, rein und unverfälscht nur bei wolkenlosem Himmel, das Hauptpurpurlicht, bei etwa 8° bis 10° Tiefe das blasse Nebenpurpurlicht. Beide lösen an Wolken, bzw. auch an Bergwänden die bekannten farbigen Dämmerungserscheinungen aus (z.B. „Alpenglühen“). Farbveränderungen nach gelb oder gelbgrau deuten auf Anreicherungen der Atmosphäre mit Staub und Feuchtigkeit hin. Auch sehr tiefhängende Wolken (z.B. bei kurzfristigen Aufheiterungen nach Durchzug einer Störungsfront oder nach einem Gewitter) zeigen sehr oft eine starke Rotfärbung an ihrer Unterfläche. Jede Verfärbung der Dämmerungserscheinungen bzw. zusätzliches Auftreten von tiefen Wolken deutet auf eine Wetterverschlechterung hin. Abendrot, das schönes Wetter anzeigt, ist nur dann zuverlässig, wenn es am wolkenfreien Himmel erscheint und frei von Verfärbungen ist!

2.5 Halo - Erscheinungen:

Es handelt sich um atmosphärisch-optische Erscheinungen, bedingt durch Lichtbrechung und -spiegelung an Eiskristallen in der Atmosphäre. Diese finden sich vor allem in den Cirruswolken vor, welche so zart sein können, daß der blaue Himmel hindurchscheint. Das Eis kristallisiert hexagonal, wodurch sechsseitige Prismen entstehen. Die Wege, die das Sonnenlicht durch diese Kristalle nehmen kann, führen zu Ablenkungswinkeln von 22° und 46°. Die einzelnen Formationen (z.B. Kleiner Ring, Nebensonne, Lichtsäule,...) hängen von der Lage der Eiskristalle im Raum ab. Halo - Erscheinungen sind also immer an eine dünne, hoch gelegene Bewölkung gebunden (Cirruswolken). Sie liefern keinen eindeutigen Hinweis auf Wetterverschlechterung, da vorübergehender Cirrusaufzug auch bei Schönwetterlage möglich ist. Das Auftreten von Cirruswolken gibt aber Aufschluß über die Luftströmung in den oberen Schichten der Stratosphäre, vor allem dann wenn ein rascher Aufzug von Cirrostratus auftritt. Dieser ist ein Hinweis auf Übergang in Altostratus und damit Durchzug eines Niederschlaggebietes.

2.6 Hofbildung um Sonne oder Mond:

Der Hof entsteht im Gegensatz zum Halo durch Streuung von Sonnen- oder Mondlicht an den Wassertropfen mittelhoher Schichtwolken, Cirruswolken scheiden also aus. Vielmehr deuten diese Höfe auf das Vorhandensein von Altostratus und Altocumulus hin. Ähnlich wie das Halo sagt auch die Hofbildung viel über die Feuchtigkeit in der Luft aus. Das Auftreten eines Hofes beweist jedoch bereits, daß die mit Feuchtigkeit gesättigte Luft bereits in tiefere Schichten abgesunken ist, die Wetterveränderung steht also kurz bevor. Insbesondere im Winter ist mit baldigem und ergiebigem Schneefall zu rechnen.

2.7 Regenbogen:

Voraussetzung ist ein örtliches Regengebiet (möglichst starker Regen mit großen Tropfen), das von der Sonne beschienen wird. Das Sonnenlicht wird an den einzelnen Wassertröpfchen in seine Spektralfarben zerlegt. Eine einmalige Reflexion erzeugt den Hauptregenbogen, die zweimalige den Nebenregenbogen. Bei Nieselregen (Wassertröpfchen 0,05 mm und darunter) zeigt sich nur mehr ein blasser, fast farbloser Regenbogen. Am Vormittag steht der Regenbogen immer im Westen, am Nachmittag im Osten! Die Beobachtung am Vormittag ist ein Indiz auf ankommende Regenschauer aus dem Westen, eine Wetterbesserung ist kurzfristig nicht zu erwarten. Ein Nachmittagsregenbogen tritt bei Regenwolken im Osten auf, die in vielen Fällen abziehen (z.B. nach einem Gewitter). Bei Westwetterlage ist ein kurzer Aufheiterungsabschnitt (z.B. „Zwischenhoch“) nicht ausgeschlossen.

2.8 Wetterleuchten:

Wetterleuchten am westlichen und südwestlichen Himmel deutet auf eine ankommende Gewitterfront hin, die gleiche Erscheinung am östlichen und nordöstlichen Himmel läßt ein Gewitter am Beobachtungsort seltener erwarten. Tritt das Wetterleuchten während einer sommerlichen Hochdruckperiode auf, so handelt es sich eher um lokale Wärmegewitter. In diesem Fall ist nicht mit einer durchgreifenden Wetterverschlechterung zu rechnen. Kühlt es hingegen im Sommer abends nicht ab und beginnt das Wetterleuchten erst um Mitternacht herum, so ist mit einer schweren Gewitterfront zu rechnen.

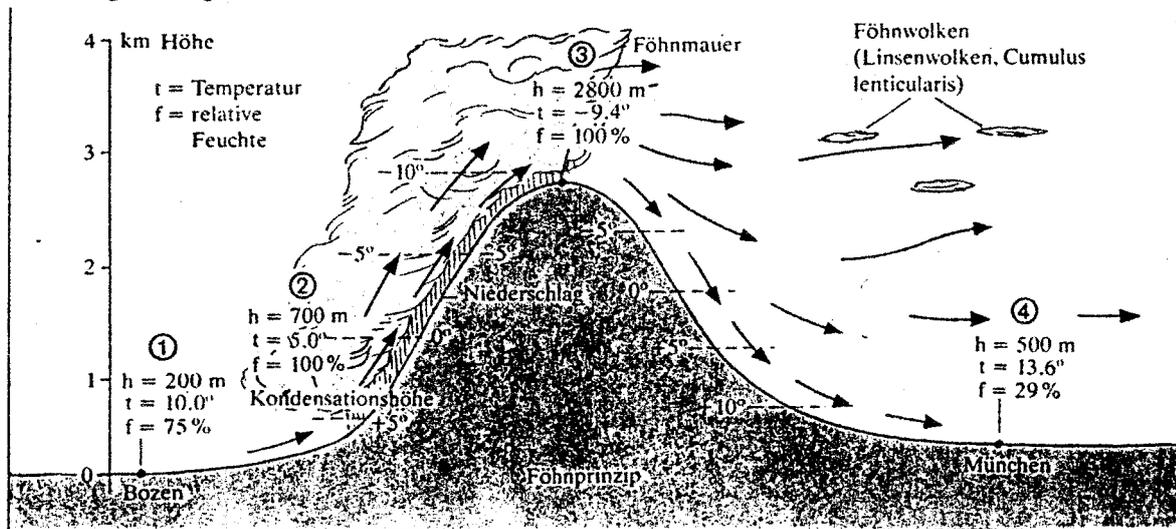
2.9 Dunst:

Trockener Dunst besteht aus einer Mischung von Staub, Rauch und Sand, die von der Erdoberfläche in untere Schichten der Atmosphäre gewirbelt werden. Diese Schwebeteilchen stellen potentielle Kondensationskerne dar. Sind die Voraussetzungen gegeben, so lagert sich Wasserdampf der Luft daran an und es kann zu Niederschlägen kommen. **Feuchter Dunst** entsteht durch Wasserteilchen winziger Größe in großer Dichte innerhalb der Atmosphäre. Eine geringfügige Abkühlung reicht, um ihn zu Nebel werden zu lassen. Solange die Sichtweite 1000 m beträgt spricht man von Dunst, darunter von Nebel. Solange der Dunst relativ trocken ist (die Luftfeuchtigkeit also gering ist), bedeutet auch eine stärkere Dunsttrübung keine Störung der herrschenden Hochdrucklage. Fließt hingegen warmfeuchte Meeresluft ein (Zunahme des Grauschleiers) und bilden sich Schichtwolken, sind fast immer Niederschläge zu erwarten. Zur Beurteilung des Dunstes spielen die Dämmerungsfarben eine wichtige Rolle (siehe 2.4).

2.10 Föhn:

Die Alpen stellen in Mitteleuropa ein von Westen nach Osten gerichtetes Gebirgsmassiv dar, welches vom Süden kommende Luft zum Aufsteigen bis in Kammhöhe zwingt. Zunächst gelangt die Luft unter niedrigeren Luftdruck und kühlt um ca. 1°C pro 100m ab (adiabatische Abkühlung ohne Wolkenbildung). In dieser angehobenen Luft befindet sich aber noch der Wasserdampf, mit der Abkühlung wird bald der Sättigungswert erreicht, es kommt zur Wolkenbildung und zu Niederschlägen. Die adiabatische Abkühlung wird dadurch auf ca. $0,5^{\circ}\text{C}$ pro 100m verringert. Nach Übersteigen der Kammhöhe fällt die Luft wieder ab, wärmt sich auf und kann auch wieder mehr Wasserdampf aufnehmen. Typisch für die Föhnwetterlage ist das plötzliche Auftreten sturmartiger Winde von den Bergen her in die nordseitigen Alpentäler und das Alpenvorland. Verbunden damit ist ein rasanter Temperaturanstieg um 10°C bis 20°C , extrem klare Luft und am blauen Himmel linsenartige

Wolkenbildungen. Auf den Bergkämmen sieht man die Spitze des Wolkenstaus an der Südseite der Alpen als sogenannte „Föhnmauer“; walzenförmige, grauschwarze, dichte Wolken. Starker Föhn kann tagelang andauern, er wird fast immer durch Eindringen einer Kaltluftfront eines Tiefdruckgebietes schlagartig beendet. Dabei wird dann kühle Luft an der Nordseite der Alpen gestaut, es kommt zu intensiven Niederschlägen. Föhn zeigt also immer eine unbeständige Wetterlage an. Bei den in Mitteleuropa häufigen Westwetterlagen löst der Luftdruckabfall den „Föhnmechanismus“ aus, wodurch das Tiefdruckgebiet noch einige Tage zurückgedrängt werden kann.

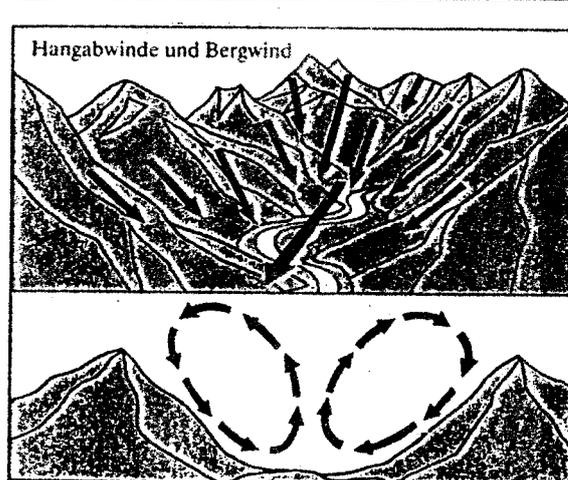
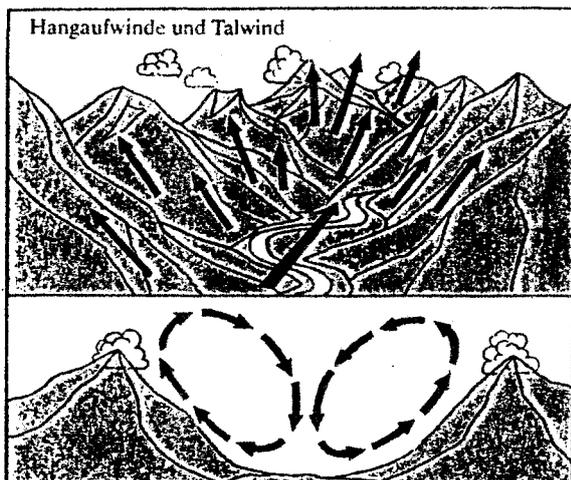


2.11 Höhenströmung:

Sie wird durch Beobachtung der Bewegung, Zugrichtung und Formveränderung der Cirruswolken beurteilbar. Die hohen Cirruswolken zeigen vor allem beim Herannahen eines Tiefdruckgebietes die Zugrichtung der wetterbestimmenden Höhenwinde an. Während die Cirruswolken von West nach Ost wandern, beobachtet man bei tiefergelegenen Wolken noch gegenläufige Zugrichtung. Um eine Prognose treffen zu können, stellt man sich als Beobachter mit dem Rücken zum Bodenwind. Kreuzen die Cirruswolken die Zugrichtung der mittelhohen oder tiefen Schicht- und Haufenwolken von links nach rechts, so ist mit einer kommenden Schlechtwetterlage zu rechnen. Im umgekehrten Fall deutet die Beobachtung auf ein abziehendes Tiefdruckgebiet hin. Ist Boden- und Höhenströmung gleichgerichtet oder fast gegeneinander gerichtet, so ist eine Wetterveränderung unwahrscheinlich.

2.12 Berg- und Talwind:

Der Talboden erwärmt sich bei Sonnenschein schneller und stärker als die Bergoberseite, die über dem Talboden erwärmte Luft strömt dadurch am Tag bergwärts hinauf. Im Gebirge wird es jedoch mit untergehender Sonne schnell kühler. Diese kühle Luft sinkt nach unten ins Tal, der Talwind weht vom Berg ins Tal hinab. Während der Nacht kühlt sich der Talboden weiter ab, wodurch ein neues Druckgefälle zum Talausgang hin entsteht. Das Vorgebirgsland liegt nämlich noch tiefer und ist wärmer, wodurch ein zweiter Abwind, der sogenannte Talabwind ausgelöst wird. Es handelt sich hierbei um einen örtlich gebundenen Strömungsmechanismus, der in den Sommermonaten nur dann unverfälscht auftritt, wenn keine Störung der Großwetterlage zu erwarten ist. Diese Winde stellen also „Schönwetterwinde“ dar, ein weiteres Indiz dafür ist die abendliche Auflösung von tagsüber aufgetretener Cumulus-Bewölkung.

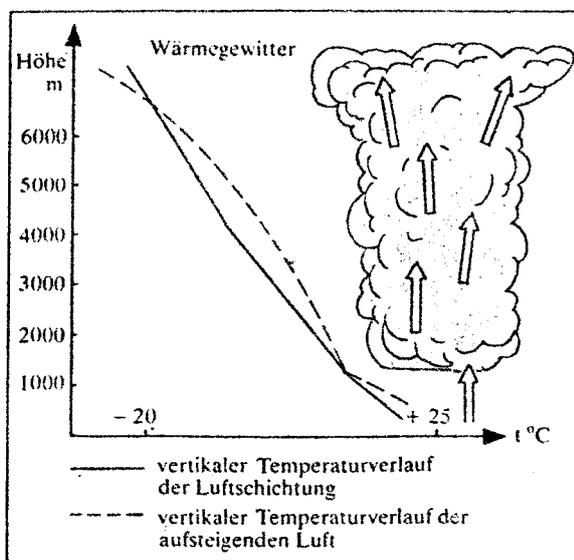


2.13 Wind:

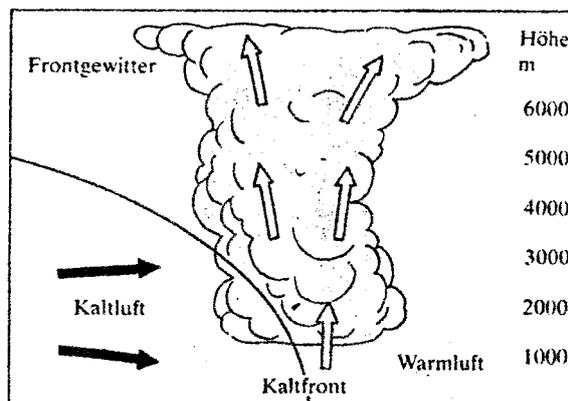
Steht man mit dem Rücken zum Bodenwind so gilt als Faustregel, daß auf der linken Seite ein Tiefdruckgebiet mit schlechtem Wetter und rechts hinter dem Beobachter ein Hochdruckgebiet mit schönerem Wetter liegt. Weiters bringen westliche und nördliche Winde eher Feuchtigkeit und Kälte, östliche und südliche Winde Trockenheit und Wärme. Plötzliche Drehungen des Windes deuten auf einen Wetterumschlag. Bei der Beobachtung der Zugrichtung der Wolken bestimmt in der Regel der Höhenwind die Wetterentwicklung. Auffrischender Wind am Abend aus Südwest oder Nordwest läßt unbeständiges Wetter mit Neigung zu Niederschlägen erwarten. Im Winter kündigt sich damit regelmäßig nach einer Frostperiode das Einströmen warmer Luftmassen und damit eine Tauperiode an.

2.14 Gewitter:

Zwei Mechanismen können ein Gewitter auslösen. Beim schnellen Aufsteigen feuchter Warmluft in größere Höhen entsteht ein **Wärmegewitter**, bei heftigem Zusammentreffen von feuchter Warmluft mit einer massiven Kaltluftfront bildet sich ein **Frontgewitter**.



Vertikalschnitt durch eine Kaltfront mit Gewitterwolke.



Die kraftvollen Luftströmungen führen zu Aufwinden bis in 10 km Höhe. Die damit verbundene Abkühlung der Luft führt zu Kondensation. Da Gewitterwolken Minusgrade

aufweisen, ist der in ihnen enthaltene Niederschlag entweder in Form von Eiskristallen oder unterkühlten Wassertropfen vorhanden.

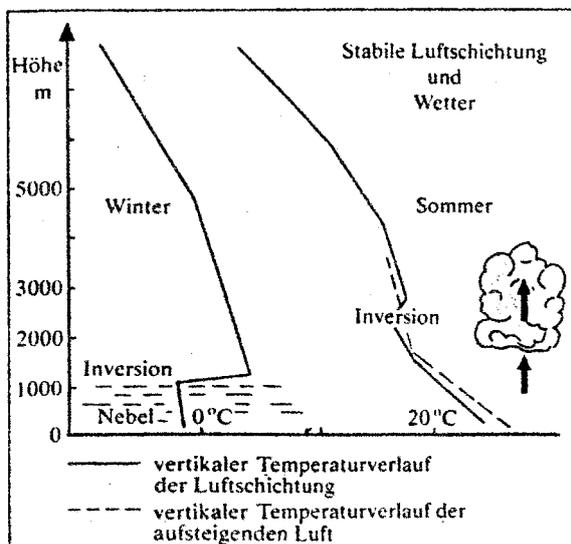
Wärmegewitter sind örtlich begrenzte Ereignisse und die Folge einer intensiven Sonneneinstrahlung. Das Aufsteigen der feuchten Warmluft wird durch Aufwinde unterstützt, die sich vor allem an Berghängen ausbilden. Wärmegewitter gehören bei labiler Luftschichtung zum sommerlichen Schönwettergeschehen. Frontgewitter hingegen stellen eine Umstellung der Großwetterlage dar. Die Gewitterfront ist oft viele 100 km lang und zieht von West nach Ost über Mitteleuropa.

Das örtlich begrenzte Wärmegewitter muß nicht zu einer Wetterverschlechterung führen. Wenn nach dem Gewitter keine Änderung der Windrichtung auftritt, ist mit Wetterberuhigung zu rechnen. Ist die Abkühlung bei einem Wärmegewitter jedoch sehr stark, sind längere Niederschläge zu erwarten. Wärmegewitter sind daran zu erkennen, daß sie sich ab ca. mittags entwickeln und am frühen bis späten Nachmittag zur Entladung kommen. Abends ist es oft wieder wolkenlos. Frontgewitter können zu jeder Tageszeit einbrechen. Gewitter, welche also in der Zeit zwischen Mitternacht und Vormittag eintreffen, sind mit großer Sicherheit Frontgewitter, eine längere Wetterverschlechterung muß erwartet werden.

Wintergewitter stellen immer massive Frontgewitter dar, es kommt zu deutlicher Abkühlung und oft heftigem Schneefall.

2.15 Inversion:

Vorwiegend im Herbst und Winter fördert das Aufklaren in einem Hochdruckgebiet die nächtliche Ausstrahlung. Die bodennahe Luftschicht kühlt stark ab. Damit lagert nun am Boden schwere Kaltluft, darüber leichtere Warmluft. In der Kaltluft hat sich Nebel gebildet, es kommt zu einer Abweichung der normalen vertikalen Temperaturverteilung. Vom Boden nimmt die Temperatur mit der Höhe zu, und zwar bis zur Grenze zwischen kalter Bodenluft und warmer Höhenluft. Erst über dieser Inversionsschicht beginnt wieder eine gleichmäßige Abnahme der Lufttemperatur. Diese Luftschichtung ist sehr stabil und kann über Wochen anhalten, insbesondere in sogenannten Beckenlagen (Wiener Becken, Grazer Becken, Klagenfurter Becken, Rheintal). Kennzeichen der Inversionswetterlage ist, daß jeder vertikale Luftaustausch hartnäckig verhindert wird. Gerade im Herbst und Winter reicht die Tageserwärmung häufig nicht aus, um eine Aufwärtsströmung zu produzieren, welche die Inversionsschicht durchdringen kann.



Geradliniges Aufsteigen von Rauch markiert den normalen Temperaturverlauf in der Atmosphäre und ist charakteristisch für ein Hochdruckgebiet. Die fast horizontale Ablenkung

des Rauchs ist typisch für die Inversionsschicht. Oberhalb ihr ist das Wetter sonnig und meist recht mild. Inversionswetterlagen gelten als sehr beständig, eine rasche Wetteränderung ist nicht zu erwarten. Meist kann eine Inversion erst durch Eindringen einer Warmfront mit starkem Wind, welcher die Kaltluft wegbläst, beendet werden.

2.16 Rückseitenwetter:

Das Rückseitenwetter ist ein fester Bestandteil der von einem Tief gekennzeichneten Wetterlage. Nach dem Durchgang einer Kaltfront kommt es durch absinkende Luftbewegungen zur vorübergehenden Wolkenauflösung. Das führt zu einer kurzzeitigen, aber trügerischen Wetterbesserung. Die Sonne erwärmt nun die bodennahe Schicht der Kaltluft. Diese ist, als Folge der vorangegangenen Niederschläge, jedoch stark mit Wasserdampf angereichert. Diese Warmluftblasen steigen auf und kondensieren zu Cumuluswolken. Die fortschreitende Abkühlung mit der Höhe führt erneut zu Niederschlägen. Rückseitenwetter ist also immer eine sehr unbeständige Wetterlage. Es gibt die Regel, daß das kommende Wettergeschehen umso unbeständiger ist, je rascher nach dem Durchzug der Kaltfront die Wolkenauflösung einsetzt. Erst mit steigendem Luftdruck und Änderung der Windrichtung ist mit einer durchgreifenden Wetteränderung zu rechnen.

3 Empfehlenswerte Literatur und spezielle Internet-Links:

Hans **Häckel**: Farbatlas Wetterphänomene. Ulmer, 1999

Terry **Jennings**: Versuchen&Verstehen, Luft&Wetter. Verlag an der Ruhr, 1992

Christian **König**: Das große Buch vom Wetter. Ludwig, 1999

Lutz **Krüger**: Wetter und Klima. Beobachten und verstehen. Springer, 1994

Günter D. **Roth**: Wetterkunde für alle. BLV, 1998

Albrecht **Volker** et al.: Alpin-Lehrplan 9, Wetter-Lawinen, BLV, 1983 (**daraus Abb. im Beitrag**)

Berthold **Wiedersich**: Das Wetter: Entstehung, Entwicklung, Vorhersage. Enke, 1996

Homepage mit Beispielen von Wolkenformen: URL=<http://www.wolkenatlas.de>

Homepage der ZAMG: URL=<http://www.zamg.ac.at/>

Homepage der Flugwetterkontrolle: URL=<http://www.austrocontrol.co.at/weather/info.html>

4 Einige persönliche Anmerkungen

Ich möchte festhalten, daß viele der oben genannten Wetterverhältnisse an einem bestimmten Beobachtungsort erst durch „eigenes Erleben“ in mein Wissen und meine Erfahrung eingeflossen sind. Ich habe erst durch wiederholte Erstellung von Prognosen (und natürlich Fehlprognosen!) viele Zusammenhänge im Laufe der Jahre erkannt und manchmal auch „Selbsterlebtes“ erst viel später mit wissenschaftlichen Fakten korrelieren können. Dabei wurde mir nicht wenige Male vor Augen geführt, wie wichtig bei der örtlichen Wetterprognose regionale Gegebenheiten ebenso berücksichtigt werden müssen, wie die oft schier unendlich große Erfahrung der ortsansässigen Bevölkerung oder eines Hüttenwirtes in 3000m Seehöhe in den Zentralalpen. In vielen Fällen ist es auch eine gewisse Intuition, die eine Wetterprognose zum Positiven hin beeinflussen kann.

Und manchmal mußte ich auch frustriert, oft auch unter dem leicht schadenfrohen Gelächter von Freunden, Bergkameraden oder anderen Beobachtern zur Kenntnis nehmen, daß auch zwei alte Sprichwörter ihre Gültigkeit behalten: „Kräht der Hahn am Mist, ändert sich's Wetter oder bleibt wie's ist!“ und „Ist es zu Silvester hell und klar, dann ist am nächsten Tag Neujahr!“

Dr. Alexander Probst

1110 Wien, Molitorg. 5-9/1/15

World Climates

With tables of climatic data and practical suggestions

Von Dr. W. Rudloff. 632 Seiten, 50 Abbildungen, 1474 Klimatabellen, 116 Hygrothermal-Karten, 30 weitere Tabellen und 1 zweifarbige Weltklima-Übersichtskarte. Format 24x17cm, Bücher der "Naturwissenschaftlichen Rundschau". Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1980. S 1470.-

Das Werk bietet weltweite Klimabeschreibungen für die Öffentlichkeit und den Tourismus und ist durchaus als praktische Hilfe gedacht. Selbstverständlich ist es auch für alle diejenigen, die in fernen Ländern himmelskundliche Beobachtungen machen wollen, von großem Nutzen. Hier das Inhaltsverzeichnis:

1. Introduction
2. Bioclimatic considerations
3. The climates of the Earth
4. Climatic Descriptions of the Countries of the World, with predominant general weather situations and hygrothermal diagrams: Europe, Asia, Africa, North and Central America, South America and Antarctica, Australia and Oceania
5. Appendix: Units of measurements, Tables of Sunrise and Sunset, Time-zones, Globetrotters' Rules of Health

Alphabetical lists of countries and stations; Index.

Rund 1500 Stationen sind mit ihren klimatologischen Kennzeichen in Monats- und Jahresmittel nach den Angaben der Nationalen Wetterdienste mit Stand 1971 angegeben. Die Tabellen enthalten folgende Angaben:

tx	Maximaltemperatur
t	Temperatur
tn	Minimale Temperatur
clothing	Empfohlene Kleidung: p Polar, w Winter, n Normal, s Sommer, t Tropen, o Manchmal, f Häufig, ff Sehr häufig.
stress	Große Hitze- und/oder Schwüle-Belastung
p	Niederschlag in mm (= Liter/m ²)
dp	Zahl der Tage mit wenigstens 1mm Niederschlag; anderer Grenzwert steht vor dp
sunshine	Gesamtsonnenscheindauer in Stunden
%	Prozentanteil der Gesamtsonnenscheindauer vom lichten Tag (Stunden lichter Tag = 100).

Wien

DCbo	019-1	latitude: 48°15'n longitude: 16°22'e height: 212 m												
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
tx		9	12	18	23	27	29	31	30	27	21	14	11	32 °C
t		-1	0	5	10	15	18	20	19	16	10	5	1	10 °C
tn		-12	-10	-6	0	4	9	11	10	6	0	-3	-8	-14 °C
clothing		w	w	n	n	n	s	s	s	n	n	n	w	
stress							o	o	o					
p		40	43	45	45	70	67	83	72	41	56	53	45	660 mm
dp		8	7	8	8	8	9	9	9	7	8	8	8	96 days
sunshine		57	84	138	184	235	249	266	250	199	129	55	45	1891 hours
%		21	29	38	45	50	52	55	56	52	38	20	17	42 %

Referat: **Wetterverhältnisse auf Teneriffa aus Sicht der Astronomie**

Sonne, Wolken, Regen

Von Mitteleuropa kommend und an die Dauerluftverschmutzung gewöhnt, fällt dem, der die Luftqualität aus astronomischen Gründen ständig prüft, zunächst aus Flugzeugsicht über 4000m Höhe das frappierende Azurblau des Himmels auf. Und genauso ergeht es jedem, der in Teneriffa vom Flughafen her, den vielen Kurven der Straße folgend, höhegewinnend durch eine mediterrane Landschaft auf 1450m Seehöhe nach Vilaflor kommt. Ab hier kann man vor dem tiefblauen Himmel den Polarisationsfilter vergessen. Die typische Amateurprobe – Daumen vor der Sonne – läßt rundherum kaum einen Lichtsaum sehen. Die Sonnenstrahlung und das damit verbundene Ultraviolett zeigen schon nach 20min mit intensiver Rötung den beginnenden Sonnenbrand an. Das originelle Sprichwort der Einheimischen dazu lautet: „Nur Esel und Touristen stehen in der Sonne“.

Die Südwestseite von Teneriffa, der Badeort „Playa de las Americas“ gehört zu den fünf Orten auf der Welt mit den meisten Sonnenscheinstunden. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge liegt hier bei 70mm/Jahr, wobei es auch Jahre ohne jeden Niederschlag gibt. Teneriffa wird von unten an der Küste nach oben in die drei folgende Klimazonen eingeteilt:

- Tropisch bis etwa 800m,
- Mediterran bis etwa 1800m und darüber
- Hochgebirgsklima bis zum Gipfel des Vulkans Pico de Teide (3718m).

Doch auch dieser höchste Berg der Insel hat nicht jeden Winter eine Schneehaube. Im mediterranen Vilaflor, wo die Zone der Pinienwälder beginnt, liegt der Niederschlag auf Grund der 42jährigen Messungen in der dortigen meteorologischen Station des Don Fulgencio Hernandes Fumero bei 410mm Regen pro m²/Jahr. Aus eigenen Erfahrungen kann dieser Niederschlag sehr komprimiert niedergehen und entsprechende Schäden verursachen; danach kann er auch das ganze Jahr ausbleiben. Die rundum auf der Insel sich erstreckenden Pinienwälder können mit ihren bis zu 20cm langen Nadeln den Passatwolken in der trockenen Jahreszeit die notwendige Feuchtigkeit entziehen.

Diese Passatwolken sind eine sehr typische Eigenheit der Kanarischen Inseln. Durch den immer vorhandenen Wind wird die warme und feuchte Meeresluft an den Hängen der Inseln hinaufgetrieben und kondensiert je nach Jahreszeit und Tageszeit in 1000m bis 2000m zu Wolken.

Dieser Aufwind dreht sich nach Sonnenuntergang um und die nächtlich kühle Luft von den Bergen drückt die Passatwolkenschicht wieder auf 800m herunter. Dabei werden die nächtlich hell erleuchteten Küstenstreifen vom Südflughafen Reina Sofia, Santa Cruz und Playa America von dieser zugedeckt – ein nicht unwichtiger Vorgang, da durch die Entmonopolisierung des dortigen Stromerzeugers UNELCO dieser mit zweifelhafter Zweckmäßigkeit schon vorher begann, jede nur mögliche Straße mit Straßenlampen zu bestücken.

Luftverschmutzung

Es besteht zwar hier so wie auf der Insel La Palma, wo die großen Observatorien arbeiten, ein Gesetz gegen die Lichtverschmutzung, welches aber in Teneriffa nur sehr lauwarm gehandhabt wird. Dies führte auch 1997 in der Gemeinde Vilaflor zur Montage vieler zusätzlicher Straßenlampen, die von der Regierung in Kooperation mit dem Stromlieferanten finanziert wurden. Die Gemeinde muß die anfallenden Stromkosten tragen. Im westlich und höher gelegenen Ortsteil von Vilaflor mit dem Namen San Roque wurden 18 neue, gelb leuchtende Quecksilber/Natriumdampf lampen installiert.

1. Fortsetzung Referat: Wetterverhältnisse auf Teneriffa ...

Der Komet Hale Bopp und die Sensibilisierung der Gemeinde durch eine Ausstellung meiner Kometenphotos im Casino/Kulturzentrum veranlaßten eine Studie in der Gemeindestube, den Ortsteil San Roque zur „Zona LUMINICA Protegida“ (lichtgeschützte Zone) zu erklären. Daraufhin durfte ich mit dem Gemeinde-Elektriker von mir konstruierte und gefertigte Alu-Lamellen in die 13 Straßenlampen einbauen, die meine Sternwarte direkt störten.

Klimaveränderungen

Die allgemeinen, sicher relativ langsam fortschreitenden Klimaveränderungen bewirken aber auch hier gravierende Probleme. Durch die sich stetig ausbreitenden Wüsten im nordafrikanischen Kontinent ist auf den Kanaren mit weniger Niederschlag zu rechnen. Dem begegnet man heute schon mit teilweise gesetzlich angeordneten Meerwasser-Entsalzungsanlagen für neue Hotels.

Die mit der Wüstenvergrößerung einhergehende Zunahme von Sandstürmen macht sich gerade auf den Kanaren, die ja nur einige hundert Kilometer westlich Afrikas liegen, unangenehm bemerkbar. Die älteren Aufzeichnungen, welche die „Calima“ (das ist der Sandwind aus der Sahara) registrieren, sprechen von jährlich etwa 2%. Heute darf man schon mit 6% bis 8% rechnen, wobei das für die astronomische störende Calima noch um einige Prozentpunkte höher liegt. Auch die Stärke dieser Sandstürme variiert nach oben. So erlebten wir im Sommer 1999 einen solchen mit Blitz und Donner ohne Regen, aber mit dunkelbraunen Wolken aus Sand in der Höhe von Vilaflor, der die Sicht für eine Stunde auf 15m beschränkte. An solchen Tagen ist die Sonne nicht mehr als Scheibe, sondern nur als gleißend heller Fleck zu sehen. Sterne – obwohl es nachts allgemein klarer wird – sind nur bis zur zweiten Größenklassen sichtbar. Die drei nächtlich störenden Hauptlichtquellen, der Flughafen, Playa America und die 70km entfernte Hauptstadt Santa Cruz erhellen über sich den bis 3000m hoch fliegenden Sand und in Vilaflor, ja selbst in den Canadas (Vulkankrater-Hochplateau, 2200m), reicht die Aufhellung bis 45° Höhe. Die dabei transportierte Luft weist manchmal eine gemessene minimale relative Feuchte von nur 21% auf. Die dadurch hohen statischen Spannungen auf jeder Kunststoff-Oberfläche lassen den geradezu allgegenwärtigen Sandstaub daran nachhaltig kleben. Dasselbe passiert beim Laden der Kamera mit frischem Film aus der Plastikdose. Die Entladungsroutinen der statisch aufgelagerten Autos müssen mit Bedacht vorgenommen werden. Ja, selbst das Kämmen der frisch gewaschenen Haare wird zu einer elektrischen Spritztour. Die unter Umständen mehrere Tage anhaltenden Nordost-Sandwinde und der Staub in der Luft sind aber eher auf die Sommermonate beschränkt.

Wettersituation insgesamt erheblich besser als in Mitteleuropa

Trotz all dieser oben angeführten Störungen, über die man Bescheid wissen sollte, ist die Wettersituation insgesamt gegenüber Mitteleuropa für die astronomische Beobachtung erheblich günstiger.

Was Vilaflor angeht, kann man mit etwa 250 Sonnentagen im Jahr rechnen. Die übrigen Tage sind durch hoch stehende Passatwolken oder durch eine Westwetterlage charakterisiert. Das Krater-Hochplateau erzielt etwa 300 Sonnentage und etwa ebenso viele klare Sternennächte.

Das nächtliche Absinken der Passatwolken aber bedingt, daß es in Vilaflor interessanterweise mehr klare Nächte – etwa 300 – als Sonnentage gibt, wobei das Abdecken der südlichen Lichtflut ein zusätzliches Plus ist.

Klima-Kurzbeschreibung

Sie ist dem sehr empfehlenswerten Werk „World Climates“ von Willy Rudloff, Bücher der Zeitschrift Naturwissenschaftliche Rundschau, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1981, ISBN 3-8047-0509-X, entnommen.

2. Fortsetzung Referat: Wetterverhältnisse auf Teneriffa ...

5. Climatic area: Canary Islands

5.1. Steppe Climate BS, in the easternmost islands Desert Climate BW, in the other islands often Subtropical Winter Rain Climate Cs on the weather-sides (north-eastern sides).

5.2. Summer hot, winter warm.

5.3. Summer: usually dry and sunny, sometimes cloudy, occasionally rain. Winter: pre-vaillingly dry and cloudy, frequent showers, especially on the weather-sides of the islands.

5.4. Wind: trade winds predominate, at times gales occur, particularly in winter.

Tenerife

		latitude: 28°29'n longitude: 16°20'w height: 632 m												
GCsbl	014-14	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
t		12	12	13	13	15	16	18	19	19	18	15	12	15 °C
clothing		n	n	n	n	n	s	s	s	s	s	n	n	-
stress							o	o	o	o	o			-
p		112	106	93	44	29	7	6	8	9	83	141	140	777 mm

Santa Cruz de Tenerife

		latitude: 28°27'n longitude: 16°15'w height: 46 m												
BSal	014-15	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
tx		23	24	26	26	28	31	34	35	32	30	27	24	37 °C
t		17	18	18	19	20	22	24	25	24	23	20	18	21 °C
tn		12	12	12	13	14	16	18	19	18	17	14	13	11 °C
clothing		s	s	s	s	s	s	t	t	t	t	s	s	-
stress		o	o	o	o	o	o	f	f	f	o	o	o	-
p		36	39	27	13	6	0	0	0	3	31	45	51	252 mm
dp		5	4	3	2	1	1	0	0	1	3	6	6	32 days
sunshine		171	183	222	241	294	314	340	324	250	205	177	171	2892 hours
%		52	58	60	63	70	75	79	79	67	57	55	53	65 %

Las Palmas – Gando / Gran Canaria

		latitude: 27°56'n longitude: 15°25'w height: 25 m												
BSal	014-16	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
tx		24	24	26	26	26	27	28	29	29	29	28	26	32 °C
t		17	18	18	18	20	21	23	24	23	22	20	18	20 °C
tn		12	12	12	13	14	17	18	19	18	17	15	13	11 °C
clothing		s	s	s	s	s	s	t	t	t	s	s	s	-
stress		o	o	o	o	o	o	f	f	f	o	o	o	-
p		22	21	12	8	3	1	1	0	4	15	47	36	170 mm

How to use the tables

the data (mean monthly and yearly values) are given in the following order:

tx:	temperature maxima
t:	temperature
tn:	temperature minima
clothing:	kind of clothing to be recommended
stress:	great heat stress as result of sultriness or great heat
p:	amount of precipitation in mm (= liter per sq.m)
dp:	number of days with at least 1 mm precipitation (if there is another limit, it is put just before dp)
sunshine:	total duration in hours
%:	percentual ratio of the duration to the duration on cloudless days

Code letters for clothing

clothing		stress	
p:	polar		no indication
w:	winter		(but see NB)
n:	normal	o:	occasionally
s:	summer	f:	frequently
t:	tropical	ff:	very frequently

3. Fortsetzung Referat: Wetterverhältnisse auf Teneriffa ...

Die guten himmelskundlichen Sichtbedingungen auf den kanarischen Inseln wurden schon früh erkannt, wie Kevin Krisciunas sinngemäß in seinem Werk „Astronomical centers of the world“, Cambridge University Press, Cambridge UK, 1988 (ISBN 0 521 30278 1) schreibt: Charles Piazz Smyth kam 1856 nach Teneriffa, um die ersten Gipfelbeobachtungen durchzuführen. Er blieb 113 Tage auf der Insel und verbrachte die Hälfte davon im rauen Gipfelklima. Auf sein Buch „Tenerife, an Astronomer's Experiment: or Specialities of a Residence above the Clouds“ geht die „Entdeckung“ der Gipfelsternwarten zurück. O. Simony und K. Ångström maßen 1890 die Sonnenstrahlung, 1910 beobachtete J. Mascart von der Pariser Sternwarte den Halley'schen Kometen und beobachtete das Zodiakallicht und viele Astronomen kamen zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 2. Oktober 1959, womit die moderne astronomische Aktivität in diesem Archipel beginnt. Am 28./29. Juni 1985 kamen Könige und Königinnen, Herzöge und Prinzen, Nobelpreisträger, Diplomaten und Regierungschefs und natürlich Sternwartendirektoren und Astronomen zur Einweihung der Sternwarten auf den Kanarischen Inseln. Auf La Palma steht das größte unter den vielen dortigen Teleskopen, das „Wilhelm Herschel Teleskop“ mit 4,2m Ø.

Vilaflor – Ort meiner Sternwarte

In Vilaflor sind die mittleren Temperaturen wegen der größeren Höhe um durchschnittlich 12°C niedriger als die umseits für Santa Cruz angegebenen. – Meine Sternwarte hat folgende Koordinaten:

Geographische Länge 16°38'40" W, Geographische Breite 28°09'21" N, Seehöhe 1500m.

Von hier läßt sich der südlichste helle Stern des Südlichen Kreuzes, Acrux, etwa 20 Sekunden lang sehen. Das nicht weit entfernte Schatzkästchen (NGC 4755), ein ungemein glitzernder kleiner Sternhaufen mit relativ hellen Sternen, ist ein Anblick, faszinierender noch als der hier leicht sichtbare Kugelhaufen Omega Centauri, der schönste Kugelhaufen des Himmels. Auch der hell leuchtende Nebel Eta Carinae, den ich von Australien her gut kenne, ist hier schön über der weit draußen im südlichen Atlantik liegenden Kimm sichtbar (Kimmtiefe 1°09'). Das wunderschöne Sternbild Skorpion wandert hier in seiner vollen Größe über den südlichen Horizont und läßt darunter noch Platz für ein schönes Stück hellster Milchstraßenwolken.

Die über 20° mehr vom Südhimmel bringen eine steil aufsteigende Ekliptik mit unübersehbarem Zodiakallicht und – manchmal wichtig – längere sommerliche Beobachtungsnächte, da wegen der Äquatornähe die Dämmerungsdauern auffallend kürzer sind als in Mitteleuropa.

Wenn bei Sonnenuntergang am östlichen Horizont klar rosa gegen blau abgegrenzt der Erdschatten heraufsteigt und wenn etwa 6 Minuten nach dem letzten Sonnenstrahl Sirius, falls man weiß, wo er stehen muß, im türkisblauen Himmel sichtbar wird oder wenn abends die Venus den Fensterrahmen als Schatten an die gegenüberliegende Wand projiziert und wenn das auffallend helle Band der Milchstraße von einem bis zum anderen Horizont leuchtet oder nach Mitternacht auch die Hauptsterne szintillationsfrei am Himmel stehen – dann scheint man am Rücken liegend in die Flut der Sterne fallen zu können und mit der kleinen Insel unter den Sternen nach Osten zu schweben ...

Hermann Koberger

Estacion Astronomica de Vilaflor, Calle la Ladera 33, E-3813 Vilaflor, Tenerife
Privatsternwarte Sonnenenergie, Rohrwies 2, A-4871 Zipf

Referat: **Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren**

Der Referent beschäftigt sich schon seit einigen Jahren mit Sonnenuhren und deren Berechnung. Im Folgenden soll unter Verwendung eines selbst verfassten Sonnenuhrenprogramms gezeigt werden, dass auf Sonnenuhren nicht nur die Zeit abgelesen werden kann. Dazu wird zunächst das Sonnenuhrenprogramm "SONNE.EXE" vorgestellt.

1 Kurzbeschreibung

Das Programm "SONNE.EXE" wurde vom Autor in der Programmiersprache Delphi geschrieben und läuft auf allen PCs ab dem Betriebssystem Windows95/98 oder NT. Die Betriebssysteme DOS oder Windows 3.xx sind nicht ausreichend. Die ältere DOS-Version dieses Programms, die im Seminarpapier über Sonnenuhren (siehe [4]) erwähnt wird, ist funktionsfähig, wird aber mittlerweile nicht mehr weiter verbessert.

Das Programm **berechnet** nach Eingabe von Datum, geogr. Länge und Breite

- die Zeit des Sonnenauf- und -unterganges, die Zeit der bürgerlichen / nautischen / astronomischen Dämmerung sowie die Zeiten des Mondaufganges- und -unterganges,
- bei gegebener Uhrzeit Sonnenstand im Horizontsystem (Azimutwinkel und Höhenwinkel).
- bei Vorgabe des Azimutwinkels die Uhrzeit dieses Sonnenstandes und
- die Zeitgleichung und Deklination der Sonne.

Das Programm **berechnet und zeichnet** für eingegebene geographische Länge und Breite:

- horizontale Sonnenuhren,
- vertikale und beliebig inklinierende Sonnenuhren für jede Wandrichtung,
- zylindrische Sonnenuhren (nach Art der französischen Hirtensonnenuhren),
- Höhensonnenuhren in Form der Quadrantsonnenuhren,
- horizontale Azimutalsonnenuhren und
- den Graph der Zeitgleichung.

Die berechneten Sonnenuhren werden je nach Wahl

- auf dem Bildschirm dargestellt,
- auf einem angeschlossenen Drucker ausgedruckt (auch farbig),
- als HPGL-Datei (*.plt) gespeichert,
- als AutoCad-Datei (*.dxf) gespeichert.

Die Stundenlinien der Sonnenuhren können mit oder ohne Berücksichtigung der Zeitgleichung dargestellt werden. Sie zeigen also mittlere oder wahre Sonnenzeit und gestatten zudem wahlweise die Ablesung von Orts- oder Zonenzeit (MEZ).

Verschiedene Linienarten werden verschiedenfarbig dargestellt, wobei diese Farben an Hand einer Farbpalette, die ins Programm integriert ist, beliebig verändert werden können. Auf einem Farbdrucker werden die Lineaturen dementsprechend farbig ausgedruckt.

Die erzeugten dxf- und HPGL-Dateien können mit anderen Grafikprogrammen weiter verarbeitet werden. So können beispielsweise die dxf-Dateien (ASCII-Files) mit Programmen wie AutoCad, CorelDraw, MS-Word, ... eingelesen und bearbeitet werden. In Schriftgröße und -art können sich allerdings Abweichungen gegenüber der Bildschirmdarstellung oder

1. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

dem HPGL-Format ergeben. Dies hängt vor allem davon ab, welche Schriftarten im entsprechenden Programm installiert sind. Abweichungen im Schriftformat sind deshalb bei Verwendung verschiedener Grafikprogramme kaum zu vermeiden.

Eine beigefügte Hilfedatei ist ins Programm integriert. Sie ist - wie dies in Windows üblich ist - als Hypertext verfasst und enthält neben Programminformationen die Erklärung einiger wichtiger Begriffe, die Auflistung des Unterprogramms zur Sonnenstandsberechnung (Deklination und Zeitgleichung), sowie ein kurzes Literaturverzeichnis.

2 Hinweise zum Programm

2.1 Allgemeine Hinweise

Das Jahr für die Ephemeride der Sonne kann zwischen 1500 und 2500 frei gewählt werden. Die Sonnenpositionen werden nach den von Meeus (siehe [2]) angegebenen Methoden auf 0.01 Grad genau berechnet. Die Zeitgleichung hat demnach einen maximalen Fehler von 2.5 sec. Die Berechnung der Sonnenauf- und untergänge, der Dämmerung und der Mondauf- und -untergänge erfolgt nach Montenbruck (siehe [3]) mit einer Genauigkeit von 0.1 Grad.

Zahlreiche Programmparameter (wie Jahr, geogr. Länge und Breite, Zonenmeridian, Sonnenuhrenparameter, ...) werden in einer Initialisierungsdatei SON.INI gespeichert. Sie sind damit nach jedem Programmstart verfügbar und müssen vom Benutzer nicht jedes Mal neu eingegeben werden. Selbstverständlich können alle Programmparameter im Rahmen des Programmablaufs abgeändert und bei Bedarf auch als neue Startparameter in SON.INI gespeichert werden.

2.2 Hinweise zu den horizontalen / vertikalen / inklinierenden Sonnenuhren

Diese Sonnenuhrtypen sind so konstruiert, dass an der markierten Stelle ein zum Zifferblatt senkrechter Zeiger (Gnomon) der gegebenen Länge zu errichten ist. Beim Schatten der Zeigerspitze kann dann die Uhrzeit abgelesen werden. Die Länge des Gnomon ist im Programm frei wählbar.

Der Gnomon ist auf dem Bildschirm beliebig positionierbar. Die Position wird auf dem Zifferblatt der Sonnenuhr durch eine Markierung gekennzeichnet und ist zugleich auch der Koordinatenursprung für alle Koordinatenangaben.

Das Programm zeichnet neben den Datumslinien die Stundenlinien für Orts- oder Zonenzeit, wobei diese Linien mit oder ohne Berücksichtigung der Zeitgleichung dargestellt werden können. Zusätzlich ist die Anzeige von italischen und babylonischen Stunden, sowie von Linien für 10, 20, ...80 Grad Sonnenhöhe möglich.

Die Deklinationslinien (Datumslinien) stellen bekanntlich den Weg des Schattens der Zeigerspitze für jeweils einen bestimmten Tag dar. Sie können als Besonderheit dieses Programms auch so unterteilt gezeichnet werden, dass die einzelnen Abschnitte jeweils dem Schattenweg von 15 Minuten entsprechen. Diese Wegstücke können mit oder ohne Berücksichtigung der Zeitgleichung in einzelne Abschnitte gegliedert werden (also an der mittleren oder wahren Sonne orientiert sein). Außerdem können Datumslinien nach eigenem Wunsch ausgewählt und für eine spätere Wiederverwendung gespeichert werden.

Gleichzeitig mit der Ausgabe der Konstruktion als dxf- oder HPGL-Datei, können die Koordinatenwerte der berechneten Lineatur gedruckt oder in einer Textdatei gespeichert werden.

2. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

2.3 Beigefügte DOS-Programme

Dem Programm SONNE.EXE sind zwei DOS-Programme beigefügt, welche die von SONNE.EXE erzeugten dxf- und HPGL-Dateien in das jeweils andere Grafikformat konvertieren. Der verarbeitete Befehlssatz ist allerdings auf den im Programm SONNE verwendeten Befehlsumfang beschränkt, sodass Grafikdateien, die mit anderen Programmen erzeugt wurden, unter Umständen nur unvollständig oder fehlerhaft konvertiert werden.

2.4 Vertrieb des Programms

Das Programm wird vom Autor als Freeware kostenlos zur Verfügung gestellt und darf kostenlos weitergegeben werden. Bei Nutzung für gewerbliche Zwecke ist eine entsprechende Genehmigung des Programmautors erforderlich. Es kann in der neuesten Version 1.10 kostenlos vom Internet heruntergeladen werden (gepackte Datei von etwa 320 kB) oder gegen Einsendung eines Unkostenbeitrages von ATS 100,- (DDM 15,-/SFR 15,-) vom Autor auf 3.5"-Diskette bezogen werden.

Adresse: Helmut Sonderegger, Sonnengasse 24, A-6800 Feldkirch, Austria
E-mail: h.sonderegger@vlbg.at
oder: h.sonderegger@utanet.at
Download: <http://webland.lion.cc/vorarlberg/280000/sonne.htm>

3 Himmelskundliche Beobachtungen mit einem Sonnenuhrenprogramm

Sonnenuhren sind ihrem ursprünglichen Zweck nach Zeitzeiger. Darüber hinaus können sie Anstoß sein, sich Themenkreisen zuzuwenden, die damit verknüpft sind. Dabei werden wohl häufig auch die folgenden Bereiche von Interesse sein:

- Sonnenuhren sind eng mit Fragen der Zeitmessung und deren Geschichte verknüpft. Sehr wahrscheinlich führen sie viele in der Folge zu noch allgemeineren Fragen über die Zeit.
- Sonnenuhren können Anregung sein, über himmelskundliche Zusammenhänge nachzudenken, um dann entsprechende Beobachtungen anzustellen.

Der erste Themenkreis wäre zwar sicher sehr interessant, unser Thema heute wendet sich jedoch dem zweiten Bereich zu.

3.1 Beobachtungen auf Grund der Berechnungen

3.1.1 Bestimmung der Abweichung einer vertikalen Wand (Wanddeklination)

a) aus dem Streiflicht:

Es wird der Zeitpunkt beobachtet, zu dem das Sonnenlicht gerade die vertikale Wand streift. Aus dem Programm wird dann der Azimutwinkel ermittelt.

Beispiel 1:

In Feldkirch (47°15' n. Br. und 9°33' ö.L.) ist am 25. März eine Hauswand um 13:01 Uhr MEZ im Streiflicht:

3. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

Sonne (v. 1.09) – [Berechnung des Sonnenstandes]

Eingaben		
geogr. Breite: 47.25 (negativ für südl. Breiten)	geogr. Länge: -9.55 (negativ für östliche Längen)	Zonenmeridian: -15.00
Jahr: 2000	Monat: 3	Tag: 25
Für welche Uhrzeit soll die Sonnenposition berechnet werden? 13:01:00 h:m:ss		
Koordinaten der Sonne		
Höhe (in Grad): 44.22	Zeitgleichung: -5:51 min:sec	
Azimut (in Grad): 11.66 (S=0° ... W=90° ... N=180° ... O=90°)	Sonnendeklination: 2.04 Grad	
<input type="button" value="Berechnung starten"/> <input type="button" value="Schliessen"/>		

Lösung: Als Azimutwinkel werden vom Programm 11.66° angegeben (s. Abb. oben). Die Wand ist also von S um 101.66° nach Westen gedreht (= Azimut der Wandnormale). Es könnte allerdings auch eine gegen Osten gedrehte Wand mit Azimut -78.34° sein.

Hinweis: Die genaue Bestimmung des Zeitpunktes, zu dem das Sonnenlicht streifend einfällt, ist oft nicht ganz einfach. Unsicherheiten in der Größe von 0.5 bis 1 Minute sind durchaus denkbar. Man bestimmt deshalb am besten den Mittelwert von mehreren Beobachtungen.

Anmerkung: Alle angegebenen Azimutwinkel werden im Programm von der S-Richtung aus gemessen, wobei Abweichungen von S nach W positiv gezählt werden¹. Die Ausgabe von Winkelgrößen erfolgt in dezimal geteilten Altgraden (z. B. 12.75°).

b) Wenn man von einem Zeiger, der rechtwinkelig zur Wand ist, die Abweichung dieses Schattens von der Lotrechten misst, kann man bei Kenntnis von Datum, Uhrzeit und geogr. Lage daraus ebenfalls die Wandabweichung berechnen. (Der Autor überlässt es dem Leser, ausgehend von den Beziehungen in 4.3.2 und 4.3.3 die Formel für die Wandabweichung abzuleiten.)

3.1.2 Besonnungsdauer einer Wand

Für die Besonnungsdauer einer Wand berechnet man jene zwei Zeitpunkte, zu denen die Wand genau im Streiflicht steht. Natürlich muss - wie das folgende Beispiel zeigt - die Sonne auch über dem Horizont stehen.

Beispiel 2:

Die Besonnungsdauer einer Südwand in Wien ($48^\circ 13'$ n. Br. und $16^\circ 20'$ ö. L.) soll für den 21. Jun. und den 1. Okt. bestimmt werden.

Lösung: Für den 1. Okt. berechnen wir die Zeiten des Sonnenauf- und -unterganges, da bei einem Azimut von $\pm 90^\circ$ die Sonne bereits unter dem Horizont steht. Für den 21. Juni ermitteln wir die Zeiten für Azimut $\pm 90^\circ$. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse wie sie vom Programm dargestellt werden:

¹ Diese Art der Azimutangabe ist in der Gnomonik eher üblich. Daneben gibt es die Azimutzählung, bei der von der N-Richtung aus gezählt wird. Der positive Umlaufsinn ist dabei ebenfalls N-O-S-W. Diese Art der Zählung ergibt um 180° größere Azimute, als die im Programm verwendeten.

4. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

Sonne (v. 1.09) – [Zeit für einen gegebenen Sonnenstand]

☒ Datei Options Zeichnung Berechnungen Info _ [?] x

Eingaben

geogr. Breite: geogr. Länge: Zonenmeridian:
 (negativ für südl. Breiten) (negativ für östliche Längen!)

Jahr: Monat: Tag:

Für welche Himmelsrichtung (=Azimut) soll die Uhrzeit berechnet werden?
 [N= -180° ... O= -90° ... S= 0° ... W= +90° ... N=+180°]

Sonnenstand erreicht um 7 : 28.3 hh : mm
 Die Sonne steht zu diesem Zeitpunkt 32.3 Grad hoch.

Es ergibt sich also (siehe die beiden Abbildungen):

	21. Jun.	1. Okt.
Az = -90°	07:28,3 Uhr	05:55 Uhr
Az= +90°	16:25,5 Uhr	17:34 Uhr
Besonnungsdauer	8 St. 57,2 Min	11 St. 39 Min.

Sonne (v. 1.09) – [Auf- und Untergang von Sonne und Mond]

☒ Datei Options Zeichnung Berechnungen Info _ [?] x

Eingaben

geogr. Breite: geogr. Länge: Zonenmeridian:
 (negativ für südl. Breiten) (negativ für östliche Längen!)

Jahr: Monat: Tag:

Sonne	Dämmerung (astronomisch)	Mond
Aufgang: 5:55 hh:min	Anfang: 4:10 hh:min	Aufgang: 9:46 hh:min
Untergang: 17:34 hh:min	Ende: 19:18 hh:min	Untergang: 19:44 hh:min

Alle Zeitangaben sind Zonenzeit, niemals Sommerzeit!

Deklination der SONNE: -3.40 Grad **Zeitgleichung:** 10:26 min:sec
Bei positiver Zeitgleichung geht eine Sonnenuhr vor!

Die Besonnungszeit ist also zur Zeit der größten Taglänge an einer Südwand keineswegs am größten. Das ist wohl ein Ergebnis, das erst beim zweiten Hinsehen verständlich wird. Bei größerer Sonnenhöhe schreitet nämlich der Azimutwinkel schneller voran!

6. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

Antworten für den 1. Okt.: a) In der Abbildung ist mit U der Untergangspunkt für den 1. Okt. gekennzeichnet. Die Ablesung am Gradkreis ergibt 84 Grad als Azimut (von S nach W). Die Zeit des Sonnenuntergangs ist etwa 17:25 Uhr. b) Sonnenscheindauer: etwa 6:00 - 17:25 Uhr. c) Besonnungszeit: 6:45 - 17:25 Uhr.

Man könnte weiters durch Ausprobieren auch die Frage klären, an welchen Tagen diese Wand besonders lang beschienen ist.

3.2.2 Beobachtungen mit Quadrantuhren

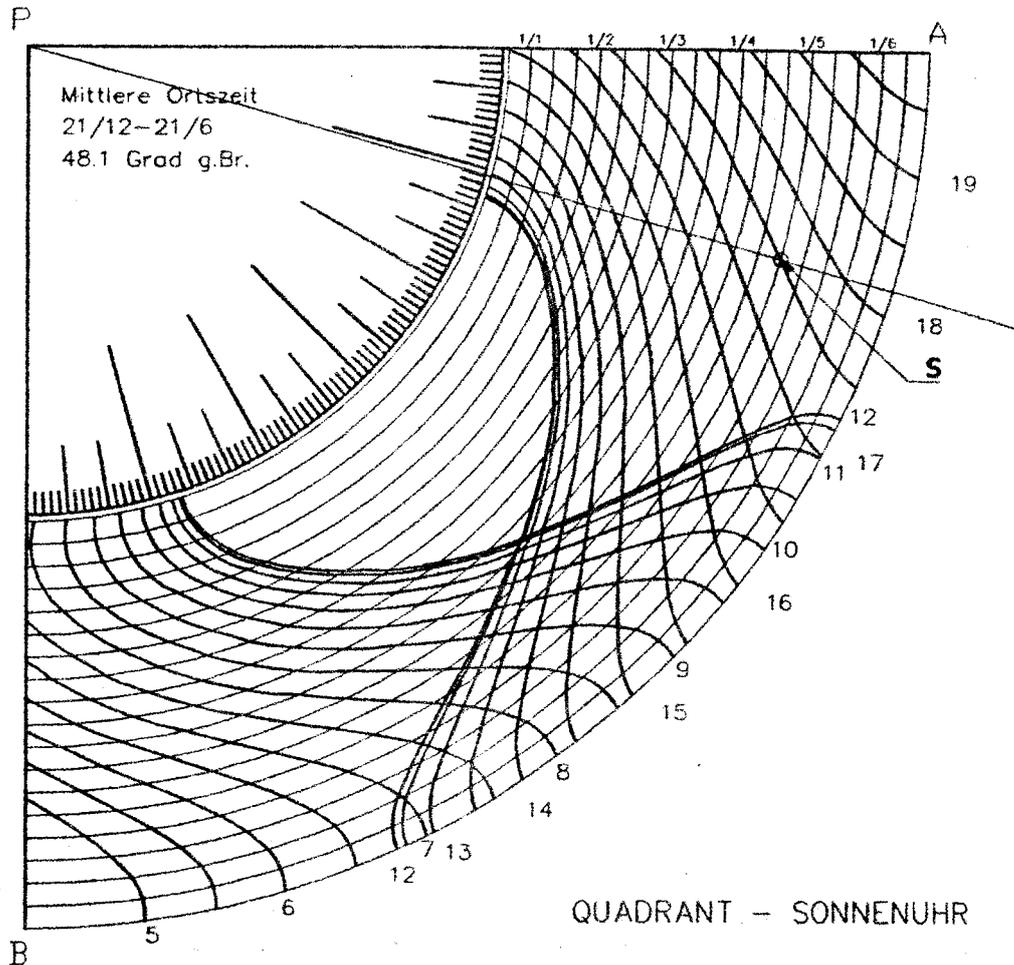


Abb.: Quadrantsonnenuhr für Ortszeit mit Zeitgleichung für die geogr. Breite von Wien

Dieser Uhrtyp ermittelt die Zeit aus der beobachteten Sonnenhöhe. Deshalb sind mit diesen Uhren auch Messungen der momentanen Sonnenhöhe möglich. Hierzu wird im Punkt P, dem gemeinsamen Mittelpunkt der Viertelkreise, eine zur Zeichenebene senkrechte Achse errichtet. Daran wird eine Schnur mit Lot befestigt. Zur Ablesung wird die Zifferblattebene der Quadrantuhr lotrecht gehalten und so auf die Sonne ausgerichtet, dass die Sonnenstrahlen am Vormittag längs der Strecke PA beziehungsweise am Nachmittag längs der Strecke PB streifend einfallen. Dort, wo die Schnur mit dem Lot den zugehörigen Datumskreis schneidet, wird die Zeit abgelesen. Der innere Kreis mit der Gradeinteilung gestattet gleichzeitig die Ablesung des Höhenwinkels.

Beispiel 4:

Wie hoch steht die Sonne in Wien am 1. Mai um 17:30 Uhr mittlerer Ortszeit?

Lösung: Der Punkt S in der Abbildung ist der Schnittpunkt des Viertelkreises für den 1. Mai mit der Stundenlinie von 17:30. Man verbindet nun den Punkt P mit S. Auf dem Gradkreis liest man dann die Sonnenhöhe ab: 16 Grad (Richtige Skalenablesung beachten!)

7. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

Anmerkung 1: Wenn man längs des Kreisbogens einer Datumslinie die vorhandenen Stunden abzählt, erhält man die Sonnenscheindauer an diesem Tag. Die Zeit am Rand des Viertelkreises ergibt die Auf- oder Untergangszeit der Sonne.

Anmerkung 2: Wenn man in Quadrantuhren die Zeitgleichung wie in der obigen Abbildung einbezieht, dann muss man für jedes Halbjahr eine eigenes Zifferblatt verwenden, weil sich die Zeitgleichung innerhalb eines Jahres nicht symmetrisch verändert. Ebenso müssen dann die Stundenlinien für den Vormittag und den Nachmittag an den verschiedenen Seiten des Quadranten aufgetragen werden (siehe obiges Beispiel), da sich sonst eine schwer entwirrbarer Linienwirrwarr ergibt.

3.2.3 Horizontale und beliebig abweichende vertikale Sonnenuhren

Selbst an horizontalen Sonnenuhren ließen sich innerhalb gewisser Grenzen Besonnungsdauer und Azimutwinkel ablesen. Für Besonnungsdauern müsste aber in dieser folgenden Abbildung die Lineatur deutlich über die Seitenränder hinausreichen.

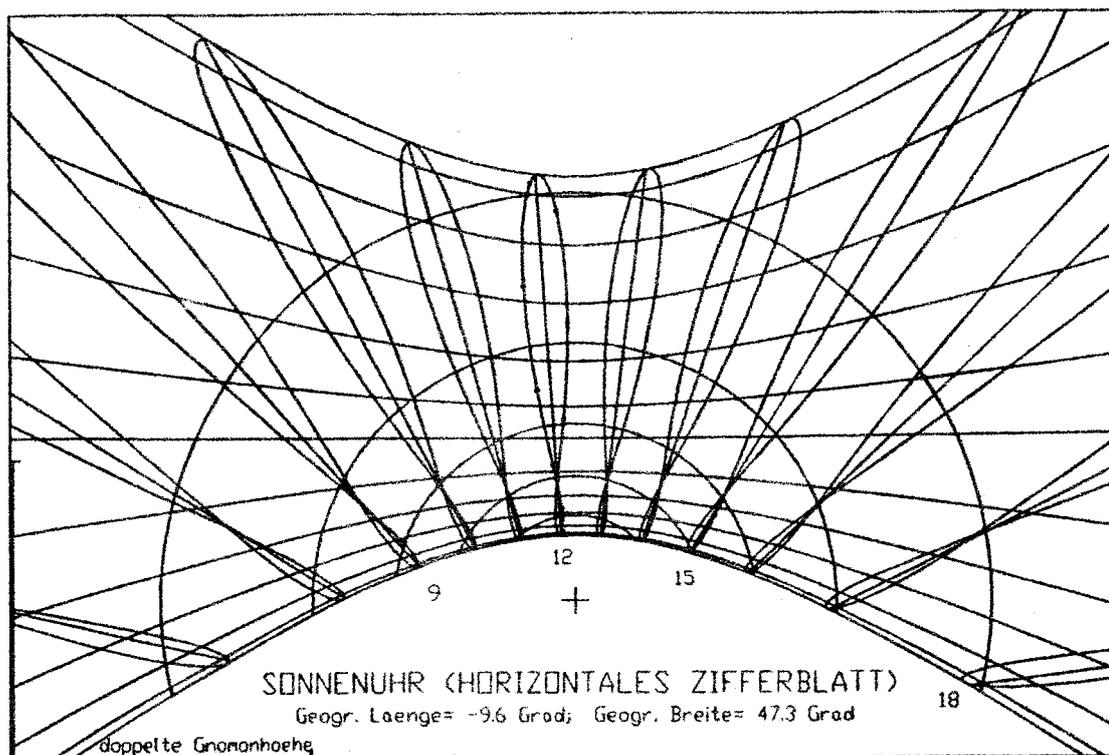


Abb.: horizontale Sonnenuhr für Wien; Datumslinien für den 6. und 21. eines jeden Monats, Stundenlinien für Zonenzeit mit und ohne Zeitgleichung, Linien für 20 - 60° Sonnenhöhe

Beispiel 5:

Die Nord-Richtung soll mit Hilfe einer frei beweglichen horizontalen Sonnenuhr mit Datumslinien bestimmt werden.

Lösung: Wenn die horizontale Sonnenuhr so lange gedreht wird, bis der Schatten der Gnomonspitze genau auf die entsprechende Datumslinie fällt, ist die Sonnenuhr korrekt ausgerichtet. Die Normale zur Datumslinie vom 21. 3. zeigt in diesem Fall genau nach Norden! Die Uhrzeit kann dann an den Stundenlinien abgelesen werden.

Wenn man eine Sonnenuhr betrachtet, die auch italische und babylonische Stunden anzeigt, läßt sich noch Einiges mehr ablesen. Dazu vorher noch zwei Begriffserläuterungen:

Babylonische Stunden = Anzahl der Stunden seit Sonnenaufgang, wobei der volle Tag 24 Stunden hat.

Italische Stunden = Anzahl der Stunden seit dem letzten Sonnenuntergang, wobei der volle Tag ebenfalls 24 Stunden hat. Manchmal gibt man statt der

8. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

italischen Stunde x auch die Zeit bis zum nächstfolgenden Sonnenuntergang an $(24 - x)$.

Für geographische Breiten oberhalb des Polarkreises werden diese Stunden teilweise sinnlos, weil die Sonne an bestimmten Tagen ständig oder nie über dem Horizont ist. Manche meinen, dass man deshalb in diesen Breiten diese Stundenzählung überhaupt nicht verwenden soll.

Italische und babylonische Stundenlinien bilden auf ebenen Sonnenuhren immer sich schneidende Gerade. Da zur Zeit der Äquinoktien überall auf der Erde die Sonnenscheindauer 12 Stunden beträgt², müssen sich babylonische 6-Uhr-Linie und die italische 18-Uhr-Linie genau dort schneiden, wo auch die 12-Uhr-Linie Ortszeit auf die Deklinationslinie für Frühlings- oder Herbstanfang trifft. Diese Deklinationslinie ist aber leicht daran zu erkennen, dass sie immer eine Gerade ist. Diese Tatsache ist für Ablesungen oft eine große Hilfe, da die italischen und babylonischen Stundenlinien häufig nicht beschriftet sind.

In der folgenden Vertikalsonnenuhr ist P der Fußpunkt des zur Zeichenebene senkrechten Zeigers (=Gnomon). Seine doppelte Länge ist in der Abbildung rechts unten angegeben. Die italische Stunde $i=XVIII$ und die babylonische Stunde $b=VI$ sind als solche gekennzeichnet. Sie schneiden sich genau auf der 12-Uhr-Linie WOZ.

Man erhält nun die Sonnenscheindauer für ein bestimmtes Datum, wenn man einen an und für sich beliebigen Punkt auf der Datumslinie hernimmt und die italische Stunde i sowie die babylonische Stunde b abliest. Die Sonnenscheindauer ergibt sich dann aus $(b+24-i)$. Minutengenaue Ablesungen sind dabei allerdings nicht möglich.

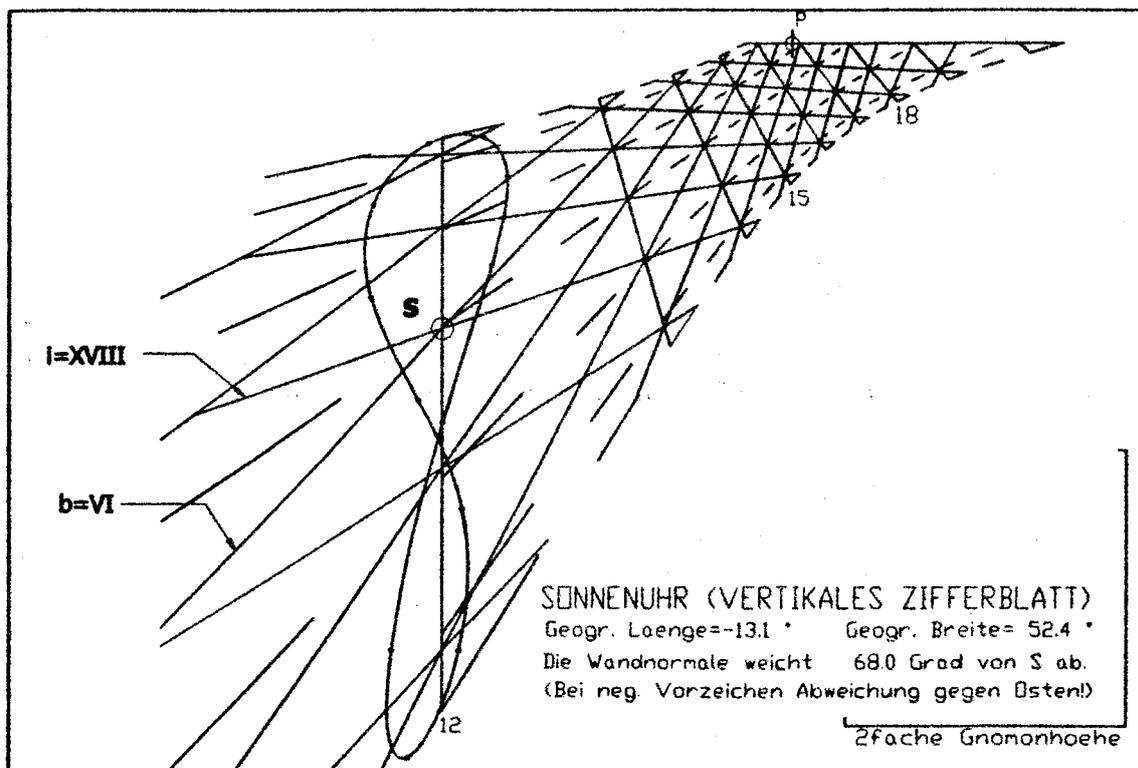


Abb.: vertikal abweichende Sonnenuhr für Potsdam: Wandabweichung = 68° (nach W)

² Dies ist nur theoretisch exakt, da sich für die Auf- und Untergänge der Sonne wegen Luftrefraktion, Meereshöhe, ... andere Werte ergeben. Auch für den Pole selbst sind die Überlegungen nicht anwendbar.

9. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

Beispiel 6:

Für Potsdam sind für den 21. Feb. und den 21. März, jeweils 14 Uhr WOZ (wahre Ortszeit), folgende ungefähre Werte abzulesen:

- Zeit bis Sonnenuntergang
- Zeit seit Sonnenaufgang
- Tageslänge (Sonnenscheindauer)

Lösung: Die Stundenlinien für 12 Uhr, 15 Uhr und 18 Uhr WOZ sind in der Abbildung beschriftet. "i=XVIII" ist die Beschriftung für die 18. italische Stunde, und "b=VI" markiert die 6. babylonische Stunde. Diese beiden Stundenlinien schneiden sich im Punkt S auf der Stundenlinie für 12 Uhr WOZ. Die unterbrochen gezeichnete Datumslinie für den 23/09 (beziehungsweise den 21/03) läuft ebenfalls (siehe auch nachfolgende Anmerkung!) durch S. Die Stundenlinien i=XXI und b=VII schneiden sich mit der 14-Uhr-Linie WOZ am 21/02 (bzw am 21/10). Bis Sonnenuntergang sind es also noch 3 Stunden, seit Sonnenaufgang sind 7 Stunden vergangen. Die Sonnenscheindauer beträgt demnach an diesem Tag 10 Stunden.

Anmerkung:

Es ist ein kleiner Test für die Richtigkeit einer Sonnenuhrkonstruktion, dass die Datumslinie für $\delta = 0^\circ$ Sonnendeklination (Äquinoktien) immer eine Gerade sein muss. Bei sehr genauer Kontrolle kann man bei den Sonnenuhrkonstruktionen, die von SONNE.EXE erzeugt werden, allerdings eine minimale Abweichung feststellen, weil im Programm die Änderung der Sonnendeklination δ im Laufe eines Tages mit berücksichtigt wird. Zur Zeit der Äquinoktien liegt diese Änderung der Deklination innerhalb von 12 Stunden immerhin bei rund 0,2 Grad. Dies führt dazu, dass diese Datumslinie nicht mehr völlig gerade ist. Dazu kommt noch, dass die Sonnendeklination am 23. Sep. 2000 um 12:00 Uhr MEZ -0,3 Grad ist. Das führt weiters dazu, dass diese Datumslinie in der Abbildung nicht genau durch den Schnittpunkt S läuft. Klassische geometrische Sonnenuhrkonstruktionen gehen immer davon aus, dass sich die Deklination δ innerhalb eines Tages nicht ändert und am 21/03 (23/09) genau 0 ist.

4 Mathematische Ergänzungen

Wenn Berechnungen oder Ablesungen durchgeführt werden, ist es immer gut, sich Gedanken über die erforderliche Genauigkeit zu machen. Die Berechnungen werden heutzutage meist per Computer auf viele Dezimalstellen "genau" durchgeführt. Das täuscht dann eine Genauigkeit vor, die gar nicht gegeben ist (Beispiele sind Geschwindigkeitsangaben beim Sport; im Internet war eine Liste der Mittelwerte der Zeitgleichung für alle Tage des Jahres, gemittelt von 2000-2100 auf 6 Dezimalstellen genau³,)

4.1 Genauigkeit der Sonnenstandsberechnungen

Für die Berechnung der Lineatur von Sonnenuhren ist zunächst einmal die Kenntnis der Sonnenposition für beliebig gegebene Zeitpunkte notwendig. Im Programm wird mit der folgenden Prozedur die Sonnendeklination und die Zeitgleichung ermittelt:

```
procedure DEKL_ZEITGLG(jahr:integer;dtage:double;var dek,et:double);
{berechnet Sonnendeklination dek auf 0.01 Grad genau u. Zeitgleichung et
 für 12.00 Uhr Zonenzeit (falls dtage ganzzahlig!); Rechnung nach Meeus;
 tage_z ist die Ordnungszahl des Tages [+ Uhrzeit] im Jahr;
 JD(day,month,jahr) bezeichnet eine Funktion, die den Julianischen
 Ephemeridentag berechnet; fak ist der Umrechnungsfaktor Grad ins Bogenmaß}
VAR L,Lw,Ls,M,h,x,y,y2,ra,deltapsi,
    T,h,eps,omega : extended;
```

³ Der Wert der Zeitgleichung ist vergleichsweise am 2004/12/21 1 min 37 sec, am 2004/12/12 aber 1 min 15 sec. Die Schwankung liegt also bei 22 sec. Bruchteile von sec anzugeben ist also in diesem Fall sehr fragwürdig.

10. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

BEGIN

```

T:=(JD(1,1,jahr)+dtage-1-2451545.0)/36525.0;
omega:=(125.04452-1934.136261*T); // dtage=1.0 für 1.1.,12.00 Uhr
eps:= +23.43929111-0.013004167*T; // +0.0020708*T*T wird weggelassen
eps:=eps + 0.00256*cos(omega*fak); // Schiefe der Ekliptik
// korrigiert auf scheinbare Position
M:=357.52910 + (35999.05030-(0.00000048*T+0.0001559)*T)*T;
while M>360 do M:=M-360; while M<0 do M:=M+360; // mittlere Anomalie
L:=280.4664567 + (36000.76982772+0.00030320*T)*T;
while L>360 do L:=L-360; while L<0 do L:=L+360; // mittlere Länge
h:=(1.914600-(0.000014*T+0.004817)*T)*sin(M*fak)+
(0.019993-0.000101*T)*sin(2*M*fak)+0.000290*sin(3*M*fak);
Lw:=L+h; // wahre Länge
Ls:=Lw-0.00569-0.00478*sin(omega*fak); //scheinbare Länge
x:= sin(eps*fak) * sin(Ls*fak); // sin(dekl)
y2:=sqrt(1-x*x);
dek:=arctan(x/y2)/fak; // deklination in grad
y:=cos(eps*fak)* sin(Ls*fak)/cos(Ls*fak); // tan Rektasz
ra:=arctan(y)/fak; // ra im gleichen Quadranten wie zL
if (ra<0) then ra:=ra + 180.0;
if (x<0) then ra:=ra+180;
deltapsi:=-0.00477778*sin(omega*fak)-0.00036667*sin(2*L*fak);
// Nutation in Länge
et:=L-0.0057183-ra+deltapsi*cos(eps*fak);
// Zeitgleichung in Grad (=WOZ-MOZ)
while et>180 do et:=et-360; while et<-180 do et:=et+360;
END;
```

Das Rechenverfahren erfolgt gemäß den Formeln von Meeus (siehe [2]). JD ist dabei eine Funktion, die den Julianischen (Ephemeriden) Tag berechnet, und T ist die Zeit, gemessen in Julianischen Jahrhunderten der Epoche J2000.0 (2000 Jan 1,5 DT). Die Sonnendeklination ist für die Jahre 1500 - 2500 auf 0,01 Grad genau. Daraus kann man abschätzen, dass der maximale Fehler in der Zeitgleichung bei etwa $0,01^4 \text{ min} = 2,4 \text{ sec}$ liegt. (Die Sonnenposition verändert sich ja in 4 Minuten um 1 Grad.)

Für die Berechnung von Deklination und Zeitgleichung wird im Programm immer die gleichförmige Dynamische Zeit DT (Ephemeridenzeit) verwendet, da in diesen Zeiträumen der Unterschied ΔT zwischen der hier verwendeten gleichförmigen Dynamischen Zeit DT und der Weltzeit UT nicht so groß ist, dass er für Sonnenuhrkonstruktionen von Bedeutung wäre.

Die folgende Abschätzung (gemäß [8]) ergibt ΔT in Zeitsekunden:

$$\Delta T = DT - UT = +24.349 + 72,318 \cdot T + 29,950 \cdot (T)^2$$

wobei T in dieser Formel in Julianischen Jahrhunderten zu 36525 Ephemeridentagen anzugeben ist, bezogen auf die Epoche 1900 Jan 1,5 DT. Somit ergeben sich folgende Werte:

T	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Jahr	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
ΔT [mm:ss]	3:34	1:17	0:00	-0:18	0:24	2:07	4:49	8:31	13:13	18:55

Sonnendeklination und Zeitgleichung ändern sich innerhalb der oben angeführten Zeiträume so wenig, dass dies für die Berechnung von Sonnenuhren kaum von Belang ist und im Programm vernachlässigt wird. Für das Jahr 2400 liegt beispielsweise der Unterschied zwischen dynamischer Zeit und der im Alltag verwendeten Weltzeit bei $\Delta T = 19 \text{ min}$. Die maximale Veränderung der Sonnendeklination innerhalb von 19 min. liegt bei 0,006 Grad und für die Zeitgleichung bei rund 0,5 sec. Fehler in dieser Größenordnung können bei Sonnenuhren der hier betrachteten Arten aber sicher vernachlässigt werden.

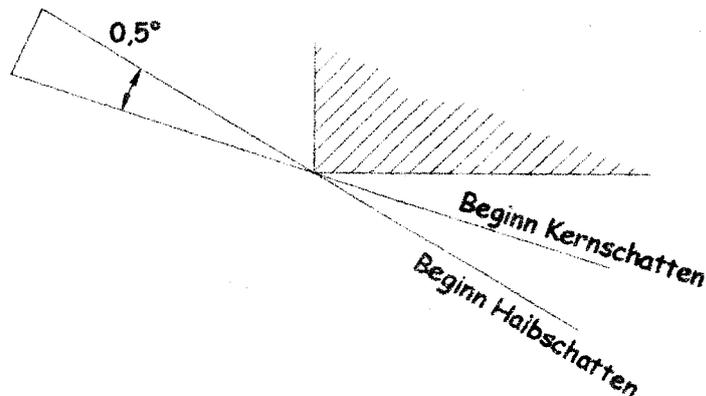
In den weiteren Sonnenuhrenberechnungen wird im Programm immer davon ausgegangen, dass die obere Kulmination der wahren Sonne um 12 Uhr mittags wahrer Ortszeit erfolgt.

11. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

Die Berechnung erfolgt dann also in unserer gebräuchlichen Weltzeit, nur die Berechnung von Deklination und Zeitgleichung erfolgt in der Ephemeridenzeit.

4.2 Genauigkeit beim Ablesen von Sonnenschatten

Überlegen wir hierzu, wie genau der Schatten einer Hauskante abgelesen werden kann:



Eine Genauigkeit von $0,25$ Grad ist bei einem Sonnendurchmesser von rund $0,5$ Grad und ohne spezielle Hilfsmittel wohl etwa die Grenze. Das entspricht der halben Breite des Halbschattenbereichs (siehe Abb.). Wenn also für die Abweichung einer vertikalen Wand (= Deklination der Wand = Azimut der Wand) eine Genauigkeit von $0,1$ Grad angestrebt wird, so dürfte dies bei "Verwendung" des Sonnenschattens wohl eine untere Grenze sein, die nur erreichbar ist, wenn über mehrere Messungen gemittelt wird.

Größere Genauigkeiten sind mit ausgeklügelten Ableseanordnungen oder mit geodätischen Verfahren zwar durchaus denkbar, bei Sonnenuhrkonstruktionen aber kaum nötig. Dies erscheint einsichtig, wenn man überlegt, dass die Sonne in nur 24 s eine scheinbare Positionsänderung von $0,1$ Grad durchmacht und derartige Genauigkeiten in der Zeitmessung heute für Sonnenuhren ohne Bedeutung sind.

4.3 Berechnungsverfahren für Sonnenuhren

Mit der Prozedur in 4.1 wird die Sonnendeklination und die Zeitgleichung berechnet. Aus der Sonnenposition im Äquatorsystem (Deklination, Anzahl der Stunden seit der oberen Kulmination) können dann nach den bekannten Formeln der Trigonometrie Sonnenazimut α und die Sonnenhöhe β im Horizontsystem ermittelt werden (vgl. [4]).

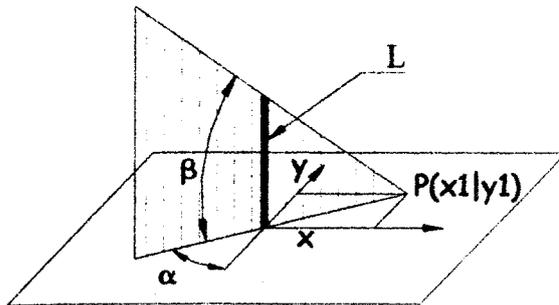
Nun besteht das Problem der Sonnenuhrenberechnung nur noch darin, den Schattenpunkt der Zeigerspitze auf der Ebene der Sonnenuhr zu berechnen, also die Zeigerspitze in Richtung des einfallenden Sonnenstrahls auf diese Ebene zu projizieren.

4.3.1 Horizontale Sonnenuhren

In dieser Abb. ist L die Länge des Gnomon, der zur Zifferblattebene normal ist, α ist der Azimutwinkel der Sonne, der von der S-Richtung aus gemessen wird und für Abweichungen

12. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

gegen Westen positiv ist; β ist der Höhenwinkel der Sonne im Horizontsystem, und $(90 - \beta)$ ist demnach die Zenithdistanz der Sonne.



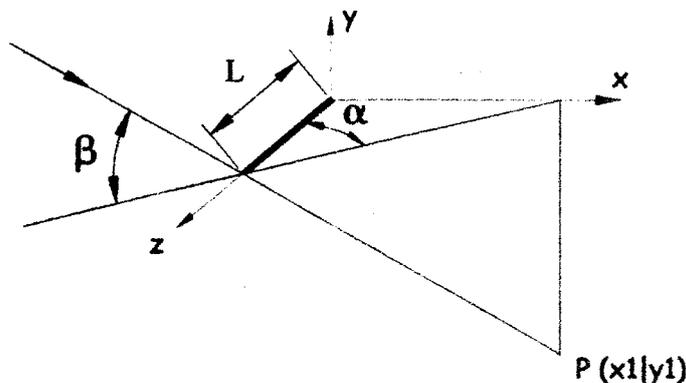
Für die Koordinaten von P, dem Schattenpunkt der Zeigerspitze, ergibt sich somit:

$$\begin{aligned} c &= L / \tan(\beta) \\ x_1 &= c * \sin(\alpha) \\ y_1 &= c * \cos(\alpha) \end{aligned}$$

c ist in obiger Formel die Strecke von P zum Koordinatenursprung.

4.3.2 Vertikale Sonnenuhren

In der folgenden Abbildung ist die x-y-Ebene zugleich die Wandebene, wobei die x-Achse vom Gnomonfußpunkt aus horizontal nach rechts verläuft. Der Gnomon mit der Länge L liegt in der dazu rechtwinkligen z-Achse. Der durch die Zeigerspitze laufende Sonnenstrahl hat das Azimut α und den Höhenwinkel β .

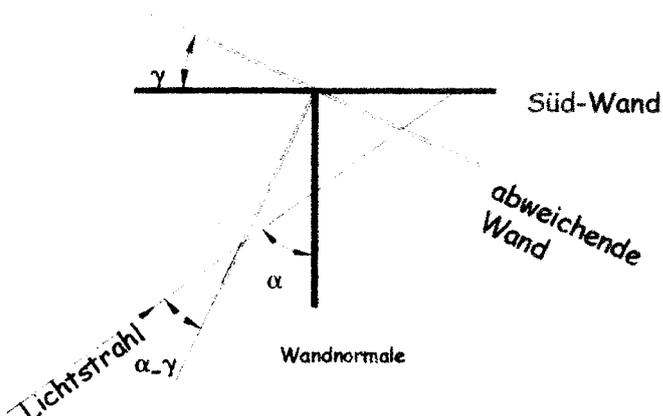


Für vertikale Sonnenuhren, die genau nach Süden ausgerichtet sind, ergibt sich somit aus der Abbildung:

$$\begin{aligned} X_1 &= L * \tan(\alpha) \\ c &= L / \cos(\alpha) \\ y_1 &= -c * \tan(\beta) \\ &= -L * \tan(\beta) / \cos(\alpha) \end{aligned}$$

4.3.3 Vertikal deklinierende Uhren

Vertikal deklinierende Uhren sind nach den Formeln von vertikalen Süd-Sonnenuhren zu berechnen: Wenn nämlich eine vertikale Wand um γ Grad von der S-Richtung weg gedreht ist, bleibt die Sonnenhöhe unverändert. Statt des Azimuts α ist für die Berechnungen aber $(\alpha - \gamma)$ zu verwenden, da sich alle horizontal gemessenen Einfallswinkel für diese Wand um eben diesen Wert γ verringern (siehe Abb.).

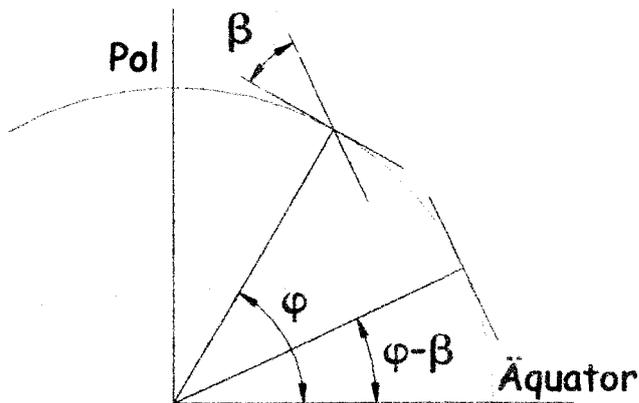


Wenn nämlich eine vertikale Wand um γ Grad von der S-Richtung weg gedreht ist, bleibt die Sonnenhöhe unverändert. Statt des Azimuts α ist für die Berechnungen aber $(\alpha - \gamma)$ zu verwenden, da sich alle horizontal gemessenen Einfallswinkel für diese Wand um eben diesen Wert γ verringern (siehe Abb.).

13. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

4.3.4 Inklinierende Sonnenuhren

In ähnlicher Weise zum Vorangegangenen werden auch geneigte (inklinierende) Sonnenuhren, die nach Süden ausgerichtet sind, durch eine einfache Modifikation als horizontale Sonnenuhren berechenbar. Wie die nebenstehende Skizze zeigt, hat eine um β geneigte südgerichtete Ebene genau die gleiche Lage wie ein horizontales Zifferblatt in einer um β erniedrigten geographischen Breite mit gleicher geographischer Länge. Für die Berechnungen ist also die geographische Breite φ durch die "Ersatzbreite" ($\varphi - \beta$) zu ersetzen.



Schließlich sei noch angemerkt, dass sich für jede ebene Sonnenuhr in ganz allgemeiner Lage eine Stelle auf der Erdoberfläche derart finden lässt, dass sie mit einer dort horizontalen Sonnenuhr übereinstimmt. Allerdings sind bei der Umrechnung auf diesen Ort einige zusätzliche Dinge - wie zum Beispiel die verschiedenen Auf- und Untergangszeiten der Sonne - zu beachten. Näheres hierzu kann man beispielsweise in [6], S. 90 ff. finden. Auch in [7] sind neben dem im Literaturverzeichnis zitierten Artikel noch weitere Beiträge zu diesem Thema vorhanden.

Zum Schluss dieses Kapitels sei darauf hingewiesen, dass Fer de Vries, der im folgenden Kapitel nochmals Erwähnung findet, im Internet auf einigen Seiten ausführlich Algorithmen beschreibt, nach denen ebene Sonnenuhren berechnet werden können. Wenn man seine Homepage anwählt (Internetadresse: <http://www.iaehv.nl/users/ferdv/index.htm>), kann man leicht durch weitere LINKs zu den Berechnungsanleitungen gelangen. Auf diesen Seiten ist neben vielem Anderen auch erläutert, wie man babylonische oder italische Stundenlinien berechnen kann oder wie man die Linien für die heute kaum mehr bekannten Antiken Stunden - oft auch Temporalstunden genannt - ermittelt.

5 Sonnenuhrenprogramme im Internet

Nachfolgend werden noch Sonnenuhrenprogramme vorgestellt, die im Internet verfügbar sind.

5.1 Blateyron, Francois: Programm "Shadows"

Das Programm ist für Windows 95/98... konzipiert und ist dementsprechend optisch ansprechend gestaltet. Es ist sehr benutzerfreundlich geschrieben und mit ausführlichen Hilfeinformationen ausgestattet, die alle ins Programm integriert sind. Seit März 2000 ist die neue Version 1.5.4 als Freeware verfügbar.

Für das Menü im Programm kann als Sprache Französisch, Englisch oder Deutsch gewählt werden. Die Hilfen liegen in Französischer und Englischer Version vor.

Als zusätzliche Hilfe ist eine Liste von Städten und ihrer geographischen Lage (Länge und Breite) ins Programm integriert. Diese Liste kann durch eigene Eingaben ergänzt werden.

14. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

Das Programm berechnet und zeichnet ebene Sonnenuhren in beliebiger Lage (horizontal, vertikal, beliebig inklinierend). Berechnet wird die Lineatur für Datumslinien und Stundenlinien für Orts- oder Zonenzeit. Die Stundenlinien können mit oder ohne Berücksichtigung der Zeitgleichung auf dem Bildschirm gezeichnet werden. Zusätzlich werden noch Mittagssonnenuhren ("Meridiane") und äquatoriale Sonnenuhren berechnet. Die berechneten Sonnenuhren können auf dem Bildschirm dargestellt und auch in schwarzweiß ausgedruckt werden. Als weitere Hilfe können die Koordinaten der Lineatur in einer Liste auf dem Bildschirm angezeigt oder ausgedruckt werden.

E-mail-Adresse des Programmautors :

frb@mail.fc-net.fr

Download unter Adresse:

<http://www.cadrans-solaires.org>

5.2 Ferrari, Gianni: Programme "Sund98p.exe" und "Menus98.exe"

Gianni Ferrari hat mehrere DOS-Programme über Sonnenuhren geschrieben. Die Programme sind vom Theoretischen her besonders interessant. Ferraris Ausführungen in 'Compendium', der regelmäßig erscheinenden Aussendung der Nordamerikanischen Sonnenuhrgesellschaft NASS, weisen ihn als einen hervorragenden Theoretiker spezieller Sonnenuhrtypen aus.

Das Programm Sund98p.exe berechnet ebene Sonnenuhren mit einem geradlinigen Schattengeber ("monofilare Sonnenuhren"). Die Linien für die verschiedenen Tage sind innerhalb gewisser Grenzen frei wählbar. Es werden dann die Stundenlinien berechnet und gezeichnet. Die Englische Version des Programms war 1998 ein Bounsgeschenk für Mitglieder der Nordamerikanischen Sonnenuhrgesellschaft NASS (siehe auch [1]).

Daneben hat Ferrari ein Programm für bifilare Sonnenuhren geschrieben ("Menus98.exe"). Die Zifferblattfläche kann eben, zylindrisch oder auch kegelförmig sein. Die Lage der 2 geradlinigen Schattengeber ist beliebig festlegbar. Es ergeben sich so mitunter recht eigenwillige Konstruktionen.

Die Programme sind italienisch und laufen unter DOS, können aber auch unter Windows 95 aufgerufen werden. Die Verwendung einer Maus ist nicht vorgesehen.

Die Programme sind zwar nicht Freeware, werden Interessierten jedoch kostengünstig überlassen. Interessenten wenden sich am besten per E-mail direkt an den Autor (E-mail-Adresse: frank.f@pianeta.it).

5.3 Terwilliger, R. und Sawyer, F.: Programm "The Dialist's Companion"

Dieses DOS-Programm wird von der Nordamerikanischen Sonnenuhrgesellschaft NASS allen Mitgliedern kostenlos zur Verfügung gestellt. Es berechnet nach Eingabe von geogr. Länge und Breite und Datum laufend die momentane Zeit in GMT, Temporalstunden, italischen und babylonischen Stunden, die Sternzeit, den Julianischen Tag, sowie die Zeit des Sonnenaufgangs und -untergangs. Ferner wird die momentane Position der Sonne (Deklination, Azimut, Höhe) und der Wert der Zeitgleichung angegeben. Das Programm ist vor Allem wegen der fortlaufenden, vielfältigen numerischen Zeitanzeige interessant. Es berechnet aber keinerlei Sonnenuhren.

Das Programm ist Shareware, für Mitglieder der NASS ist es gratis. Es ist auch auf der Internetseite <http://www.shadow.net/~bobt/dcomp/dcomp.htm> zu finden.

15. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Beobachtungen und Sonnenuhren

5.4 Vries, Fer de: Programme „Zwvlak95“, „Zonwvlak.exe“, „Planuur.exe“, „Oughtred.exe“

Das Programm "Zwvlak95" von de Vries ist international wohl das bekannteste und für Sonnenuhrberechnungen wahrscheinlich auch das vollständigste. Sein einziger Nachteil ist, dass es ursprünglich ein DOS-Programm war und zur besseren Benutzerführung nachträglich teilweise mit einer Windows-Oberfläche versehen wurde. Dementsprechend lassen Parameterauswahl, Bildschirmdarstellung und Ausdruck der Lineatur doch einige Wünsche offen.

Berechnet werden ebene Sonnenuhren (horizontale, vertikale, beliebig inklinierende) für jede Lage. Dabei wird die Lineatur für wahre Ortszeit, mittlere Ortszeit, mittlere und wahre Zonenzeit, Datumslinien, Höhenlinien, Azimutlinien, babylonische, italische, islamische und antike Stunden ermittelt. Auch Linien, die für Astrologen von Interesse sind, werden berechnet.

Zudem werden ebene bifilare Uhren in beliebiger Lage berechnet, wobei die beiden Schattengeber allerdings auf Linien beschränkt sind, die zur x-Achse beziehungsweise zur y-Achse parallel sein müssen.

Die Berechnungen werden zudem wahlweise für Zifferblattflächen unter einer Wasseroberfläche durchgeführt. Die Dateien mit den Koordinaten der berechneten Linien können mit einem kleinen Zusatzprogramm in ein mit AutoCad bearbeitbares Format (dxf) konvertiert werden.

In zwei anderen Zusatzprogrammen werden Azimutalsonnenuhren und stereographische Sonnenuhren (nach Oughtred) berechnet.

Das Programm kann kostenlos von der folgenden Internetadresse heruntergeladen werden:
<http://www.iaehv.nl/users/ferdv/index.htm>

Fer de Vries bietet auf diesen Internetseiten zusätzlich auf Englisch umfangreiche Informationen zur Berechnung von ebenen Sonnenuhren an.

6 Literatur

- [1] Ferrari, Gianni: Monofilar Sundials. In: The Compendium. Journal of the North American Sundial Society. Vol. 5 (1998), Number 3, p. 5 - 7. ISSN 1074-3197.
- [2] Meeus, Jean: Astronomical Algorithms. Willman-Bell. Richmond, Virginia 1998.
- [3] Montenbruck, Oliver: Grundlagen der Ephemeridenrechnung. Reihe: Sterne und Weltraum-Taschenbücher Nr. 10. München 1984.
- [4] Mucke, Hermann (Hrsg.): Sonnenuhren. Reihe: Sternfreunde-Seminar, 1991. Österreichischer Astronomischer Verein und Planetarium der Stadt Wien.
- [5] Mucke, Hermann: Astronomische Phänomenologie mit dem Taschenrechner. Reihe: Die Sterne. 58. Band, Heft 1, 1982, S. 30-47.
- [6] Rohr, René R.J.: Die Sonnenuhr: Geschichte, Theorie, Funktion. Callwey. München 1982.
- [7] Sawyer, Fred: Quiz: Nicoles Wedge. In: The Compendium. Journal of the North American Sundial Society. Vol. 7 (2000), Number 1, p. 10 -14. ISSN 1074-3197.
- [8] Transactions of the International Astronomical Union. Vol. 8, p. 66. Cambridge 1954.

Dr. Helmut Sonderegger, Sonnengasse 24, A-6800 Feldkirch
Internet: <http://webland.lion.cc/vorarlberg/280000/sonne.htm>

Referat: Visuelle Beobachtungen der Jupiteratmosphäre

Dieses Referat stellt ein interessantes visuelles Beobachtungsprogramm für Sternfreunde vor. Ziel ist die Beobachtung von Veränderungen in der Jupiteratmosphäre. Wegen der raschen Rotation des Planeten und der Dynamik des Planetenklimas sind Änderungen im Anblick des Planeten schon nach wenigen Minuten erkennbar.

Jupiter im Fernrohr

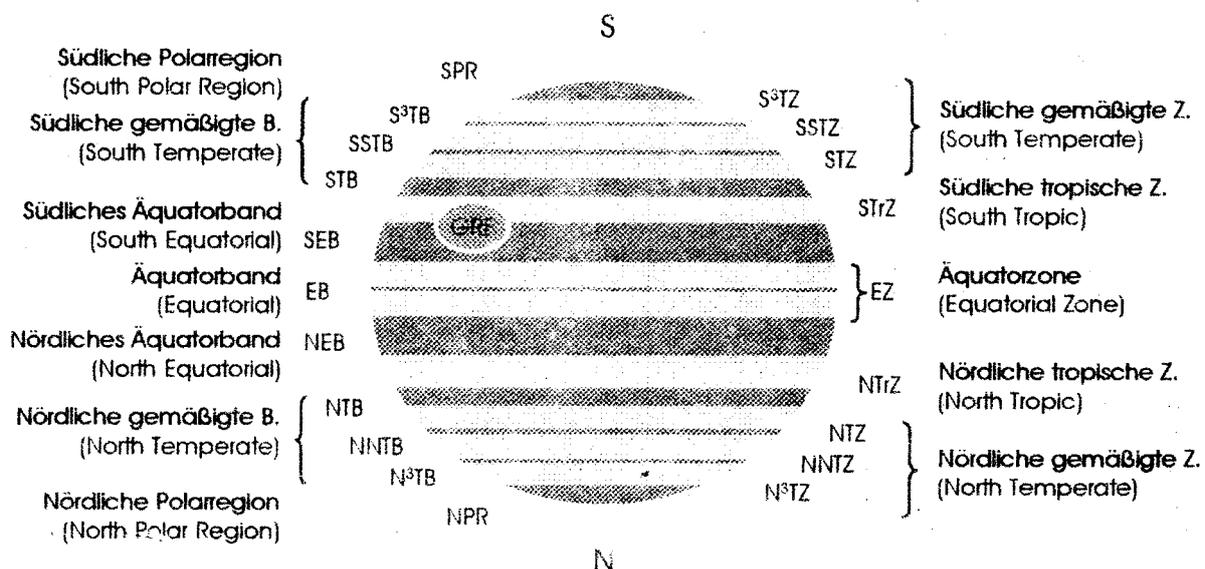
Bedingt durch seine tatsächliche (physische) Größe erscheint der Planet auch im Fernrohr recht groß; sein scheinbarer Durchmesser (am Äquator) schwankt zwischen 30" und 50", sodaß der Planet auch schon in kleinen Fernrohren deutlich als Scheibchen zu erkennen ist. Ebenfalls deutlich ist die Abplattung des Planeten, sie beträgt 1/12 und läßt das Scheibchen merklich oval erscheinen.

Da die Rotationsachse des Planeten nur rund 3° gegen die Ekliptik geneigt ist, gibt es praktisch keine Libration in Breite, und da Jupiter schon ziemlich weit von der Sonne entfernt ist, beträgt der maximale Phasenwinkel 12° und ist daher auch vernachlässigbar.

Großräumige Strukturen

Wir sehen im Fernrohr die obersten (zwei bis drei) Schichten einer gewaltigen Atmosphäre, die im wesentlichen von den gleichen Mechanismen angetrieben wird wie jene der Erde: Rotation des Planeten und Energiezufuhr (während die Energiezufuhr bei der Erdatmosphäre in erster Linie von der Sonne stammt, ist es bei Jupiter die eigene Wärmeproduktion, die die Vorgänge in der Atmosphäre steuert). Klimazonen orientieren sich an den Breitengraden, auf der Erde wie auf dem Jupiter. Daher verlaufen die großräumigen Strukturen auch entlang der Breitengrade und geben Jupiter das charakteristische „gestreifte“ Aussehen.

Dunkle Bereiche nennt man **Bänder**, die hellen Bereiche dazwischen **Zonen**. Auch Bänder und Zonen unterliegen Veränderungen, wenngleich diese nicht so rasch erfolgen wie bei den kleinräumigen Strukturen.



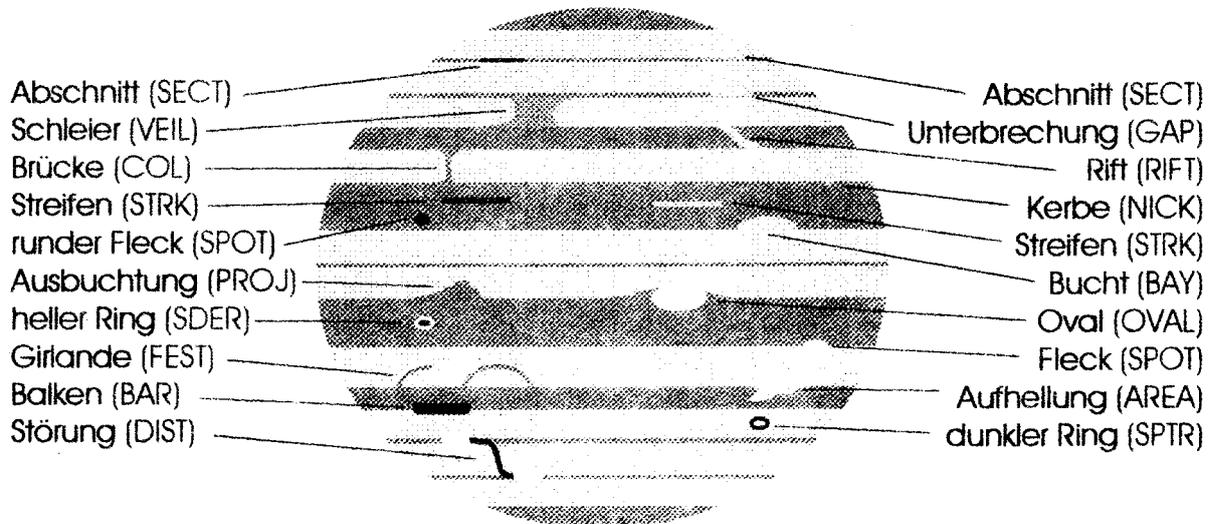
Nicht immer sind alle Bänder deutlich ausgeprägt. Sogar die breiten, schon bei schwacher Vergrößerung sichtbaren Äquatorbänder können nahezu gänzlich verschwinden.

1. Fortsetzung Referat: Visuelle Beobachtungen der Jupiteratmosphäre

Kleinräumige Strukturen

Dunkle Strukturen:

Helle Strukturen:



Kleinräumige Strukturen sind mitunter sehr kurzlebig. Es handelt sich um Wolkenformationen, die auf Grund von Hoch- und Tiefdruckgebieten, Stürmen und sogar Gewittern entstehen. Ovale können oft mehrere Jahrzehnte lang beobachtet werden, und die bekannteste derartige Struktur, der Große Rote Fleck (GRF), wird seit über 300 Jahren verfolgt.

Beobachtungstechnik

Um auch kleinräumige Strukturen in der Jupiteratmosphäre zu sehen, benötigt man ein Fernrohr, das zumindest Vergrößerungen von 60- bis 120-fach sinnvoll zulässt. Bei schwächerer Vergrößerung erkennt man oft nur die beiden Äquatorbänder und – so auf Grund seiner Lage und derzeitigen Erscheinungsform sichtbar – den Großen Roten Fleck.

Bei der visuellen Beobachtung des Jupiter fallen zwei Dinge störend auf: Die Luftunruhe und die große Flächenhelligkeit des Planeten. Letztere läßt sich mit Hilfe eines neutralen Filters (Graufilter) dämpfen. Bei Fernrohröffnungen ab 20cm bzw. bei kurzer Objektivbrennweite ist ein solcher Filter für die Jupiterbeobachtung unerlässlich.

Die Luftunruhe kann man nicht beeinflussen; beträgt sie mehr als zwei bis drei Bogensekunden, dann ist eine ernsthafte Beobachtung nicht möglich. Der enorme Vorteil der visuellen Beobachtung besteht jedoch darin, daß man auch sehr kurze Augenblicke ruhiger Sicht nutzen kann.

Farbfilter bewähren sich bei der Beobachtung des Planeten Jupiter bedingt; manche Beobachter schwören auf leichte Blau- und Violettfilter, um vor allem dunkle Strukturen deutlicher zu machen, also den Kontrast zu steigern.

Bei der Beobachtung fertigt man am Fernrohr – tunlichst unter Verwendung einer Schablone, denn die Abplattung von 1/12 läßt sich freihändig kaum darstellen – eine Skizze an, die man kurze Zeit später, wenn die Eindrücke noch frisch sind, verfeinert. Man verwendet hartes Papier und einen weichen Bleistift sowie (rot) abgedunkeltes Licht. Eine Nachführung ist hier von Vorteil, wohingegen einige Beobachter den Umstand, daß der Planet im Gesichtsfeld wandert, sogar als Vorteil beim Erkennen kleiner Details ansehen.

Eines der größten Probleme stellt jedoch die rasche Rotation des Planeten dar. Man darf sich für den Erstentwurf der Skizze maximal 10 Minuten Zeit lassen!

2. Fortsetzung Referat: Visuelle Beobachtungen der Jupiteratmosphäre

Die Rotation des Planeten

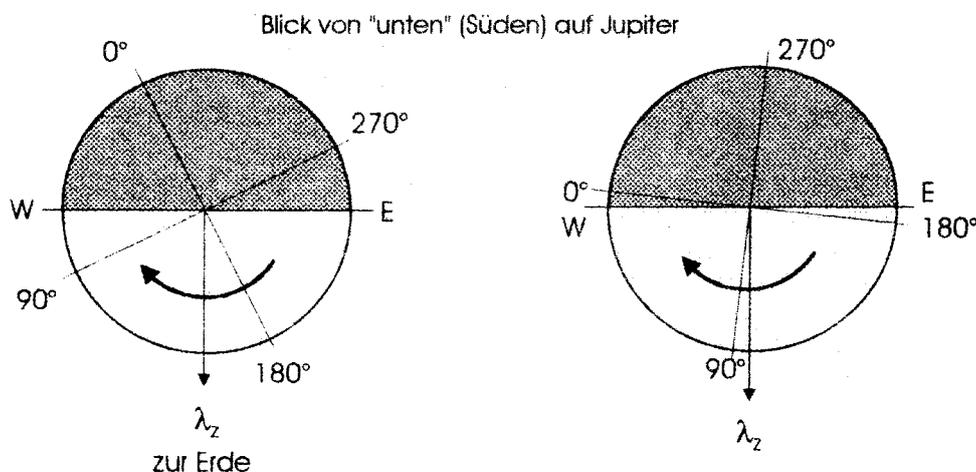
Jupiter rotiert nicht wie ein starrer Körper. Man hat beobachtet, daß die Äquatorzone eine Rotationszeit von 9 Stunden, 50 Minuten und 30 Sekunden aufweist (**System I**), während die nördlicher bzw. südlicher gelegenen Gebiete eine Rotationsperiode von 9 Stunden, 55 Minuten und 41 Sekunden haben (**System II**). Es ist also wichtig, die Breite zu berücksichtigen.

Bestimmung des Zentralmeridians

Auf Jupiter wurde – für jedes der beiden Rotationssysteme – ein Koordinatensystem festgelegt, in dem die jovigraphische Länge von einem fiktiven Nullpunkt aus von 0° bis 360° gezählt wird (sodaß die Länge des Zentralmeridians mit der Zeit steigt) und die jovigraphische Breite vom Äquator aus von 0° bis 90° N bzw. 90° S.

Astronomische Jahrbücher wie der österreichische Himmelskalender geben die Länge des Zentralmeridians in beiden Systemen für 0 Uhr UT an. System I verändert sich um $36,58^\circ$ pro Stunde, System II um $36,26^\circ$ pro Stunde.

Die Bestimmung des Zentralmeridians ist daher ganz einfach:



Beispiel: 23. März 2000, 19 Uhr MEZ

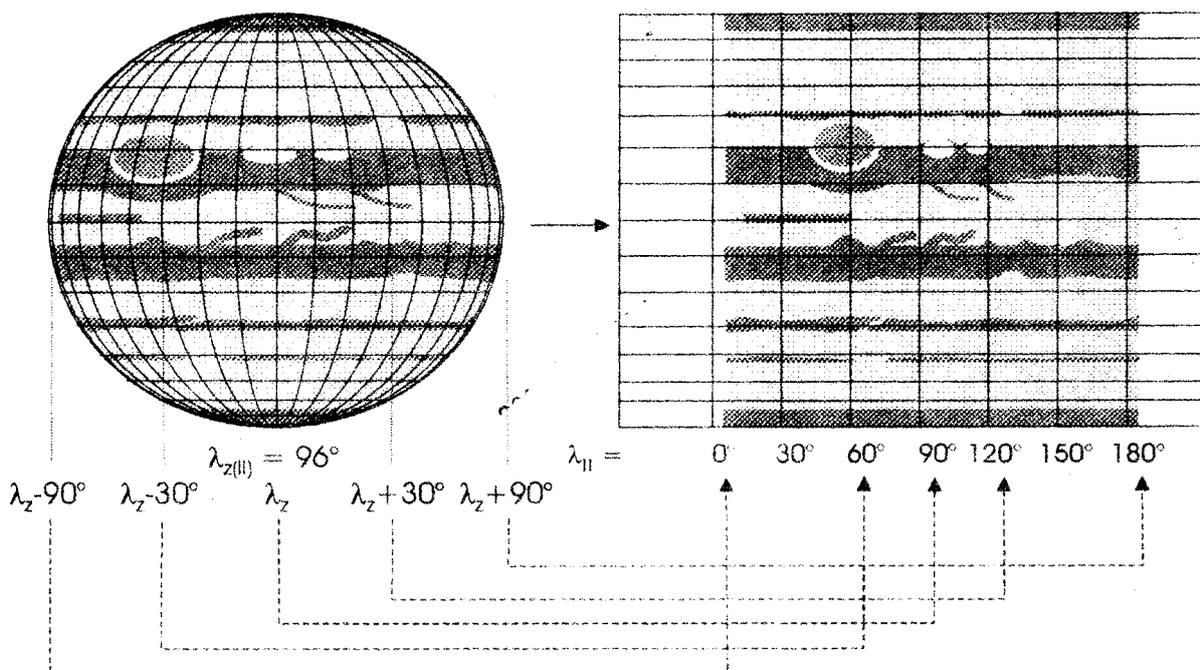
Lt. Himmelskalender für 0 Uhr UT	$L^*I =$	$88,3^\circ$	$L^*II =$	$162,9^\circ$
Rotation in 18 Stunden		$658,4^\circ$		$652,7^\circ$
Summe		$746,7^\circ$		$815,6^\circ$
Reduktion auf $0^\circ \dots 360^\circ$	$\lambda_{z(I)} =$	$26,7^\circ$	$\lambda_{z(II)} =$	$95,6^\circ$

Auswerten einer Beobachtung

Mit dem ermittelten Zentralmeridian weiß man, welchen Bereich der Jupiteratmosphäre man gerade sehen kann. Die beobachtbaren Längen reichen von $\lambda_z - 90^\circ$ bis $\lambda_z + 90^\circ$, wobei wegen der optischen Tiefe der Atmosphäre die Randzonen eher unbeobachtbar sind und der interessanteste Bereich zwischen $\lambda_z - 60^\circ$ und $\lambda_z + 60^\circ$ liegt.

Über die am Fernrohr angefertigte Skizze legt man eine Gradnetzschablone. Sie zeigt die jovigraphischen Koordinaten bezogen auf den Zentralmeridian λ_z . Daraus lassen sich die jovigraphischen Koordinaten der beobachteten Formationen, bezogen auf den Nullpunkt (jedes Systems) bestimmen.

3. Fortsetzung Referat: Visuelle Beobachtungen der Jupiteratmosphäre



Mit Hilfe der Skizze und der Gradnetzschablone (links) lässt sich mit etwas Geschick eine Merkatorkarte anfertigen (rechts), in der die beobachteten Strukturen in absoluten jovigraphischen Koordinaten eingezeichnet werden (es gibt Computerprogramme zur digitalen Bildbearbeitung, die aus einer runden Planetenskizze eine Merkatorprojektion berechnen können).

Mit einer solchen Karte kann man den Anblick des Planeten dann genau beschreiben, wobei die eingangs erwähnten Kurzbezeichnungen für Bänder, Zonen und kleinräumige Strukturen zum Einsatz kommen. Die Abkürzungen „n“ und „s“ stehen für nördlich bzw. südlich und bezeichnen in Verbindung mit einem Band oder einer Zone dessen nördlichen bzw. südlichen Rand:

GAP in STB von 120° bis 135°; GRF SEBs von 50° bis 20°; OVAL SEBs 90° bis 105° und 110° bis 120°; PROJ SEBn 45° bis 75° n GRF; ...

Mit Hilfe von Merkatorkarten, die über längere Zeiträume angefertigt werden, kann man dann Veränderungen beobachten und dokumentieren, etwa das Wandern eines Flecks oder die Auflösung eines Ovals.

Alles in allem ein sehr interessantes Beobachtungsprogramm, das weder sehr zeitaufwendig noch sehr zeitkritisch ist (Jupiter steht alle 13 Monate in Opposition und ist daher oft und lange zu beobachten). Fortgeschrittene können sich an genauere Messungen mit einem Mikrometer(okular) wagen. Fotografisch ist die Sache allerdings ungleich schwieriger und bei vergleichbaren Resultaten praktisch nur mit CCD-Kameras möglich.

Literatur

Günther D. Roth, Planeten beobachten, Verlag Sterne und Weltraum, 1998

T. Dobbins und W. Sheehan, Jupiter's Deep Mystery, Sky & Telescope, Dezember 1999, pp. 118-123.

Hermann Mucke, Österreichischer Himmelskalender 2000, Österr. Astronomischer Verein

Referat: Komet P/1998 U3 (Jäger) – nach 108 Jahren wieder ein Komet in Österreich entdeckt!

Dieses Referat geht zunächst kurz auf den am 16. November 1890 von Dr. Rudolf Spitaler in Wien entdeckten Kometen 113P = 1890 W1 = 1890 VII Spitaler ein. Wie in auffallend ähnlicher Art nach fast genau 108 Jahren Michael Jäger am 23. Oktober 1998 den Kometen P/1998 U3 (Jäger) in entdeckte und welche Beobachtungen seine Raumbahn und Erscheinungsform beschreiben, soll hier dargestellt werden.

Der Komet 113P = 1890 VII (Spitaler)

DIE ENTDECKUNG

Am Abend des 16. November 1890 traf auf der k.k. Universitäts-Sternwarte auf der Türken-schanze in Wien ein Telegramm von der königlichen Sternwarte Palermo ein: T. Zona teilte darin seinen Wiener Kollegen die Entdeckung eines neuen Kometen 8ter Größe im Fuhrmann mit, die ihm am 15. November 1890 geglückt war.

Noch in derselben Nacht suchte R. Spitaler am großen Refraktor 68/1054cm den Kometen. Nach seiner Fertigstellung 1878/1879 war dieses mächtige Instrument mit seinem „27 Zoll“ Objektiv von Grubb fünf Jahre lang das größte Fernrohr der Welt. 1890 war es immerhin noch nach dem „30-Zöller“ der Brüder Clark für Pulkovo (1885) und einem gleichgroßen von Gauthier und den Brüdern Henry für Nizza (1887) sowie dem Lick-Refraktor mit „36 Zoll“ der Brüder Clark (1888) unter den leistungsfähigsten Fernrohren. Ich durfte es in den frühen Sechzigerjahren als Beobachtungshelfer von Univ.-Prof. Dr. J. Hopmann bei seinen Doppelsternmessungen „an der Arbeit“ erleben

Spitaler war von dem Kometen zunächst enttäuscht, denn der nahe der angegebenen Stelle gefundene Komet war bei weitem nicht so hell wie mitgeteilt. Er war ein Objekt 11ter Größe und stand nahe beim offenen Sternhaufen M36 im Fuhrmann. Trotzdem bestimmte er den Ort und wiederholte dies wie gewohnt eine halbe Stunde später: Erneut gab es eine Unstimmigkeit, denn der beobachtete Komet war viel langsamer als nach dem Telegramm Zonas zu erwarten war. – Handelte es sich vielleicht um einen anderen Kometen? Tatsächlich! Nur etwa ein Grad weiter stand noch ein Komet, ein viel hellerer – der von Zona gemeldete. So wurde der Komet 1890 VII von Spitaler in Wien entdeckt und Zona's Komet erhielt die Bezeichnung 1890 IV; nach neuer Bezeichnungsweise wären es 113P und C/1890 V1.

DIE HIMMELSBAHN UND DIE BEOBACHTUNGEN

Schlechtwetter unterbrach die Beobachtungen; 113P wanderte bis Ende 1890 in der Milchstraße vom Fuhrmann gegen die Grenze zum Perseus und Spitaler schätzte am 29. Dezember die Gesamthelligkeit zu rund 12ter Größe; schon zeigte die von ihm berechnete vorläufige Bahn eine kurze Umlaufszeit von rund sechs Jahren an. Eine blasse, runde Koma umgab einen kleinen, hellen Kern 13ter Größe. Es waren nicht allzu viele Beobachter, die diesen Kometen sahen und maßen, was auch durch einen Fehler im Telegramm nach Amerika bedingt war. Unter ihnen waren Kobold in Straßburg und Barnard auf der Lick-Sternwarte. Nur wenig änderte der Komet seinen Ort und Aussehen. Die letzte Beobachtung machte wieder Spitaler am 4. Februar 1891. Er stand dann als Objekt 13ter Größe unweit Kapella.

DIE RAUMBahn, DER VERLUST, DIE WIEDERAUFFINDUNG

Nun machte sich Spitaler an die Berechnung der definitiven Bahn – mit Ausgleichsrechnung und Berücksichtigung der Störungen. 1897 konnte er sie in den Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 64. Band, p. 183, veröffentlichen; sie kommt auf 0,5 AE an die Marsbahn und noch näher an die Jupiterbahn heran. In diesem Jahr wurde die erste

1. Fortsetzung Referat: Der Komet P/1998 U3 (Jäger) ...

Wiederkehr erwartet, doch die Suche – wie viele spätere auch – hatte keinen Erfolg. 1899 kam der Komet nahe an Jupiter heran; dies führte zu einer Änderung der Umlaufzeit von 6,4 auf 6,8 Jahre und die Periheldistanz stieg von 1,8 auf 2,1 AE. Die Wiederkehr 1903 war nicht viel günstiger als die von 1897, aber 1910 wurde eine sehr günstige erwartet. Allein Hopfer rechnete neun Ephemeriden mit verschiedenen Periheltermen im Bereich zweier Monate – aber vergebens. 1973 reduzierte B.G.Marsden die vorliegenden Beobachtungen neu; es waren 22 vom 17. November 1890 bis zum 13. Januar 1891 (QJ 14, p.404). Wir stellen sie der Bahn Spitalers gegenüber und beziehen beide auf 1950,0:

Bahnelement	Spitaler	Marsden
Periheltermin T	1890 10 27,02212 DT	1890 10 27,0981 DT
Perihelargument ω	13,3478° (1950,0)	13,3877° (1950,0)
Knotenlänge Ω	45,8932° (1950,0)	45,8954° (1950,0)
Bahnneigung i	12,8403° (1950,0)	12,8420° (1950,0)
Periheldistanz q	1,817330 AE	1,817661 AE
Num.Exzentrizität e	0,471297	0,471181
Umlaufzeit P	6,37 Jahre	6,37 Jahre
Red.Gesamthelligkeit H10	+8,6mag (Astronom.Büro)	+8,6mag (Astronom.Büro)

Diese Gegenüberstellung zeigt die sorgfältige Rechenarbeit Spitalers, wie sie heute nur mehr selten vorhanden und nötig ist. – Aber die mit modernen Mitteln berechnete Bahn brachte bei der Wiederkehr 1972 keinen Erfolg; eine verbesserte Bahn 1978 auch nicht. Schließlich kam unter dem 28. Oktober 1993 mit Zirkular 5885 der Internationalen Astronomischen Union die Erfolgsmeldung vom erfolgreichen Abschluß der hundertdreijährigen Suchbemühung:

Circular No. 5885

Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION
 Postal Address: Central Bureau for Astronomical Telegrams
 Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
 Telephone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)
 TWX 710-320-6842 ASTROGRAM CAM EASYLINK 62794505
 MARSDEN@CFA or GREEN@CFA (SPAN, BITNET or HARVARD.EDU)

PERIODIC COMET SPITALER (1993r)

On Oct. 24 a comet was discovered by J. V. Scotti with the Spacewatch telescope. He suggested that the object was P/Spitaler, not seen since its discovery in 1890, and for which S. Nakano (1992, *Nakano Note* No. 584) had predicted $T = 1993$ Oct. 4.0 TT. The comet was within a few arcmin of the line of variation at $\Delta T = +108.7$ days. Follow-up observations were obtained on Oct. 26 and 27 by S. Larson with the 1.5-m Catalina reflector.

1993	UT	α_{2000}	δ_{2000}	m_1	Observer
Oct. 24	24.29677	1 ^h 43 ^m 06 ^s .34	+13 [°] 35'43.3"		Scotti
	24.31248	1 43 05.54	+13 35 42.8	17.2	"
	24.42589	1 42 59.86	+13 35 37.2		"
	26.25626	1 41 32.66	+13 34 21.8		Larson
	26.31402	1 41 29.76	+13 34 19.2		"
	27.32148	1 40 41.71	+13 33 34.9	17.5	"
	27.32421	1 40 41.57	+13 33 34.9		"

J. V. Scotti (Kitt Peak). Nuclear mag $m_2 = 19.6$. Coma diameter 18". Tail 0.76 long in p.a. 234°.

S. M. Larson (Lunar and Planetary Laboratory). CCD images measured by C. Hergenrother, secondary references from the Oct. 24 CCD scans.

Computations by the undersigned confirm identity with P/Spitaler, perihelion dates for which are 1890 Oct. 27, 1897 Mar. 1, 1903 Dec. 18, 1910 Oct. 24, 1917 Aug. 30, 1924 July 8, 1931 May 21, 1938 Mar. 11, 1944 Dec. 18, 1951 Nov. 16, 1958 Nov. 18, 1965 Nov. 15, 1972 Nov. 6, 1979 Nov. 1, 1986 Dec. 26 and 1994 Jan. 28.

Epoch = 1994 Feb. 17.0 TT

T = 1994 Jan. 28.2251 TT	$\omega = 50.2047$	} 2000.0
e = 0.422305	$\Omega = 14.5105$	
q = 2.133171 AU	i = 5.7713	
a = 3.692555 AU	$n^\circ = 0.1389037$	

1993 TT	α_{2000}	δ_{2000}	Δ	r	ϵ	β	m_1
Oct. 20	1 ^h 46 ^m 53	+13 [°] 38.2'	1.269	2.264	176.2	1.7	17.1
30	1 38.60	+13 31.6	1.255	2.240	170.6	4.2	17.0
Nov. 9	1 31.48	+13 24.6	1.265	2.218	159.1	9.2	17.0
19	1 26.32	+13 22.7	1.298	2.199	147.9	13.8	17.0
29	1 23.96	+13 30.5	1.351	2.182	137.4	17.8	17.0

2. Fortsetzung Referat: Der Komet P/1998 U3 (Jäger) ...

J.V.Scotti konnte am 24.Oktober den Kometen mit einer Gesamthelligkeit von +17,2mag, Kernhelligkeit +19,6mag, Koma 18"Ø und Schweif von 0,78' im Positionswinkel 234° unweit M74 und η in den Fischen wiederfinden!

Das wiedergegebene Zirkular gibt auch die neuen Bahnelemente an, sie sind mit H10 = +13,0mag (Astronomisches Büro, Wien) zu ergänzen. Der kurzperiodische Komet hat also 4,4mag, d.h. rund 0,3mag pro Umlauf an Leuchtfähigkeit zufolge Auflösung verloren; ein durchaus gewöhnlicher Wert. Wir wollen den Beitrag mit Beobachtungen schließen, die wie die Entdeckung vor 103 Jahren aus Österreich kommen:

Ing.Erich Meyer, E.Obermair, Privatsternwarte Davidschlag OÖ (UT, 2000,0, m1 CCD):

1993 11 10,82378	Rekt = 1h30m21,50s	Dekl = +13°23'41,4"	m1 = +17,0mag
1993 11 13,83704	1h28m40,46s	+13°22'39,0"	+17,4mag
1993 11 14,00672	1h28m34,83s	+13°22'36,9"	+17,4mag

Es ist jeweils nur der erste Ort eines ganzen Satzes angegeben. MPT 29/150cm + CCD, 14°16'31"E / 48°26'33"N, 815m.

Der Komet P/1998 U3 (Jäger)

DIE ENTDECKUNG

1998 waren fast genau 108 Jahre vergangen, seit Dr.Spitaler am 16.November 1890 nahe dem offenen Sternhaufen M36 im Fuhrmann „seinen“ Kometen +11mag fand.

Ebenfalls in ähnlicher Zeit im Jahr, am 23.Oktober 1998, *ebenfalls im Fuhrmann* und *ebenfalls nahe einem offenen Sternhaufen* (NGC 2281, +5,4mag), nur 16° von der Entdeckungsstelle des Spitaler'schen Kometen entfernt, entdeckte *ebenfalls ein Österreicher* einen *ebenfalls ähnlich schwachen* Kometen mit – wie noch gezeigt werden wird – *ebenfalls ähnlich interessanter himmelsmechanischer Sachlage*.

Michael Jäger, seit mehr als zwei Jahrzehnten ein ausdauernder und erfolgreicher Kometenbeobachter, nahm an jenem 23.Oktober mit Schmidtkamera 25/45cm den Kometen 52P Harrington–Abell in Innermanzing NÖ (15°54,9'E / 48°08,1'N, 300m) auf. Er belichtete auf Technical Pan Film von 22h11 bis 22h27 und wiederholte die Aufnahme von 22h30 bis 22h42 UT. Zu seiner Überraschung fand sich auf beiden Aufnahmen unweit dieses Kometen am Ort Rekt = 6h43,3m, Dekl = +41°31' (2000,0) ein nebeliges Fleckchen +12,5mag. Es hatte sich zwischen den beiden Aufnahmen um 20" in östlicher Richtung bewegt – wahrscheinlich ein Komet, denn nähere Untersuchung zeigte eine Koma von 1' und einen Schweif von 10' im Positionswinkel 281°. Tags darauf, am 24.Oktober, gewann er in Stixendorf NÖ (15°27,2'E / 48°26,3'N) von 20h20 bis 20h30 eine weitere Aufnahme, die den Ort Rekt = 6h44,05', Dekl = +41°31' (2000,0), also etwa 7–8' Ortsveränderung nach Osten, ergab.

Nun ersuchte Jäger die Astrometriegruppe an der Privatsternwarte Davidschlag OÖ um Meßhilfe und Bestätigung. In richtiger Erkenntnis der Dringlichkeit fuhren noch am gleichen Abend Ing.Erich Meyer und Dipl.Ing.Herbert Raab zur Sternwarte nach Davidschlag und konnten dort 7 scharfe CCD-Positionen des fraglichen Objektes gewinnen. Die Daten gingen sofort an das Minor Planet Center nach Cambridge, Mass., USA. Dies waren weltweit die erste Bestätigung der Entdeckung und die ersten genauen Positionen dieses Kometen. Am nächsten Tag maßen sie weitere Örter.

Es war also ein mehrfacher österreichischer Erfolg: Die erste Kometenentdeckung in Österreich seit 113P = 1890 VII Spitaler, seit 108 Jahren; die weltweit erste Bestätigung der Entdeckung und die ersten scharfen Örter kamen auch aus Österreich. Es waren Erfolge aus außerberuflicher Tätigkeit; alle Beteiligten sind anderweitig berufstätig. Die Leistung ist somit besonders anzuerkennen.

Diese Kometenentdeckung war kein Zufall, sondern Folge jahrelanger, konsequenter und zweckmäßiger Arbeit, wie sie in vielen Jahrgängen des Sternboten und zusätzlich in der

3. Fortsetzung Referat: Der Komet P/1998 U3 (Jäger) ...

der Veröffentlichung der Jäger'schen Kometenbeobachtungen von 1982 bis 1995 des Österreichischen Astronomischen Vereins zum Ausdruck kommt. Jeder, der diesen Band schon besitzt oder über das Astronomische Büro erwirbt, kann sich mit Freude davon überzeugen. Hier das Zirkular No.7038 der Internationalen Astronomischen Union mit der Mitteilung der Entdeckung:

Circular No. 7038

**Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION**

Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)
BMARSDEN@CFA.HARVARD.EDU or DGREEN@CFA.HARVARD.EDU (science)
URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html>
Phone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)

COMET 1998 U3

E. Meyer (Linz, Austria) and J. Jahn (Bodenteich, Germany) report the discovery of a comet by Michael Jäger on 16- and 9-min Technical Pan film exposures. Observers generally report a 1'-2' coma with condensation and a tail several arcmin long in p.a. 275°-281°. The precise CCD positions below were reported following requests from the Bureau:

1998	UT	α_{2000}	δ_{2000}	m_1	Observer
Oct. 23.93		6 ^h 43 ^m 3 ^s	+41°31'	12.5	Jäger
24.85103		6 44 08.66	+41 32 51.0	14.1	Meyer
24.85591		6 44 08.98	+41 32 51.1	12	Pravec
24.89547		6 44 11.39	+41 32 53.1	13.0	Tichá
24.95534		6 44 14.95	+41 32 55.9	16	Mikuš
24.98812		6 44 16.86	+41 32 57.8	13.3	Kornos
25.18361		6 44 28.40	+41 33 04.6		Griffin
25.35451		6 44 38.14	+41 33 12.4		Kowalski
25.35865		6 44 38.54	+41 33 11.7	13.9	Bell
25.54384		6 44 49.63	+41 33 16.8	13.3	Asarni
25.55625		6 44 50.39	+41 33 17.0	12.9	Abe
25.58280		6 44 51.92	+41 33 17.9	12.8	Kojima
25.58866		6 44 52.26	+41 33 18.2		Aoki
25.68134		6 44 57.69	+41 33 23.5	13.1	Sugie
25.70081		6 44 58.73	+41 33 23.2	12.9	Ikari

- M. Jäger (east of Vienna). 0.25-m f/2.8 Schmidt camera.
- E. Meyer and H. Raab (Linz). 0.3-m reflector.
- P. Pravec (Ondřejov). 0.65-m reflector.
- J. Tichá and M. Tichý (Klet). 0.57-m reflector.
- H. Mikuš and S. Maticic (Crni Vrh). 0.36-m reflector + V filter.
- L. Kornos and P. Kolény (Modra). 0.6-m reflector.
- I. P. Griffin (Cocoa). 0.3-m reflector.
- R. Kowalski (Zephyrhills). 0.18-m reflector.
- G. Bell and G. Hug (Essexridge). 0.30-m reflector.
- A. Asarni (Hadano). Communicated by S. Nakano, Sumoto, Japan.
- H. Abe (Yatsuka). Communicated by Nakano.
- T. Kojima (Chiyoda). Communicated by Nakano.
- M. Aoki (Toyama). Communicated by Nakano.
- A. Sugie (Dinic Astronomical Observatory). Communicated by Nakano.
- Y. Ikari (Moriyama). Communicated by Nakano.

1998 October 25 © Copyright 1998 CBAT Daniel W. E. Green

DIE HIMMELSBAHN, DIE BEOBACHTUNGEN UND DIE RAUMBahn

Der Komet zog vom Entdeckungsort in der Westhälfte des Fuhrmanns bis in dessen Süden und seine Helligkeit stieg von +12,5mag auf +10,3mag am Anfang der zweiten Januarhälfte; danach durchwanderte er von Mitte Februar an die Zwillinge von deren Nordwesten bis Südosten. Anfang Mai wechselte er in den Südwesten des Krebses und seine Helligkeit war auf +12,0mag zurückgegangen. Am 16., 2,1° nordnordöstlich von β Cnc, sah ihn Jäger letztmals als Objekt +12,5mag.

Astrometrische Beobachtungen und Raumbahn

In den „Minor Planet Circulars“, No.32830 des Minor Planet Center in Cambridge, Mass., USA, stehen die ersten Ört; sie stammen von der Station 540 (Linz, d.h. Davidschlag, s.o.):

	P/1998 U3 (Jäger)					
P/1998 U3	1998 10	24.85103	06 44 08.66	+41 32 51.0	14.1 T	540
P/1998 U3	1998 10	24.85213	06 44 08.71	+41 32 51.0		540
P/1998 U3	1998 10	24.85314	06 44 08.77	+41 32 50.9		540
P/1998 U3	1998 10	24.85424	06 44 08.82	+41 32 51.0		540

4. Fortsetzung Referat: Der Komet P/1998 U3 (Jäger) ...

Die „MPC's“ enthalten 803 weltweit scharf gemessene Örter des Kometen zwischen 24. Oktober 1998 und 11. Mai 1999 (No. 32830–32831, 33157–33158, 33418–33419, 33622–33624, 33825–33826, 34094–34095, 34390, 34680). Die letzten, in MPC No. 34680, stammen von der Station 900 (Moriyama, 0,25–m f/6,3 reflector + CCD, Observer Y. Ikari):

P/1998 U3 (Jäger)						
...
P/1998 U3	1999 05 11.49382	08 09 47.75	+12 06 22.1	13.9 T	900	
P/1998 U3	1999 05 11.50305	08 09 48.71	+12 06 16.5		900	

Aus 721 ausgeglichenen Positionen leitete S. Nakano unter Berücksichtigung der Störungen folgende Bahn ab (MPC 34421, und Catalogue of Cometary Orbits 1999), Block links. Demgegenüber möchte ich zeigen, wie eine den Beobachter völlig zufriedenstellende elliptische Bahn aus wenigen scharfen Örtern – unter Verzicht auf Ausgleichsmöglichkeit vieler Beobachtungen und ohne Störungen – berechnet werden kann (Gekürzte Gauß-Methode; Programm K. Silber, Eisner-Sternwarte Gmunden OÖ), Block rechts. Allerdings wurden drei vorzügliche, über einen großen Bahnbogen verteilte Örter (UT, 2000,0) von Ing. E. Meyer und Dipl. Ing. H. Raab, Privatsternwarte Davidschlag OÖ, benützt. – $\Delta T = 63,33s, 63,42s, 63,50s$.

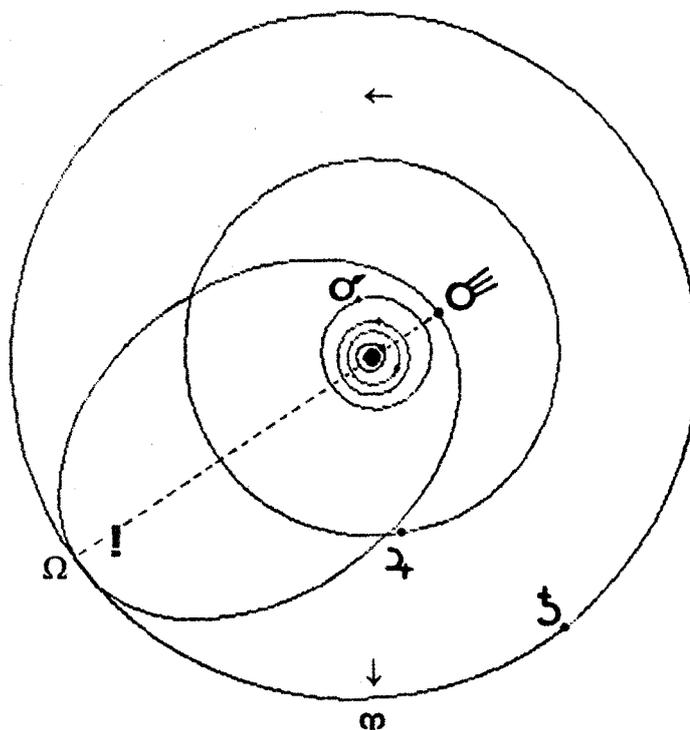
1998 10 24,85103	Rekt = 6h44m08,66s	Dekl = +41°32'51,0"	m1 = +14,1mag
1999 01 05,73522	6h34m12,00s	+36°57'35,3"	+11,7mag
1999 03 18,85330	6h45m59,89s	+21°09'23,6"	+12,4mag

Bahnelement	Nakano (721 Örter)	Silber (3 Örter)
Epoche	1999 03 03,0000 DT	1999,0 DT
Periheltermin T	1999 03 10,0703 DT	1999 03 10,1127 DT
Perihelargument ω	180,8950° (2000,0)	180,9136° (2000,0)
Knotenlänge Ω	303,5427° (2000,0)	303,5392° (2000,0)
Bahnneigung i	19,1413° (2000,0)	19,1453° (2000,0)
Periheldistanz q	2,133893 AE	2,134088 AE
Num. Exzentrizität e	0,648207	0,648551
Große Halbachse	6,065769 AE	6,072255 AE
Umlaufzeit P	14,94 Jahre	14,96 Jahre
Reduzierte Helligkeit H10	+6,8mag (m1, Astron. Büro)	+6,8mag (m1, Astron. Büro)

Bahn Komet P/1998 U3 (Jäger)

Sicht von Norden auf Erdbahnebene
Örter sind für 1999 03 10 dargestellt

Himmelsmechanisch interessante
Vergangenheit und Zukunft, denn
Saturnnähen 1991 sowie 2020!



Uraniastar 1.1

5. Fortsetzung Referat: Der Komet P/1998 U3 (Jäger) ...

Die Ephemeriden für 0hDT und Örtler 2000,0, welche von den beiden Elementensätzen abgeleitet wurden, weichen zwischen 14. Oktober 1998 und 1. Juni 1999 um nicht mehr als eine Einheit der letzten angegebenen Stelle (0,1m, 1', 0,001 AE, 1°, 0,1mag) von einander ab. Hier ein Überblick: Obere Zeile nach Elementen von Nakano, untere nach jenen von Silber:

1998/1999	Rekt h m	Dekl °	d AE	r AE	EI °	m1 mag
14. Okt.	6 32,0	+41 24	2,105	2,531	103	+12,4
	6 32,0	+41 24	2,106	2,531	103	+12,5
01. Nov.	6 50,6	+41 36	1,834	2,448	117	+12,0
	6 50,6	+41 36	1,835	2,449	117	+12,0
01. Dez.	6 59,5	+41 07	1,465	2,327	143	+11,3
	6 59,5	+41 07	1,465	2,327	143	+11,3
01. Jan.	6 38,5	+37 50	1,263	2,228	165	+10,8
	6 38,5	+37 50	1,264	2,229	165	+10,8
01. Feb.	6 18,8	+30 58	1,301	2,163	142	+10,7
	6 18,9	+30 58	1,301	2,163	142	+10,7
01. Mär.	6 28,0	+24 35	1,502	2,136	116	+11,0
	6 28,0	+24 35	1,503	2,136	116	+11,0
01. Apr.	7 03,5	+18 52	1,825	2,144	094	+11,4
	7 03,5	+18 52	1,826	2,144	094	+11,4
01. Mai	7 51,5	+13 53	2,182	2,190	077	+11,9
	7 51,5	+13 53	2,182	2,190	077	+11,9
01. Jun.	8 46,5	+08 28	2,564	2,272	062	+12,4
	8 46,5	+08 28	2,564	2,272	062	+12,4
14. Jun.	9 09,9	+06 03	2,724	2,316	056	+12,6
	9 09,9	+06 03	2,724	2,316	056	+12,6

Zu parabolischer Bahnbestimmung nach Encke mit Beispiel: Seminarpapiere 1996, K. Silber.

Astrophysikalische Beobachtungen

Weltweit beobachtete visuelle Gesamthelligkeiten, Komadurchmesser und Schweifdaten in IAU-Zirkular-Ausschnitten:

Circular No. 7040

Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION
Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)
BMARSDEN@CFA.HARVARD.EDU or DGREEN@CFA.HARVARD.EDU (science)
URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html>
Phone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)

COMET C/1998 U3 (JÄGER)

Total visual magnitude and coma-diameter estimates: Oct. 26.01 UT, 12.2, 1'7 (K. Hornoch, Lelekovice, Czech Republic, 0.13-m reflector); 26.42, 12.3, 2' (A. Hale, Cloudcroft, NM, 0.41-m reflector); 26.97, 12.3, 1'5 (R. J. Bouma, Groningen, The Netherlands, 0.25-m reflector); 27.17, 12.3, 1'0 (A. Pereira, Cabo da Roca, Portugal, 0.25-m reflector).

1998 October 27 © Copyright 1998 CBAT Daniel W. E. Green

Circular No. 7051

Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION
Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)
BMARSDEN@CFA.HARVARD.EDU or DGREEN@CFA.HARVARD.EDU (science)
URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html>
Phone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)

COMET P/1998 U3 (JÄGER)

Visual m, estimates by K. Hornoch, Lelekovice, Czech Republic (0.35-m reflector): Oct. 30.84 UT, 12.0; Nov. 11.80, 11.2; 12.82, 11.3.

1998 November 14 © Copyright 1998 CBAT Daniel W. E. Green

6. Fortsetzung Referat: Der Komet P/1998 U3 (Jäger)...

Circular No. 7062

**Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION**

Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)
BMARSDEN@CFA.HARVARD.EDU or DGREEN@CFA.HARVARD.EDU (science)
URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html>
Phone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)

COMET P/1998 U3 (JÄGER)

Total visual magnitude estimates: Nov. 15.55 UT, 11.6 (S. Yoshida, Ibaraki, Japan, 0.25-m reflector); 19.88, 11.0 (K. Hornoch, Lelekovice, Czech Republic, 0.13-m reflector); 21.16, 11.3 (G. Comello, Roden, The Netherlands, 0.31-m reflector); 23.44, 11.6 (N. Biver, Oahu, HI, 0.26-m reflector); 25.22, 11.2 (J. Bortle, Stormville, NY, 0.41-m reflector); 27.25, 11.3 (A. Pereira, Cabo da Roca, Portugal, 0.25-m reflector).

1998 November 27 © Copyright 1998 CBAT Daniel W. E. Green

Circular No. 7104

**Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION**

Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)
BMARSDEN@CFA.HARVARD.EDU or DGREEN@CFA.HARVARD.EDU (science)
URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html> ISSN 0081-0304
Phone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)

COMET P/1998 U3 (JÄGER)

Total visual magnitude estimates: Jan. 5.75 UT, 10.8 (W. Hasubick, Buchloe, Germany, 0.44-m reflector); 11.02, 10.5 (J. Bortle, Stormville, NY, 0.41-m reflector); 18.91, 10.2 (K. Hornoch, Lelekovice, Czech Republic, 0.35-m reflector); 27.57, 10.9 (N. Biver, Oahu, HI, 0.26-m reflector).

1999 February 3 © Copyright 1999 CBAT Daniel W. E. Green

Circular No. 7145

**Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION**

Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)
BMARSDEN@CFA.HARVARD.EDU or DGREEN@CFA.HARVARD.EDU (science)
URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html> ISSN 0081-0304
Phone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)

COMET P/1998 U3 (JÄGER)

Visual m_1 estimates: Mar. 4.75 UT, 10.4 (M. Lehký, Hradec Králové, Czech Rep., 25x100 binoculars); 17.79, 11.1 (W. Hasubick, Buchloe, Germany, 0.44-m reflector); Apr. 6.05, 11.1 (J. Bortle, Stormville, NY, 0.41-m reflector); 15.88, 11.6 (A. Baransky, Kiev, Ukraine, 0.20-m reflector).

1999 April 17 © Copyright 1999 CBAT Daniel W. E. Green

Michael Jäger

981025*	23h01–23h13	+12,3	Koma 1', Schweif 6', Schmidtamera 25/45cm, Weissenkirchen NÖ
981113*	00 00–00 10	+12,0	Koma 1', Schweif 6', Schmidtamera 25/45cm, Innermanzing NÖ
981129*	01 03–01 14	+11,3	Schmidtamera 25/45cm, Weissenkirchen NÖ
981226*	01 16–02 26	+10,5	Refraktor 18/105cm, Weissenkirchen NÖ
980106*	18 46–18 57	+10,5	Schmidtamera 25/45cm, Weissenkirchen NÖ
990115*	23 08–23 18	+10,7	Schmidtamera 25/45cm, Stössing NÖ
990117	21 20	+10,3	Koma 2' nicht sternartig, Schweif 6' angedeutet. Dobson 46cm Ø, 120x und
	21 24–21 34	+10,3	Koma 4', Schweif 15' PW 284°, Schmidtkam. 25/45cm, Ebenwaldhöhe NÖ
990208*	19 56–20 06	+10,7	Koma 2,8', Schweif 8' PW 290°, Schmidtamera 25/45cm, Forchtenstein BL
990215*	22 39–22 50	+10,6	Koma 2,5', Schweif aufgefächert, 3' PW 5° bis 8' PW 288°, Stichelberg NÖ
990516	20 30	+12,5	Schwache Koma 2' mit winziger, fast sternartiger Verdichtung, Schweif 4' PW 315°. Ca. 2 Monate nach Perihel Komet noch aktiv! Schmidtamera 20/30cm, Kulma Riegel NÖ

Uhrzeiten h,m: UT. Filmmaterial der Aufnahmen war Kodak Technical Pan, hypersensibilisiert. Die mit * bezeichneten Aufnahmen sind im Planetarium der Stadt Wien öffentlich ausgestellt.

Hermann Koberger

981115	01h25–01h45	+12,6	Bei indirektem Sehen schwächstes Nebelfleckchen, Newton 27/116cm, 47x, freisichtige Grenzgröße +5,9mag. Helligkeit aus Aufnahme, UT. Privatsternwarte Vilafior, Tenerife.
--------	-------------	-------	---

7. Fortsetzung Referat: Der Komet P/1998 U3 (Jäger)

Gerald Rhemann

981112*	20 10-20 22	+12,0	Koma 1,5', Schweif 10' PW 280°, Schmidtk. 23/44cm, Ebenwaldhöhe NÖ
981129*	00 45-00 56	+11,5	Koma 2', Schweif 10' PW 280°, Schmidtkam. 23/44cm, Ebenwaldhöhe NÖ
981209*	21 00-21 11	+11,2	Koma 4', Schweif 20' PW 270°, Schmidtkam. 23/44cm, Weißenkirchen NÖ
990115*	23 30-23 40	+10,8	Koma 4', Schweif 20' PW 280°, Schmidtkamera 23/44cm, Stössing NÖ
990117*	20 10-20 22	+10,8	Koma 9', Schweif 30' PW 280°, Schmidtkamera 23/44cm, Stössing NÖ
990121*	00 05-00 10	+10,7	Koma 4', Schweif 20' PW 280°, Komet weißgrün (Staub!), Schmidtkamera 23/44cm, Kodak Pro Gold 400/120, Ebenwaldhöhe NÖ
990208*	20 32-20 43	+10,5	Koma 4', Schweif 15', PW 280°, Schmidtkamera 23/44cm Forchtenstein BL
990312*	20 22-20 33	+11,7	Koma 0,75', Schweif 3' PW 305°, Schmidtkam. 23/44cm, Ebenwaldhöhe NÖ
990318	19 07-19 18	+11,7	Koma 0,7', Schweif 2' PW 305°, Schmidtkam. 23/44cm, Ebenwaldhöhe NÖ

Uhrzeiten h,m: UT. Filmmaterial war, wenn nicht anders vermerkt, Kodak Technical Pan 6415 hypersensibilisiert. Mit * bezeichnete Aufnahmen sind im Wiener Planetarium öffentlich ausgestellt.

Wolfgang Vollmann

981225	22h45 UT	+11,0	Koma 1,0', deutlich zentral verdichtet, aber bei 70x kein sternförmiger Kern Refraktor 13/104cm, Payerbach NÖ
990107	20 20 UT	+10,2	Koma 2,0' deutlich zentral verdichtet, nahezu sternförmiger Kern +12,5mag, Refraktor 13/104cm, Payerbach NÖ
990116	21 10 UT	+10,5	Koma 1,8', deutlich zentral verdichtet, nur wenige Bogensekunden groß. Refraktor 13/104cm, Payerbach NÖ

ANERKENNUNGEN

Der Österreichische Astronomische Verein hat die langjährige Leistung Michael Jägers 1995 auch durch Veröffentlichung seiner Beobachtungen 1982-1995 gewürdigt (Astronom.Büro, ATS 80.-). Die IAU, Central Bureau for Astronomical Telegrams, Smithsonian Astrophysical Observatory, hat ihm 1999 mit 10 Kollegen den Edgar Wilson Preis zuerkannt: Preisträgerphoto im Wiener Planetarium ausgestellt. Von der deutschen „Vereinigung der Sternfreunde“ erhielt er 1999 die erste VdS-Medaille, siehe „SuW“, 1/2000, p.82, 83.- Nach diesem Referat zeigte er Aufnahmen „seines“ Kometen – dazu auch Ausstellung im Planetarium.

Circular No. 7223

Central Bureau for Astronomical Telegrams
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION
Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)
BMARSDEN@CFA.HARVARD.EDU or DGREEN@CFA.HARVARD.EDU (science)
URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html> ISSN 0081-0304
Phone 617-495-7244/7440/7444 (for emergency use only)

THE EDGAR WILSON AWARD

With reference to *IAUC* 6936, the Smithsonian Astrophysical Observatory wishes to announce that the 1999 Edgar Wilson Award for the discovery of comets by amateur astronomers is being divided among the following six individuals or groups: Peter Williams, Heathcote, N.S.W., Australia, for C/1998 P1; Roy A. Tucker, Tucson, AZ, U.S.A., for P/1998 QP₅₄; Michael Jäger, Weissenkirchen i.d. Wachau, Austria, for P/1998 U3; Justin Tilbrook, Clare, S.A., Australia, for C/1999 A1; Korado Korlević and Mario Jurić, Viñjan, Croatia, for P/1999 DN₃; and Steven Lee, Coonabarabran, N.S.W., Australia, for C/1999 H1.

1999 July 14

© Copyright 1999 CBAT Daniel W. E. Green

Die drei Beobachter der Sternwarte Davidschlag hat die IAU durch Kleinplanetenbenennungen ausgezeichnet; 1996 verlieh ihnen ihnen der Herr Bundespräsident Silberne Verdienstzeichen und Goldene Medaille für Verdienste um die Republik Österreich, siehe Sternbote 12/1996, p.252.

LITERATUR

Mucke, H.: Ein „österreichischer“ Komet nach über hundert Jahren wiederentdeckt. Sternbote 36, 238 ff. (12/1993)

Mucke, H.: Nach 108 Jahren wieder ein Komet in Österreich entdeckt! Sternbote 41, 224 ff. (11/1998)

IAU Circulars, No. siehe Text

Minor planet Circulars, No. siehe Text

Silber, K.: Bestimmung einer parabolischen (und elliptischen) Kometenbahn. PC-Programme. Seminarpapiere 1996

Beobachtungen P/1998 U3. In Sternbote 41: 248 (12/1998), 42: 16; 32,33; 50,51; 91; 114 (1/; 2/; 3/; 5/; 6/1999)

Jäger, M.: Kometenbeobachtungen 1982-1995. Österreichischer Astronomischer Verein, Wien 1995.

Prof. Hermann Mucke, Hasenwartg.32, 1238 Wien

Referat: Zur Rotation von Kometenkernen – Beobachtungen am Kometen C/1995 O1 (Hale–Bopp)

Anhand von Zitaten werden Phänomene erläutert, welche auf die Rotation von Kometenkernen zurückzuführen sind und dazu eine kleine Auswahl zahlreicher CCD-Aufnahmen des Kometen C/1995 O1 Hale–Bopp vorgestellt, die am RC–Teleskop 100/880cm der Purgathofer–Sternwarte bei Klosterneuburg in Niederösterreich im April 1997 gewonnen wurden.

Donald K. Yeomans

COMETS, p.248–251. Wiley Science Editions, Chichester UK, 1991

Wenn also die Kometenkerne diskrete Körper sind, gibt es keinen Grund, warum sie nicht wie Sonne, Mond und Planeten um eine Achse rotieren sollten.

1836 schlug F.W.Bessel vor, daß der Kern des Kometen Halley (1P; Red.) in 4,6 Tagen um eine normal zur Bahnebene stehende Achse vor- und zurückschwingen sollte. Bessel dachte, daß diese Schwingung – vielleicht zufolge einer Wechselwirkung Sonne–Komet – die Bewegung einer strahlartigen Erscheinung erklären könnte, die er nahe beim Kometenkern Ende 1835 beobachtete [1].

Der amerikanische Astronom B.Peirce wies darauf hin, daß die am Kometen 1858 VI Donati (C/1858 L1; Red.) beobachteten Hüllen durch die Rotation des Kometen um eine sonnenwärts gerichtete Achse erklärt werden könnten, wobei jede Hülle von einem anderen Oberflächenpunkt ausgehe [2]. G.Bond leitete aus seinen wunderbar gezeichneten Bildern des Donati'schen Kometen eine Periode zwischen aufeinander folgenden Hüllen ab, die unregelmäßig zwischen 4d 16h und 7d8h schwankte. Mit seiner Arbeit von 1862 [3] gewann Bond die Goldmedaille der Londoner Royal Astronomical Society, die erste, die an einen Amerikaner verliehen wurde.

1930 kam B.A.Vorontsov–Vel'animov zu dem Schluß, daß die Bewegungen und Formen des Schweifes des Kometen 1893 IV Brooks (C/1983 U1; Red.) durch einen Strahl erklärt werden könnten, der ständig von einem sich in 3,793d drehenden Kern ausginge [4].

S.M.Larson und R.B.Mitton gewannen einige sehr eindrucksvolle Aufnahmen der inneren Koma des Kometen 1970 II Bennett (C/1969 Y1; Red.). Sie zeigten eine Spiralstruktur, die klar darauf hinwies, daß der Kometenkern in direktem Sinn rotierte. Aus der Krümmung der spiraligen Strukturen und der Annahme einer am 28.März 1970 nach außen gerichteten Expansionsgeschwindigkeit von 0,6 km/s leiteten sie eine Drehdauer zwischen 1,4d und 1,5d ab [5].

Beginnend mit der Arbeit von Z.Sekanina 1979 [6] wurde klar, daß aktive, lokal begrenzte Quellen an der Kernoberfläche für die fächerigen und spiraligen Strukturen in der inneren Koma einiger Kometen verantwortlich sind. Diese Strukturen konnten durch die Annahme bestimmter Drehachsen–Richtungen und aktiver Gebiete erklärt werden. Tatsächlich leitete Sekanina aus beobachteten Strukturen der inneren Koma sowie Zahl und Ort der aktiven Quellen an der Oberfläche die Drehverhältnisse ab.

1982 beschrieb F.Whipple [7] eine interessante Technik zur Bestimmung von Rotationsperioden von Kometen. In Weiterführung einer Arbeit von J.Schmidt 1863 [8] nahm Whipple an, daß die Hüllen oder Halos von einem Kometenkern immer dann ausgehen, wenn eine aktive Quelle auf dem Kern zur Sonne weist. Durch Messung der Winkelabstände d zwischen aufeinanderfolgenden Hüllen kann der lineare Abstand dieser Hüllen ermittelt werden, weil die Entfernung Erde–Komet zur Zeit der Beobachtung bekannt ist. Unter Benutzung einer aus Daten von N.Bobrovnikoff [9] abgeleiteten Beziehung besteht zwischen der Ausdehnungsgeschwindigkeit v der Hüllen und der Entfernung des Kometen von der Sonne r die folgende

1. Fortsetzung Referat: Zur Rotation von Kometenkernen ...

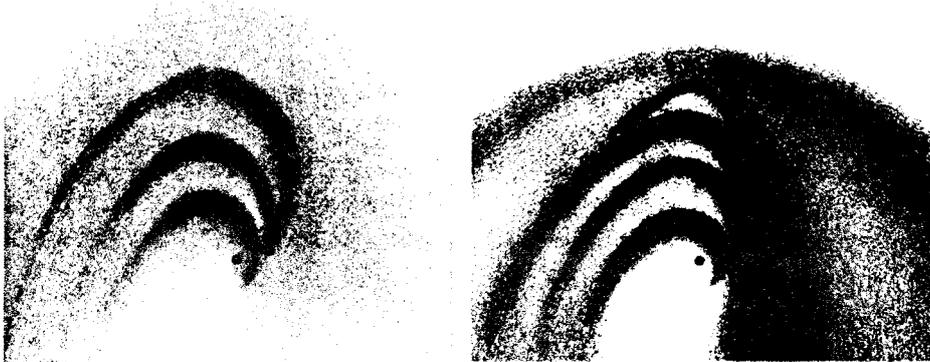
Beziehung:

$$v \text{ [in km/s]} = 0,535 r^{-0,6} \text{ [r in AE]}$$

Aus dem Abstand d und der Geschwindigkeit v leitete Whipple das Zeitintervall dt zwischen den Bildungen der Hüllen ab:

$$dt = d/v$$

Das sogenannte „Nulldatum“ der Hüllenbildung ist dann die Beobachtungszeitpunkt minus Intervall dt . Zwischen jedem Nulldatum sollte dann eine ganze Zahl von Rotationsperioden des Kometen liegen. Diese ganze Zahl und damit die Drehdauer ergaben sich aus bester Anpassung an die Daten.



(Obige 2 Zeichnungen seien eingefügt, um die Bildung einer neuen Hülle des Kometen 1861 II Tebbutt (C/1861 J1) zu zeigen. J.F.J.Schmidt, Athen, 30.Juni 1861, 14h59 (links) und 15h59 Athener Zeit. Zwischen den Ansichten liegen nur 33 Zeitminuten! Nach [10]; Red.)

Whipple fand so für 47 Kometen Rotationsperioden zwischen 4,1h für den Kometen 1955 V Honda (C/1955 O1; Red.) bis 120h für den periodischen Kometen Schwassmann–Wachmann (29P; Red.). Für die Kometen 1970 II Bennett (C/1969 Y1; Red.), 1858 VI Donati (1858 L1; Red.) und die periodischen Kometen Halley, d'Arrest und Encke (1P, 6P, 2P; Red.) ergaben sich jeweils 28,0, 4,62, 10,3, 5,2 und 6,5h. Die für den Kometen Halley und mindestens einige weitere sind offensichtlich fehlerhaft. Diese Technik ist nicht die endgültige, weil sie nur eine Quelle zur Bildung von Hüllen voraussetzt.

Unter Verwendung von Helligkeitsbeobachtungen am periodischen Kometen d'Arrest (6P; Red.) anfangs August 1976 leiteten T.D.Fay und W.Wisniewski [11] eine Geschichte des periodischen Lichtwechsels – eine Lichtkurve – ab. Dieser Komet wies eine Amplitude von nur 0,15mag in den visuellen Wellenlängen auf. Unter der Annahme, daß dies die Folge von verschiedenen Querschnitten sei, die der Komet zufolge seiner Drehung dem Beobachter darbot, fanden sie eine Drehdauer von 5,17h. Eine Schwierigkeit dieser Untersuchung liegt in der Annahme, daß die beobachtete Helligkeitsänderung nur auf das vom rotierenden Kern reflektierte Licht zurückzuführen wäre und die Ausgasung des Kerns nur einen kleinen oder keinen Beitrag liefere. Für einen verhältnismäßig inaktiven Kometen und bei einer großen Datenmenge aus einem längeren Zeitintervall sollten diese Annahmen zutreffen. Beispielsweise scheint die Rotationsperiode des periodischen Kometen Tempel 2 (10P; Red.) mit 9h verlässlich bestimmt zu sein, denn die Photometrie dieses Kometen zwischen 9. und 15.April 1988 von D.Jewitt und J.Luu [12] ergab 8,95h und jene zwischen 20. und 22.Mai von Wisniewski [13] führte auf 8,97h. Die von Luu und Jewitt beobachteten Helligkeitsschwankungen am Kometen Encke (2P; Red.) wurden 1988 beobachtet, als dieser nahe seinem Aphel und deshalb unaktiv war. Aus diesen Variationen im Ausmaß von 0,6mag leiteten sie eine Drehdauer von 15,1h ab [14].

Gleichzeitige Messungen von Kometenkernhelligkeiten im **Infrarot und Visuellen** wurden herangezogen, um das Drehverhalten einiger weniger inaktiver Kometen zu studieren. Diese Technik, die wohl die verlässlichste für erdgebundene Beobachter ist, ergab für den Kometen P/Neujmin (28P; Red.) 13,47h, für P/Arend–Rigaux (49P; Red.) und für P/Tempel 2 (10P;

2. Fortsetzung Referat: Zur Rotation von Kometenkernen ...

Red.). Nur für den Letzteren paßt dies zu der Schätzung, die aus der Helligkeitsvariation im visuellen Bereich stammt.

Diedrich Möhlmann, Konrad Sauer, Richard Wäsch KOMETEN, p.32–34. 2., erw. Auflage, Akademie-Verlag, Berlin 1990

Beobachtungen der Bewegungen von Jets und der damit verknüpften Spiralen in der Koma und der wiederholt auftretenden expandierenden Halos sind ebenfalls als direkte Hinweise auf die Rotation von Kometenkernen mit lokal stark ausgasenden Gebieten zu verstehen. Aus diesen Halo-Bewegungen sowie aus photometrischen Messungen konnten für ca. 50 Kometen Rotationsperioden abgeschätzt werden. In einigen Fällen gelang sogar die Bestimmung der Lage der Rotationsachse. Für die untersuchten Kometen ergab sich eine mittlere Rotationsdauer von ungefähr 15h. Die Orientierung der berechneten Rotationsachsen wies keine Vorzugsrichtung auf (Whipple, 1982; [7]). Die kürzeste bestimmte Periode liegt beim Donatischen Kometen bei 4,14h und führt damit für sich von der Oberfläche abtrennende Teile nahe an die „erste kosmische Geschwindigkeit“ heran, von der an diese Teile nicht mehr auf die Oberfläche zurückfallen. Diese kritische Periode T_{krit} liegt bei:

$$T_{krit} = (3\pi / \gamma\rho)^{1/2}$$

wobei ρ die mittlere Massendichte in g/cm^3 und $\gamma = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ die Gravitationskonstante ist. Der so mit obiger Formel berechnete kritische Wert beträgt ca. 3,3h.

Im Hinblick auf das Rotationsverhalten von Asteroiden liegt bei den Kometen möglicherweise eine andere Ursache für die Rotation vor. Die infolge der Zusammenstöße der von ursprünglich wenigen „Asteroiden-Mutterkörpern“ entstandenen Trümmer (die heutigen Asteroiden) haben eine mittlere Rotationsdauer von 5,22h für Körper mit Radien um oder kleiner als 1 km (Degewij, 1977 [15]). Die längere Rotationsperiode der Kometen und die unterschiedliche Art und Weise der Streuung um diesen Mittelwert deutet darauf hin, daß Kometen nicht analog den Asteroiden als Relikte eines Zusammenstoßes größerer Körper, sondern in einem direkten Akkretionsprozeß entstanden sind. Genauere Schlußfolgerungen können hier jedoch noch nicht gezogen werden, da sowohl für Kometen als auch für kleine Asteroiden die jetzigen Kenntnisse eine saubere Statistik noch nicht zulassen.

Mit den direkten Beobachtungen am Kometen Halley wurde das Rotationsverhalten von Kometen noch genauer untersuchbar. Bevor auf die entsprechenden Ergebnisse eingegangen wird, die analog auch auf andere Kometenkerne übertragbar sind, sollen kurz einige Aussagen der Physik zum Rotationsverhalten frei bewegter ausgedehnter Körper vorgestellt werden. So kann gezeigt werden, daß einem beliebig geformten Körper zur Beschreibung seiner Rotationsbewegungen ein sog. „Trägheitsellipsoid“ zugeordnet werden kann, das im allgemeinen drei unterschiedliche Achsen hat. Falls der betrachtete Körper in seiner Form tatsächlich ein Ellipsoid darstellt, so fallen beide Ellipsoide (bis auf einen Faktor) zusammen. Wenn nun der Drehimpulsvektor (der Drehbewegung des Körpers) in Richtung einer der drei Achsen des Trägheitsellipsoides zeigt, dann tritt nur eine Rotationsbewegung um eben diese Achse auf (nur bei einer Kugel ist also stets nur eine Rotation um die jeweilige Achse möglich). In allen anderen Fällen tritt eine Rotation und eine Präzession dieser Achse um den ja konstanten Drehimpulsvektor auf. Dabei ist es interessant, daß stabile Rotationsbewegungen nur um die längste und um die kürzeste Achse des Trägheitsellipsoides möglich sind. Eine Rotation um die „mittlere“ Achse wird sofort instabil. Charakteristische Maße für die Rotationsbewegungen eines beliebig geformten Körpers sind mithin die Lage der Rotationsachse (z.B. mit ihrem Neigungswinkel zum Drehimpulsvektor beschreibbar), die Rotationsperiode und die Präzessionsperiode.

Da der Kern des Kometen Halley ungefähr mit den Maßen 16km x 8km x 7,5km (als Längen für die drei Achsen) beschrieben werden kann, folgt, daß er als irregulär geformter Körper im allgemeinen Falle ebenfalls eine Rotation und eine Präzession ausführen sollte. In der Tat

3. Fortsetzung Referat: Zur Rotation von Kometenkernen ...

ergaben sich aus den drei „Schnappschüssen“ mit den Kameras von VEGA 1 und VEGA 2 und von GIOTTO sowie aus der Periodenanalyse bodengebundener Beobachtungen eine Rotation um die lange Achse mit 4,9 Tagen Periode und eine Präzessionsperiode von 2,2 Tagen. Der Winkel zwischen langer Achse und (konstantem) Drehimpulsvektor liegt bei 73°. Diskutiert wird weiterhin anstelle der 4,9 Tage noch eine Periode von 7,4 Tagen. Ein endgültiges Modell liegt noch nicht vor.

(Dazu Videofilm zur Rotation des Kometen 1P Halley aus Daten der VEGA-Sonden; Central Research Institute for Physics KFKI-RMKI, Dr.M.Tatrallyay, Budapest. Red.)

Beobachtungen des Kometen C/1995 O1 Hale-Bopp mit dem RC-Teleskop 100/880cm der Purgathofer-Sternwarte

Die beiden obigen Fachzitate tragen zum Verständnis der hervorragenden Aufnahmen dieses Kometen bei, siehe Beilage. 1 und 2: Innere Koma mit großformatiger CCD-Kamera (1024x1024 Pixel, auch blauempfindlich, \approx Kleinbildformat) des Instituts f. theoretische Geodäsie und Geophysik, TU Wien sowie 3 und 4: Kernregion mit CCD-Kamera (KAF400-Chip), Komposit aus 3x verschieden kontrastverstärktem Bild. - UT. Drehdauer Komet: 11,4h.

1 1997 04 08, 19,5h: Innere Koma im kontinuierlichem Licht. Schraubenstrukturen in Kernnähe verlaufen nach außen und zerstreuen sich in Richtung des Schweifes nach oben links. Aufnahme: Dr.Martin Ploner, Ing.Rudolf Pressberger und Andreas Kreutzer.

2 1997 04 08; 19,7h: Innere Koma wie oben, aber mit Blaufilter, um Koma-Gasverteilung zu zeigen; vgl. mit 1! Aufnahme: Dr.Martin Ploner, Ing.Rudolf Pressberger, Andreas Kreutzer.

3 1997 04 07; 19,6h: Kernbereich. 2 schraubenförmige Strukturen laufen konisch auseinander, möglicherweise von zwei Quellen aus, die verschieden schnell in festem Winkel zur Drehachse emittieren. Aufn.: Andreas Kreutzer, Ing.Rudolf Pressberger, DI.Hans R.Schäfer.

4 1997 04 23; 20,0h: Kernbereich mit vermutlich mehr als 2 Jets, was zu komplizierterer Spiralstruktur führt. Aufnahme: Andreas Kreutzer, Ing.Rudolf Pressberger, DI.Hans R.Schäfer.

Diese und weitere Aufnahmen, auch von Gebäude und RC-Teleskop 100/880cm der Purgathofer-Sternwarte, sind im Planetarium der Stadt Wien öffentlich ausgestellt.

LITERATUR:

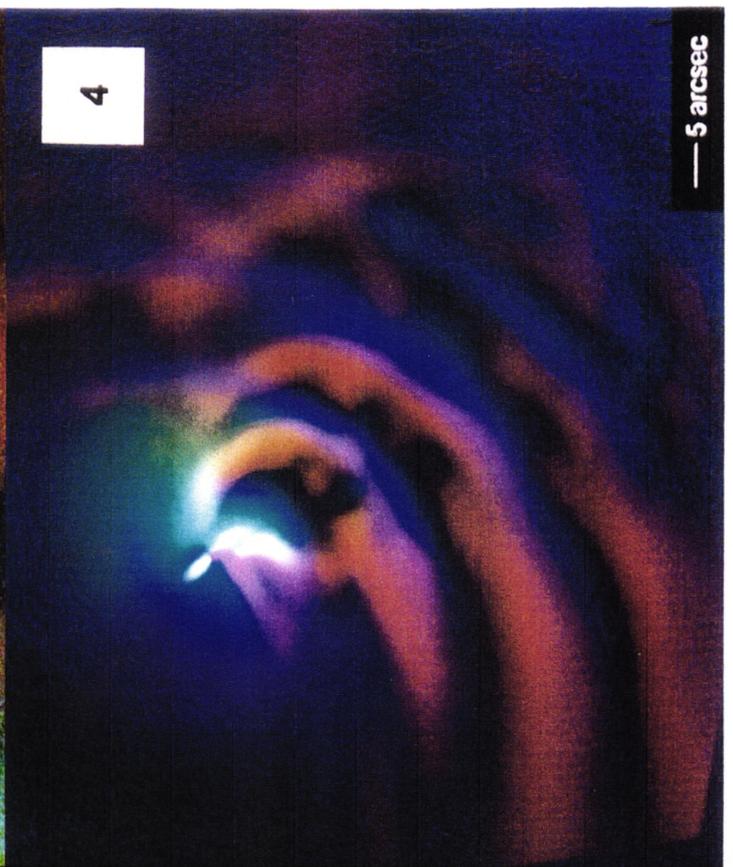
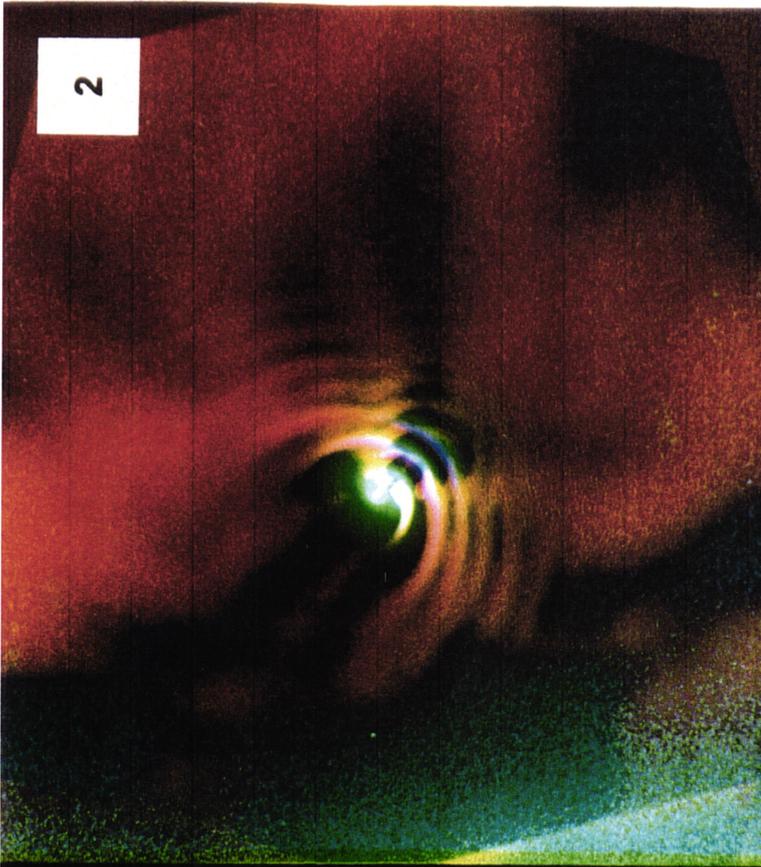
- [1] Bessel, F.W.: Bemerkungen über mögliche Unzulänglichkeit der die Anziehungen allein berücksichtigenden Theorie der Kometen; ferner Brief Bessels an den Herausgeber. *Astronomische Nachrichten* 13:345–350 und ferner 13:3–6, 1836.
- [2] Peirce, B.: *American Academy of Arts and Sciences. Proceedings* 4:202–206, 1859.
- [3] Bond, G.P.: Account of the great comet of 1858. *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*, 3:372. 1862.
- [4] Vorontsov-Velyaminov, B.: Imaginary contradiction of the phenomena observed in the comet 1893 IV (Brooks) with the mechanical theory of comets. *Astronomical Journal of the U.S.S.R.* 7:90–99, 1930.
- [5] Larson, S.M., Minton, R.B.: Photographic observations of comet Bennett, 1970 II. In: *Comets, Scientific Data & Missions. University of Arizona*, p.183–208, Tucson 1972.
- [6] Sekanina, Z.: Fan-shaped coma, orientation of rotation axis & structure of a cometary nucleus. *Icarus* 37:420–442, 1979.
- [7] Whipple, F.L.: Rotation of comet nuclei. In: *Comets, University of Arizona Press*, pp.227–250, 1982.
- [8] Schmidt, J.F.J.: Über Donati's Cometen. *Astronomische Nachrichten* 59:97–108, 1863.
- [9] Bobrovnikoff, N.T.: Halley's Comet in its apparition of 1909–1911. *Publ.Lick Observatory* 17 (part II):309–482, 1931.
- [10] Rahe, J., Donn.: The Visual Observation of Comets. *Sky and Telescope*, April 1971, 214–216.
- [11] Fay, T.D., Wisniewski, W.: The light curve of the nucleus of comet d'Arrest. *Icarus* 34:1–9, 1978.
- [12] Jewitt, D., Luu, J.: Periodic comet Tempel 2 (1987g). In: *International Astronomical Union Circular* 4562, April 19, 1988.
- [13] Wisniewski, W.: Periodic comet Tempel 2 (1987g). In: *International Astronomical Union Circular* 4603, May 25, 1988.
- [14] Luu, J., Jewitt, D.: The nucleus of comet P/Encke. *Icarus* 86:69–81, 1990.
- [15] Degewij, J.: *Proceedings of the 8th Lunar Science Conference* 8, 145, 1977..

Purgathofer-Sternwarte, 16°17'13"E, 48°17'46"N, 386m. Samt Teleskop fertiggestellt bis 1988 von Ing.Rudolf Pressberger, Haschhof 4, A-3400 Klosterneuburg NÖ.

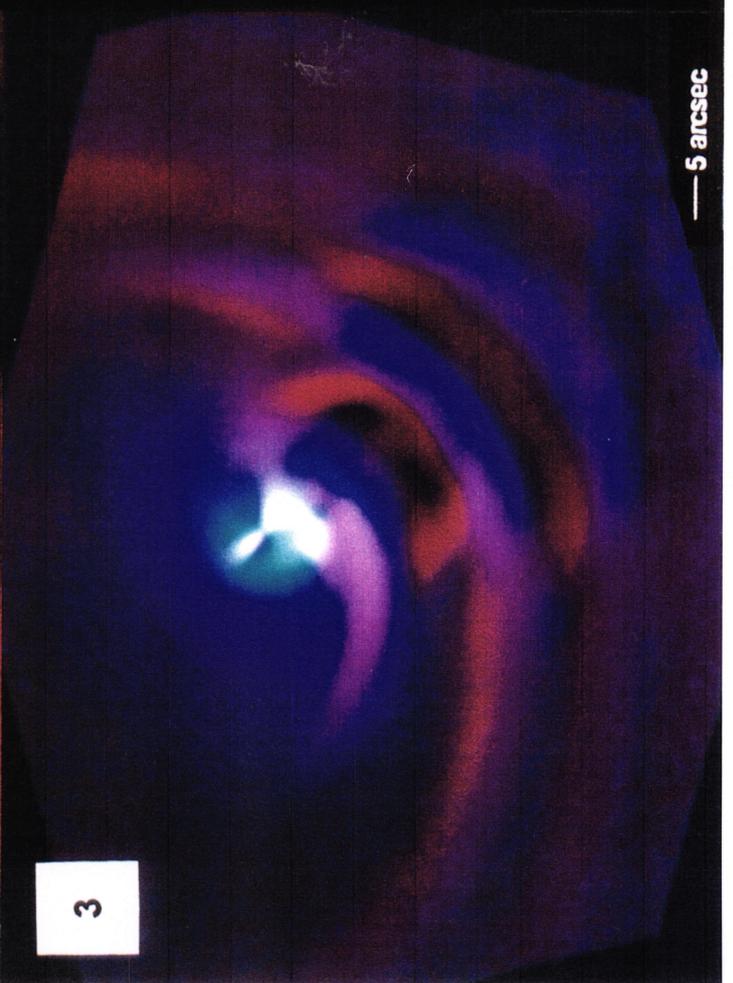
Zusammengestellt von Prof.H.Mucke, Hasenwartgasse 32, A-1238 Wien

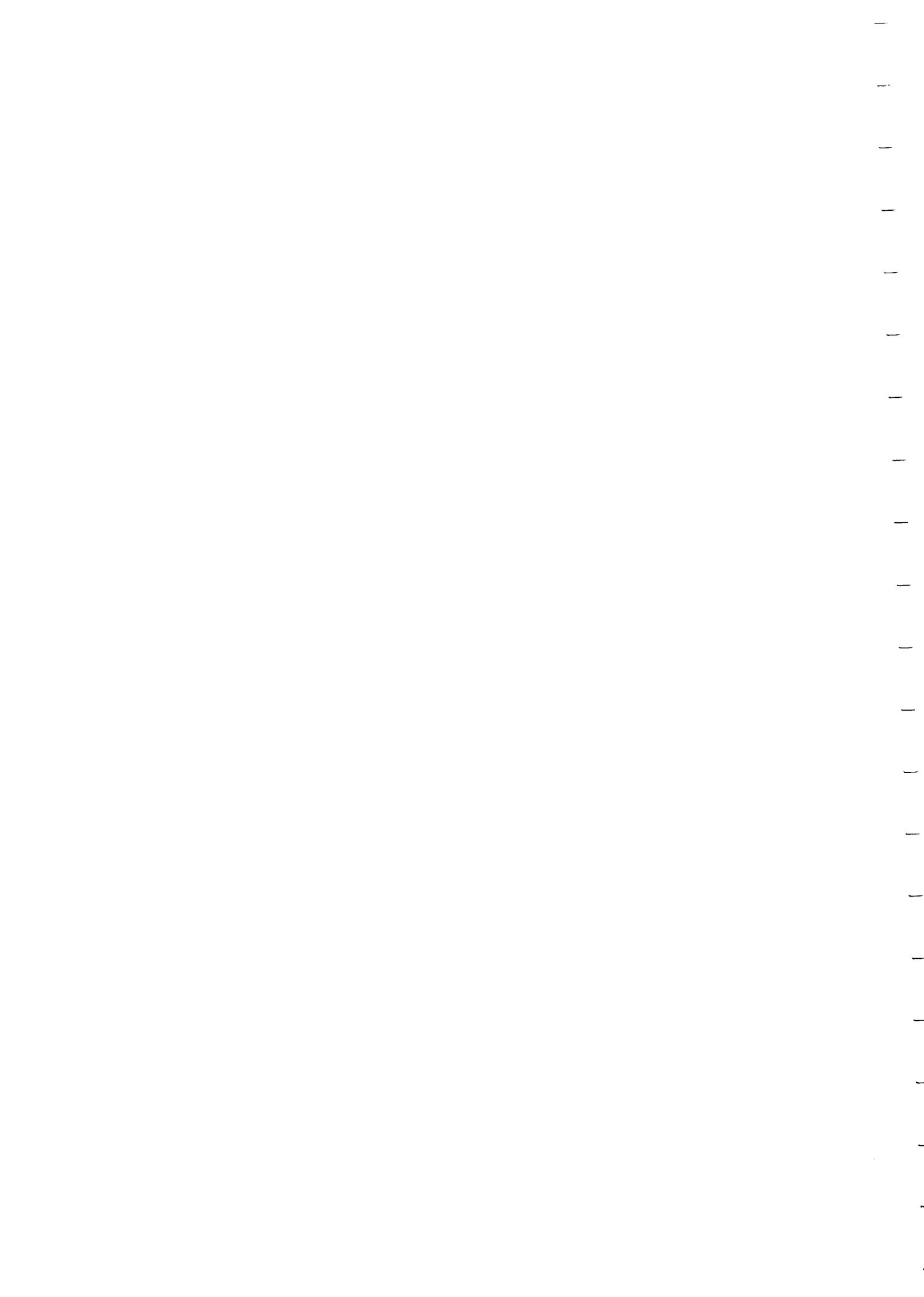
Komet C/1995 O1 (Hale-Bopp) – Innere Koma (1,2) und Kernbereich (3,4).

Beilage zum Referat, Seminar 2000



← N





Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Um den Zeitpunkt der ersten Sichtbarkeit eines Sternes nach Sonnenuntergang in der Dämmerung zu bestimmen, suchte ich nach dementsprechenden Unterlagen. Im Lehrbuch der Astronomie von Dr.W.Laska, erschienen 1906, konnte ich eine kurze Notiz darüber finden. Die Beobachtungen stammen von F.J.Schmidt aus Athen und Olmütz. Er gibt die Zeit in Minuten an, die vom Zeitpunkt des Sonnenunterganges vergeht, bis ein Stern einer bestimmten Helligkeit mit dem freien Auge in der Dämmerung in Zenitnähe sichtbar wird.

Größenklasse	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Minuten	8	18	32	45	60	80

Diese Zahlen sind Mittelwerte und gelten für einen vollkommen reinen, mondlosen Himmel. Sie sind die unterste Grenze, vor welcher die Sterne der betreffenden Größenklasse nicht sichtbar sind. Das Erscheinen des Sternes am Himmel ist aber nicht nur von seiner Helligkeit, sondern auch von der Deklination der Sonne und der geographischen Breite des Beobachtungsortes abhängig. Aus den von Schmidt publizierten Werten ist jedoch nicht ersichtlich, für welche geographische Breite diese Werte Gültigkeit haben sollen. Für eine sichere Vorausbestimmung des betreffenden Zeitpunktes, sind die Angaben deshalb nicht verwendbar. Um eine Formel für eine Berechnung abzuleiten, mußten eigene Beobachtungen durchgeführt werden. Es wurden hauptsächlich Sterne in Zenitnähe ausgesucht.

Zunächst wurde eine Liste zusammengestellt, in welche die zu beobachtenden Sterne nach ihrer scheinbaren Helligkeit eingetragen wurden. Ausgesucht wurden Objekte, deren Helligkeit zwischen der 1. und der 5. Größenklasse liegen.

Nr.	Stern	Helligkeit	Spektralkl	Zenitdistanz	Sonnenhöhe	Mittlerer Fehler	Anz. Beob.
1	β Gem	1,16 ^{mag}	K0	22,4° - 27,1°	- 3,68°	+/- 0,13	3
2	α Leo	1,36	B8	36,3 - 40,4	- 4,40	0,23	5
3	α Gem	1,59	A3 + A8	20,9 - 47,0	- 4,58	0,29	5
4	γ Gem	1,93	A0	42,1	- 6,20	-	1
5	γ Leo	2,06	K0	28,2 - 33,0	- 4,97	0,16	5
6	β CMi	3,09	B8	47,6 - 57,1	- 6,45	0,37	4
7	η Leo	3,58	A0p	31,3 - 38,3	- 6,44	0,11	8
8	κ Gem	3,68	G5	31,4 - 42,6	- 6,66	0,25	4
9	ρ Leo	3,85	B0p	42,0 - 47,8	- 6,84	0,06	4
10	ι Gem	3,89	K0	32,6	- 8,49	-	1
11	υ Gem	4,22	K5	33,2 - 40,3	- 7,92	0,46	2
12	σ Gem	4,26	K0	28,5 - 52,8	- 7,25	0,18	7
13	31A Leo	4,58	GK5	38,2 - 44,9	- 7,60	0,34	7
14	π Leo	4,89	GM2	28,4 - 35,5	- 8,49	0,45	6
15	48 Leo	5,17	GG6	44,9 - 46,1	- 8,20	0,20	3

Tab. 1

Spalte 3 gibt die visuelle Helligkeit des Sterns (Lit. 1), Spalte 5 gibt die Zenitdistanz während des Beobachtungszeitraumes, Spalte 6 bietet das arithmetische Mittel der Höhe (Tiefe) der Sonne unter dem Horizont an, zu der der Stern gerade freisichtig erkannt wurde und Spalte 7 gibt den mittleren Fehler des arithmetischen Mittels an.

1. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

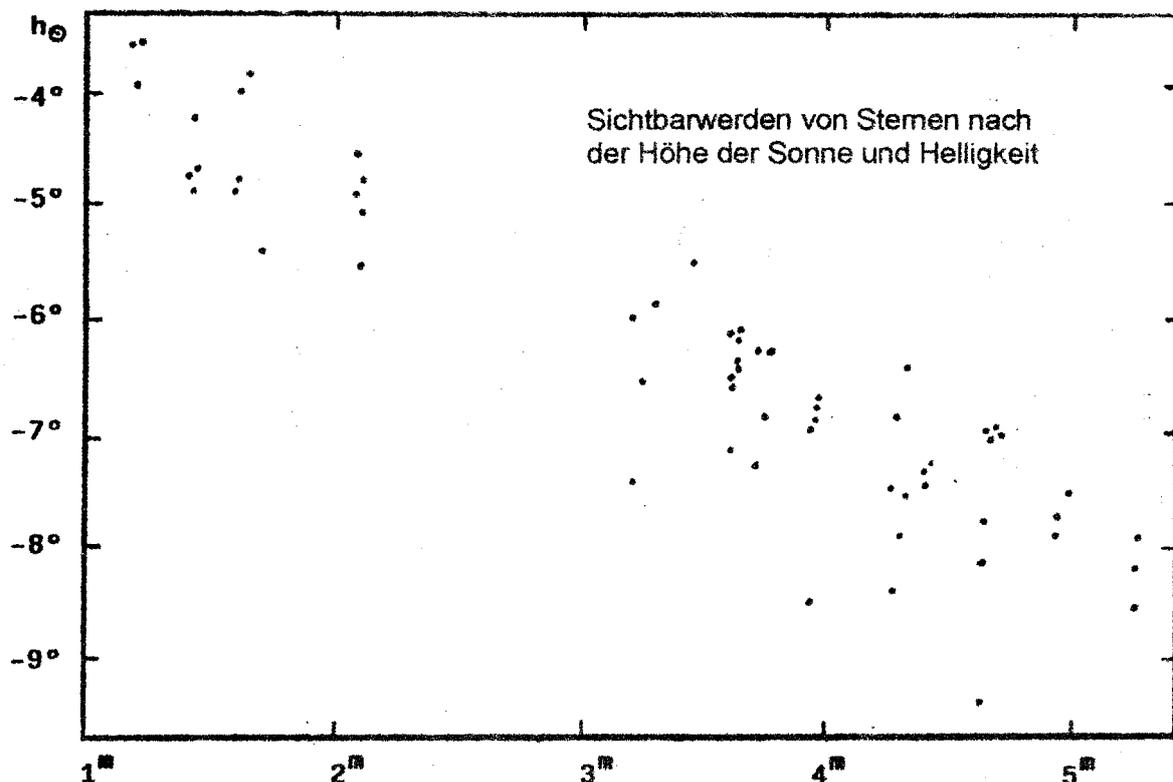
Um einen Stern so früh als möglich in der Dämmerung aufzufinden, muß man seine ungefähre Position am Himmel kennen. Das Aufsuchen bei noch sehr hellem Himmel ist schwierig, weil das Auge mehr oder weniger ins Leere blickt. Der Stern wird nur dann sichtbar, wenn man genau auf ihn blickt. Als Hilfsmittel empfiehlt es sich, einen markanten Punkt am Horizont zu suchen, um einen ungefähren Richtungshinweis zu haben. Sehr hilfreich ist ein Feldstecher, mit einem großen Gesichtsfeld, um den Stern vor seiner freisichtigen Erkennung aufzufinden. Kennt man einmal seine ungefähre Richtung, dann ist er viel leichter als solcher zu erkennen.

Am schwierigsten sind zunächst die hellsten Sterne zu finden, weil hier andere Sterne zur Einordnung fehlen; je mehr Sterne dann in der Dämmerung auftauchen, desto leichter ist natürlich auch das Auffinden.

Die Sterne der Beobachtungsliste wurden so zusammengestellt, daß sie sich meist zugleich mit dem schon freisichtig erkannten, helleren Stern im Gesichtsfeld des Feldstechers befanden oder zumindest unweit von diesem standen.

Wird nun ein zu erfassender Stern freisichtig erkannt, wird der Zeitpunkt registriert. Eine genau gehende Armbanduhr ist hierbei völlig ausreichend. Wichtig ist dabei, daß man an den folgenden Beobachtungsabenden immer dieselben Sterne beobachtet, weil sich dann deren Positionen am Himmel immer besser einprägen.

Im Beobachtungszeitraum vom 14. April bis 17. Mai 1979 wurden 64 Meßwerte bestimmt. Für jeden Sichtungswert wurde die Sonnenhöhe unter dem Horizont und die Höhe des Sterns über dem Horizont berechnet. Anhand der Sternhöhe läßt sich die Extinktion aus einer Tabelle entnehmen, die zur scheinbaren Helligkeit des Sterns hinzugerechnet wird. Um diesen Betrag erscheint das Objekt dem Beobachter schwächer. Eine Nichtbeachtung würde den Wert der berechneten Sonnenhöhe geringfügig verfälschen. Die reduzierten Werte wurden in ein Diagramm (Abb. 1) eingetragen und die jeweils günstigsten Meßwerte wurden dann für die endgültige Auswertung verwendet, die daraus abgeleiteten Werte stellen Grenzwert dar. Das heißt, daß vor dem berechneten Zeitpunkt der Stern sicher noch nicht freisichtig beobachtet werden kann.



2. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Das nach Sonnenuntergang bis zum Erkennen eines Stern einer bestimmten Größenklasse vergehende Zeitintervall ist nicht konstant, sondern Schwankungen unterworfen, die von der sich ständig ändernden Sonnendeklination herrühren. Je steiler der Winkel der scheinbaren Sonnenbahn zum Horizont ist, desto rascher wird es dunkel und desto früher kann der Stern beobachtet werden. Tabelle 2 gibt die Sonnenhöhen für die Monatsersten für 1979 an, die jeweils 8, 16, Minuten nach Sonnenuntergang (Sonnenoberrand, Refraktion berücksichtigt) erreicht werden.

Datum	8 ^m	16 ^m	24 ^m	32 ^m	40 ^m	48 ^m
1. Jan.	-1,94°	-3,06°	-4,20°	-5,36°	-6,53°	-7,72°
1. Feb.	-2,04	-3,27	-4,51	-5,76	-7,02	-8,29
1. Mrz.	-2,15	-3,46	-4,79	-6,11	-7,44	-8,77
1. Apr.	-2,15	-3,47	-4,77	-6,07	-7,37	-8,65
1. Mai	-2,06	-3,27	-4,47	-5,65	-6,81	-7,96
1. Jun.	-1,91	-2,97	-4,00	-5,01	-6,00	-6,96
1. Jul.	-1,88	-2,91	-3,92	-4,90	-5,85	-6,78
1. Aug.	-1,99	-3,13	-4,25	-5,35	-6,43	-7,49
1. Sep.	-2,12	-3,40	-4,68	-5,93	-7,18	-8,42
1. Okt.	-2,16	-3,50	-4,83	-6,16	-7,49	-8,83
1. Nov.	-2,09	-3,35	-4,63	-5,91	-7,20	-8,51
1. Dez.	-1,97	-3,11	-4,28	-5,46	-6,66	-7,87

Tab. 2

Die Berechnung des Zeitpunktes, zu dem ein Stern der scheinbaren Helligkeit m nahe des Zenits freisichtig in der Abenddämmerung erkannt werden kann, erfolgt nach der Formel:

$$t = a + b \cdot m$$

Daraus ergibt sich t in Zeitminuten nach dem Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang.

Datum	a	b
1. Jan.	10,7 ^m	7,3 ^{m/mag}
1. Feb.	9,0	7,0
1. Mrz.	8,7	6,5
1. Apr.	8,3	6,7
1. Mai	8,8	7,4
1. Jun.	10,7	8,5
1. Jul.	10,4	8,8
1. Aug.	9,0	8,0
1. Sep.	8,8	6,8
1. Okt.	8,3	6,5
1. Nov.	8,8	6,8
1. Dez.	10,2	7,2

Tab. 3

Soll nun ein bestimmter Stern freisichtig am Abendhimmel beobachtet werden, muß die Lichtabschwächung, die durch die Atmosphäre verursacht wird, berücksichtigt werden. Zur Sternhelligkeit wird ein Korrekturwert addiert, der von der Höhe des Sterns über dem Horizont abhängt. Bei guter Luftdurchsicht ohne Dunststrübungen können diese Werte einer

3. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Tabelle (Tab.4) entnommen werden. Diese Korrekturen [1] sind aber nur Mittelwerte und gelten für die visuelle Beobachtung. Mit zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel, vor allem auf hohen Bergen, ist die atmosphärische Extinktion wesentlich geringer. Genau genommen wäre für jeden Beobachtungsort ein spezieller Transmissionskoeffizient nötig! In Größenklassen folgt: Reduzierte Sternhelligkeit $m^* = \text{Helligkeit im Zenit } m + \Delta m$.

ZD	Δm						
10°	0,00	30°	0,04	50°	0,15	70°	0,52
12	0,01	32	0,05	52	0,17	72	0,60
14	0,01	34	0,06	54	0,19	74	0,71
16	0,01	36	0,06	56	0,21	76	0,85
18	0,01	38	0,07	58	0,24	78	1,03
20	0,02	40	0,08	60	0,27	80	1,28
22	0,02	42	0,09	62	0,31	82	1,67
24	0,03	44	0,11	64	0,35	84	2,31
26	0,03	46	0,12	66	0,39	86	3,60
28	0,04	48	0,13	68	0,45	88	7,47

Tab. 4

Um die Genauigkeit dieser Formel zu prüfen, wurden ein Jahr später fünf Sterne über mehrere Tage hindurch von Herrn Michael Grünanger beobachtet, der auch an den ersten Beobachtungen beteiligt war. Eine Gegenüberstellung von Beobachtung und Berechnung soll die Genauigkeit zeigen, die damit erreichbar ist. Bei der Berechnung wurde die Extinktion nicht berücksichtigt. Eine Berücksichtigung würde die Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung etwas verkleinern.

α Leo 1,36 ^{mag}	beobachtet	berechnet	Beob. – Ber.
16.04.1980	19h08m	19h03m	0h05m
11.05.	19 43	19 41	0 02
12.05.	19 46	19 42	0 04
13.05.	19 46	19 43	0 03
1.11.	6 23	6 21	0 02

γ Leo 2,06 ^{mag}			
16.04.1980	19 ^h 17 ^m	19 ^h 09 ^m	0 ^h 08 ^m
11.05.	19 48	19 46	0 02
12.05.	19 50	19 48	0 02
13.05.	16 51	19 49	0 02

η Leo 3,58 ^{mag}			
16.04.1980	19 ^h 21 ^m	19 ^h 20 ^m	0 ^h 01 ^m
11.05.	20 00	19 58	0 02
12.05.	20 01	20 00	0 01
13.05.	20 02	20 01	0 01

31A Leo 4,58 ^{mag}			
16.04.1980	19 28	19 26	0 02
11.05.	20 08	20 06	0 02
12.05.	20 09	20 07	0 02

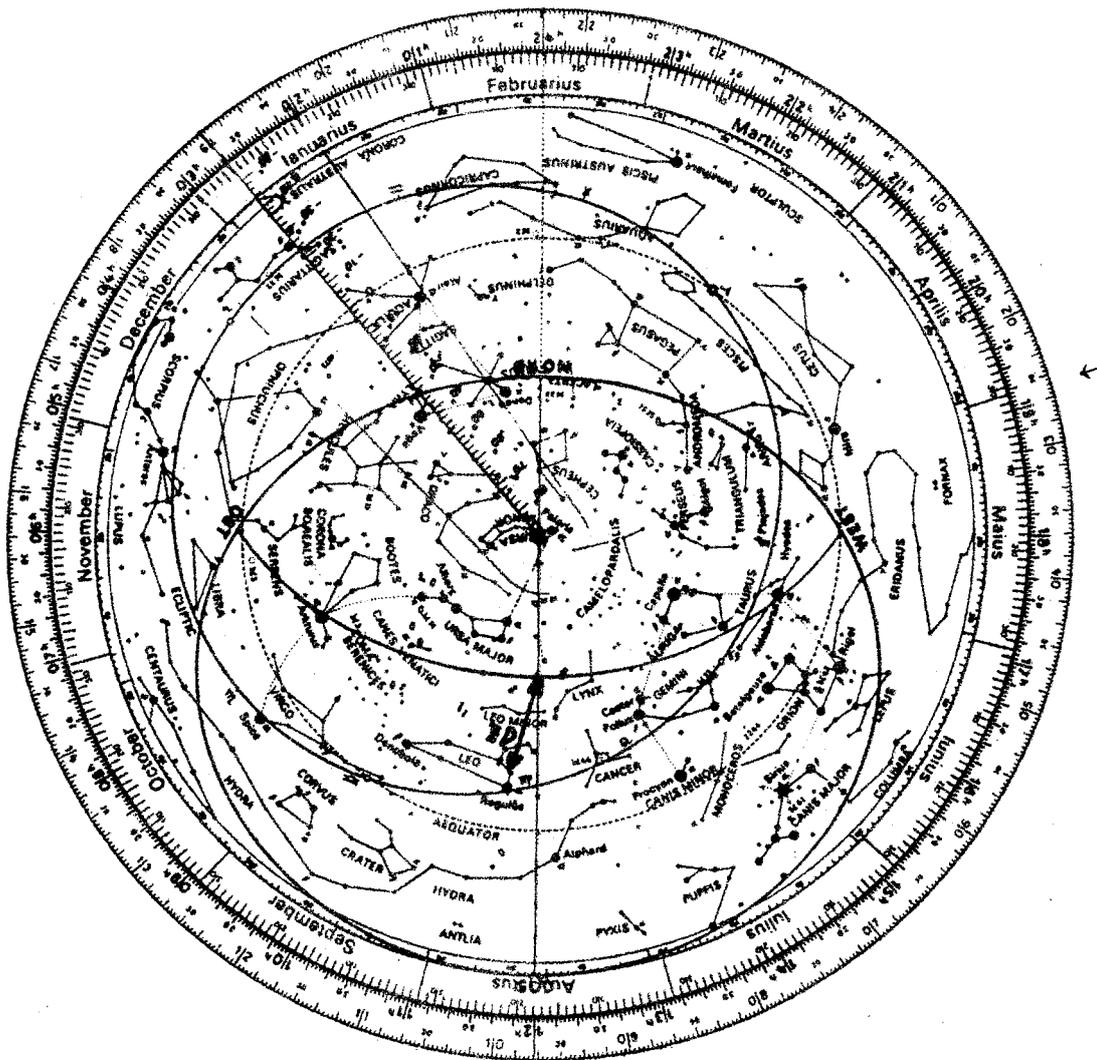
4. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

π Leo 4,89 ^{mag}	beobachtet	berechnet	Beob. – Ber.
16.04.1980	19 ^h 30 ^m	19 ^h 29 ^m	0 ^h 01 ^m
11.05.	20 10	20 08	0 02
12.05.	20 11	20 10	0 01
13.05.	20 13	20 11	0 02

Tab. 5

Beispiel:

Erscheinen von η Leonis, $m = +3,58\text{mag}$, 1. Mai 2000, in der Abenddämmerung für Wien: Sonnenuntergang laut Himmelskalender 2000 ist um 19^h08^m MEZ. Um die Extinktion zu berücksichtigen, bestimme man die Zenitdistanz z.B. aus einer drehbaren Sternkarte, hier für $\varphi = 47^\circ\text{N}$; 1° korrigieren:



In diesem Beispiel ist $ZD = 32^\circ$. Die Helligkeitskorrektur wegen Extinktion beträgt $0,05^{\text{mag}}$ (Tabelle 4). Die reduzierte Sternhelligkeit ergibt sich daher zu $m^* = 3,58 + 0,05 = 3,63^{\text{mag}}$. Aus Tabelle 3 folgt $a = 8,8$ $b = 7,4$.

Formel: $t = a + b \cdot m^*$ $t = 8,8 + 7,4 \cdot 3,63 = 35,7\text{min}$

Sichtbarkeit = t (Sonnenuntergang) + $t = 19^{\text{h}}08^{\text{m}} + 36^{\text{m}} = 19^{\text{h}}44^{\text{m}}$ MEZ.

Ergebnis: η Leonis wird frühestens ab 19^h44^m in der Abenddämmerung freisichtig sichtbar.

5. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Die Formeln gelten nur für Wien oder einen Ort, der auf derselben geographischen Breite von $48,2^\circ$ liegt. Um das Sichtbarwerden von Sternen in der Dämmerung auch für andere Orte auf der Erde berechnen zu können, habe ich die seinerzeit gemachten Beobachtungen neu überarbeitet und daraus die Formel für die Berechnung der Sonnenhöhe in Abhängigkeit von der gewünschten Größenklasse des Sternes abgeleitet.

Die folgende Tabelle ordnet die Helligkeit m^* des erstmals in der Dämmerung sichtbar werdenden Sternes der Sonnenhöhe H (negativ, d.h. Tiefe) zu, die dann vorliegen muß.

m^*	H
1	$-3,77^\circ$
2	$-4,89$
3	$-6,01$
4	$-7,13$
5	$-8,25$

Diesen Zusammenhang stellt folgender Ausdruck dar:

$$H = -1,12 * m^* - 2,65$$

Um die Uhrzeit des Auftauchens des Sternes am Himmel während der Dämmerung für ein Datum berechnen zu können, benötigt man 1. die geographische Länge (λ) und Breite (φ) des Beobachtungsortes, und 2. die Deklination der Sonne (Jahrbuch) sowie die Zenitdistanz des zu beobachtenden Sternes (genähert, zur Bestimmung der Extinktion aus der Tabelle 4).

Rechenvorgang:

1. Bestimmung des Halben Tagbogens der Sonne:

$$\cos(t_0) = [\sin(h) - \sin\varphi * \sin\delta] / \cos\varphi * \cos\delta \quad t_0 \text{ in Grad}$$

Dieser Winkel gibt die Länge der Tagesbahn der Sonne an, die sich von ihrer oberen Kulmination bis zum Untergang erstreckt. Damit kann der Auf- oder Untergang eines Sternes oder der Sonne berechnet werden. Für die Sonne wird $h = -0,83^\circ$ eingesetzt, dieser Winkel setzt sich aus der Refraktion am Horizont von ca. $35'$ und dem Sonnenradius von ca. $15'$ zusammen ($50'$ oder $0,83^\circ$).

2. Bestimmung der Zenitdistanz z des zu beobachtenden Sternes, lediglich um mit ihr die Extinktion Δm zu erhalten. Mit der scheinbaren Rektaszension α , der Deklination δ des Sternes und der Sternzeit θ für den Termin des Sonnenunterganges (θ etwa aus dem Österreichischen Himmelskalender, dort auch Beispiel) ergibt sie sich aus:

$$\cos z = \sin\delta * \sin\varphi + \cos\delta * \cos\varphi * \cos(\theta - \alpha), \quad \text{worin}$$

$(\theta - \alpha) = t$ der für zenitnahe Sterne kleine Stundenwinkel ist.

3. Bestimmung der Länge des Tagesweges der Sonne von ihrer oberen Kulmination bis zu jenem Punkt im Horizont, in dem sie sich beim Sichtbarwerden des Sternes einer bestimmten Größenklasse m^* befindet.

$$\cos(t^*) = [\sin(H) - \sin\varphi * \sin\delta] / \cos\varphi * \cos\delta \quad t^* \text{ in Grad}$$

4. Bestimmung der Zeitgleichung (Z)

Sie ist die Differenz wahre minus mittlere Sonnenzeit und kann auf ein- bis zwei Zehntelzeitminuten genau aus Tab.6 [2] entnommen werden. Sie gibt die Z -Werte für das Jahr 1998 (das sind etwa die Mittelwerte im Vierjahres-Schaltschritt).

6. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Werte der Zeitgleichung für 1998, 0h Weltzeit, aus [2]. Deklination aus Jahrbuch entnehmen!

Equation Declin-											
Date	of time	ation									
Jan. 0	-02 48	-23 06	Feb. 15	-14 09	-12 49	Apr. 1	-04 05	+04 23	May 17	+03 39	+19 14
1	03 17	23 02	16	14 06	12 29	2	03 47	04 46	18	03 37	19 27
2	03 46	22 57	17	14 03	12 08	3	03 30	05 09	19	03 35	19 40
3	04 14	22 52	18	13 58	11 47	4	03 12	05 32	20	03 32	19 53
4	04 41	22 46	19	13 53	11 26	5	02 54	05 55	21	03 28	20 06
5	-05 08	-22 39	20	-13 48	-11 04	6	-02 37	+06 18	22	+03 24	+20 18
6	05 35	22 33	21	13 41	10 43	7	02 20	06 40	23	03 20	20 30
7	06 01	22 25	22	13 34	10 21	8	02 03	07 03	24	03 15	20 41
8	06 27	22 18	23	13 27	09 59	9	01 47	07 25	25	03 09	20 52
9	06 53	22 09	24	13 18	09 37	10	01 30	07 47	26	03 03	21 03
10	-07 17	-22 01	25	-13 10	-09 15	11	-01 14	+08 10	27	+02 57	+21 13
11	07 41	21 52	26	13 00	08 52	12	00 58	08 32	28	02 49	21 23
12	08 05	21 43	27	12 50	08 30	13	00 42	08 54	29	02 42	21 33
13	08 28	21 33	28	12 40	08 07	14	00 27	09 15	30	02 34	21 42
14	08 50	21 22	Mar. 1	12 29	07 45	15	-00 12	09 37	31	02 26	21 51
15	-09 12	-21 12	2	-12 17	-07 22	16	+00 03	+09 58	June 1	+02 17	+22 00
16	09 33	21 01	3	12 05	06 59	17	00 17	10 20	2	02 08	22 08
17	09 54	20 49	4	11 53	06 36	18	00 31	10 41	3	01 58	22 16
18	10 13	20 37	5	11 39	06 13	19	00 44	11 02	4	01 48	22 23
19	10 32	20 25	6	11 26	05 50	20	00 57	11 22	5	01 38	22 30
20	-10 51	-20 13	7	-11 12	-05 26	21	+01 10	+11 43	6	+01 28	+22 36
21	11 08	20 00	8	10 58	05 03	22	01 22	12 03	7	01 17	22 43
22	11 25	19 46	9	10 43	04 40	23	01 33	12 23	8	01 06	22 48
23	11 41	19 32	10	10 28	04 16	24	01 45	12 43	9	00 54	22 54
24	11 56	19 18	11	10 12	03 53	25	01 55	13 03	10	00 43	22 59
25	-12 11	-19 04	12	-09 56	-03 29	26	+02 06	+13 23	11	+00 31	+23 03
26	12 25	18 49	13	09 40	03 06	27	02 15	13 42	12	00 19	23 07
27	12 38	18 34	14	09 24	02 42	28	02 25	14 01	13	+00 06	23 11
28	12 50	18 18	15	09 07	02 18	29	02 33	14 20	14	-00 06	23 14
29	13 01	18 02	16	08 50	01 55	30	02 42	14 39	15	00 19	23 17
30	-13 12	-17 46	17	-08 33	-01 31	May 1	+02 49	+14 57	16	-00 31	+23 20
31	13 22	17 30	18	08 16	01 07	2	02 56	15 15	17	00 44	23 22
Feb. 1	13 31	17 13	19	07 58	00 43	3	03 03	15 33	18	00 57	23 24
2	13 39	16 56	20	07 41	-00 20	4	03 09	15 51	19	01 10	23 25
3	13 46	16 38	21	07 23	+00 04	5	03 15	16 08	20	01 23	23 26
4	-13 52	-16 21	22	-07 05	+00 28	6	+03 20	+16 25	21	-01 37	+23 26
5	13 58	16 03	23	06 47	00 51	7	03 25	16 42	22	01 50	23 26
6	14 03	15 45	24	06 29	01 15	8	03 29	16 58	23	02 03	23 26
7	14 06	15 26	25	06 11	01 39	9	03 32	17 15	24	02 16	23 25
8	14 10	15 07	26	05 53	02 02	10	03 35	17 31	25	02 29	23 24
9	-14 12	-14 48	27	-05 35	+02 26	11	+03 37	+17 46	26	-02 42	+23 22
10	14 13	14 29	28	05 17	02 49	12	03 39	18 02	27	02 54	23 20
11	14 14	14 10	29	04 59	03 13	13	03 40	18 17	28	03 07	23 18
12	14 14	13 50	30	04 41	03 36	14	03 41	18 31	29	03 19	23 15
13	14 13	13 30	31	04 23	03 59	15	03 41	18 46	30	03 31	23 12
14	-14 12	-13 10	Apr. 1	-04 05	+04 23	16	+03 40	+19 00	July 1	-03 43	+23 08
15	-14 09	-12 49	2	-03 47	+04 46	17	+03 39	+19 14	2	-03 55	+23 04

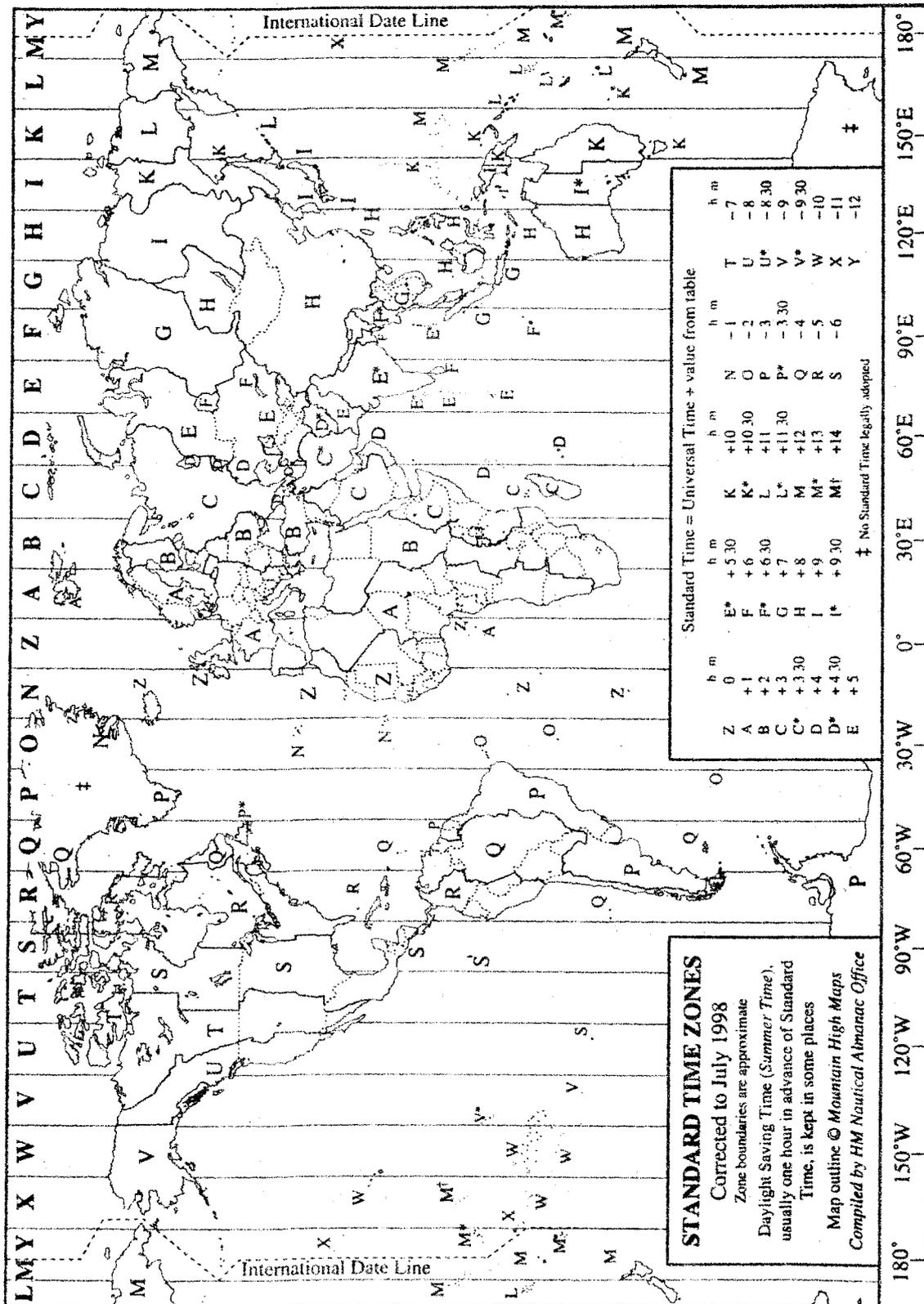
7. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Werte der Zeitgleichung für 1998, 0h Weltzeit, aus [2]. Deklination aus Jahrbuch entnehmen!

Equation Declination											
Date	of time	ation									
July	1	-03 ^m 43 ^s +23 ^o 08 [']	Aug.	16	-04 ^m 24 ^s +13 ^o 52 [']	Oct.	1	+10 ^m 07 ^s -03 ^o 01 [']	Nov.	16	+15 ^m 21 ^s -18 ^o 38 [']
	2	03 55 23 04		17	04 11 13 33		2	10 26 03 25		17	15 10 18 52
	3	04 06 22 59		18	03 59 13 14		3	10 45 03 48		18	14 58 19 07
	4	04 17 22 55		19	03 45 12 55		4	11 04 04 11		19	14 45 19 21
	5	04 28 22 49		20	03 32 12 35		5	11 23 04 34		20	14 32 19 35
	6	-04 38 +22 44		21	-03 17 +12 15		6	+11 41 -04 57		21	+14 17 -19 49
	7	04 48 22 38		22	03 03 11 55		7	11 59 05 20		22	14 02 20 02
	8	04 58 22 31		23	02 47 11 35		8	12 16 05 43		23	13 46 20 15
	9	05 07 22 24		24	02 32 11 15		9	12 33 06 06		24	13 30 20 27
	10	05 15 22 17		25	02 16 10 54		10	12 49 06 29		25	13 12 20 40
	11	-05 24 +22 09		26	-01 59 +10 33		11	+13 05 -06 52		26	+12 54 -20 51
	12	05 32 22 01		27	01 43 10 13		12	13 21 07 14		27	12 35 21 03
	13	05 39 21 53		28	01 25 09 52		13	13 36 07 37		28	12 16 21 14
	14	05 46 21 44		29	01 08 09 30		14	13 50 07 59		29	11 55 21 24
	15	05 53 21 35		30	00 50 09 09		15	14 04 08 21		30	11 34 21 34
	16	-05 59 +21 26		31	-00 31 +08 47		16	+14 18 -08 44		Dec.	1
17	06 04 21 16	Sept.	1	-00 13 08 26	17	14 30 09 06	2	10 50 21 53			
18	06 10 21 06		2	+00 07 08 04	18	14 42 09 28	3	10 27 22 02			
19	06 14 20 55		3	00 26 07 42	19	14 54 09 49	4	10 04 22 11			
20	06 18 20 44		4	00 45 07 20	20	15 05 10 11	5	09 40 22 19			
21	-06 22 +20 33		5	+01 05 +06 58	21	+15 15 -10 33	6	+09 15 -22 26			
22	06 25 20 21		6	01 26 06 36	22	15 25 10 54	7	08 50 22 33			
23	06 27 20 09		7	01 46 06 13	23	15 34 11 15	8	08 24 22 40			
24	06 29 19 57		8	02 06 05 51	24	15 42 11 36	9	07 58 22 46			
25	06 30 19 44		9	02 27 05 28	25	15 50 11 57	10	07 31 22 52			
26	-06 31 +19 32		10	+02 48 +05 06	26	+15 57 -12 18	11	+07 04 -22 58			
27	06 31 19 18		11	03 09 04 43	27	16 03 12 38	12	06 36 23 02			
28	06 30 19 05		12	03 30 04 20	28	16 08 12 58	13	06 08 23 07			
29	06 29 18 51		13	03 51 03 57	29	16 13 13 18	14	05 40 23 11			
30	06 27 18 37		14	04 13 03 34	30	16 17 13 38	15	05 12 23 14			
31	-06 25 +18 22		15	+04 34 +03 11	31	+16 20 -13 58	16	+04 43 -23 18			
Aug.	1		06 22 18 07	16	04 55 02 48	Nov.	1	16 23 14 17	17	04 13 23 20	
	2	06 18 17 52	17	05 17 02 25	2		16 24 14 37	18	03 44 23 22		
	3	06 14 17 37	18	05 38 02 02	3		16 25 14 56	19	03 14 23 24		
	4	06 09 17 21	19	05 59 01 39	4		16 25 15 14	20	02 45 23 25		
	5	-06 03 +17 05	20	+06 20 +01 15	5		+16 25 -15 33	21	+02 15 -23 26		
	6	05 57 16 49	21	06 42 00 52	6		16 23 15 51	22	01 45 23 26		
	7	05 50 16 32	22	07 03 00 29	7		16 21 16 09	23	01 15 23 26		
	8	05 43 16 15	23	07 24 +00 05	8		16 18 16 27	24	00 45 23 25		
	9	05 35 15 58	24	07 45 -00 18	9		16 13 16 44	25	+00 15 23 24		
	10	-05 26 +15 41	25	+08 06 -00 41	10		+16 09 -17 01	26	-00 14 -23 23		
	11	05 17 15 23	26	08 26 01 05	11		16 03 17 18	27	00 44 23 21		
	12	05 08 15 06	27	08 47 01 28	12		15 56 17 34	28	01 14 23 18		
	13	04 57 14 48	28	09 07 01 51	13		15 48 17 51	29	01 43 23 15		
	14	04 47 14 29	29	09 27 02 15	14		15 40 18 07	30	02 12 23 12		
	15	-04 35 +14 11	30	+09 47 -02 38	15		+15 31 -18 22	31	-02 41 -23 08		
	16	-04 24 +13 52	Oct.	1	+10 07 -03 01		16	+15 21 -18 38	32	-03 09 -23 03	

8. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Zonenzeiten und Bereiche ihrer Gültigkeit 1998, [3]



9. Fortsetzung Referat: Das freisichtige Erkennen zenitnaher Sterne in der Dämmerung

Damit kann die obere Kulmination (K) der Sonne und weiter der Sonnenuntergang bestimmt werden.

5. Berechnung der Kulminationsdifferenz (Kd) zwischen dem Meridian der jeweiligen Zeitzone und dem Ortsmeridian. Sie ist abhängig von der geographischen Länge des Beobachtungsortes. So entspricht z. B dem Längenunterschied zwischen dem Zonenmeridian $\lambda_0 = -15^\circ$ (MEZ), und der Länge von Wien $\lambda = -16,39^\circ$ die Differenz $-1,39^\circ$ muß in Zeitmaß ($1^\circ \rightarrow 4\text{min}$) umgewandelt werden, um Kd zu ergeben. Kulmination $K = 12\text{h}00 + Kd - Z$, ergibt Zonenzeit. Zeitzonen siehe Tabelle 7 [3].
6. Bestimmung des Sonnenaufganges t_a oder Unterganges t_u
 $t_a = \text{Kulmination} - t_0 * 4$ (Ergebnis: Uhrzeit in Stunden und Minuten)
 $t_u = \text{Kulmination} + t_0 * 4$ (" ")
7. Bestimmung des Zeitpunktes, wann der Stern einer bestimmten Helligkeit freisichtig sichtbar wird.
 $T = \text{Kulmination} \pm t^*$

Beispiel:

Beobachtungsort ist Teneriffa, $\lambda = 16,5^\circ$ (W), $\varphi = +28,3^\circ$ (N), Zonenmeridian $\lambda_0 = 15^\circ$ (W). Beobachtet werden soll am 13. April 2000 γ Leonis, $m = 2,06^{\text{mag}}$; Sonnendeklination $\delta = 9,277^\circ$ bei Kulmination, siehe Punkt 5.

1. $\cos(t_0) = [\sin(-0,83) - \sin 28,3 * \sin 9,277] / \cos 28,3 * \cos 9,277$
 $t_0 = 96,01^\circ$
2. Zenitdistanz ca. 34° , daraus ergibt sich als Korrektur für Extinktion $\Delta m = 0,06^{\text{mag}}$ und somit Gesamthelligkeit von γ Leonis zu $m^* = 2,06 + 0,06 = 2,12^{\text{mag}}$.
3. $\cos(t^*) = [\sin(-1,12 * 2,12 - 2,65) - \sin 28,3 * \sin 9,277] / \cos 28,3 * \cos 9,277$
 $t^* = 100,88^\circ$
4. Zeitgleichung laut Tabelle 6: $Z = -0,7$ Minuten.
5. Kulminationsdifferenz $Kd = \lambda - \lambda_0 = 16,5^\circ - 15^\circ = 1,5^\circ \rightarrow 1,5 * 4 = +6$ Minuten.
Kulmination $K = 12^{\text{h}}00^{\text{m}} + 6^{\text{m}} - 1 = 12^{\text{h}}07^{\text{m}}$ Zonenzeit.
6. Sonnenuntergang $t_u = K + t_0 * 4 = 12^{\text{h}}07 + (96,01 * 4) = 12^{\text{h}}07^{\text{m}} + 6^{\text{h}}24^{\text{m}} = 18\text{h}31$ Zonenzeit.
7. Stern freisichtig erkennbar: $T = K + t^* = 12^{\text{h}}07^{\text{m}} + (100,88 * 4) = 12^{\text{h}}07^{\text{m}} + 6^{\text{h}}44^{\text{m}} = 18\text{h}51\text{m}$ Zonenzeit.

Ergebnis: γ Leonis ist ab $18^{\text{h}}51^{\text{m}}$ Zonenzeit am Ort freisichtig am Himmel zu sehen.

Literatur:

- [1] Ahnert, P.: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen. J.A.Barth, Leipzig 1961.
- [2] Astronomical Phenomena 1998. H.M.Nautical Almanac Office, London, and Nautical Almanac Office & U.S.Naval Observatory, Washington, 1996.
- [3] Astronomical Phenomena 2001. Wie vorher, Washington 1998.

Referat: Die Farben der Sterne

Dieses Referat soll in bewußt einfacher Art auf die Farben der Sterne hinweisen, zu ihrer Beobachtung anregen und in zwei Himmelsbereichen zeigen, wie der Sternenhimmel in fünf engen Farbbereichen aussieht. Kurz werden auch die Ursachen der Sternfarben und ihre Beschreibung durch Helligkeitsmessung in mehreren Farbbereichen erwähnt.

1 Wahrnehmung von Sternfarben

In der Öffentlichkeit ist weitgehend unbekannt, daß Sterne unterschiedliche Farben haben, denn es ist auch nicht leicht, mit freiem Auge Sternfarben klar wahrzunehmen. Höchstens bei einigen sehr hellen Sternen ist ein Farbeindruck erkennbar, bei schwächeren ist keiner merklich.

Bei größeren Helligkeiten sprechen die farbempfindlichen Zäpfchen der Augennetzhaut an, die ihre größte Empfindlichkeit etwa bei der Wellenlänge $\lambda = 555\text{nm}$ haben; bei geringeren Helligkeiten reagieren aber nur die wesentlich lichtempfindlicheren, praktisch farbunempfindlichen Stäbchen mit ihrer größten Empfindlichkeit bei etwa $\lambda = 515\text{nm}$. Dieser Effekt wurde von J.E.v.Purkinje (1787–1869) erstmals beschrieben und nach ihm benannt. Bekannt ist die diesbezügliche Erfahrung: „Bei Nacht sind alle Katzen grau“.

Wenn daher der Helligkeitseindruck gesteigert wird, treten Farben deutlicher hervor. Besonders verstärkt wird die Farbwahrnehmung, wenn statt Lichtpunkten Lichtflächen betrachtet werden. Dies können wir uns bei der Beobachtung eines Sterns zunutze machen:

- Wir benützen ein Fernglas zur Helligkeitssteigerung und
- erzeugen einen Lichtkreis durch unscharfe Einstellung.

Bei einem guten Fernglas ist dieser Lichtkreis nahezu gleichmäßig hell und Farben können leichter wahrgenommen werden.

2 Ursachen der Sternfarben

Wird das Sternenlicht in seine Farben zerlegt, so zeigt das erhaltene Farbenband, das Spektrum, zunächst einen hellen Untergrund. Der stetige Helligkeitsverlauf dieses „Kontinuums“ bestimmt die Energieverteilung, die „Farbe“, sowie die Oberflächentemperatur. Mit zunehmender Temperatur wird die Wellenlänge, bei welcher der Stern (genau genommen der sog. „schwarze Strahler“), die größte Energie aussendet, immer kürzer. Diese Tatsache hat W.K.Wien (1864–1928) entdeckt: „Wien'sches Verschiebungsgesetz“). Linien im Spektrum, die „Spektrallinien“, sind Kennzeichen der Sternatmosphäre und bezeichnen die „Spektralklasse“, ..., O, B, A, F, G, K, M, ... mit dezimaler Unterteilung. Aus der Schärfe und den Intensitätsverhältnissen gewisser Spektrallinien läßt sich die „Leuchtkraftklasse“ des Sterns beurteilen: ..., I Überriesen, II Helle Riesen, III Normale Riesen, IV Unterriesen, V Zwerge, ... – Näheres zur Sternstrahlung ist etwa auf der Urania Sternwarte zu hören und am 30cm \emptyset – Spiegelteleskop mit Filtern und Spektroskop zu sehen.

3 Mehrfarben–Photometrie und Sternfarben

Oft ist aber das Sternenlicht für die Ausbreitung in ein Spektrum zu schwach oder es überlappen die Spektren, wie z.B. bei Sternhaufen.

1. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne

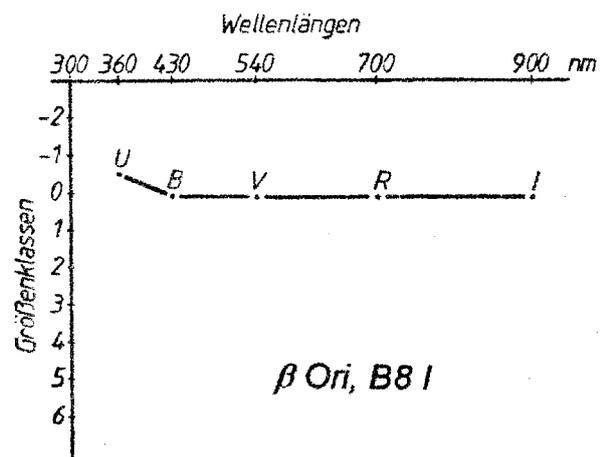
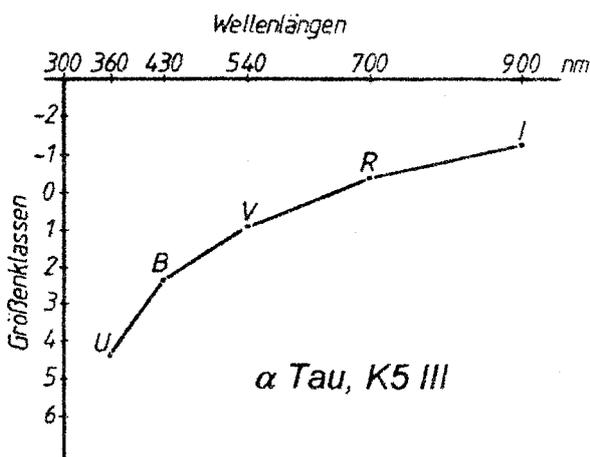
Als Ersatz wird dann die scheinbare Stern-Sternhelligkeit in engen, durch Empfänger und Filter ausgesonderten Farbbereichen ..., U, B, V, R, I, ... gemessen.

Der Unterschied der scheinbaren, in zwei Farbbereichen gemessenen Helligkeit eines Sterns heißt „Farbenindex“, beispielsweise U-V, B-V, V-R, V-I. Diese Farbenindizes beschreiben die Intensitätsverhältnisse im Kontinuum des Sternspektrums; je absolut kleiner alle diese Werte insgesamt sind, je geringer also mit anderen Worten alle Helligkeitsunterschiede in den einzelnen Farben gemessen werden, desto „weißlicher“ erscheint der Stern. Beschränken wir uns etwa auf die B- und V-Helligkeit in Größenklassen, so zeigt ein positiver Farbenindex einen rötlicheren, ein negativer einen weißeren Stern an.

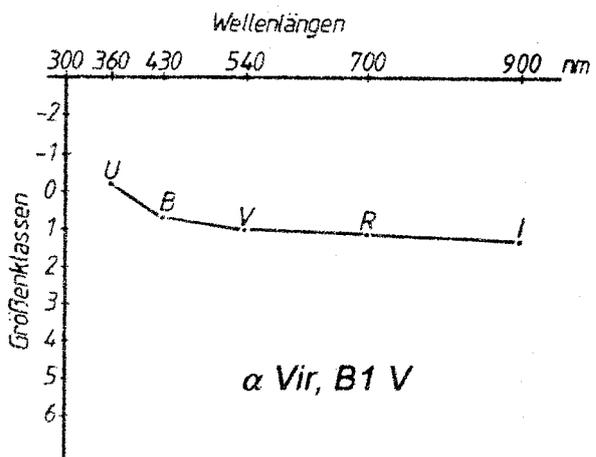
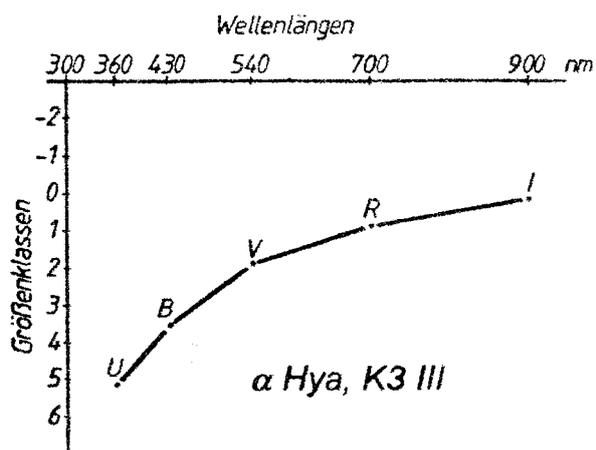
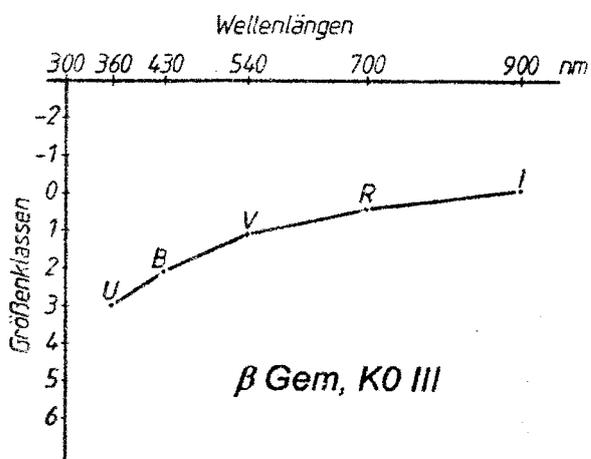
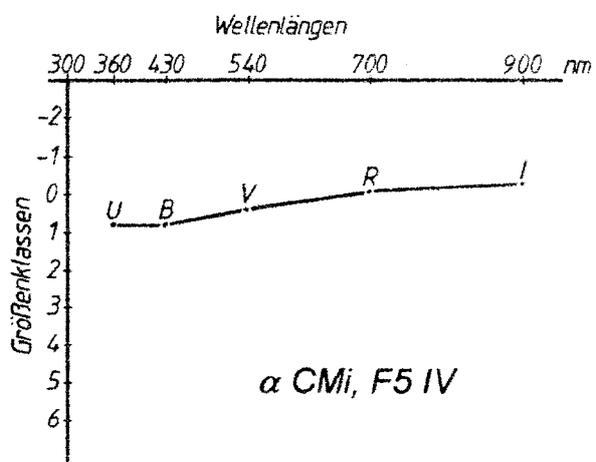
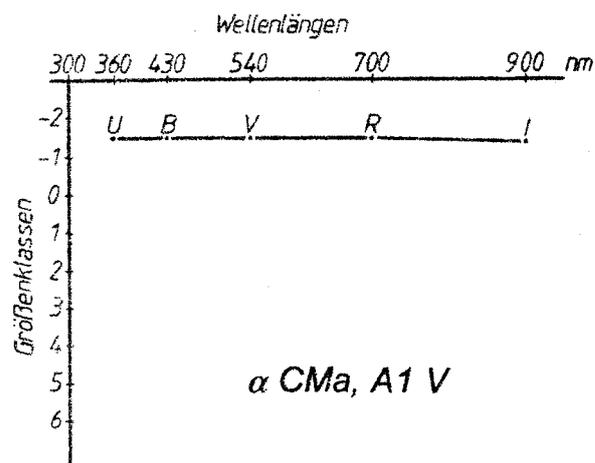
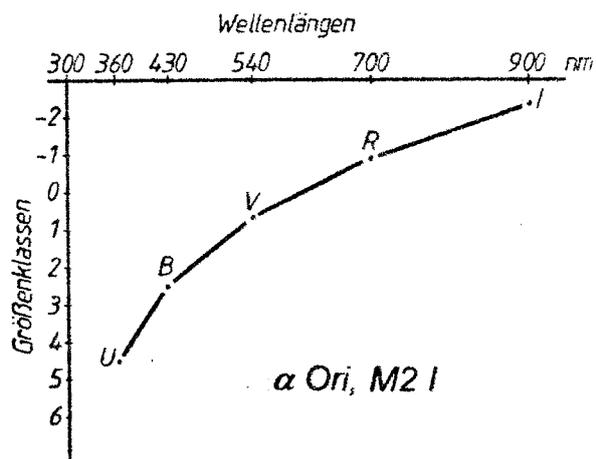
4 Ausgewählte Sterne und ihre Helligkeiten in 5 Farbbereichen

Aus dem „Arizona-Tonanzintla Catalogue, Magnitudes and Colors of 1325 Bright Stars“ [1] habe ich folgende Sterne ausgewählt und deren scheinbare Helligkeiten (U, B, V, R, I) graphisch dargestellt. Je waagrecht der Helligkeitsverlauf, desto weißlicher erscheint der Stern. Örter für 2000,0; die Spalte Spektr. enthält die Spektral- und Leuchtkraftklasse.

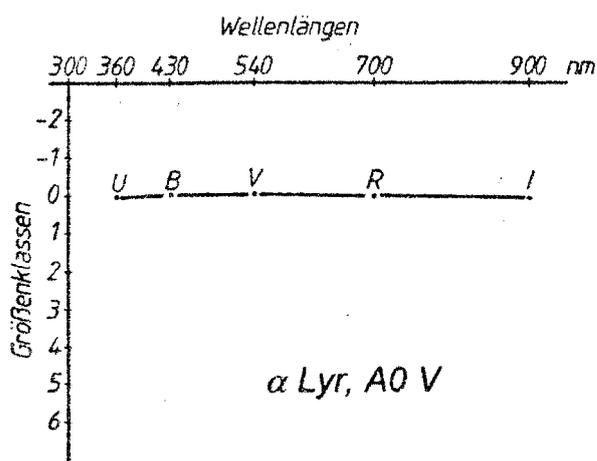
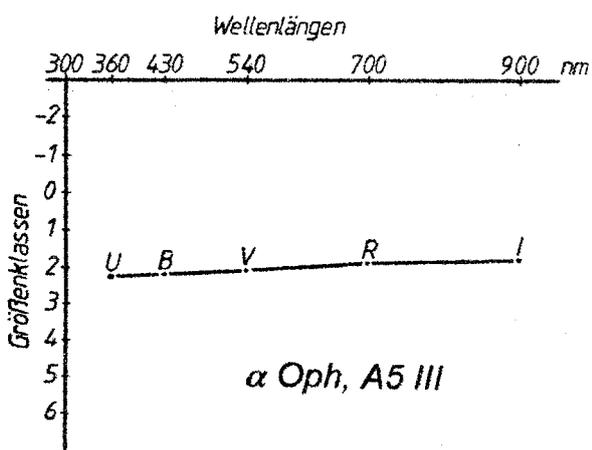
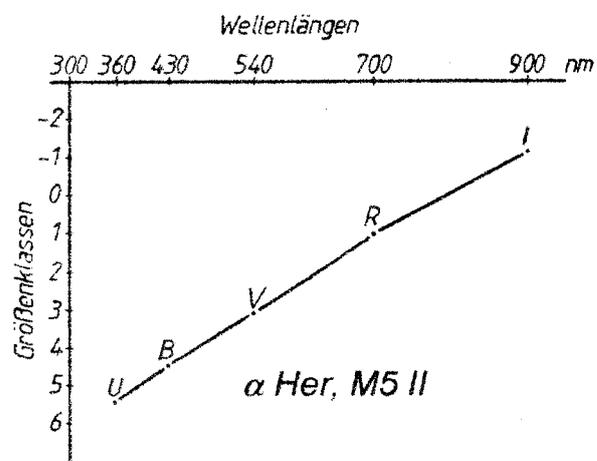
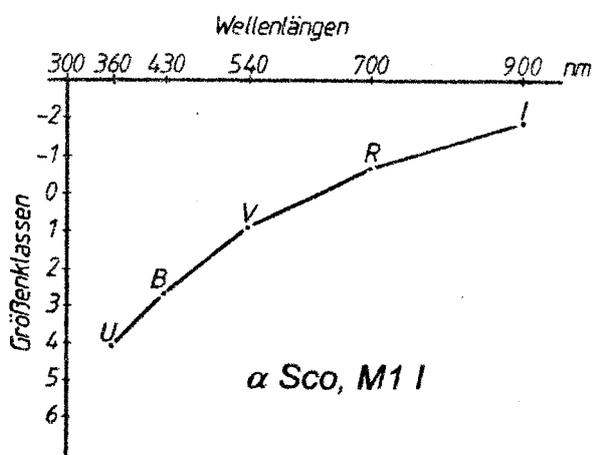
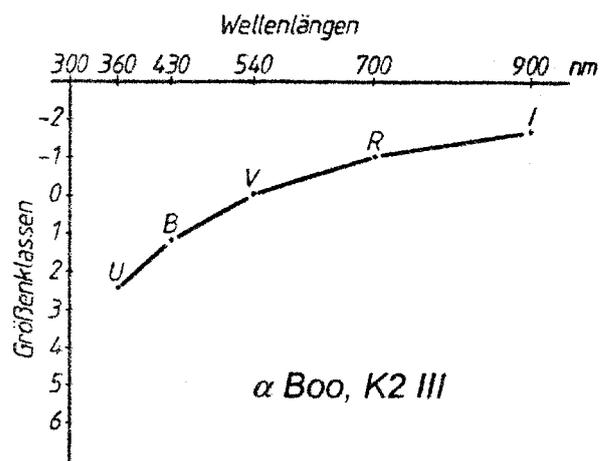
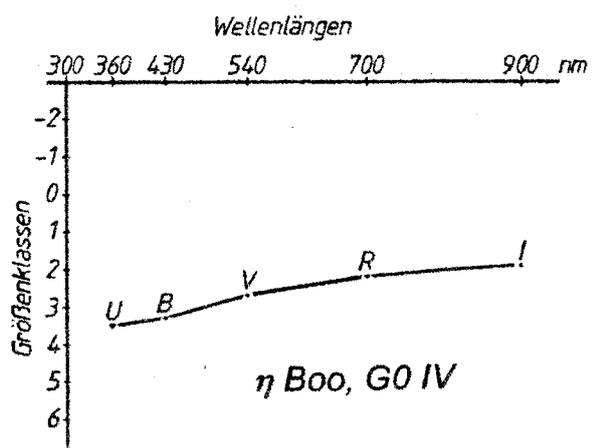
Name		Rekt	Dekl	U	B	V	R	I	Spektr.
		h m	°	mag	mag	mag	mag	mag	
Aldebaran	α Tau	04 35,9	+16 31	+4,36	+2,41	+0,86	-0,36	-1,29	K5 III
Rigel	β Ori	05 14,5	-08 12	-0,51	+0,12	+0,15	+0,12	+0,15	B8 I
Betelgeuze	α Ori	05 55,2	+07 24	+4,61	+2,55	+0,69	-0,91	-2,36	M2 I
Sirius	α CMa	06 45,1	-16 43	-1,48	-1,46	-1,45	-1,45	-1,42	A1 V
Procyon	α Cmi	07 39,3	+05 14	+0,82	+0,78	+0,35	-0,06	-0,31	F5 IV
Pollux	β Gem	07 45,3	+28 02	+3,00	+2,13	+1,13	+0,34	-0,12	K0 III
Alphard	α Hya	09 27,6	-08 40	+5,16	+3,43	+1,96	+0,92	+0,15	K3 III
Spica	α Vir	13 25,2	-11 10	-0,22	+0,71	+0,96	+1,05	+1,28	B1 V
Muphrid	η Boo	13 54,7	+18 24	+3,49	+3,26	+2,68	+2,23	+1,94	G0 IV
Arcturus	α Boo	14 15,7	+19 11	+2,46	+1,18	-0,06	-1,04	-1,70	K2 III
Antares	α Sco	16 29,4	-26 26	+4,06	+2,72	+0,89	-0,67	-1,87	M2 I
Rasalgethi	α Her	17 14,6	+14 23	+5,52	+4,51	+3,06	+0,95	-1,17	M5 II
Rasalhague	α Oph	17 34,9	+12 34	+2,32	+2,21	+2,07	+1,93	+1,85	A5 III
Wega	α Lyr	18 36,9	+38 47	+0,03	+0,00	+0,00	+0,04	+0,07	A0 V



2. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne



3. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne



4. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne

Zu eher empfindungsmäßigen Beurteilung der Sternfarben soll noch angegeben werden:

Farbenskala der Sterne nach Schmid-Osthoff [2].

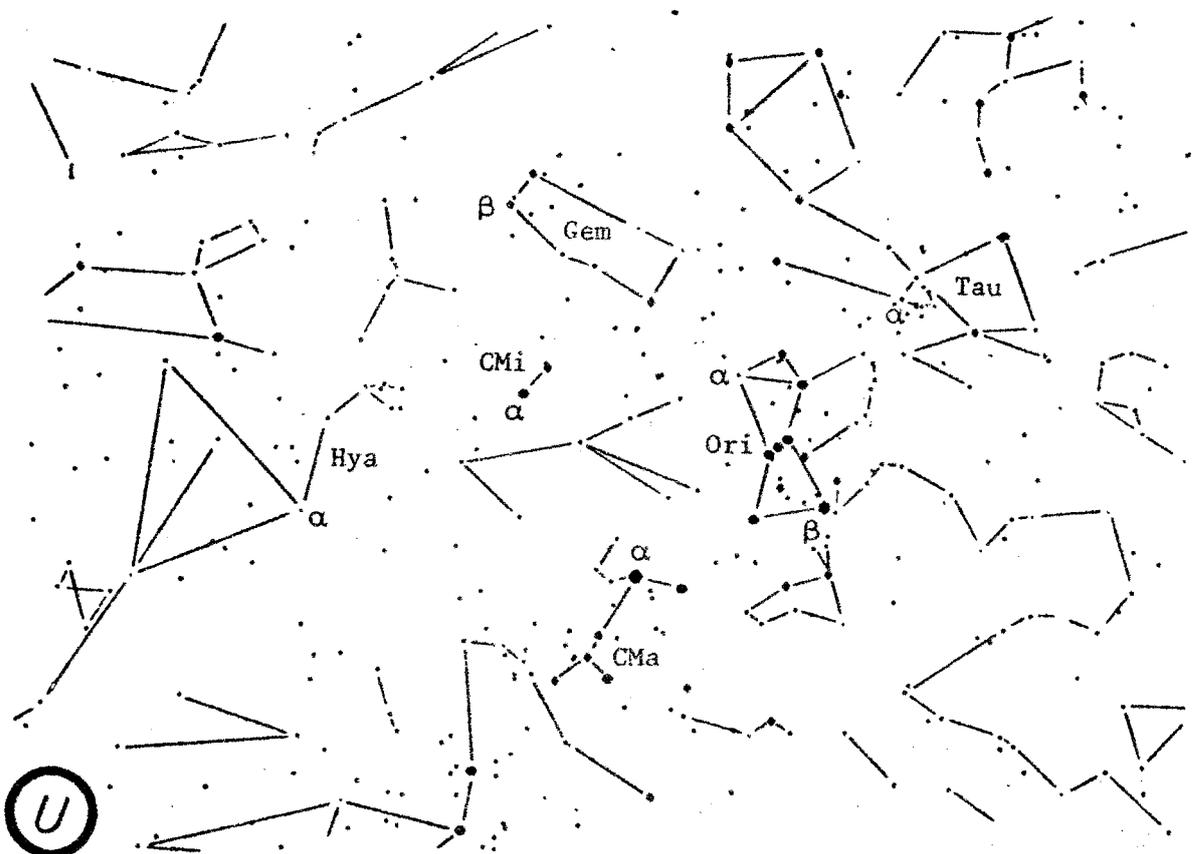
0c	Weiß
1c	Gelblichweiß, Weiß überwiegt
2c	Weißgelb, Weiß und Gelb zu gleichen Teilen
3c	Hellgelb oder Bläßgelb
4c	Reingelb
5c	Dunkelgelb, gesättigtes, tiefes Gelb
6c	Rötlichgelb, Gelb überwiegt
7c	Orange, Gelb und Rot zu gleichen Teilen
8c	Gelblichrot, Rot überwiegt
9c	Rot, Spuren von Gelb

Sternfarben nach [2]

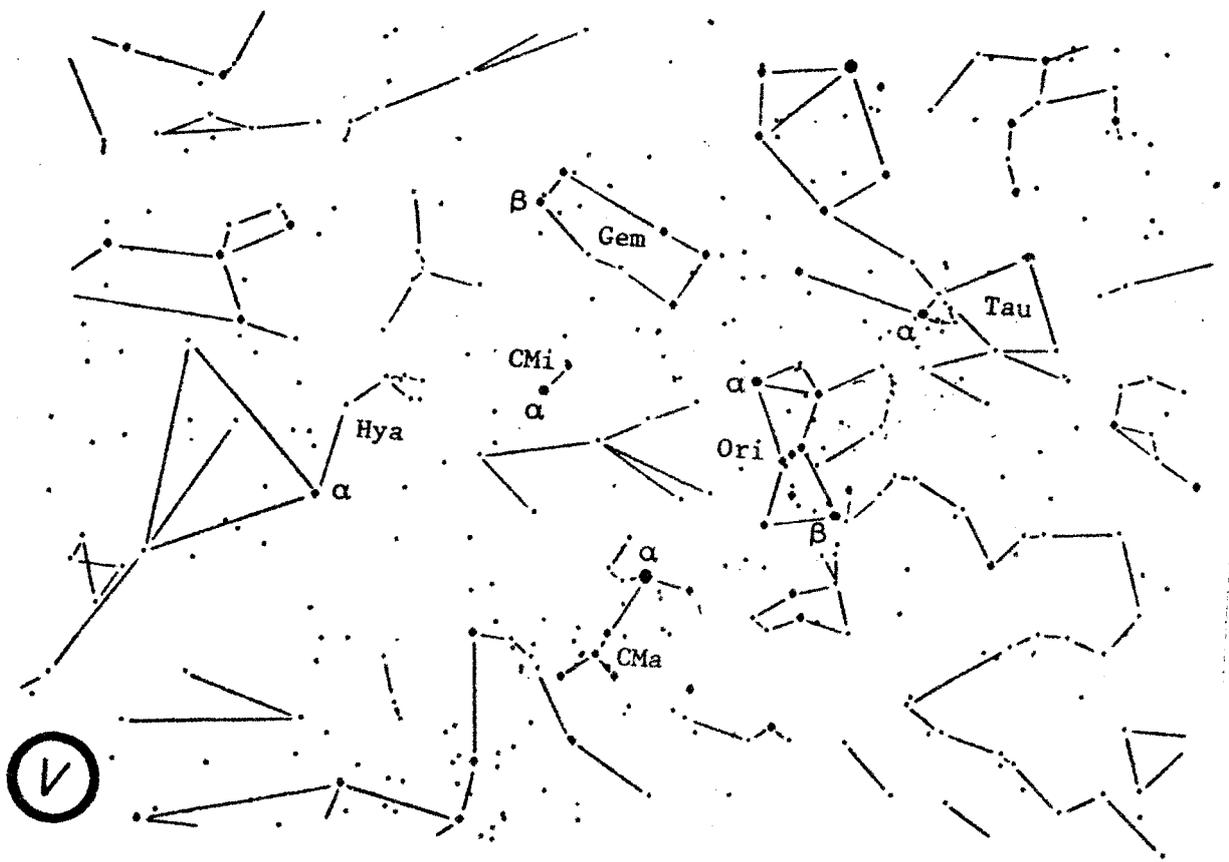
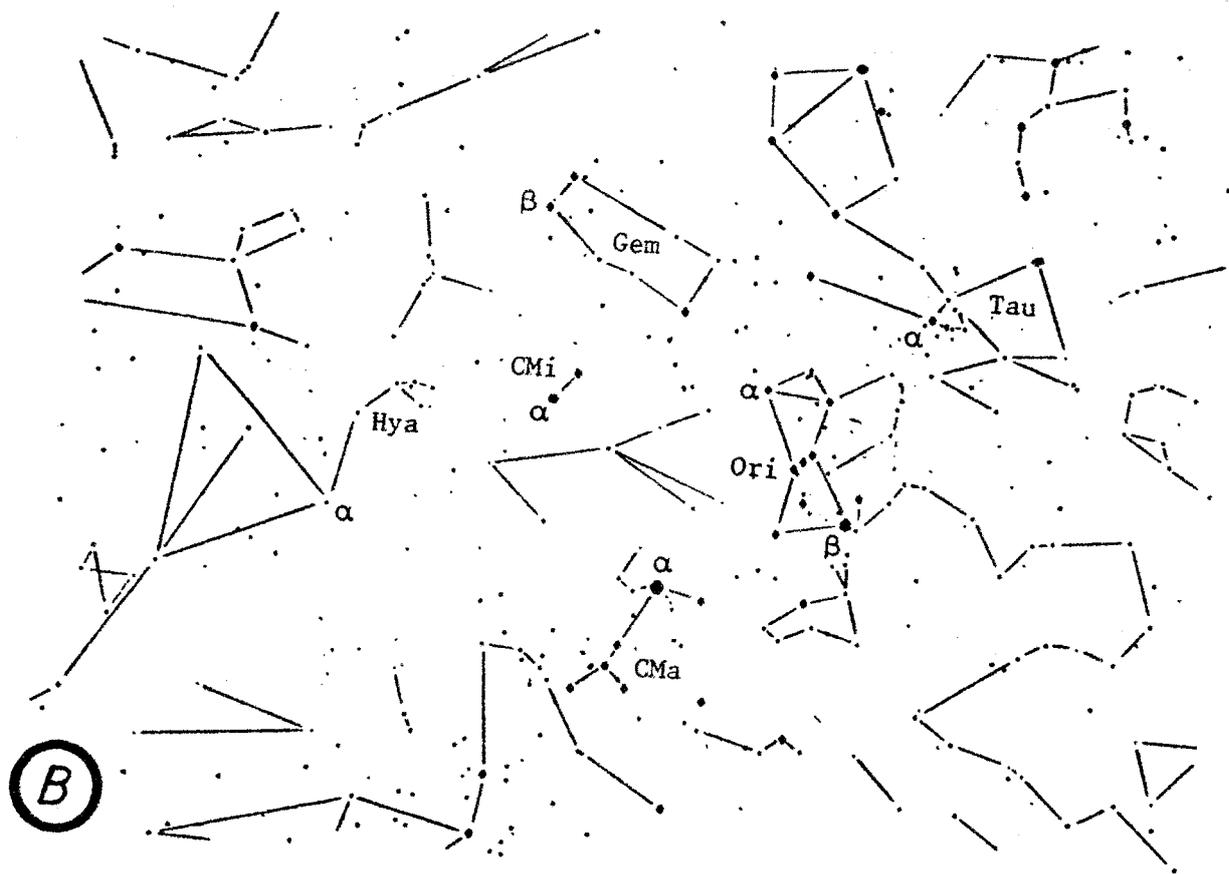
Aldebaran	6,3c
Rigel	1,2c
Betelgeuze	6,5c
Sirius	0,7c
Procyon	2,7c
Pollux	4,4c
Alphard	6,1c
Spica	1,6c
Muphrid	3,3c
Arcturus	4,7c
Antares	7,2c
Rasalgethi	7,5c
Rasalhague	2,5c
Wega	1,3c

5 Die ausgewählten Sterne in Farbsternearten (UraniaStar 1.1[®])

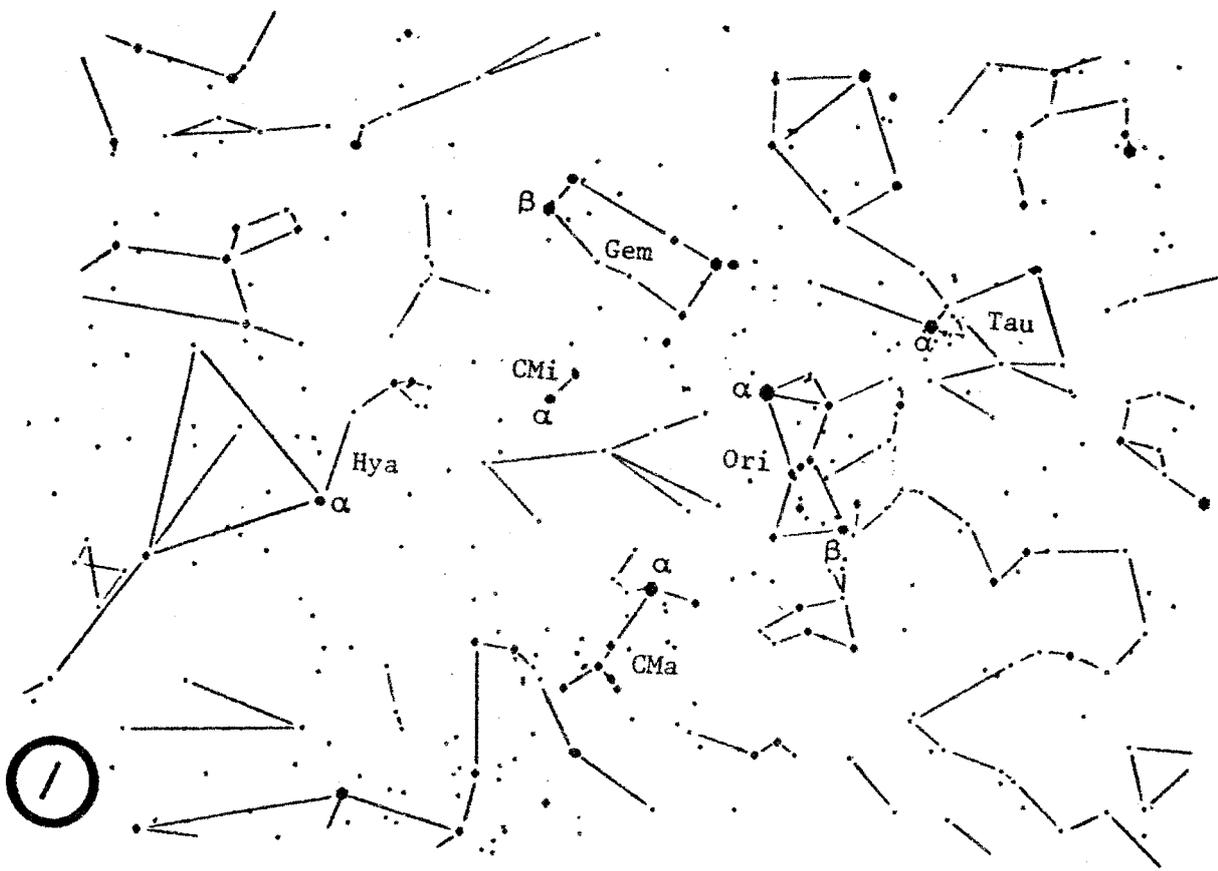
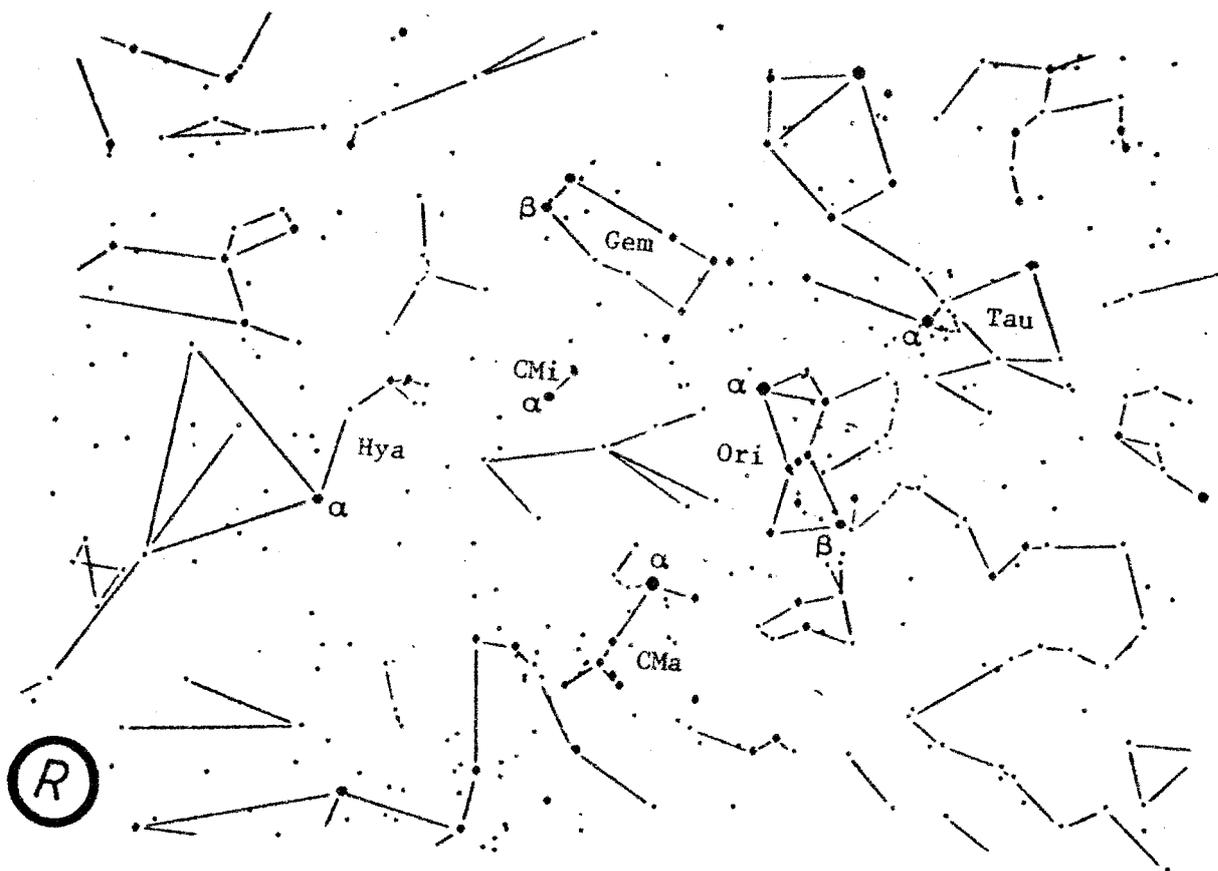
Im Astronomie-Programmpaket UraniaStar 1.1 [3] finden sich unter dem Menüpunkt (5.1) „Sternenstern-Demonstrationsprogramme, Sternbilder mit Präzession und Sternfarben“ Einzelkarten in den Farbbereichen U,B,V,R,I, welche die ganze Himmelskugel abdecken. Sie können zu raschem Vergleich von einem auf den anderen Farbbereich umgeschaltet werden, wodurch die Sterne dann je nach Farbbereich unterschiedlich hell blinken. Hier zeigen die folgenden Farbsternearten aus [3] diese Helligkeitsunterschiede auch deutlich:



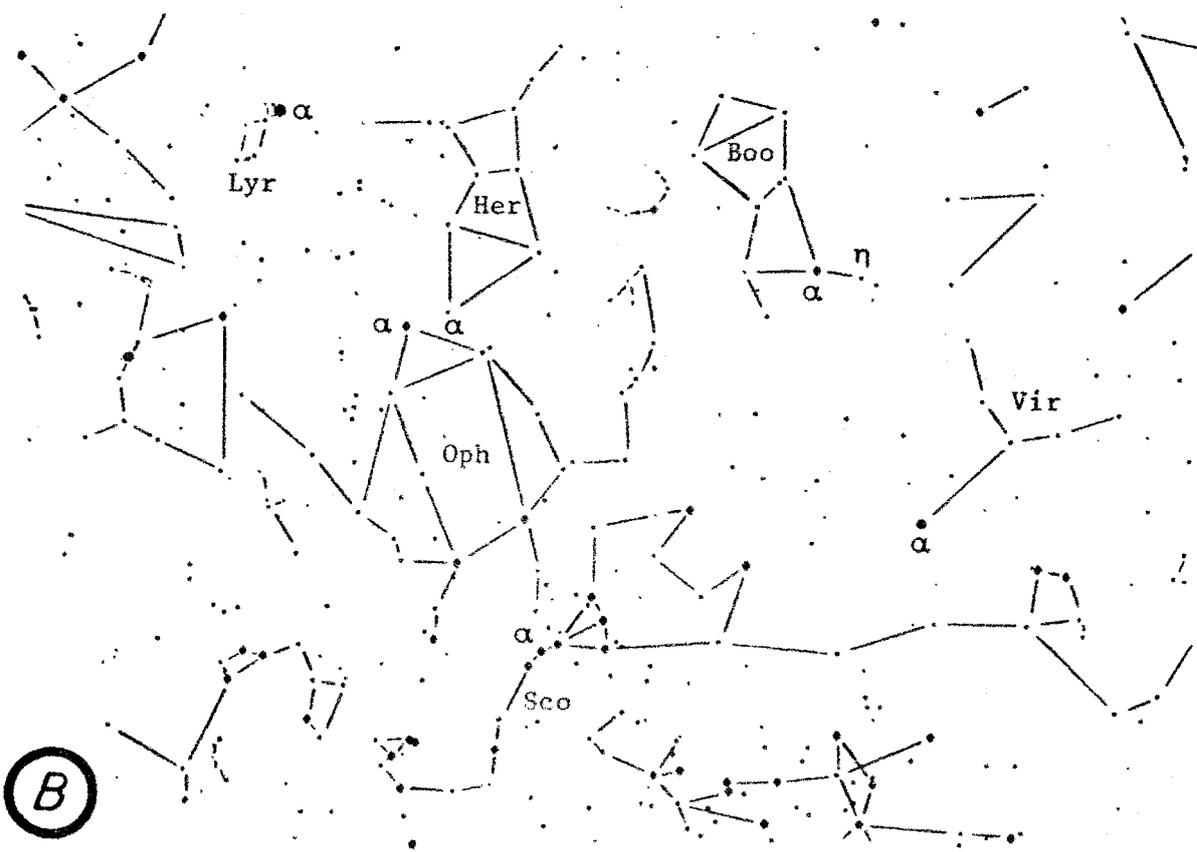
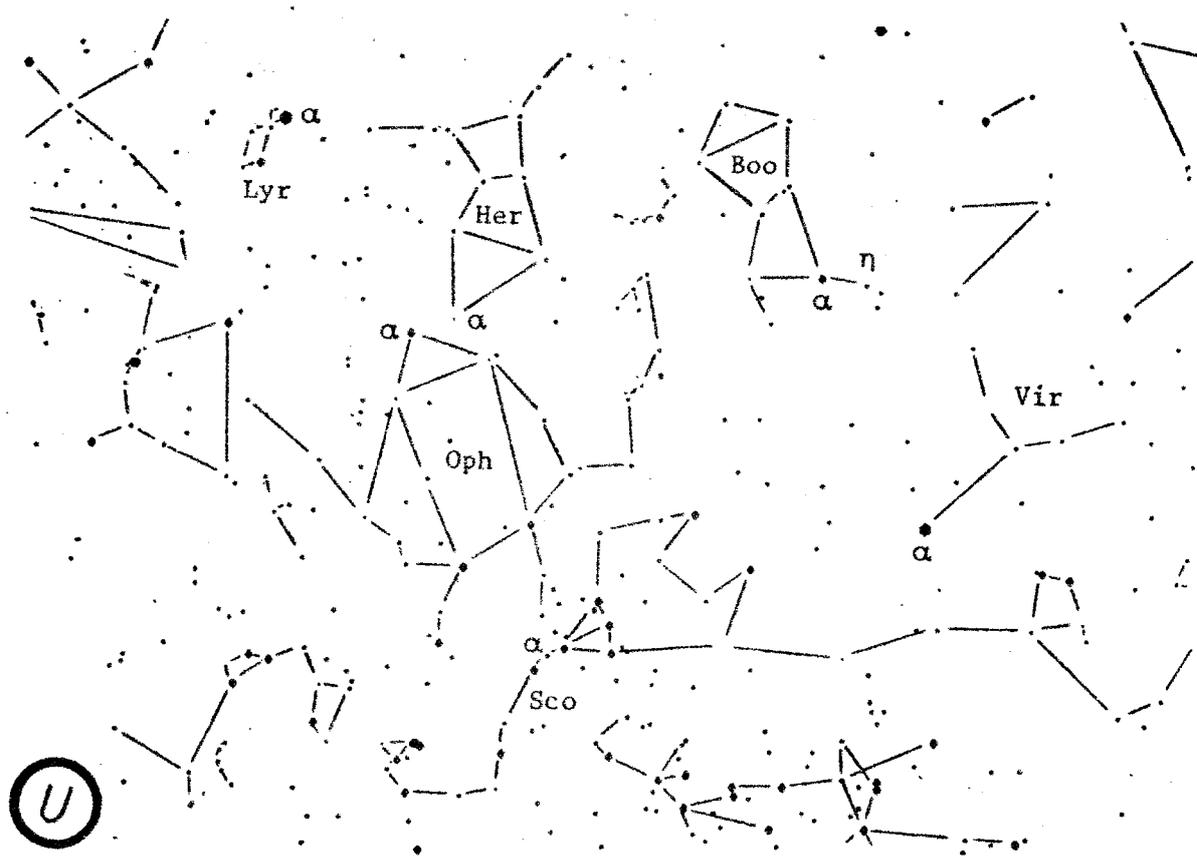
5. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne



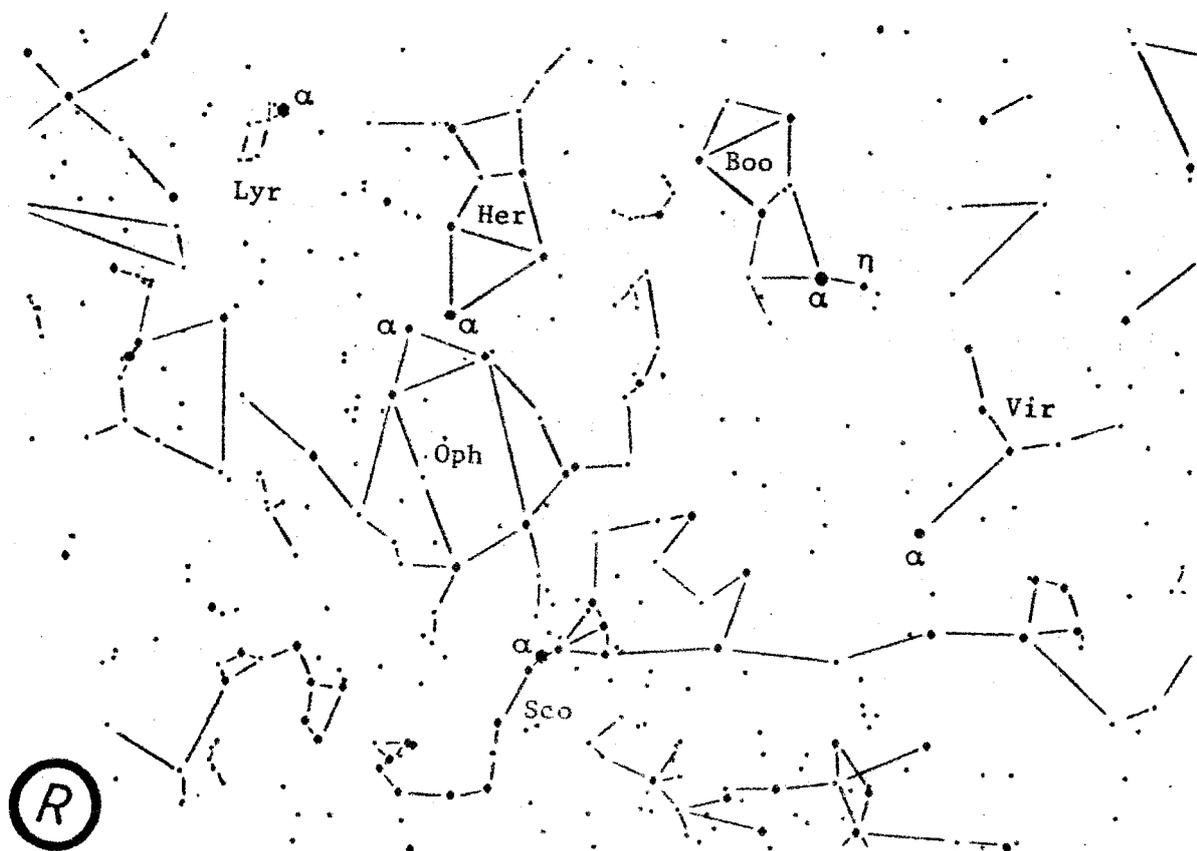
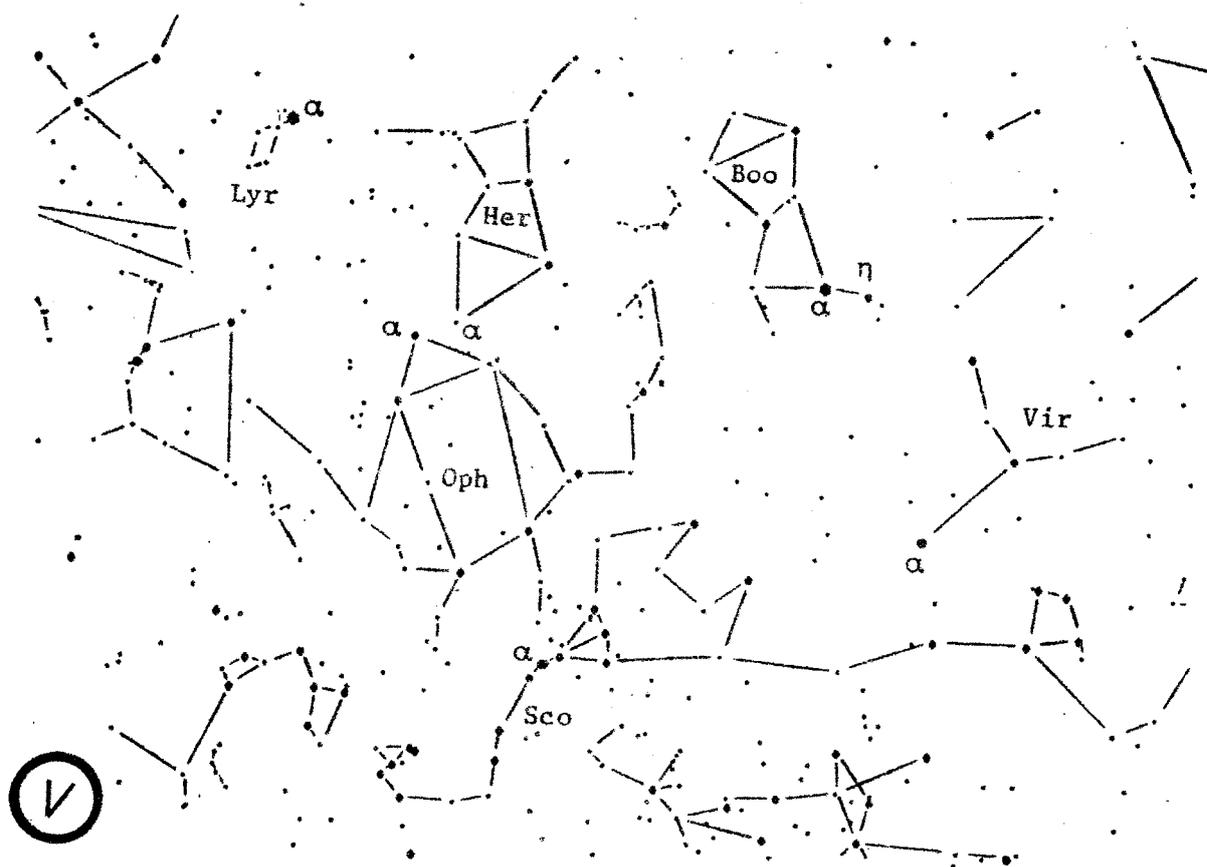
6. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne



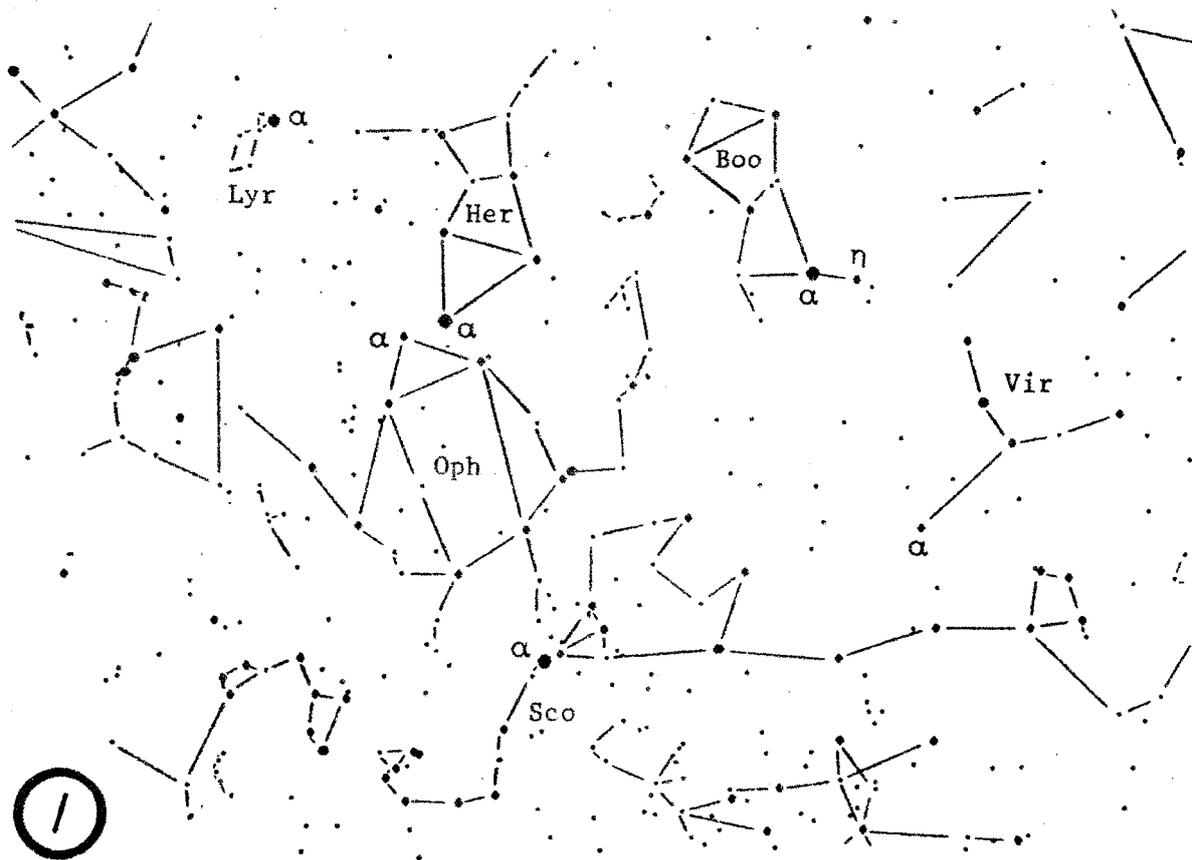
7. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne



8. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne



9. Fortsetzung Referat: Die Farben der Sterne



Literatur

Näheres zur Praxis der Mehrfarbenphotometrie in der Forschung siehe Seminarpapiere 1995, Gastvortrag „Supernova-Beobachtungen ...“ (H.M.Maitzen, R.Pressberger). Dort Beschreibung des bemerkenswerten technischen Fortschritts, den R.Pressberger mit einem rasch rotierenden Filterrad im lichtelektrischen Photometer an seinem RC-Teleskop 100/880cm erzielte. Der äußerst schnelle Wechsel der 6 Filter (Stehzeit 60ms, Wechselzeit nur 20ms!) minimiert die Störungen durch veränderliche Sichtbedingungen und steigert dadurch die Meßgenauigkeit. Der mittlere formale Fehler liegt so auf der Purgathofer-Sternwarte bei Klostereuburg (NÖ) für Sterne +5 bis +7mag bei 0,0035mag und entspricht damit jenem von ESO auf La Silla, einem der klimagünstigsten astronomischen Plätze! Zu diesem Photometer siehe Sternbote 7/1993 (R.Pressberger, H.M.Maitzen, M.Stoll, M.J.Stift). und zu der Anwendung auf Ap-Sterne 12/1996 (H.M.Maitzen, R.Pressberger).

- [1] Iriarte, Braulio; Johnson, Harold L.; Mitchell, Richard I.; Wisniewski, Wieslaw K.: Five-Color Photometry of Bright Stars. The Arizona-Tonanzintla Catalogue, Magnitudes and Colors of 1325 Bright Stars. Sky and Telescope, July 1965, p.21-31, Sky Publishing Corporation, Harvard College Observatory, Cambridge, Mass.02138, USA.
- [2] Graff, Kasimir: Grundriß der Astrophysik, p.506, 507. Verlag B.G.Teubner, Leipzig-Berlin 1928.
- [3] Pietschnig, Michael; Vollmann, Wolfgang: Astronomie-Programmpaket UraniaStar 1.1, mit Handbuch. Wien 1995.

Karl Glaser, Denisgasse 30-34/3/2, A-1200 Wien

Referat: Himmelskundliche Spektralbeobachtungen

Hier soll gezeigt werden, wie schon mit einer Kleinbildkamera und einem Prisma vor dem Objektiv oder mit einem spaltlosen Spektrographen am Fernrohr interessante Spektralaufnahmen gemacht werden können. Mit solch einfachem Instrumentarium kann die außerordentliche Bedeutung der Spektralanalyse für die Astrophysik nachempfunden werden.

1 Das Objektivprisma

Das vom Stern kommende parallele Strahlenbündel durchläuft zunächst das Prisma und wird in seine Spektralfarben aufgespalten; das Objektiv erzeugt die entsprechend ihrer Wellenlänge nebeneinander liegenden farbigen Sternbildchen. Im Fokus entsteht ein fadenförmiges Spektrum, das durch noch zu beschreibende Techniken verbreitert werden kann, siehe die Abb.1:

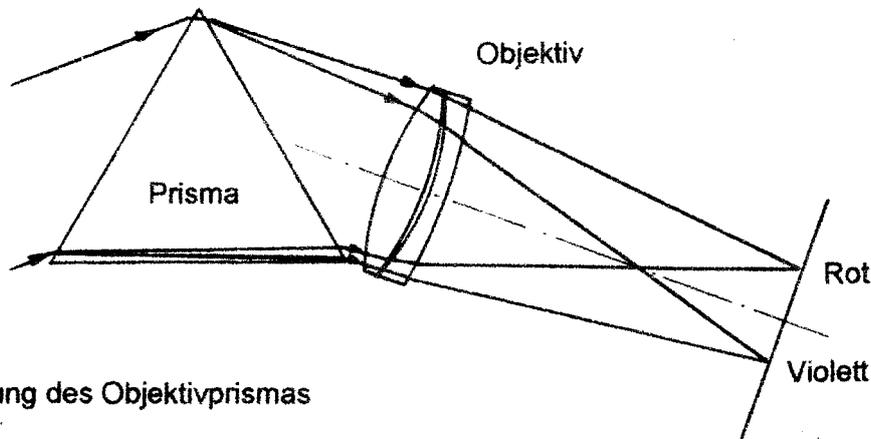


Abb.1: Wirkung des Objektivprismas

Aus optischen Gründen muß das Licht symmetrisch durch das Prisma gehen, d.h. Ein- und Austrittswinkel müssen gleich groß sein. Das ist dann der Fall, wenn das Licht im Prisma parallel zur Grundfläche läuft und dies ist streng nur für einfarbiges, „monochromatisches“ Licht zu erreichen. In Abb.2 ist das Prisma im „Minimum der Ablenkung“, Eintrittswinkel $\alpha =$ Austrittswinkel, dargestellt:

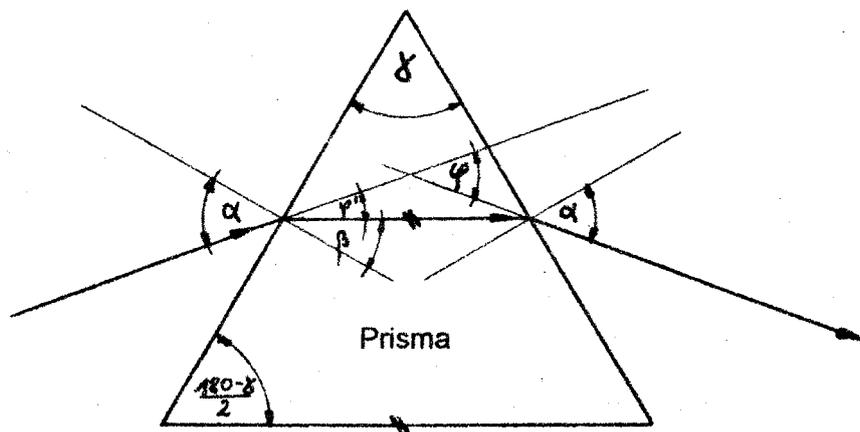


Abb.2: Winkelbeziehungen am Prisma

1. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Spektralbeobachtungen

Für den gegebenen Brechungsindex n , gültig für eine mittlere Wellenlänge, gilt:

$\sin \alpha = n \cdot \sin \beta$ und β folgt aus Abb.2 mit dem brechenden Winkel γ des Prismas zu

$$\beta = \gamma / 2 \quad \text{sowie weiter} \quad \sin \alpha = n \cdot \sin (\gamma / 2)$$

Für die durch das Prisma bewirkte Gesamtablenkung ϕ ergibt sich daher

$$\phi = 2\alpha - \gamma.$$

Möchte man nun den Austrittswinkel α' für eine andere Wellenlänge berechnen, wobei α gleich gelassen wird, so hat man

$$\sin \alpha' = \sin \gamma \cdot \sqrt{n'^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \gamma \cdot \sin \alpha$$

worin n' der Brechungsindex des Prismenglases für die andere Wellenlänge ist.

Die Dispersion δ zwischen zwei vorgegebenen Wellenlängen λ_1 und λ_2 folgt aus Abb.3 zu

$$\delta = | \alpha' \text{ für } \lambda_1 - \alpha' \text{ für } \lambda_2 |$$

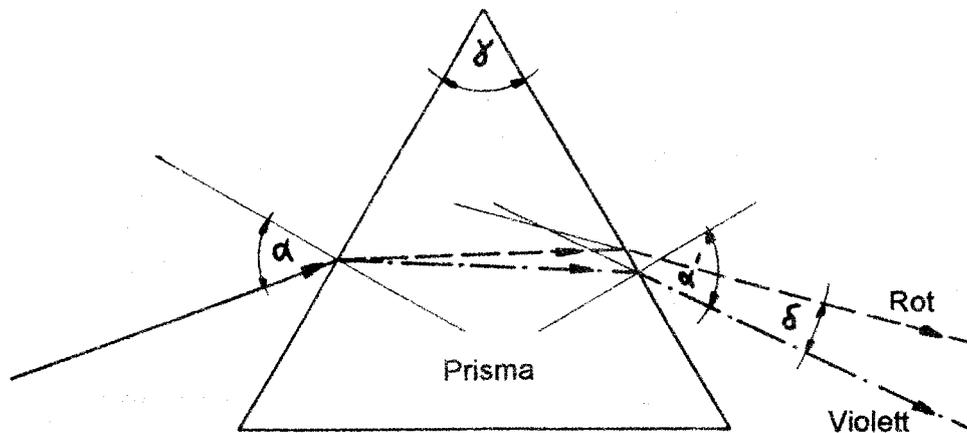


Abb.3: Dispersion

Mein Objektivprisma besteht aus Flintglas, hat einen brechenden Winkel von 60° und besitzt 45mm Kantenlänge. Seine Dispersion beträgt zwischen den Wellenlängen $H\alpha = 656,3\text{nm}$ und $H\zeta = 389,0\text{nm}$ etwa $3,8^\circ$. Ich verwende es zusammen mit einem Teleobjektiv $F/2,8$, $F = 135\text{mm}$, das eine Spektrumlänge am Negativ von rund 9mm erzeugt. Das ergibt einen kleinen Objektivspektrographen.

Abb.4 zeigt, wie das Objektivprisma auf dem Objektiv befestigt ist. Die Prismenhalterung ist mit einem vorn in die Objektivfassung eingreifenden Ring auf einer Grundplatte montiert, die mit einem Spannbügel und zwei M8-Schrauben an dem Teleobjektiv angeklammert wird.

Mit diesem einfachen Instrument kann man die Spektren aller hellen Sterne, die das Bildfeld des 135mm-Teleobjektivs erfasst, gleichzeitig aufnehmen. Sogar das Sonnenspektrum kann man damit ganz einfach erhalten, und zwar als Jupiterspektrum! Denn bei Objektivbrennweiten unter 150mm kann Jupiter als punktförmig angesehen werden. Sein Bildchendurchmesser auf dem Negativ liegt unter 0,03mm und die starken Absorptionsbanden der Jupiteratmosphäre treten erst im Infrarot stark auf, so daß das Jupiterspektrum innerhalb der Auflösung und Reichweite des kleinen Objektivprismenspektrographen mit dem Sonnenspektrum übereinstimmt.

2. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Spektralbeobachtungen

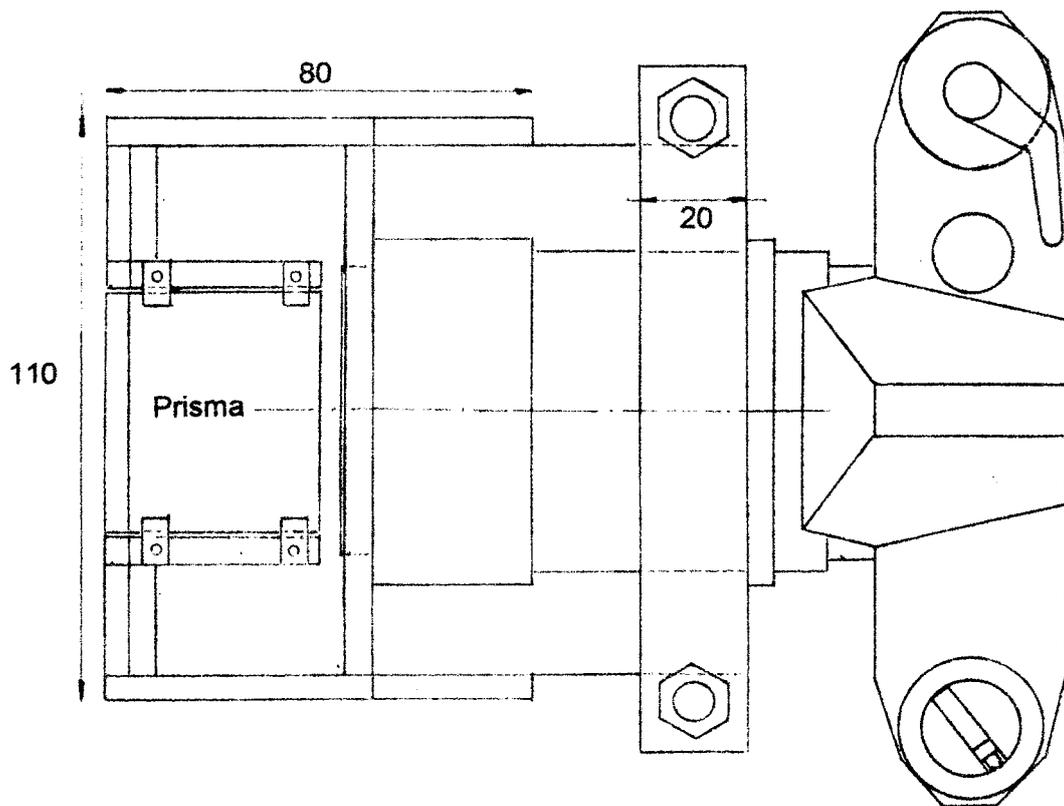
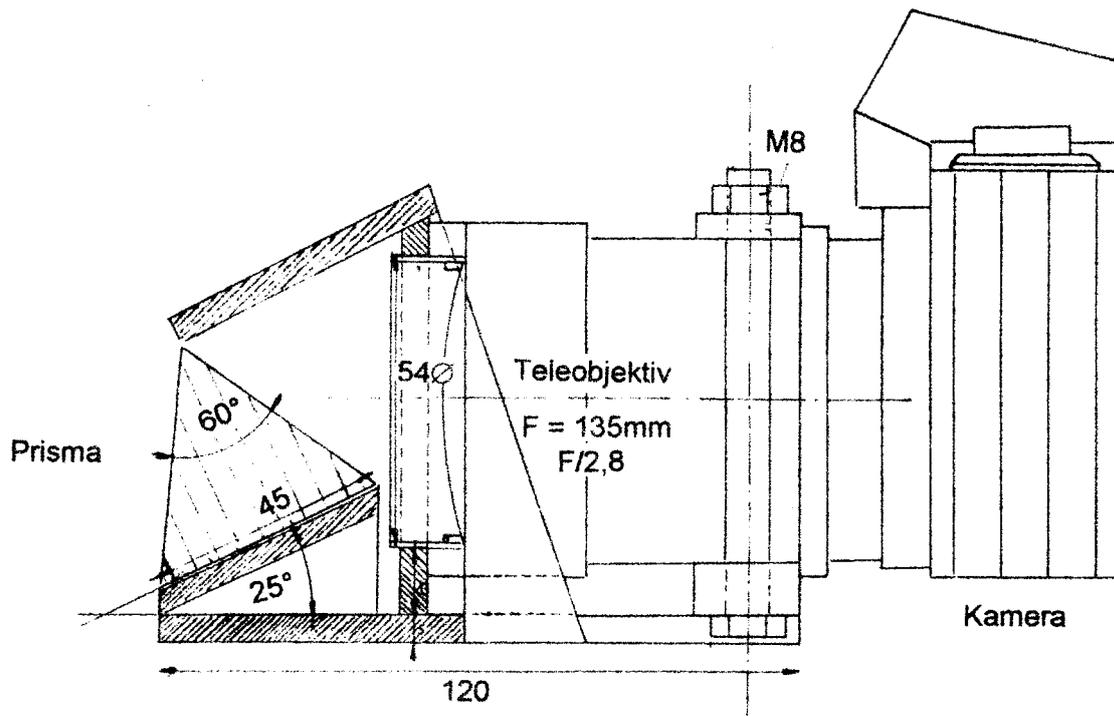


Abb.4: Anbringung des Prismas vor dem Objektiv der Kleinbildkamera. Ansicht von der Seite und von oben

2 Spaltloser Spektrograph für Teleskope

Um im Fokus eines Teleskops Spektren aufnehmen zu können, muß das Licht vor dem Durchgang durch das Prisma parallel gemacht und danach eine Abbildung bewirkt werden. Dazu gibt es, wie Abb.5 zeigt, zwei Möglichkeiten:

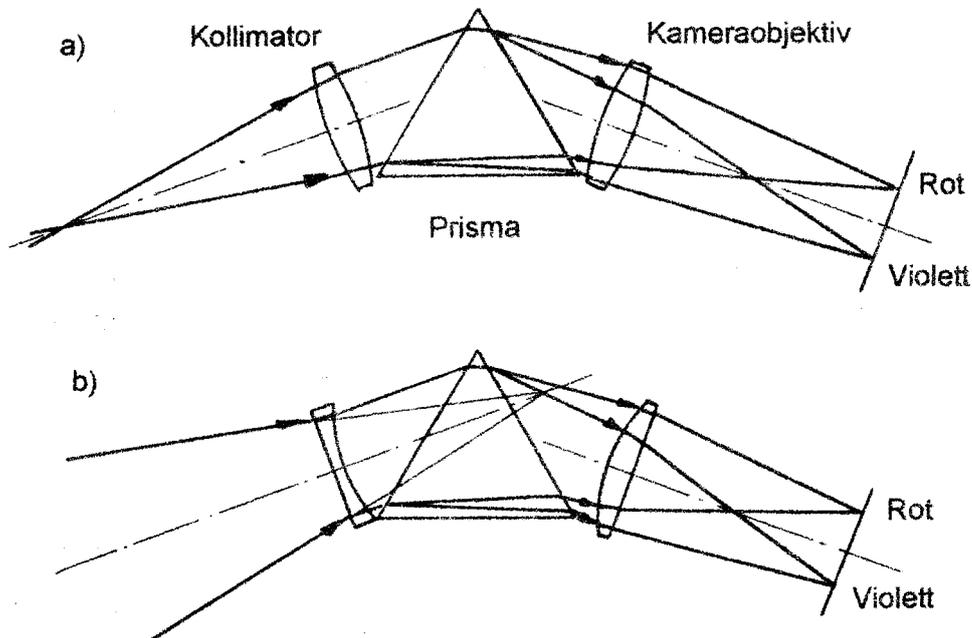


Abb.5: Die beiden Schemata des spaltlosen Spektrographen für Teleskope

- Dieses Schema hat den Nachteil einer großen Baulänge hinter dem Fokus; der Vorteil liegt in der Möglichkeit, einen Spalt hinzufügen zu können. Dieser ermöglicht dann auch die Beschäftigung mit flächigen Objekten.
- Dieses Schema bietet den Vorzug einer kurzen Baulänge hinter dem Fokus. Wählt man die Absolutbeträge der Brennweiten von Zerstreuung- und Sammellinse gleich groß und nimmt sie aus gleichem Glas, so heben sich ihre Fehler gegenseitig nahezu auf. Am günstigsten ist es, die plankonkave Linse mit der Planfläche gegen die Hauptoptik des Teleskops und die plankonvexe Linse mit der Planfläche gegen das Negativ bzw. Auge anzuordnen.

Achromate geben natürlich bei spaltlosen Spektrographen etwas bessere Bilder; sie sind jedoch ungleich teurer und schlucken auch mehr Licht.

Durch Wechselmöglichkeit der Kameraobjektive lassen sich verschieden lange Spektren erzielen und dies erreicht man einfach durch Verwendung einer ganzen Kamera als Endteil.

Die Vorteile spaltloser Spektrographen liegen darin, daß man auch zu schwächeren Sternen vordringen kann. Bei hellen Sternen lassen sich die fadenförmigen Spektren eindrucksvoll direkt beobachten. Die Nachteile sind die größere Abhängigkeit von der Luftunruhe und die Unmöglichkeit, Spektren von jenen kleinen flächigen Objekten zu erhalten, die mit dem Objektivprismenspektrographen wegen der kurzen Brennweite noch spektrographierbar sind. Es ist aber doch möglich, die verschiedenen Emissionslinien heller Gasnebel (etwa Orion-

4. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Spektralbeobachtungen

nebel oder auch Ringnebel in der Leier), die ja im Spektrum weiter distanziert liegen, zu erfassen.

Ich habe meinen spaltlosen Spektrographen mit einem Newton-Teleskop 15/120cm verbunden, dessen Hauptspiegel ich beim Spiegelschleifkurs des Österreichischen Astronomischen Vereins im Mai 1976 herstellte, siehe Sternbote 4/1977, Forum.

3 Aufnahmetechnik: Objektivspektrograph

Das Prisma wird so gedreht, daß die Dispersionsrichtung (Längskante Spektrum) senkrecht zur täglichen Bewegung steht. Bei stehendem Instrument wird infolge der täglichen Bewegung das Spektrum der Breite nach auseinander gezogen. Die Belichtungszeit muß mindestens so lang sein, daß die Spektrenbreite auf dem Negativ 0,3mm wird; bei schmälere Spektren sind die schwächeren Spektrallinien schwer zu erkennen und können von zufälligen Korngruppierungen des Film nicht unterschieden werden. Je breiter das Spektrum, desto besser treten schwächste Linien hervor.

3.1 Nachführung mit dem parallaktischen Pult

Die Einstellung erfolgt wie beschrieben, doch wird das Gerät auf ein parallaktisches Pult gesetzt, wie es Dipl.Ing.N.Pachner im Sternboten 1/1974 zum Selbstbau beschrieben hat. Es wird entweder gleichmäßig, jedoch langsamer als die tägliche Bewegung, nachgeführt oder mehrfach belichtet. Dabei ist folgendes zu beachten: Wenn das Spektrum eines schwachen Sterns aufgenommen werden soll und bekannt ist, daß bei stehender Kamera zur Erzielung eines entsprechend breiten Spektrums eine Belichtungszeit von 30s erforderlich ist, werden wir bei einmaliger Belichtung kein brauchbares Bild erhalten. Es muß daher gelingen, das gleiche Spektrum mehrmals, und zwar deckungsgleich, auf das gleiche Negativ zu bringen. Dies ist so zu erreichen, daß nach Ablauf der 30s das Instrument mittels des parallaktischen Pultes raschest um den Betrag der 30s nachgeführt wird, so daß der Objektivprismenspektrograph wieder genau in der gleichen Lage bezüglich des Sterns wie bei Beginn der Belichtung steht. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt.

3.2 Nachführung mit einem Teleskop

Ich montierte den Spektrographen auf mein 15cm-Newtonteleskop und brauchte ihn für verschiedene Sterne nur einmal zu justieren – dank der parallaktischen Montierung. Auch können so schwächere Sterne (unter +2mag) leichter aufgefunden werden. Der Aufnahmevorgang erfolgt genau so wie vorher erläutert.

4 Aufnahmetechnik: Spaltloser Spektrograph

Der spaltlose Spektrograph, Schema b, Abb.5, wurde am Okularauszug des 15cm-Spiegelteleskops angebracht. – Wieder liegt die Dispersionsrichtung normal zur täglichen Bewegung. Nun gibt es wieder zwei Nachführungsmöglichkeiten:

Man läßt bei eingeschaltetem Nachführmotor den Stern zwischen den zwei Strichen des Nachführokulars des Leitrohrs hin und her pendeln, oder man führt durch sukzessives Nachstellen des Teleskops mit der Feinbewegung nach, wobei man immer nach ein und demselben Zeitintervall den Stern in die Anfangsstellung „zurückholt“, genau so wie beim parallaktischen Pult.

5 Sternrenzgröße und Spektrenbreite

Bei Mehrfachbelichtung wird sicher die Grenzgröße davon abhängen, wie oft ein Spektrum

5. Fortsetzung Referat: Himmelskundliche Spektralbeobachtungen

belichtet wird. Je öfter belichtet wird, desto schwächere Sterne wird man erreichen.

Ein zweiter Faktor ist die Länge einer solchen Teilbelichtung. Je kürzer eine solche Teilbelichtung ist, desto schwächere Sterne – gleiche Bewegungsgeschwindigkeit vorausgesetzt – wird man erreichen! Nehmen wir an, wir machen 10 Teilbelichtungen; dauert eine 20s, so beträgt die ganze Belichtung 200s. Dauert eine Teilbelichtung aber 60s, so beträgt die ganze Belichtungszeit 600s. Das ist das Dreifache der ersten Belichtungsdauer, und dennoch werden die beiden Spektren gleich hell sein; das zweite ist aber breiter als das erste. Beim zweiten Spektrum wird aber der Himmelshintergrund stärker hervortreten und insbesondere den Kontrast sehr schwacher Spektren mindern oder sie ganz unbrauchbar machen.

Man muß daher immer einen Kompromiß zwischen Spektrenbreite und Grenzgröße finden. Einerseits werden schwache Spektrallinien auf breiten Spektren besser erkennbar; aber es zeigt sich, daß eine Verbreiterung auf mehr als 1/10 bis 1/5 der Spektrallänge keinen Vorteil mehr bringt. Man muß also für jedes Gerät samt Beobachtungssituation die optimale Lösung selber finden.

Je dunkler der Himmelshintergrund, desto kontrastreicher werden natürlich die Spektren ausfallen; man erreicht schwächere Sterne. Siehe auch Sternfreunde-Seminar 1976, Gastvortrag Prof. Dipl. Ing. W. Jaschek: Mit der Objektivprismenkamera der Kuffner Sternwarte, 90/180mm, F/2, mit 30°-Prisma, konnte z.B. die Nova Cygni 1975 (V1700) bis +9mag spektrographiert werden.

6 Spektralklassen und Beobachtungseigenheiten

- O Es gibt nur sehr wenige helle Sterne der Klasse O, der Kontrast der Spektren ist sehr gering und dies erfordert sehr klaren Himmel. Eine Erleichterung: Mit dem Objektiv-Objektivprismenspektrographen aufgenommen, sind die Spektren gleichmäßig hell.
- B Hier gibt es, besonders am Winterhimmel, eine große Auswahl heller Sterne. β und γ Ori, η UMa, α Vir, λ Sco, γ Peg ...; der Kontrast der Spektren nimmt von B0 nach B9 zu, sie sind im ganzen Bereich gleichmäßig hell.
- A Dazu zählen eine ganze Reihe heller Sterne: α CMa, β Leo, α Lyr, α PsA ...; dunkler Himmel und feinkörniger Film begünstigt das Hervortreten der ersten Metallinien. Die Spektren sind noch ungefähr gleichmäßig hell.
- F Hierzu zählen als helle Sterne α CMi, α UMi, θ Sco, β Cas. Das Stärkerwerden der Metallinien ist zu sehen und der rote Bereich ist schon heller als der blaue.
- G Dies ist die Klasse unserer Sonne und weiters finden sich: α Aur, δ Cma, β Crv, ϵ Peg. Hier ist der Helligkeitsabfall von Rot nach Blau schon deutlich und bringt einige Mühe bei der Ausarbeitung in der Dunkelkammer mit sich.
- K Dazu gehören helle Sterne wie α Gem, α Boo, ϵ Cyg, α Cas, α Tau. Hier wird der Helligkeitsabfall im Spektrum zum Problem. Erreicht man etwa bei α Lyr, 0,0mag, das Spektrum bis weit über die Balmergrenze hinaus, so kann man bei α Boo, 0,0mag, froh sein, wenn man bei gleicher Belichtungszeit bis zur H- und K-Linie des Kalziums kommt!
- M Helle Sterne dieser Klasse sind α Ori, μ UMa, α Sco, β Peg. Der Helligkeitsabfall im Spektrum ist hier so groß, daß es fast nur mehr möglich ist, den roten bis grünen Bereich zu photographieren.

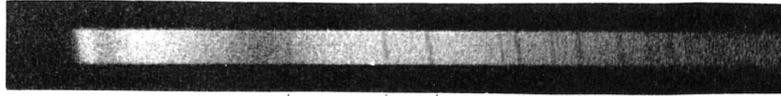
7 Beispiele: Spektrographie von Sternen B bis M und Orionnebel

Die Aufnahmen auf der Folgeseite, 6. Fortsetzung, zeigen die Spektren von γ und β Ori, α CMa, α Cyg, α Aql, α CMi, Sonne (Jupiter), α Aur, α Boo, α Ori und M42. Weitere lohnende Sterne nach Spektralklassen farbkodiert in den Sternkarten 2000,0 der Sternwarte und des Planetariums Prag.

Spektralaufnahmen mit Kleinbildkamera und Objektivprisma

Beilage zum Referat, Seminar 2000

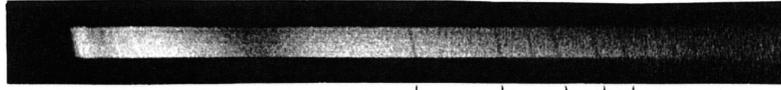
B2 III



Bellatrix γ Ori

H β He I 4471 H γ He I 4144 H δ He I 4045 He I 4004 H ϵ H ζ

B8 I



Rigel β Ori

H δ H ϵ H ζ H η

A1 V



Sirius α CMa

H β H γ H δ H ϵ Ca II H ζ H η H θ H κ

A2 I



Deneb α Cyg

H β H γ H δ Mn I H ϵ H ζ H η

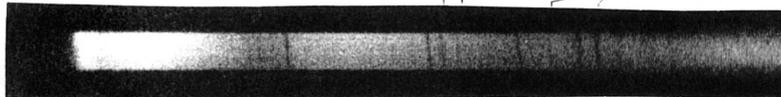
A7 IV,V



Altair α Aql

G Ca I 4226 Sr II 4077 Fe I 4041 Mn I 4030 Ca II K

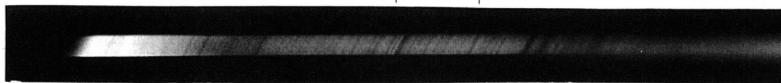
F5 IV



Procyon α CMi

H β H γ H δ

G2 V



Sonne

Fe 4405 G Ca I Fe I Sr II 4077 Fe I 4041 Mn I 4030 Ca II K

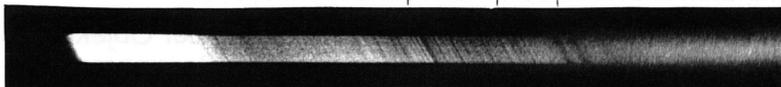
G8 III+F



Capella α Aur

H γ H δ H ϵ

K2 III



Arcturus α Boo

G Ca I 4226 Fe I 4144 Sr II 4077 Fe I 4041 Mn I 4030 Ca II K

M2 I



Betelgeuze α Ori

TiO Banden



Orionnebel M42

4565 5005 5051 5085 5100 5115 5130 5145 5160 5175 5190 5205 5220 5235 5250 5265 5280 5295 5310 5325 5340 5355 5370 5385 5400 5415 5430 5445 5460 5475 5490 5505 5520 5535 5550 5565 5580 5595 5610 5625 5640 5655 5670 5685 5700 5715 5730 5745 5760 5775 5790 5805 5820 5835 5850 5865 5880 5895 5910 5925 5940 5955 5970 5985 6000 6015 6030 6045 6060 6075 6090 6105 6120 6135 6150 6165 6180 6195 6210 6225 6240 6255 6270 6285 6300 6315 6330 6345 6360 6375 6390 6405 6420 6435 6450 6465 6480 6495 6510 6525 6540 6555 6570 6585 6600 6615 6630 6645 6660 6675 6690 6705 6720 6735 6750 6765 6780 6795 6810 6825 6840 6855 6870 6885 6900 6915 6930 6945 6960 6975 6990 7005 7020 7035 7050 7065 7080 7095 7110 7125 7140 7155 7170 7185 7200 7215 7230 7245 7260 7275 7290 7305 7320 7335 7350 7365 7380 7395 7410 7425 7440 7455 7470 7485 7500 7515 7530 7545 7560 7575 7590 7605 7620 7635 7650 7665 7680 7695 7710 7725 7740 7755 7770 7785 7800 7815 7830 7845 7860 7875 7890 7905 7920 7935 7950 7965 7980 7995 8010 8025 8040 8055 8070 8085 8100 8115 8130 8145 8160 8175 8190 8205 8220 8235 8250 8265 8280 8295 8310 8325 8340 8355 8370 8385 8400 8415 8430 8445 8460 8475 8490 8505 8520 8535 8550 8565 8580 8595 8610 8625 8640 8655 8670 8685 8700 8715 8730 8745 8760 8775 8790 8805 8820 8835 8850 8865 8880 8895 8910 8925 8940 8955 8970 8985 9000 9015 9030 9045 9060 9075 9090 9105 9120 9135 9150 9165 9180 9195 9210 9225 9240 9255 9270 9285 9300 9315 9330 9345 9360 9375 9390 9405 9420 9435 9450 9465 9480 9495 9510 9525 9540 9555 9570 9585 9600 9615 9630 9645 9660 9675 9690 9705 9720 9735 9750 9765 9780 9795 9810 9825 9840 9855 9870 9885 9900 9915 9930 9945 9960 9975 9990 10005

8 Filmmaterial für Spektralaufnahmen

Für Spektralaufnahmen sollten Filme verwendet werden, die im gesamten erfaßten Wellenlängenbereich möglichst gleichmäßig empfindlich sind. Der Hinweis auf einen solchen ist dem Münchener Berufsphotographen Hans Bernhard zu verdanken, der auch unter den Astrophotographen große fachliche Anerkennung erworben hat:

Es handelt sich um den **professionellen Schwarzweißfilm SFX 200 von Ilford**, der von etwa 430nm bis 730nm ziemlich gleichmäßig empfindlich ist, siehe Abb.6:

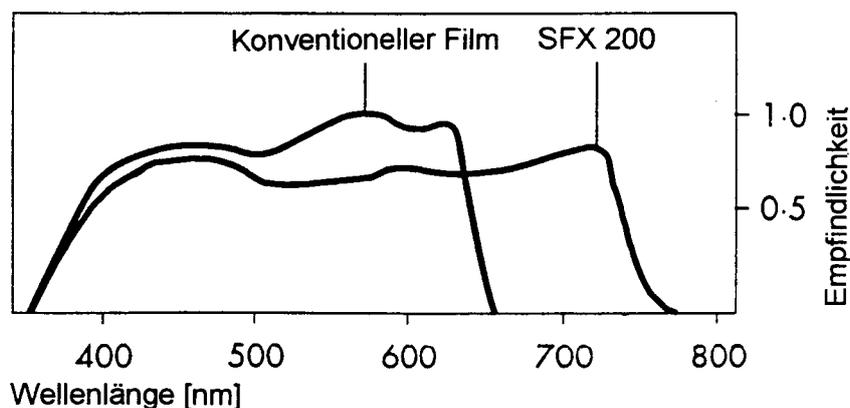


Abb.6: Wellenlänge und Empfindlichkeit

Der SFX 200 – Film besitzt zudem hohe Empfindlichkeit, ISO 200 / 24°; ihm gegenüber ist der Kodak Technical Pan Film feinkörniger, aber wesentlich unempfindlicher und besitzt eine merkliche Empfindlichkeitsschwäche um 500nm herum.

Literatur

Einen ersten Blick auf wissenschaftliche Beobachtungen mit Spaltspektrograph bieten die Seminarpapiere 1995, Gastvortrag „Supernovabeobachtungen..“ (H.M.Maitzen, R.Pressberger). **Grundsätzliches zu Sternspektren** findet sich im Werk von J.B.Kaler.

- Schmiedmayer, J.: *Astrospektroskopie für Amateure*, Sternbote, 22 Jg., Heft 2/1979.
Newtonteleoskop 15/120cm, Sternbote, 20.Jg., Heft 7/1977, Forum.
- Pachner, N.: *Nachgeführte Himmelsaufnahmen ohne Leitgerät (Selbstbau des „Parallaktischen Pultes“)*, Sternbote 1/1974.
- Jaschek, W.: *Astrospektrographie. Aufbau und Anwendung der Objektivprismen-kamera der Kuffner Sternwarte*. Gastvortrag, Seminarpapiere 1976.
- Hlad, O. u.a.: *Sternkarten 2000*. Sternwarte und Planetarium, Královská obora 233, 17021 Praha 7, Tschechische Republik (ATS 75.-; ggf. Euroscheck).
- Kaler, J.B.: *Stars and their Spectra. An Introduction to the Spectral Sequence*. Cambridge University Press, Cambridge UK, 1989.

Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

1 Die Milchstraße - mit freiem Auge und Fernglas beobachtet

Unsere Milchstraße ist eine Spiralgalaxie mit 100.000 Lichtjahren Durchmesser. Unser Beobachtungspunkt Sonnensystem befindet sich etwa 30.000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt in einem Neben-Spiralarm. Da der zwischen den Sternen befindliche Staub die visuelle Beobachtung in der Scheibe der Galaxis in den meisten Richtungen nur für wenige tausend Lichtjahre zulässt, ist es erst in den letzten Jahrzehnten gelungen, den Aufbau der Milchstraße genauer zu ermitteln. Dazu trugen vor allem die Beobachtungen im Radio- und Infrarot-Bereich des Spektrums bei, für die die interstellare Materie durchsichtig ist.

Der Versuch, mit freiem Auge und Fernglas den Aufbau der Milchstraße nachzuvollziehen, erscheint daher hoffnungslos. Dieses Referat möchte aber zeigen, daß einige der Strukturen der Galaxis durchaus ihre Entsprechung im sichtbaren Bild der Milchstraße am Himmel haben. Es soll einen Reiseführer durch die Milchstraße für Sterngucker bieten, die in klaren dunklen Nächten mit freiem Auge und Fernglas unsere Spiralgalaxie genauer ansehen wollen.

2 Der Bau der Galaxis

2.1 Herschels Erforschung der Struktur der Milchstraße

Friedrich Wilhelm Herschel (auch William Herschel; 1738-1822) versuchte als erster, aus Beobachtungen die "Konstruktion des Himmels" zu erforschen. Er hatte keine Möglichkeit, die Entfernungen der Sterne zu messen (obwohl er es versuchte). Er nahm daher an, daß alle Sterne in sich etwa gleich hell sind (gleiche *absolute Helligkeit* haben) und zählte die Sterne nach Helligkeitsstufen (*Größenklassen*) in 700 Feldern über den Himmel verteilt. Diese "Sterneichungen" machte Herschel mit einem von ihm gebauten Spiegelteleskop von 45 cm Durchmesser und 6 Meter Brennweite (das "20 Fuß Teleskop"), das - bedingt durch den benutzten Spiegel aus Metall - in der lichtsammelnden Kraft etwa einem heutigen 30 cm Spiegelteleskop entsprach.

So konnte Herschel erstmals eine Vorstellung der räumlichen Verteilung der Sterne erhalten, das "Mühlstein-Modell":

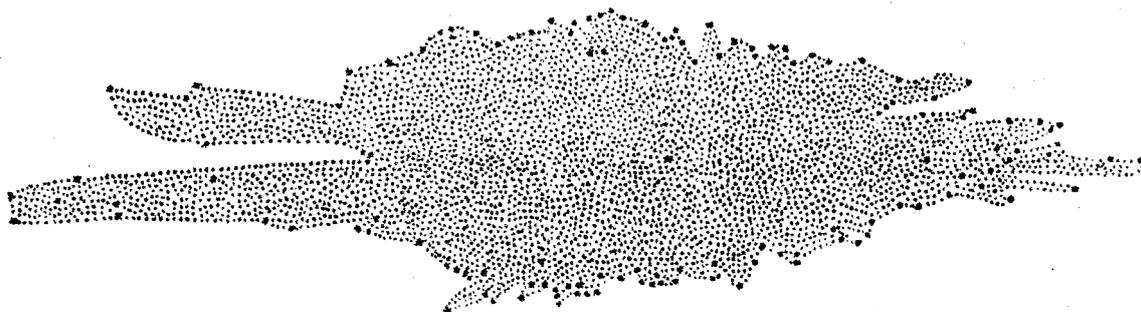


Bild 1: Herschels Mühlstein-Modell (aus Lit. 16)

Es zeigt die Sonne nahe dem Zentrum und viele sternleere "Tunnel", die von der Sonne nach außen führen (hier verdecken interstellare Staubwolken den Blick, wie wir heute wissen). Das Modell gibt also ziemlich genau den Teil der Milchstraße wieder, den wir im

1. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

optischen Spektralbereich beobachten können: etwa 5.000 bis 10.000 Lichtjahre um die Sonne herum.

Das heutige Bild der Milchstraße zeigt den von Herschel erfaßten Bereich der Milchstraße schraffiert:

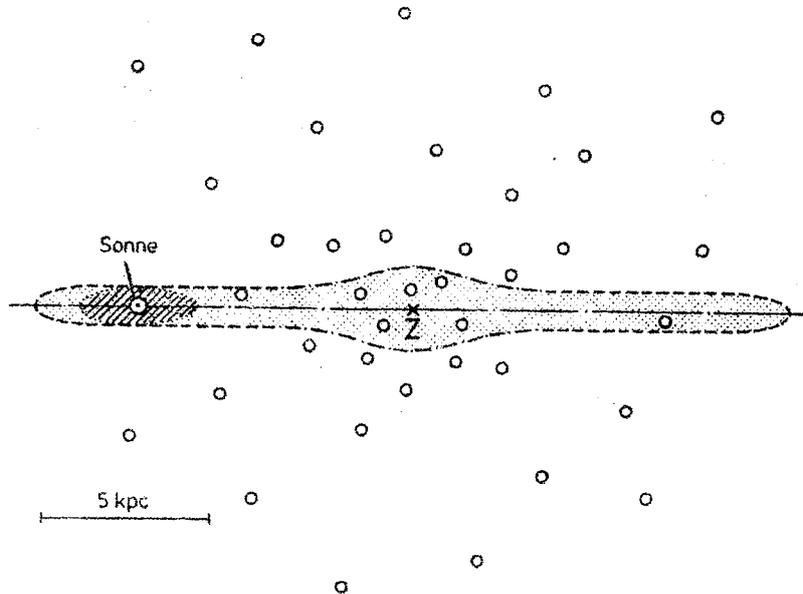


Bild 2: die Milchstraße von der Seite gesehen und ihr visuell sichtbarer Teil (aus Lit. 11). Z = Galaktisches Zentrum. Die Kugelsternhaufen sind durch offene Kreise dargestellt. 5 kpc (Kiloparsec) = 16.000 Lichtjahre.

Die Milchstraße hat zwar 100.000 Lichtjahre Durchmesser, die Scheibe ist jedoch kaum dicker als 2.000 Lichtjahre. Der zentrale "Bauch" (Bulge) der Milchstraße ist nahezu kugelförmig und hat ungefähr 10.000 Lichtjahre Durchmesser. Weiters hat unsere Milchstraße einen schwachen, etwa kugelförmigen Halo, in dem wir vor allem die Kugelsternhaufen als auffallende Objekte finden.

2.2 Die Milchstraße als Ganzes gesehen

Auf lang belichteten Weitwinkelfotos sieht die Milchstraße den bekannten Bildern einer Spiralgalaxie von der Seite gesehen (z.B. NGC 891) sehr ähnlich.

Der Satellit COBE konnte im Infrarot-Licht bei Wellenlängen zwischen 1,2 und 3,5 Mikrometer ein direktes Bild der Milchstraße aus unserer Perspektive 30.000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt gewinnen. Es zeigt den typischen Anblick einer Spiralgalaxie von der Seite. Sie finden es auf der Webseite "Multiwavelength Milky Way": <http://adc.gsfc.nasa.gov/mw/milkyway.html>. Dort finden Sie auch eine sehr gute Gegenüberstellung von Aufnahmen der Milchstraße in unterschiedlichen Spektralbereichen.

2.3 Die Spiralarme unserer Milchstraße

Unsere Milchstraße ist eine Spiralgalaxie. Die Beobachtungen weisen darauf hin, daß der zentrale Bulge mittelgroß bis klein ist und die Arme eher mittel bis weit geöffnet sind: der Hubble-Typ der Milchstraße ist Sb oder Sbc (siehe Literaturverzeichnis). Es gibt auch Hinweise auf einen schwach ausgeprägten Balken der Milchstraße.

2. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

Die Spiralarme in der näheren Umgebung der Sonne

Die Erforschung der Spiralarme der Milchstraße gelang durch die Erfassung der räumlichen Anordnung der *Spiralarm-Anzeiger*: junge heiße helle Sterne vom Spektraltyp O und B (wie z.B. viele Sterne im Sternbild Orion, z.B. die Gürtelsterne) und die von ihnen zum Leuchten angeregten Gaswolken aus Wasserstoff (H II Regionen wie der Große Orionnebel) sowie die jungen offenen Sternhaufen.

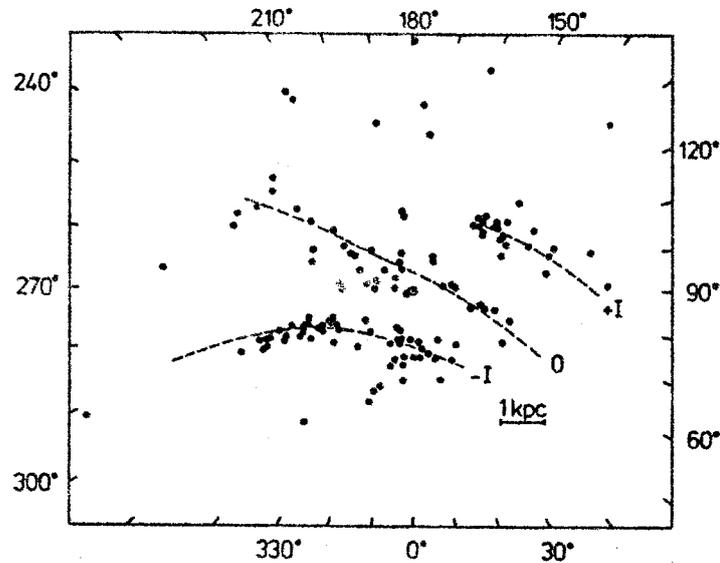
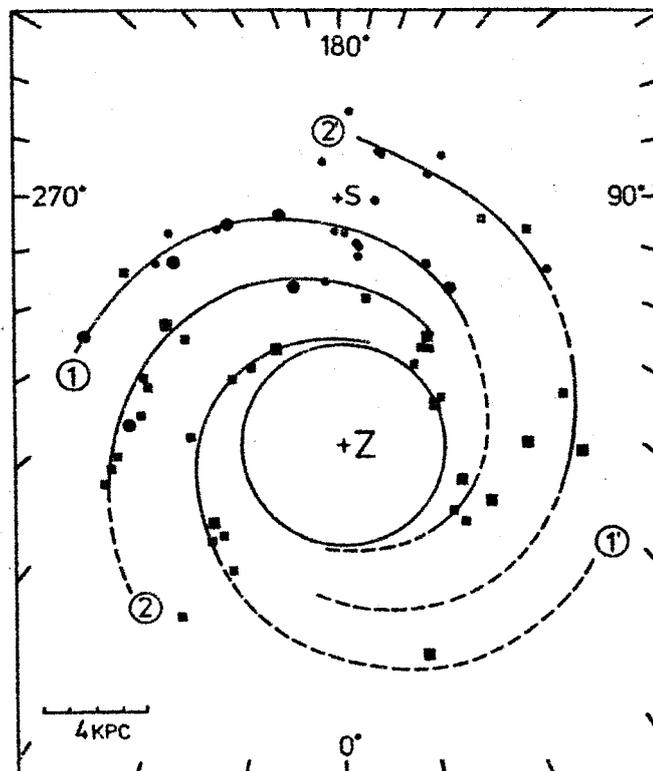


Bild 3: die lokale Struktur der Spiralarme der Milchstraße, aus der Verteilung der jungen offenen Sternhaufen in der Umgebung der Sonne (aus Lit. 11). 1 kpc = 3.260 Lichtjahre. Am Rand ist die galaktische Länge l_1 aufgetragen. Wir erkennen den lokalen Spiralarm 0 (*Orion-Arm*), einen inneren Spiralarm -I (den *Sagittarius-Carina-Arm*) und einen äußeren Spiralarm +I (den *Perseus-Arm*).

Die Spiralstruktur der gesamten Milchstraße



3. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

Bild 4 (vorige Seite): die Spiralstruktur der Milchstraße (aus Lit. 11). Verteilung von 60 Riesen - H II - Regionen in der galaktischen Ebene. Kreise: optisch erfaßte H II - Regionen, Quadrate: Radiobeobachtungen.

Die üblichen Bezeichnungen der Spiralarme sind: 1 = Sagittarius-Carina-Arm, 2 = Scutum-Crux-Arm, 1' = Norma-Arm, 2' = Perseus-Arm (der Orion-Arm ist nicht eingezeichnet). Z = Zentrum der Milchstraße, S = Sonne. 4 kpc = 13.000 Lichtjahre. Am Rand ist die galaktische Länge l_{II} aufgetragen.

Dieses Bild der großräumigen Spiralstruktur der Milchstraße ist noch unsicher.

2.4 Die mit freiem Auge sichtbaren Sterne

Die mit freiem Auge sichtbaren Sterne gehören natürlich zu unserer Galaxis. Sie sind uns jedoch sehr nahe und scheinen uns deshalb ohne Konzentration zur Ebene der Milchstraße zu umgeben. Von den hellen Sternen bis zur Größenklasse 4,75 im Hipparcos-Katalog sind uns mehr als die Hälfte (52%) näher als 250 Lichtjahre. Nur 9% der dort verzeichneten hellen Sterne sind weiter als 1.000 Lichtjahre von uns entfernt.

Die hellen Sterne bis 4,75mag strahlen absolut gesehen zum größten Teil heller als unsere Sonne: sie wäre nur bis zu einer Entfernung von 33 Lichtjahren zu dieser Gruppe zu zählen. Die meisten Sterne, die wir mit freiem Auge sehen können, sind demnach Leuchtkraft-Riesen im Vergleich mit unserer Sonne.

Die absolut besonders hellen Sterne vom Spektraltyp O und B, die auch noch vor recht kurzer Zeit entstanden sind (Millionen von Jahren), zeigen jedoch eine deutliche Konzentration ungefähr zur Ebene der Milchstraße. Der von diesen Sternen beschriebene Großkreis hat den Namen **Goulds Belt** erhalten. Dieses Band ist etwa 20° gegen die Ebene der Milchstraße geneigt und erreicht im Orion bzw. im Skorpion den größten Abstand davon. Dort finden wir also viele besonders heiße, weiße junge Sterne in größerem Abstand vom Milchstraßenband.

3 Beobachtung der Galaxis

3.1 Beobachtungsort, Geräte und Karten

Zur Beobachtung der Milchstraße braucht man kein großes Fernrohr. Es muß allerdings sehr dunkel und klar sein (was durch die Lichtverschmutzung des Nachthimmels heute oft schwierig zu erreichen ist). Die meisten der beschriebenen Strukturen verlangen eine freisichtige Grenzgröße (schwächste sichtbare Sterne) von mindestens 6,0mag, besser noch mehr. Beobachtungsnächte an abgelegenen Standorten in Österreich bieten das ohne weiteres!

Neben der Beobachtung mit freiem Auge sollten Sie ein gutes Fernglas benutzen. Ein 10x50 (10-fache Vergrößerung, 50 mm Durchmesser der Objektivs) bietet einen guten Kompromiß zwischen Transportierbarkeit und Leistung. Ein 10x50 kann aufgestützt im Liegestuhl noch stundenlang freihändig gehalten werden, da es kaum 1 kg wiegt und das Zittern der Hände noch nicht sehr stört. Das bieten größere Ferngläser nicht mehr. Kleinere Ferngläser und niedrigere Vergrößerungen zeigen weniger Einzelheiten.

Ein guter Sternatlas wie der Bright Star Atlas (bis 6.Größe; in Lit.12 und 13) und die Uranometria (bis 9.Größe; Lit.14) dürfen im Gepäck nicht fehlen. Zur Vorbereitung der Beobachtung empfehle ich die Bücher von Burnham (Lit.10), Crossen/Tirion (Lit.12) und Karkoschka (Lit.17).

4. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

3.2 Die Ebene der Milchstraße

Die Milchstraße zieht als großes Band über den Himmel, das uns auf allen Seiten umgibt. Daraus erkennen wir, daß die Milchstraße eine flache Scheibe sein muß, nahe deren Ebene sich unser Beobachtungsort befindet.

Das *galaktische Koordinatensystem* folgt der Zentrallinie der Milchstraße mit dem *galaktischen Äquator*, der einen Großkreis am Himmel beschreibt. Die Ebene der Milchstraße schließt einen Winkel von 63° mit der Ebene des Himmelsäquators ein. Die Schnittpunkte befinden sich im Sternbild Adler bzw. im Einhorn.

Die *galaktische Länge* wird entlang des galaktischen Äquators gemessen:

- 0° Nullpunkt im Schützen (Sagittarius) in der Nähe des Sterns Gamma (γ Sgr): die Richtung zum Zentrum der Milchstraße
- 90° im Schwan (Cygnus) in der Nähe von Deneb (α Cyg): die Richtung, in der unsere Sonnen-Nachbarschaft sich bei ihrem Umlauf um das galaktische Zentrum bewegt
- 180° im Fuhrmann (Auriga) in der Nähe von Beta im Stier (β Tau): die Richtung entgegengesetzt zum galaktischen Zentrum
- 270° im Segel (Vela) in der Nähe des Sterns Lambda (λ Vel): die Richtung aus der die Sonnen-Nachbarschaft kommt

Die galaktische Länge wird auch mit l bezeichnet (zum Unterschied zur heute nicht mehr gebräuchlichen Längenzählung l_1 .)

Die *Pole des Milchstraßensystems* sind beide von Österreich aus sichtbar:

- Nordpol im Haar der Berenike in der Nähe des Coma-Sternhaufens (mit γ Com)
- Südpol im Bildhauer (Scl) 9° südlich von Beta im Walfisch (β Cet)

Die *galaktische Breite* wird auch als b_1 bezeichnet. Zur Umrechnung von Rektaszension und Deklination auf das galaktische Koordinatensystem benutzen Sie z.B. Lit. 3.

Die Schnittpunkte des galaktischen Äquators mit der Ebene der Ekliptik befinden sich nahe der Richtung zum Milchstraßenzentrum (galaktische Länge 0°) bzw. der entgegengesetzten Richtung (galaktische Länge 180°).

4 Kleiner Reiseführer durch die Milchstraße

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf einen Beobachtungsort in Österreich. Die von uns aus nicht sichtbaren Teile der Milchstraße werden nicht behandelt (sie sind allerdings sehr sehenswert!).

Die auffallendsten Einzelobjekte wurden im Sternfreundeseminar bereits beschrieben (siehe Lit. 1, mit Aufsuchkarten). Ortsangaben am Himmel mit Rektaszension α und Deklination δ beziehen sich auf das äquatoreale Koordinatensystem und gelten für das Äquinoktium 2000.0.

Die Beschreibung sollte zusammen mit einem guten Sternatlas (siehe z.B. Lit. 12,13,14) verwendet werden. Interessant ist auch der Vergleich mit dem sehr schönen fotografischen Milchstraßenpanorama von Slawik (Lit. 15).

4.1 Die Milchstraße im Sommer

An einem dunklen klaren Abend im August bietet sich für uns die Milchstraße am schönsten dar. Wir sehen die hellen Sternwolken in Richtung zum Zentrum der Milchstraße im

5. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

Schützen im Südsüdwesten versinken. Das Band der Milchstraße steigt über den Schild (mit der hellen Schildwolke) über den Adler bis zum Schwan hinauf.

Wir sehen, daß wir uns nicht im Zentrum der Milchstraße befinden: in der Richtung zum Schützen finden wir viel hellere Sternwolken als in der Gegenrichtung. Also muß sich das Zentrum der Milchstraße in der Gegend des Schützen befinden, was viele weitere Beobachtungen bestätigt haben.

Die *Richtung des Umlaufs um das galaktische Zentrum* befindet sich fast senkrecht über uns in der Nähe des hellen Sterns Deneb (α Cyg; die eigene Bewegung der Sonne selbst führt uns nicht direkt zur galaktischen Länge $l_{II} 90^\circ$ sondern etwa in die Richtung der Weg $= \alpha$ Lyr).

Vom Schwan aus sehen wir die Milchstraße weiter über Cepheus und Cassiopeia bis zum Perseus im Nordnordosten versinken.

Die große Gabelung der Milchstraße (Great Rift)

Die auffallendste Einzelheit der Sommermilchstraße ist die große Gabelung (Great Rift). Das Band der Milchstraße teilt sich bei Deneb in zwei Ströme, von denen der westliche im nördlichen Schlangenträger endet, der östliche bis zu den Sternwolken im Schützen führt. Diese Gabelung wird durch Wolken aus interstellarem Gas und Staub hervorgerufen, die das Licht der Sterne dahinter abdecken. Die Dunkelwolken der großen Gabelung sind uns recht nahe, stellenweise nur 500 bis 1.000 Lichtjahre entfernt. Sie befinden sich nämlich in der dem Milchstraßenzentrum zugewandten Seite unseres Spiralarms (der Orion-Arm).

Die große Gabelung läßt sich am besten mit freiem Auge erkennen. Bei sehr dunklem Himmel können wir den Wechsel von hellen und dunklen Wolken reich strukturiert wahrnehmen.

Im Fernglas ist die Gabelung besonders auffallend, wenn wir von γ Aql (α 19h46m δ +11°) nach Westen Richtung ϵ und ζ Aql (α 19h02m δ +14°) wandern. Der Unterschied zwischen den hellen Sternwolken und der Dunkelheit des großen Rifts ist sehr auffallend.

Weitere auffallende Dunkelwolken der Sommermilchstraße

Der *Pfeifen-Nebel* im Schlangenträger: den "Stiel" finden wir zwischen α 17h10m und 17h40m sowie δ -27°; der "Pfeifenkopf" liegt bei α 17h32m und δ -25°. Dieser Dunkelwolken-Komplex ist bereits mit freiem Auge deutlich sichtbar und nach dem Great Rift selbst das auffallendste "Loch im Himmel" (W.Herschel). Im 10x50 Fernglas bietet er einen imposanten Anblick mit vielen Einzelheiten. Der Nebel muß näher als die Sternwolken des Sagittarius-Carina-Spiralarms liegen (ca. 5.000 Lichtjahre entfernt), da er diese abdeckt. Wenn er halb so weit entfernt ist, entsprechen die 7° sichtbarer Länge einer Ausdehnung von fast 500 Lichtjahren! Die Dichte der Dunkelwolken-Materie ist sehr gering; nur ihre ungeheure Größe läßt sie ihren Hintergrund merkbar abdecken.

Nördlicher Kohlensack etwa 5° südlich von Deneb: dieses Dunkelgebiet (Mitte ungefähr α 20h42m δ +42°) markiert den Beginn der großen Teilung der Milchstraße (des Great Rift).

Dunkelstreifen nördlich von Deneb: auch diese Dunkelwolke, die etwa zwischen Deneb und α Cep quer zum Milchstraßenzug mit freiem Auge deutlich sichtbar ist, wird manchmal als nördlicher Kohlensack bezeichnet (α 21h00m δ +53°)

Barnard 142/143: die "dreiteilige dunkle Höhle im Adler" (α 19h41m δ +11,0°): ein Dunkelwolkengebiet mit mehr als Vollmonddurchmesser (>30') etwa 2° westlich von γ Aql.

6. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

Zwei dunkle etwa 15' lange "Auswüchse" zeigen nach Westen und führten zum Namen "C-Nebel". Sie sind im Fernglas deutlich sichtbar.

Barnard 168 im Schwan (α 21h52m δ +47,2°): 3° westlich des offenen Sternhaufens Messier 39 (M 39), ist im 10x50 Fernglas deutlich als ein mehr als 1° langer Dunkelstreifen etwa von Ost nach West verlaufend sichtbar. Der Streifen mit der Katalognummer B 168 ist nur etwa 10' breit; der am Ostende befindliche Kokon-Nebel ist nur im Fernrohr sichtbar.

Das galaktische Zentrum

Das galaktische Zentrum liegt im Grenzbereich der Sternbilder Schütze, Schlangenträger und Skorpion am Ort α 17h45,7m δ -29°00'. Dichte Dunkelwolken verdecken uns den Blick dorthin im optischen Spektralbereich.

Trotzdem können wir in der Richtung zum galaktischen Zentrum viele Einzelheiten der Milchstraße erkennen (vom Zentrum in unsere Richtung aufgezählt):

- die große Sagittarius Sternwolke, einen Teil des zentralen Bulge der Galaxis
- die kleine Sagittarius Sternwolke (M 24), ein innerer Spiralarm der Galaxis
- viele Einzelobjekte im Sagittarius Carina-Spiralarm, dem von uns aus nächsten Spiralarm in Richtung Zentrum in 5.000 bis 7.000 Lichtjahren Entfernung
- einige Objekte unseres Spiralarms (des Orion-Arms) im Vordergrund

Sie sind in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

Die große Sagittarius Sternwolke

Der zentrale "Bauch" unserer Milchstraße ist größtenteils durch Dunkelwolken verdeckt. Glücklicherweise gibt es aber ein "Fenster" in den Dunkelwolken: die Große Sternwolke im Schützen unmittelbar nördlich von Gamma Sagittarii um den Ort α 18h02m δ -29° mit unregelmäßiger Form und einem Durchmesser von etwa 5 Grad. Hier sehen wir die entfernteste Struktur unserer Milchstraße, einen Teil des 30.000 Lichtjahre entfernten Bulge. Er ist etwa kugelförmig und ca. 10.000 Lichtjahre im Durchmesser.

Die große Sagittarius Wolke ist von Österreich aus nur sehr tief am Himmel zu sehen. Von einem südlicheren Beobachtungsort, z.B. am Mittelmeer, zeigt sie sich im 10x50 Fernglas reich strukturiert: eine Fülle hellerer und dunklerer Stellen macht diese Gegend sehr reizvoll.

Die kleine Sagittarius Sternwolke (Messier 24)

Messier 24 (α 18h17m δ -18,5°) ist ein Ausschnitt eines inneren Spiralarms, etwa 10-15.000 Lichtjahre von uns entfernt. Die kleine Sagittarius Sternwolke hat etwa rechteckige Form und ist 2 x 1° groß (von Nordosten nach Südwesten länglich). Dieses prächtige Objekt zeigt im Fernglas einen "Knick" in der Rechteck-Form, zwei kleine Dunkelwolken am Nordrand (B 92 und B 93) und etliche sichtbare Sterne (hauptsächlich helle Überriesen; unsere Sonne wäre in dieser Entfernung nicht einmal in einem größeren Fernrohr sichtbar).

Der Sagittarius-Carina Spiralarm

Von unserem Beobachtungsort Sonnensystem aus gesehen liegen wir an der Innenseite eines Spiralarms (dem Orion-Arm). Wir blicken daher über mehrere tausend Lichtjahre bis zum nächsten Spiralarm, dem Sagittarius-Carina-Arm. Viele der Emissionsnebel und Sternhaufen, die wir im Schützen erkennen, gehören zu diesem Arm. Sie sind etwa zwischen 5.000 und 7.000 Lichtjahre entfernt und zeigen uns die Dicke eines typischen Spiralarms: 3.000 bis 4.000 Lichtjahre (in der Ebene der Milchstraße gemessen).

7. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

Die für freies Auge und Fernglas schönsten Objekte im Sagittarius-Carina Arm sind:

M 8, Lagunennebel (Gasnebel, α 18h04m δ -24,4°): bereits mit freiem Auge deutlich sichtbar, im Fernglas mit Strukturen; Entfernung 6.000 Lichtjahre.

M 20, Trifidnebel (Gasnebel, α 18h03m δ -23,0°): Entfernung 6.000 Lichtjahre.

M 17, Omeganebel (Gasnebel, α 18h21m δ -16,2°): Entfernung 6.000 Lichtjahre.

M 21 (Offener Sternhaufen, α 18h05m δ -22,5°): aufgelöst im Fernglas, Entfernung 4.000 Lichtjahre.

Der lokale Spiralarm (Orion-Arm)

Die Sterne des Sternbilds Schütze selbst und die offenen Sternhaufen M 23 und M 25 gehören zu unserem lokalen Spiralarm: dem *Orion-Arm*.

M 23 (Offener Sternhaufen, α 17h57m δ -19,0°): im Fernglas bereits aufgelöst; Entfernung: 2.200 Lichtjahre.

M 25 (Offener Sternhaufen, α 18h32m δ -19,2°): ebenfalls im Fernglas auflösbar; Entfernung: 2.500 Lichtjahre.

Die *hellen Sterne im Schützen* sind zwischen 78 Lichtjahren (Lambda Sgr) und 430 Lichtjahre entfernt (Pi Sgr). Nur My Sgr ist mit 4.000 Lichtjahren Entfernung bereits im Sagittarius-Carina-Arm zu finden.

Relativ wenige Objekte in Richtung Schütze sind uns nahe und gehören zu unserem Spiralarm. Das zeigt, daß wir auf seiner Innenseite liegen und für die weiteren Objekte unseres Arms in die andere Richtung sehen müssen: zu den Sternbildern Fuhrmann, Stier und Orion.

Die Schildwolke

Die in unseren Breiten hellste und auffallendste Milchstraßenwolke befindet sich im Schild, am Ort α 18h46m δ -7°. Sie markiert die Stelle, an der wir einen Teil des Sagittarius-Carina-Spiralarms sich nach innen Richtung galaktisches Zentrum biegen sehen (galaktische Länge $l_{II} = 26^\circ$).

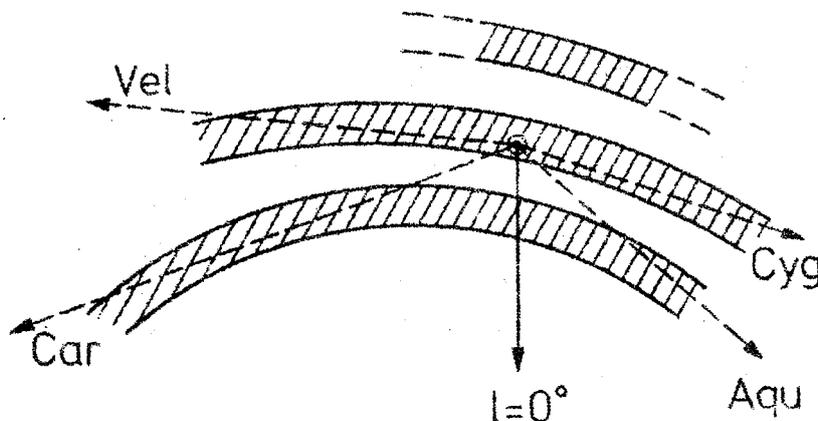


Bild 5: Zur Deutung der großen Helligkeitsmaxima in der Milchstraße (aus Lit. 11). $l = 0^\circ$: Richtung zum galaktischen Zentrum. Richtung Vel-Cyg: Orion-Arm (lokaler Spiralarm). Richtung Car-Aqu: Sagittarius-Carina-Spiralarm. Entgegengesetzt zu $l=0^\circ$: Perseus-Spiralarm (unbezeichnet).

8. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

Die **Schildwolke** hat grob dreieckige Form und ist in dunklen Nächten brillant zu sehen. Im Fernglas zeigt vor allem ihre West- und Nordwestseite mit dem abrupten Helligkeitsabfall an, daß dort die Dunkelwolken des Großen Rifts weitere Teile des Spiralarms verbergen.

Der wunderschöne Sternhaufen **Messier 11**, den wir in dieser Richtung sehen, ist trotz seiner Entfernung von etwa 6.000 Lichtjahren ein Vordergrundobjekt (α 18h51m δ -6,3°).

Die Milchstraße im Adler

Zwischen Schildwolke und Schwanwolke sehen wir in den Zwischenraum zwischen dem Sagittarius-Carina-Arm und dem lokalen Spiralarm. In diesem relativ leeren Zwischenarm-Bereich finden wir nur wenige offene Sternhaufen und Gasnebel.

Eine dichte Sternwolke nahe der galaktischen Länge $l_{\text{II}} = 49^\circ$ (α 19h36m δ +14°) bietet im Fernglas im Kontrast mit den Dunkelwolken der großen Gabelung (Great Rift) und der dreiteiligen dunklen Höhle im Adler besonders schöne Anblicke.

Die Sternwolke im Schwan

Die nächste helle Sternwolke von der Schildwolke entlang des galaktischen Äquators finden wir im Schwan, etwa zwischen Beta und Gamma Cygni. Hier blicken wir wieder direkt der Länge nach in einen Spiralarm: unseren eigenen, der sich in dieser Richtung nach innen zum Zentrum der Milchstraße windet. Er ist zwischen der galaktischen Länge 60 und 80 Grad sichtbar, das Helligkeitsmaximum finden wir etwa bei $l_{\text{II}} = 73^\circ$ (siehe Bild 6).

Die **Schwanwolke** ist der hellste Teil der Milchstraße nördlich des Himmelsäquators und daher von Österreich aus besonders gut zu sehen (erreicht bei der Kulmination fast den Zenit).

Besondere Objekte für Fernglasbeobachter in dieser Richtung sind:

Die Assoziation Cygnus OB7 mit Deneb in etwa 2 bis 3.000 Lichtjahren Entfernung beinhaltet den **Nordamerika-Nebel NGC 7000** (α 20h59m δ +44,3°). Dieser Nebel ist mit freiem Auge sichtbar, aber nur sehr schwer von der hellen Milchstraßen-Sternwolke im Norden davon zu unterscheiden. Am besten ist der Nebel im Fernglas 10x50 auszumachen, wo er deutlich seine Form zeigt. Jede Himmelsaufhellung oder -trübung erschwert die Beobachtung sehr.

Im Schwan finden wir auch einen Supernova-Überrest, der im Fernglas deutlich seine halbkreisförmige Struktur zeigt: den **Cirrus-Nebel** (ca. 1.500 Lichtjahre entfernt). Gut sichtbar ist der östliche Bogen NGC 6992 (α 20h57m δ +31,4°). Für den westlichen Streifen um den Stern 52 Cyg (NGC 6960, α 20h46m δ +30,7°) benötigt man wegen der Überstrahlung durch den Stern ein Fernrohr.

4.2 Die Milchstraße im Herbst

Im November finden wir abends Cassiopeia und Perseus nahe dem Zenit.

Der Perseus-Arm

Zwischen Delta Cephei über die Cassiopeia bis zum Doppelsternhaufen η und Chi im Perseus bietet unser Spiralarm ein Fenster zwischen seinen Dunkelwolken. Hier können wir den nächstäußeren Spiralarm sehen: den *Perseus-Arm*.

Dazu gehören unter anderem

9. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

- der namensgebende Doppelsternhaufen **h** und **Chi Persei** selbst (α 2h21m δ +57,1°), der bereits mit freiem Auge als zwei Nebelfleckchen deutlich sichtbar ist; Entfernung 8.000 Lichtjahre
- die meisten der **offenen Sternhaufen in der Cassiopeia** in einer Entfernung zwischen 5.000 und 9.000 Lichtjahren Entfernung, z.B. M 52, M 103, NGC 457, NGC 663 und NGC 7789, die alle im 10x50 bereits sehr gut sichtbar sind.

Die Sterne des "Himmels-W" der Cassiopeia selbst sind Vordergrundobjekte in einer Entfernung zwischen 55 Lichtjahren (β Cas) und 600 Lichtjahren (γ Cas).

4.3 Die Milchstraße im Winter

An einem klaren Abend im Februar sehen wir die Milchstraße als blasses Band von Cassiopeia im Nordwesten über Perseus und Fuhrmann zwischen den Zwillingen, dem Stier und Orion in die sternarme Gegend des Einhorn sinken. Wir können sie weiterverfolgen bis in den Großen Hund und das Achterschiff des Schiffes Argo (Puppis), wo sie für uns unter den Horizont sinkt.

Die Wintermilchstraße ist deutlich blasser und von weniger Dunkelwolken durchzogen als die Sommermilchstraße. Wir blicken in der Nähe des Grenzbereichs der Sternbilder Stier und Fuhrmann nicht weit entfernt von β Tau direkt hinaus und genau in die entgegengesetzte Richtung zum Zentrum.

Der nahe Teil des Orion-Arms

Die Wintermilchstraße bietet uns den Blick in unseren eigenen Spiralarm, den *Orion-Arm*, auf dessen Innenseite wir uns befinden. Der Orion-Arm bietet uns viele helle nahe Sternhaufen, Assoziationen und Nebel. Wir finden dort:

Den **α Persei Sternhaufen** (α 3h24m δ +49,9°) in 600 Lichtjahren Abstand - ein auch in der Großstadt mit einem kleinen Fernglas beeindruckender Sternhaufen.

Im Stier sind die beiden wunderschönen Sternhaufen der **Hyaden** (α 4h28m δ +16,5°, 150 Lichtjahre Distanz) und der **Pleiaden** (α 3h47m δ +24,1°, 400 Lichtjahre Distanz) zu finden, die beide in einem schwach vergrößernden Fernglas den besten Anblick bieten.

Schließlich zeigt uns das Sternbild Orion selbst die großartige **Orion-Assoziation**, die unserem Spiralarm den Namen gab. Dieses Gebiet, in dem immer noch Sterne entstehen, ist etwa 1.600 Lichtjahre von uns entfernt und mehrere hundert Lichtjahre tief. Dazu gehören die meisten hellen weißen Sterne des Orion vom Spektraltyp O und B, wie z.B. die Gürtelsterne δ , ϵ und ζ Orionis.

Im Schwert des Orion finden wir natürlich auch den **Großen Orionnebel** (Messier 42/43, α 5h36m δ -5,4°), eine H II Region, die von den darin entstandenen jungen O Sternen zum Leuchten angeregt wird und 1.400 Lichtjahre entfernt ist. Er zeigt im 10x50 bereits deutlich seine "Schwingen", wenn die Nacht dunkel ist: zwei Bögen aus leuchtendem Gas, die sich vom Zentrum über West bzw. der zweite über Osten nach Süden biegen und sich dort nahezu treffen.

Das Herz des Orion-Arms

Hinter den relativ nahen Objekten des vorigen Abschnitts finden wir eine Fülle von weiteren Mitgliedern unseres Spiralarms. Besonders bemerkenswert im Fernglas sind z.B.

- die offenen Sternhaufen **M 36, 37 und 38** im Fuhrmann (alle etwa 4.000 Lichtjahre entfernt (M 36: α 5h36m δ +34,1°, M 37: α 5h52m δ +32,5°, M 38: α 5h29m δ +35,8°)

10. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

- der offene Sternhaufen **M 35** in den Zwillingen in 3.000 Lichtjahren Entfernung (α 6h09m δ +24,3°). Wir können ihn gut mit freiem Auge als kleine Wolke sehen, wenn die Nacht dunkel und klar ist.
- der berühmte **Rosettennebel** im Einhorn, ein Emissionsnebel in 5.000 Lichtjahren Abstand (α 6h32m δ +5,0°). Er zeigt sich auch im 10x50 bereits deutlich als blasser Schimmer von fast einem Grad Durchmesser um den armen Sternhaufen NGC 2244 herum.

Der Rand der Galaxis

Weit außerhalb des Orionarms sehen wir im 10x50 einen der entferntesten offenen Sternhaufen der Milchstraße: **NGC 2158** in den Zwillingen. Er liegt nur 1/2 Grad südwestlich des bekannten M 35 am Ort α 6h07,5m δ +24°06'. Eine dunkle Nacht zeigt ihn im 10x50 eindeutig als kleine schwache Wolke. Da er in 16.000 Lichtjahren Entfernung und nahezu in der Richtung zum galaktischen Antizentrum steht, befindet er sich fast am Rand der Milchstraße, der dort nur etwa 20.000 Lichtjahre von uns entfernt ist.

Der Große Hund und das Achterschiff (Puppis)

In dieser Richtung in der galaktischen Länge von 240° blicken wir wieder der Länge nach in unseren Spiralarm, wie er sich vom Zentrum der Milchstraße hinauswindet. Daher finden wir wieder eine Fülle von offenen Sternhaufen und anderen Objekten, allerdings zum Teil in großer Entfernung und daher im Fernglas schon schwieriger sichtbar. Besonders schön sind:

- der offene Sternhaufen **M 41** im Großen Hund (α 6h47m δ -20,7°; 2.500 Lichtjahre)
- der offene Sternhaufen **M 46** im Achterschiff (α 7h42m δ -14,8°; 6.000 Lichtjahre)
- der offene Sternhaufen **M 47** im Achterschiff (α 7h37m δ -14,5°; 1.800 Lichtjahre)
- der offene Sternhaufen **M 93** im Achterschiff (α 7h45m δ -23,9°; 4.000 Lichtjahre)

In dieser Richtung ist unser Spiralarm etwa in der galaktischen Länge 240° sichtbar. Wenn wir ihn im Schwan sehen (l_{II} ca. 70°), befindet er sich innerhalb des rechten Winkels zum Milchstraßenzentrum ($l_{II} = 90^\circ$): dort zieht er hinein zum Zentrum der Galaxis. Hier in der Wintermilchstraße ist er außerhalb des rechten Winkels zum Milchstraßenzentrum ($l_{II} = 270^\circ$) sichtbar: deutlich entfernt er sich nach außen. Da die Richtung der galaktischen Rotation im Schwan bei $l_{II} = 90^\circ$ liegt, können wir deutlich sehen, daß unsere Milchstraße die Spiralarme bei der Drehung nachzieht. Die Spiralarme sind also in Drehrichtung näher am Kern, in der Gegenrichtung weiter vom Kern entfernt.

4.4 Die Milchstraße im Frühling

An einem Mai-Abend ist von Österreich aus die Milchstraße kaum zu sehen. Hoch über uns steht der **galaktische Nordpol** im Haar der Berenike (α 12h51m δ +27,1°), daher ist das Band der Milchstraße am Horizont im Dunst verschwunden.

Trotzdem ist für einen Fernglas-Beobachter eine auffallende Eigenschaft der Milchstraße zu sehen: besonders viele Kugelsternhaufen stehen nun am Himmel und mehr als ein Dutzend sind in einer klaren dunklen Nacht leicht zu finden.

Diese auffallende Häufigkeit der Kugelhaufen entsteht durch ihre Konzentration um das galaktische Zentrum im Schützen. In dieser generellen Richtung sind fast alle Kugelsternhaufen zu finden; in der entgegengesetzten Richtung (bei uns der Winterhimmel) finden wir nur sehr wenige Kugelhaufen).

11. Fortsetzung Referat: Die Milchstraße - unsere Spiralgalaxie

Da vor allem die Kugelsternhaufen auf der Nordpolseite des galaktischen Zentrums größere Deklinationen und damit bei uns größere Höhen über dem Horizont erreichen, können wir diese in Österreich gut sehen.

Besonders gut im Fernglas sichtbare Kugelsternhaufen am Frühlingshimmel sind auf der galaktischen Nordseite des Milchstraßenbandes:

M 13 im Herkules (α 16h42m δ +36,5°), Entfernung 25.000 Lichtjahre

M 92 im Herkules (α 17h17m δ +43,1°), Entfernung 30.000 Lichtjahre

M 3 in den Jagdhunden (α 13h42m δ +28,4°), Entfernung 30.000 Lichtjahre

M 5 in der Schlange (α 15h19m δ +2,1°), Entfernung 25.000 Lichtjahre

M 10 im Schlangenträger (α 16h57m δ -4,1°), Entfernung 15.000 Lichtjahre

M 12 im Schlangenträger (α 16h47m δ -2,0°), Entfernung 18.000 Lichtjahre

M 4 im Skorpion (α 16h24m δ -26,5°), Entfernung 7.000 Lichtjahre

M 22 im Schützen (α 18h36m δ -23,9°), Entfernung 10.000 Lichtjahre

Auf der galaktischen Südpolseite des Milchstraßenbandes finden wir:

M 15 im Pegasus (α 21h30m δ +12,2°), Entfernung 35.000 Lichtjahre

M 2 im Wassermann (α 21h34m δ -0,8°), Entfernung 40.000 Lichtjahre

5 Literatur

Papiere der Sternfreunde-Seminare (in Klammern ist das Jahr angegeben):

1. Mucke, Hermann: Interstellare Materie, Sternhaufen und Galaxien. Daten sowie Aufsuchkarten für die freisichtigen Objekte und deren Rolle im Weltbild (1996)
2. Mucke, Hermann: Die Milchstraße in der astronomischen Phänomenologie (1992)
3. Aus der Geschichte der Milchstraßenforschung: Wiedergabe der Beschreibung der Milchstraße aus der Syntaxis (1990).
4. Zur Phänomenologie der Milchstraße. Mit visuellen Isophoten nach Elsässer-Haug und Pfeleiderer (1990).
5. Pietschnig, Michael: Interstellare Materie und Sternhaufen (1990).
6. Kimeswenger, Stefan: Strukturuntersuchungen der Milchstraße mit Hilfe photographischer Flächenphotometrie (1990).
7. Maitzen, Hans M.: Die Dynamik unseres Milchstraßensystems (1990).
8. Mucke, Hermann: Galaktische Koordinaten und Milchstraßenpanorama (1988).
9. Elsässer, Hans / Haug, Ulrich: Über eine lichtelektrische Flächenphotometrie der südlichen und nördlichen Milchstraße in zwei Farben und die Struktur des galaktischen Systems (1988).

Weitere empfehlenswerte Literatur zur Milchstraße und ihrer Beobachtung:

10. Robert Burnham, jr: Burnhams Celestial Handbook. 3 Bände, Dover Publications, 1978.
11. Helmut Scheffler, Hans Elsässer: Bau und Physik der Galaxis. 2. Auflage. BI Wissenschaftsverlag, Mannheim 1992.
12. Craig Crossen, Wil Tirion: Binocular Astronomy. Willmann-Bell, Richmond 1992.
13. Wil Tirion: Bright Star Atlas 2000. Sky Publishing.
14. Tirion, Rappaport, Lovi: Uranometria 2000.0. Willmann-Bell, Richmond 1987.
15. Eckhard Slawik: Die Milchstraße. Eine Panorama-Aufnahme unserer Galaxie. Spektrum Akademischer Verlag, 1999.
16. Nigel Henbest, Heather Couper: The Guide to the Galaxy. Cambridge University Press, 1994. (eine deutsche Übersetzung erschien im Birkhäuser Verlag, Basel).
17. Erich Karkoschka: Atlas für Himmelsbeobachter. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 1997.

Wolfgang Vollmann, Gerichtsgasse 20/23, A-1210 Wien

E-Mail: vollmann@ping.at

Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

Zusammenfassung

Moderne Taschenrechner bieten ausreichende Leistung auch für langwierige astronomische Berechnungen und eignen sich perfekt für den Sternfreund unterwegs, abseits von Zivilisation und Stromanschluß. Ein derartiges Programmpaket wird vom Autor selbst vorgestellt.

1 Einleitung

In den letzten Jahren haben Computer auch in der Amateur-Astronomie Einzug gehalten. Programme wie URANI STAR unter DOS oder THE SKY und GUIDE unter Microsoft® Windows™ sowie in jüngster Zeit graphisch sehr ansprechend gestaltete Programme wie REDSHIFT oder STARRY NIGHT finden sich wohl auf vielen PCs von Amateuren. Der Einsatz moderner CCD-Kameras ist ohne Computerausstattung ohnehin nicht denkbar.

Oft verfügen Amateure allerdings nicht über eine eigene ortsfeste Sternwarte. Mobile PCs (Laptop, Notebook) helfen hier weiter, allerdings nur solange die Batterien halten, also bestenfalls einige Stunden.

Ist aber aus Platz- oder Versorgungsgründen der Einsatz eines PCs nicht möglich, gibt es mittlerweile leistungsstarke Kleinstcomputer, die Taschenrechnern früherer Jahre eigentlich nur noch in der Gehäusegröße ähneln.

2 Serie HP-48

1990 brachte HEWLETT-PACKARD eine neue Taschenrechnergeneration auf den Markt, die Serien HP-48SX und im folgenden Jahr HP-48S. Die Grundausstattung von 256kB eingebauter Software und 32kB Speicher für Benutzerdaten sowie das grafikfähige 131 × 64 LCD-Display erlauben hier schon recht interessante Programme, auch die Berechnung von Planetenpositionen mit recht brauchbarer Genauigkeit für zeitlich nahe Jahrzehnte. Eine eingebaute Uhr erspart die lästige Zeiteingabe für die Gegenwart.

Programme können entweder direkt in den Rechner eingegeben werden oder auf einem PC geschrieben und über eine serielle Schnittstelle (Kabel) in den Rechner geladen werden. Zwischen zwei Rechnern ist Datenaustausch sogar über eine Infrarot-Schnittstelle möglich. Das Modell HP-48SX war außerdem durch Einsatz von bis zu 2 128kB Speichererweiterungskarten auf 288kB Benutzerspeicher ausbaubar. Bei nicht übermäßiger Nutzung der Datenübertragungseinrichtungen kommt der Rechner mit einem Satz Alkali-Batterien einige Monate aus. Nach Erscheinen eines Batteriewarnsignals sollte man innerhalb einiger Tage für Ersatz sorgen, normales Arbeiten ist jedoch solange noch möglich. Diese Genügsamkeit gestattet auch längere Aufenthalte abseits von Zivilisation und Stromanschluß.

In der USENET Newsgroup `comp.sys.hp48` wurden in der Folge zahllose Programme veröffentlicht, die jeder Interessierte in seinen Rechner laden konnte¹. Darunter befanden sich auch einige astronomische Anwendungen.

¹ U.a. natürlich jede Menge Spiele, aber auch „Verrücktheiten“ wie eine lernende IR-Fernbedienung!

1. Fortsetzung Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

1993 wurde eine verbesserte Version dieses Taschenrechners vorgestellt: HP-48G bzw. HP-48GX. Neben Verdopplung der Prozessor-Taktrate auf 4MHz, verbesserter Benutzerführung (Eingabemasken für komplexere Programme, ...) erlaubt die erweiterbare Version (HP-48GX) die Verwendung von einer 128kB-Erweiterungskarte, der andere Steckplatz ist sogar mit einer Karte von theoretisch bis zu 4MB ausrüstbar. Die größte von HP angebotene Karte hatte allerdings nur 1MB. Diese Karten waren leider extrem teuer.

Nach einer langen Entwicklungspause erschien 1999 eine stark überarbeitete Version dieses Rechners: HP-49G. Er bietet viele der besten mathematischen Softwarepakete, die für den HP-48 geschrieben wurden, bereits eingebaut. Trotz des radikalen äußeren Designwechsels ist das „Innenleben“ dem des HP-48 so ähnlich, daß die meisten vorhandenen HP-48 Programme ohne oder mit geringen Änderungen auch auf dem neuen Modell laufen. Das Betriebssystem wird in Flash-ROM gehalten, eventuelle Fehler können durch neue Versionen des Betriebssystems, die über das Internet beschafft werden können, einfach behoben werden. Aus technischen Gründen mußte leider die Infrarot-Schnittstelle entfernt werden, Erweiterungssteckplätze sind ebenfalls nicht verfügbar. Allerdings ist die Speicherausstattung mit 1MB Betriebssystem und insgesamt 1.5MB für Benutzerprogramme, Daten und Programmbibliotheken mehr als ausreichend für die meisten Anwender.

3 Astronomie mit dem HP-48

3.1 Entwicklung

ASTRO-HANDY

Nach Experimenten mit vorhandenen Programmen entschloß sich der Autor 1994 zu einer Eigenentwicklung auf Basis des Standardwerks für astronomische Berechnungen, „Astronomical Algorithms“ [1] von JEAN MEEUS. Im Sommer 1995 war das ASTRO-HANDY für die Modelle HP-48SX und HP-48GX in Kleinserie auf ROM-Karten mit ergänzenden Programmen auf Diskette verfügbar. Es beinhaltet praktisch alle Berechnungen aus [1], erlaubte die Berechnung von Beobachtungsdaten für Objekte im Sonnensystem, Sterne und DeepSky-Objekte, Zeichnung einer Sternkarte, Darstellung der Jupitermonde, Finsternisse, u.v.a.m.

URANIA/48 V2.0

1996 wurden Programme und Dokumentation auf Englisch übersetzt, um den vollständigen NGC-Katalog erweitert und unter dem neuen Namen URANIA/48 veröffentlicht. Eine Testversion war kostenlos über das World Wide Web erhältlich.

In den folgenden Jahren wurden mit Hilfe des nun vorliegenden Algorithmen-Toolkits zahlreiche Zusatzprogramme sehr rasch und speichersparend entwickelt.

URANIA V2.1

Mit dem Erscheinen des HP-49G stellte sich die Frage, ob es URANIA/48 auch auf dem neuen Rechnermodell geben könnte. Da die beiden Modelle beinahe Quellcode-kompatibel sind, war die Frage schnell mit „ja“ beantwortet. Dies führte zu einer abermaligen gründlichen Überarbeitung und Erweiterung der Programme, wobei auch auf Wünsche von

2. Fortsetzung Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

Anwendern eingegangen werden konnte. Die erweiterte Neuauflage von MEEUS [2] erlaubt auch endlich die genaue Berechnung der Stellung der Saturnmonde. Diese neue, mittlerweile etwa 500kB umfassende Version ist seit Februar 2000 für die Rechnermodelle HP-48GX und HP-49G verfügbar.

3.2 Leistungsumfang

Die im über 50-seitigen (englischsprachigen) Handbuch dokumentierten Teile von URANIA umfassen über 130 Kommandos, dazu kommen noch dutzende Zusatzprogramme.

Einige Anwendungsbeispiele für den Einsatz dieses Rechners sollen die Verwendbarkeit demonstrieren.

Aufsuchprogramme

Es gibt Programme für alle Planeten (Abb. 1(a)), Kleinplaneten und Kometen (mit bequemer Möglichkeit, Bahndaten einzugeben bzw. zu ändern), 328 Fixsterne (alle bis 3.0^{mag} , alle mit bekanntem Eigennamen sowie von jedem Sternbild mindestens einer; Abb. 1(b)), Doppelsterne und Veränderliche Sterne (erweiterbare Listen), Messier-, RNGC- und sonstige (erweiterbar) DeepSky-Objekte. Alle diese Programme geben neben zahlreichen Koordinaten und Objektdaten auch jeweils das Sternbild, in dem das Objekt sich derzeit befindet, Aufgangs-, Untergangs- und Kulminationszeiten und -azimute sowie Kartennummern in den Atlanten SKY ATLAS 2000.0 und URANOMETRIA 2000.0 an.

Planetenmonde

Ein Ergebnis des Programms für die Jupitermonde zeigt Abb. 2 links oben. Ein vergrößerter Ausschnitt zeigt ggf. den Großen Roten Fleck sowie Monde im Durchgang. Saturnmonde zeigt Abb. 2 rechts und links unten: die Graphik ist skalierbar, Anblick umschaltbar für geradsichtiges/umkehrendes Fernrohr, mit oder ohne Zenitspiegel.

<pre>Jupiter Ari L: 42.510° λ: 34.411° EL:44.89°E B: -1.106° β: -0.978° R: 4.976AU = 5.629AU = 46.8Lhin ILL: 99.52 d: 34.97" Mag: -1.7 α2000: 2h 3m,9 δAT: 2h 3m,9 \$2000: 12° 4' δAT: 12° 4' +(71°): 07:56 Az(NESH):268.27° +(290°): 21:52 Altitude: 17.82° x(180°): 14:54 Hour Ang: 5h 6m,7 Sky Atlas:10 Uranometria:I, 174 DATE: 9. 3.2000 TIME: 20:00:00 JD: 2451613.29166 *T: 65.0s Obs.:L:16.385°E B:48.212°N NEZ</pre>	<pre>α Tau Aldebaran Mag(V): 0.85 M(abs): -0.3 B-V: 1.54 Sp: K5+III v Dist: 21 pc = 68 ly COORD: J2000.0 Apparent at Date α: 4h35m55s,2 δ: 4h35m54s,7 \$: 16°30'33" \$: 16°30'26" +(64°): 10:00 Az(NESH):240.02° +(297°): 00:40 Altitude: 44.45° x(180°): 17:20 Hour Ang: 2h40m,7 Sky Atlas:11 Uranometria:I, 179 DATE: 9. 3.2000 TIME: 20:00:00 JD: 2451613.29166 *T: 65.0s Obs.:L:16.385°E B:48.212°N NEZ</pre>
---	---

Abbildung 1: Aufsuchprogramme: (a) Planet -- (b) Fixstern

Sternkarten

Der Sternenhimmel kann als Planisphäre (Abb. 3) oder als horizontparallele Zylinderprojektion gezeichnet werden. Ein anderes Programm zeigt die Planeten entlang der Ekliptik in schneller Übersicht.

3. Fortsetzung Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

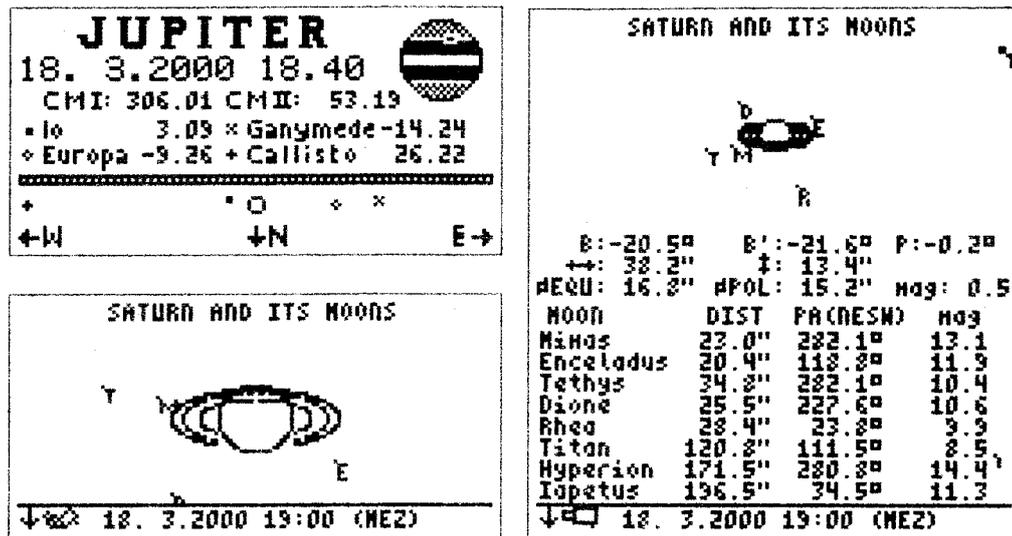


Abbildung 2: Planetenmonde: Jupiter, Saturn (links unten mit Zenitspiegel)

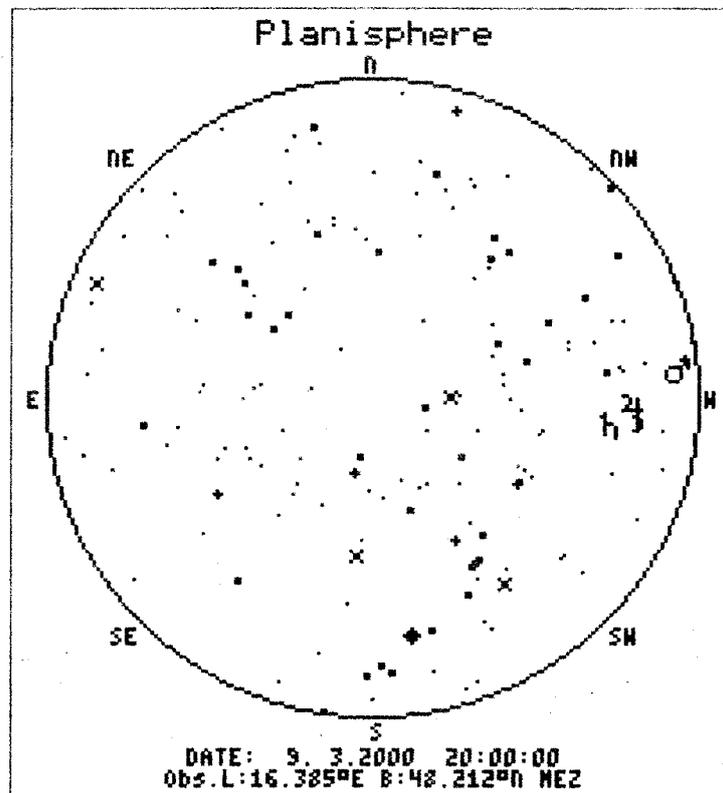


Abbildung 3: Planisphäre

Beobachtungsplanung

- Dämmerungszeiten und Auf- und Untergangszeiten des Mondes
- Allgemeine Auf- und Untergänge
- Jahresübersicht zu besonderen Stellungen der Planeten

4. Fortsetzung Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

Schwerpunkt Mond

- geozentrische und topozentrische Position
- Physische Ephemeride incl. topozentrische Libration
- Mondphasen
- GröÙte nördliche und südliche Deklination
- Passagen durch Peri- und Apogäum
- Knotendurchgänge
- Sonnenhöhe über einem Punkt auf der Mondoberfläche. Ein Zusatzprogramm erlaubt die Angabe der Sonnenhöhe über einer benannten Stelle, z.B. einem Krater.
- Winkelgeschwindigkeit am Himmel

Einige Beispiele zeigt Abbildung 4.

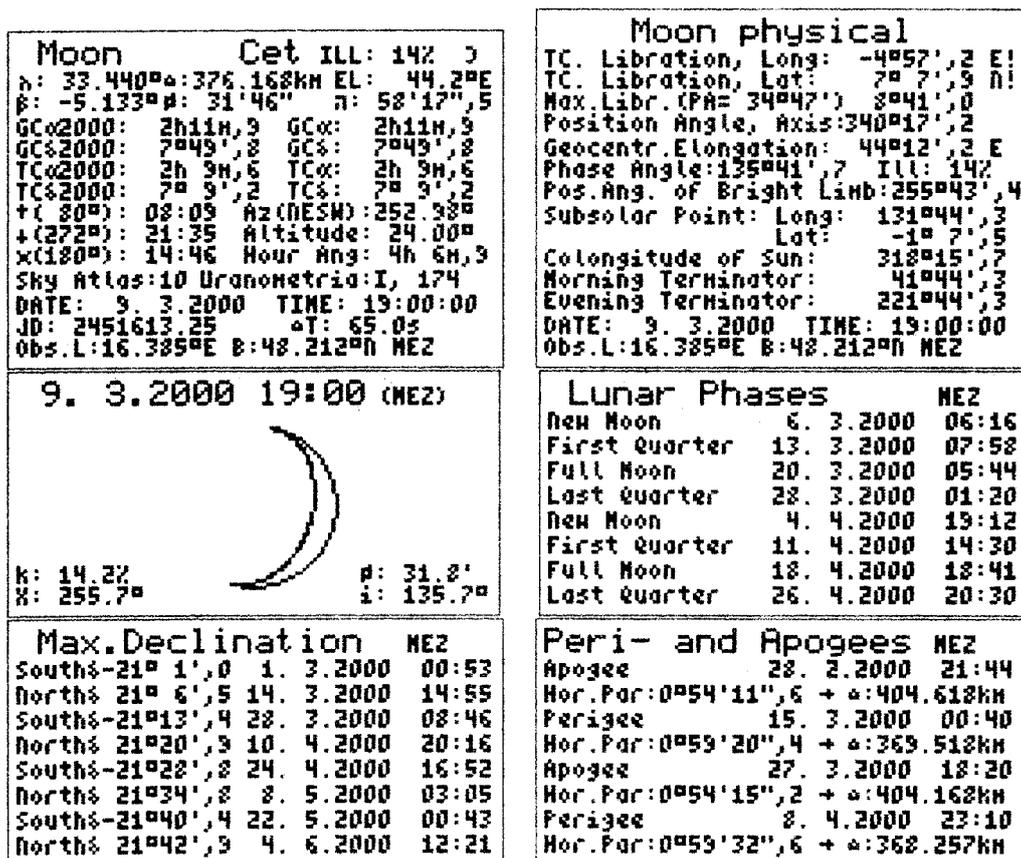


Abbildung 4: Einige Mondprogramme

5. Fortsetzung Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

Finsternisse

Ein Programm zur raschen Suche von Sonnen- und Mondfinsternissen ist im Kern von URANIA enthalten (Abb. 5). Ein Zusatzprogramm erlaubt die sekundengenaue Berechnung lokaler Umstände für Sonnenfinsternisse nach Auswahl bzw. Neueingabe eines Satzes BESSEL'scher Elemente aus der bekannten Fachliteratur, z.B. [3]. Die Berechnung genauer Elemente bleibt derzeit noch PCs vorbehalten.

<pre>11. 8.1999 11:04 DT Central Total SOLAR ECLIPSE in Ascending Node Vis.: Northern Hemisphere, $\gamma=0.506$ Radius of Umbra: -0.004 Earth R. Radius of Penumbra: 0.542 Earth R. Maximal Eclipse: 11. 8.1999 13:03 (TIME GIVEN FOR ZONE MESZ)</pre>	<pre>21. 1.2000 04:45 DT Total Lunar Eclipse in Ascending Node Max: South of Shad. center, $\gamma=-0.296$ Radius of Umbra: 0.745 Earth R. Radius of Penumbra: 1.280 Earth R. MAX. MAGN. in UMBRA: 1.324 Entry Penumbra: 21. 1.2000 03:05 Entry Umbra: 21. 1.2000 04:03 Begin Totality: 21. 1.2000 05:05 Mid - Eclipse: 21. 1.2000 05:43 End of Totality: 21. 1.2000 06:22 Exit Umbra: 21. 1.2000 07:24 Exit Penumbra: 21. 1.2000 08:21 (TIMES GIVEN FOR ZONE MESZ)</pre>
<pre>Eclipse is central Max size: 100.69% Moon:Sun=1.0285 CONTACT TIME PA ZA ALT 1st 11:23:51 225.7 312.2 52.2 2nd 12:46:03 76.5 20.2 57.7 Max 12:47:03 197.5 201.4 57.7 3rd 12:48:04 312.6 322.1 57.7 4th 14:09:56 109.0 88.4 54.6 Date: 11. 8.1999 $\Delta T: 63.7$ Obs: L:16.4533°E B:47.5558°N MESZ</pre>	

Abbildung 5: Angaben zu Finsternissen

Uhren, Kalender, Datumsarithmetik

Die eingebaute Uhr ermöglicht die Berechnung der aktuellen Sternzeit. URANIA bietet eine laufende Sternzeituhr, für das zuletzt gesuchte Objekt eine laufende Stundenwinkel-/ Deklinations-/ Azimut-/ Höhen-Uhr (incl. Refraktion!), Sternzeit für beliebiges Datum, Julianischen Tag (JD), Tagnummer im Jahr, Jahr mit Dezimalteil, Wochentag zu jedem Datum, Osterdatum, etc.

Koordinatentransformationen

Natürlich bietet URANIA die gängigen Transformationen, Äquatorial \leftrightarrow Ekliptikal, Stundenwinkel/Deklination \leftrightarrow Azimut/Höhe, Äquatorial \leftrightarrow Galaktisch (II)

Sternhelligkeiten

Kombinierte Helligkeiten, Helligkeitsverhältnis, absolute Helligkeit aus scheinbarer Helligkeit und Entfernung.

6. Fortsetzung Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

Programmierfunktionen

Eine umfangreiche Toolbox ermöglicht dem Anwender, auf die meisten Unterprogramme und Funktionen von URANIA zuzugreifen und diese für eigene Programme zu verwenden. Zahlreiche Beispiele werden mitgeliefert, u.a. Programme, die Phasenfiguren für Mond, Merkur und Venus sowie Achsenlage von Mars und Saturn berechnen und zeichnen. Ein anderes Zusatzprogramm führt die geozentrische Bewegung eines Planeten entlang der Ekliptik vor (Abb. 6).

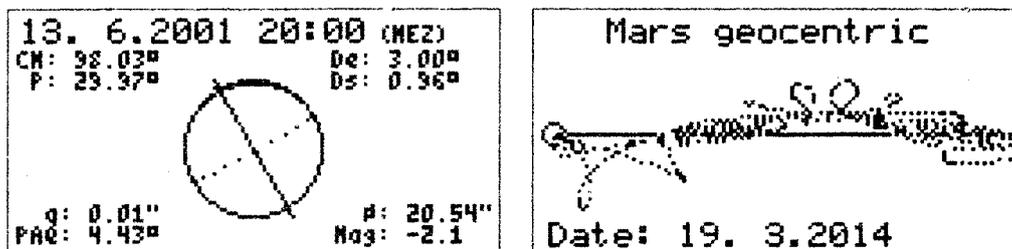


Abbildung 6: Phasenbild des Mars — Geozentrische „Planetenschleifen“

MAP2

Als Erweiterung der eingebauten Sternkarte hat DOMINIQUE RODRIGUEZ ein sehr umfangreiches Planisphärenprogramm geschrieben, das Vergrößern von Kartenausschnitten sowie Objekt-Identifikation gestattet. (Derzeit leider nur für Version 2.0!)

Anpassung von Fremdsoftware

Neben URANIA gibt es für die Serie HP-48 noch andere interessante Programme. Einige Programme wurden mit Zustimmung der jeweiligen Autoren an URANIA angepasst, so gibt es z.B. ein Programm zur Sichtbarkeitsberechnung von Satelliten (nach HPSAT von ALBERT GERHEIM; ursprünglich für Amateurfunken geschrieben, daher leider ohne Beleuchtungsinformation) und eine Erweiterung zur Astro-Navigation (UNAV, basierend auf NAV 4.2 von TOM METCALF). Ein sehr nettes Programm ist auch SUNCLOCK von JAMES J. ELLIOTT, das den Beleuchtungszustand der Erde darstellt (Abb. 7).

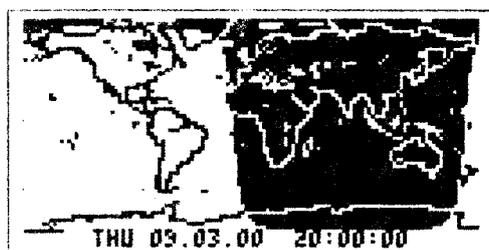


Abbildung 7: SUNCLOCK zeigt Tag- und Nachtseite der Erde

7. Fortsetzung Referat: Moderne Kleinstrechner als Beobachtungshilfe für unterwegs

3.3 Andere HP-48 Programme

Empfehlenswert sind sicher DSC48 (Digital Setting Circles) von ARNOLD MOY zur Einstellung von Objekten in nicht äquatorial aufgestellten Fernrohren sowie ECLIPSE, ebenfalls von ARNOLD MOY, das sogar eine animierte Graphik zu Finsternissen bietet.

Seit einigen Jahren gibt es eine große Website für HP-Taschenrechnersoftware unter der WWW-Adresse <http://www.hpcalc.org>. Hier findet man mittlerweile über 150MB an Programmen und Dokumentation zu den Rechnern der Serien HP-28, HP-38, HP-48 und HP-49, unter anderem auch die oben angeführten Programme.

4 Andere Plattformen

In den letzten Jahren sind neuartige Geräte auf den Markt gekommen, die meist als elektronische Notizbücher, Terminplaner oder Adressregister verwendet werden. Für einige Serien, z.B. die PALM Serie von 3COM, sind Programmier-Toolkits erhältlich, welche die Programmierung auch astronomischer Programme ermöglichen. Die PALM-Serie ist besonders attraktiv, verfügen die Geräte doch über ein großes, beleuchtbares und berührungsempfindliches Graustufen-LCD-Graphik-Display und menügeführte Bedienung mit einem Stift, also auch „handschuhtauglich“. In der Tat gibt es für diese Serie bereits eine ganze Menge an astronomischer Software, die zumeist über das Internet bezogen werden kann [4]. Die Batteriebensdauer wird jedoch eher in Tagen als in Monaten gemessen, was auf längeren Reisen problematisch sein kann.

Auf der anderen Seite werden auch von Fernrohrerzeugern immer bessere Steuerungen entwickelt. Sogenannte „GOTO“-Fernrohre [5] verfügen über ausgiebige, teilweise sogar erweiterbare Objektkataloge und nehmen dem Anwender auf Knopfdruck die Einstellung der Zielobjekte ab: das Fernrohr fährt motorgetrieben an die richtige Stelle am Himmel. Es ist aber wohl eine Geschmacksfrage, ob man sich in der beobachtenden Amateurastronomie elektronischen Geräten gänzlich anvertrauen (Kritiker sagen: „ausliefern“) möchte!

5 URANIA Website

URANIA ist am World Wide Web derzeit beheimatet bei:

<http://www.cg.tuwien.ac.at/~gzotti/hp/urania/>

Literatur

- [1] MEEUS, Jean: *Astronomical Algorithms*. Richmond, Virginia : Willmann-Bell, Inc., 1991
- [2] MEEUS, Jean: *Astronomical Algorithms*. second edition. Richmond, Virginia : Willmann-Bell, Inc., 1998
- [3] MUCKE, Herinann ; MEEUS, Jean: *Canon der Sonnenfinsternisse -2003 bis +2526*. 2. Auflage. Wien : Astronomisches Büro, 1992
- [4] KOZUBAL, Marek: Pocket-Size Astronomy. In: *Sky&Telescope* 97 (1999), 1, Nr. 1, S. 74-76
- [5] DI CICCIO, Dennis ; SERONIK, Gary: Go To Telescope Showdown. In: *Sky&Telescope* 99 (2000), 2, Nr. 2, S. 54-61

Referat: Beobachtungsmöglichkeiten auf der Wiener Urania Sternwarte - neue himmelskundliche Bildungswege

Durch neue technische und didaktische Möglichkeiten kann das Angebot einer öffentlich zugänglichen Sternwarte mit Bildungsauftrag erheblich gesteigert werden. Wie dies auf der Wiener Urania Sternwarte versucht wurde, soll in diesem Referat gezeigt werden. Sie ist die älteste Sternwarte Österreichs im Bildungseinsatz und zählt gleichzeitig heute wohl zu den modernsten Einrichtungen ihrer Art.

1 Absicht

Jeder Besucher einer öffentlich zugänglichen Sternwarte erwartet in erster Linie, **Himmelsobjekte und Himmelsvorgänge in Natur zu erleben**, vor allem mit den auf einer solchen Einrichtung vorhandenen Beobachtungsinstrumenten. Die zu den gezeigten Objekten gegebenen Erklärungen sollten auch deren Bedeutung im himmelskundlichen Weltbild und letztlich dieses selbst nach Möglichkeit beschreiben. Dann wird in manchen Fällen sogar die Hoffnung nicht enttäuscht, daß weitergehendes Interesse geweckt und eigene Beobachtungen versucht werden – oft mit gutem Erfolg. Arbeitsschwerpunkt ist daher die Beobachtung.

2 Problematik

In der Bildungsarbeit auf einer Sternwarte treten erfahrungsgemäß folgende Probleme auf:

2.1 Kuppel

Die Kuppel einer Sternwarte verdeckt den Himmel zum größten Teil und es verbleibt nur deren Spalt zum Blick auf den Himmel. Damit ist zunächst der interessierende Gegenstand, der Himmel, bis auf das gerade gezeigte Objekt und seine unmittelbare Umgebung unsichtbar. Viele Besucher können von ihrem Kuppelplatz nicht einmal diese Himmelsstelle sehen. Ferner ist die von den Besuchern erzeugte Wärme die Quelle starker Luftunruhe. Die erwärmte Luft zieht ja durch den Kuppelspalt hinaus. Besonders tritt dies im Winter, bei Fernrohren mit kurzem oder Gittertubus und bei den erwünschten größeren Besucherzahlen ein.

2.2 Erreichbarkeit der Fernrohr-Einblicke

Eine Treppe oder gar eine Leiter ist im Dunkel erschwerend und manchmal auch gefährlich, vor allem für ältere Besucher. Sie nimmt ferner kostbaren Platz unter der Kuppel weg, muß beweglich und dabei sicher sein. Bei steilem Einblick ergibt sich eine verkrampfte Haltung.

2.3 Einblick

Besucher vor dem Fernrohr greifen oft an das Okular, um das Auge sicher an den Einblick zu bringen und dort zu halten. Das kann zu Schwingungen oder zur Verstellung des Fernrohrs führen, besonders, wenn dessen Lage unbequem ist. Bei zu kleinem Augenabstand tritt eine Sehfeldbeschränkung ein; auch ist das Anstoßen der Wimpern sehr unangenehm.

2.4 Fokussierung

Gelegentlich wollen oder müssen Besucher für scharfe Wahrnehmung des Objektes individuell nachfokussieren. Das bedeutet meist, daß der nächste Besucher das wieder tun muß. Dadurch geht nicht nur Zeit verloren, sondern es kann auch nicht mehr gewährleistet werden, daß alle Gäste die Objekte bestens sehen.

1. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

2.5 Technik

Technische Mängel an der Montierung bringen bei Stößen Schwingungen oder Verstellung des Rohres mit sich. Mangelhafte Nachführung oder Aufstellung erfordert immer wieder Nachschau und gegebenenfalls Korrektur der Einstellung. Strapazierend ist es, wenn die Montierung stark verschiedene Einblicklagen bedingt. Nachteilig ist, wenn bei gewissen Einstellungen – wie etwa bei einer Gabelmontierung – der Einblick eine Ablenkoptik erfordert; eine Seitenverkehrung beeinträchtigt den Kartengebrauch und den Anschaulichkeitswert.

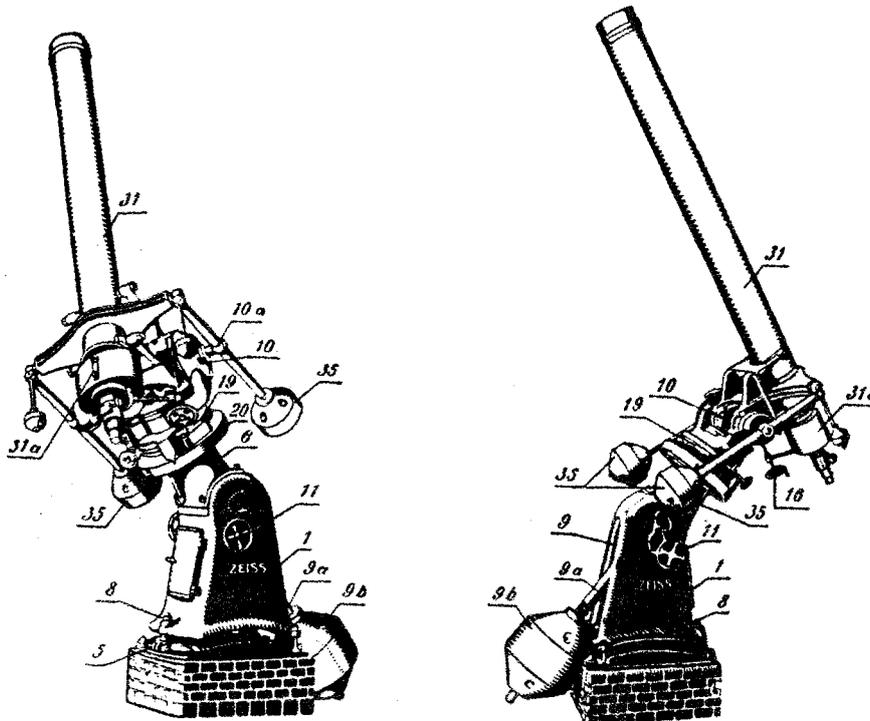
2.6 Totzeiten

Besonders bei vielen Besuchern ergeben sich für den Einzelnen Totzeiten bis zum Einblick in das Fernrohr. Langeweile und – vor allem bei Schulklassen – Unruhe ist die Folge. Das tritt auch beim Umstellen auf ein neues Objekt ein, denn die Drehung der Kuppel und das Ein- und Scharfstellen braucht Zeit. Auch bei der Einstellung nach Teilkreisen und besonders bei Tagbeobachtungen, wenn gar noch der Fokus gesucht werden muß, können Totzeiten eintreten. Im Publikum, das meist stehen muß, entsteht Unlust „weil nichts geschieht“.

3 Neue Bildungswege unter der Kuppel: Astrophysik

3.1 Erstes Hauptfernrohr, Zeiss 20/308cm, 1910 bis zur Zerstörung 1944

Die „Meyer-Montierung“ hatte kleine Einblickwege und große Stabilität. Zusatzoptiken (Kameras...) waren leicht ansetzbar, nachteilig aber der Platzbedarf für Balanziergewichte (35).



- 1 Säulenfuß
- 5 Azimutalkorrektion
- 6 Oberer Säulenteil
- 8 Polhöhenkorrektion
- 9 Stundenachse ist hohl zur Aufnahme der
- 9a Stundenentlastungsachse mit
- 9b dem Gewichte zur Balanzierung der beweglichen Teile auf die Mitte der Grundfläche von (1)
- 10 Deklinationsachse ist hohl zur Aufnahme der
- 10a Deklinationsentlastungsachse

- 11 Grobverstellung in Stunde
- 16 Einstellung in Deklination
- 19 Uhrkreis
- 20 Schneckenantrieb durch zwei diametral in (19) eingreifende Antriebsschnecken
- 31 Fernrohr hat ein äußeres Führungsrohr und ein inneres Entlastungsrohr zur Aufhebung der Durchbiegung
- 31a Balanziergewicht des Fernrohres gegen Durchbiegung
- 35 2 Balanziergewichte des Fernrohres zur Deklinationsachse

2. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

Die Kuppel hatte 6,3m Durchmesser und einen einseitig abdrehbaren Spalt von 1,2m Breite.

3.2 Turm mit Kuppel und Meridianhaus nach dem Wiederaufbau

Kuppel: 7,3m Ø, 34m² nutzbare Bodenfläche. Torspalt öffnet bis 2,0m, ermöglicht das Doppelfernrohr. Ventilation daher vorzüglich. Laterne: 12 Fenster sowie Uhren und Computer.



Das Meridianhaus steht im Südosten des Turmes auf der Dachterrasse, die Beobachtung von Sternbildern etc. ermöglicht. Bis zum 4. Stock leicht zugänglich mit Aufzug!

Laterne und Kuppel wurden in den Jahren 1956/1957 von der Stadt Wien wieder errichtet. Letztere besteht aus Aluminium und dreht motorisch um 360° in 2 bzw. 4 min. Ihr zweiteiliger Torspalt öffnet und schließt ebenfalls motorisch, sein Unterrand liegt 1,57m über dem Kuppelboden. Alle Bewegungen können auch händisch ausgeführt werden. Der äußere Kuppelscheitel befindet sich 35m über dem Straßenniveau und 6,2m über dem Kuppelboden.

Das Meridianhaus wurde 1976 dank einer Sternenboten-Spendenaktion und aus Eigenmitteln der Wiener Urania mit einem einseitig abschiebbaren Spalt von 1,0m Breite modernisiert und das Passageninstrument neu aufgestellt. Ein neuartiger Verschleißkopf am Pfeiler ermöglicht die wahlweise Aufstellung im Meridian oder im Ostwest-Vertikal.

3.3 Doppelfernrohr für astrophysikalischen Bildungseinsatz in der Großstadt

Dank einer Erbschaft nach Herrn Wilhelm Rusch aus Lochau (Vorarlberg) und aus Eigenmitteln der Wiener Urania wurde ein spezielles Doppelfernrohr in Eigenregie geplant und in den Jahren 1978 bis 1980 Stück für Stück in der Maschinenfabrik Franz Baumgärtl in Wiener Neustadt in Eigenregie erstellt.

Es war gelungen, Herrn Ing. Rudolf Pressberger (Institut für Astronomie der Universität Wien; heute Technischer Leiter des Leopold Figl Observatoriums für Astrophysik auf dem Schöpfl) als Konstrukteur für das Doppelfernrohr zu gewinnen. Er hat auch privat eine außerordentliche Leistung durch den Bau eines RC-Teleskops 100/880cm vollbracht. Zu dessen wissenschaftlichem Einsatz siehe z.B. hier Referat „Zur Rotation von Kometenkernen ...“ und in den Seminarpapieren 1995 „Supernova-Beobachtungen ...“).

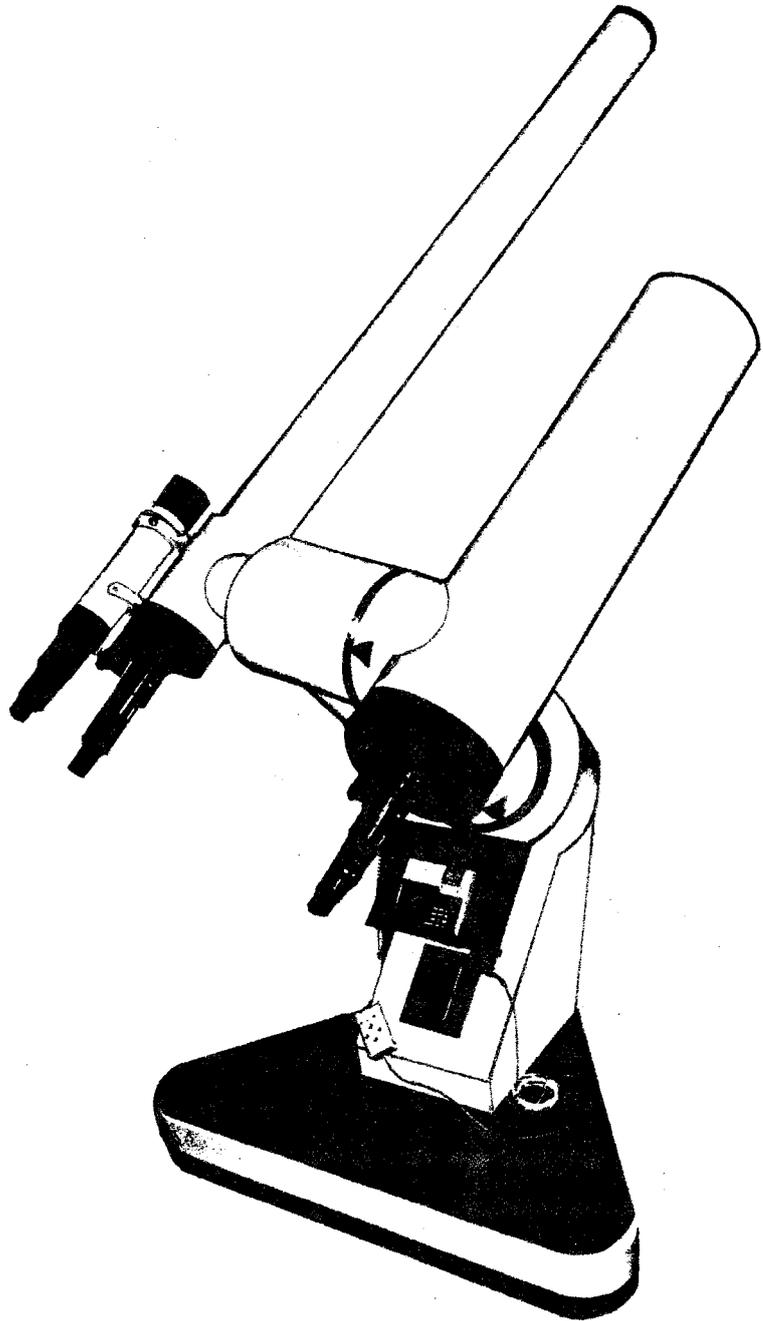
Dank meines Lehrers in der himmelskundlichen Bildung, Univ.-Prof. Dr. Oswald Thomas (1881-1963), und den Erfahrungen, die ich mit dem 1957 aufgestellten Cassegrain-Teleskop 26/518cm auf der Wiener Urania Sternwarte seit 1971 im Führungsbetrieb machen konnte, entstand eine lange Liste von Wünschen, die zu einem modernen, sehr leistungsfähigen und speziell auf Bildungsaufgaben in der Großstadt zugeschnittenen Instrument führten.

Damit und mit modernen Medien ergeben sich neue Wege himmelskundlicher Bildung.

3. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

3.4 Besondere Kennzeichen des Doppelfernrohres für Astrophysik

- o Es vereint die 2 Haupttypen astronomischer Fernrohre, Refraktor und Spiegelteleskop. Für jedes Objekt wird so die bestmögliche Beobachtungs- und Lehrmöglichkeit geboten.
- o Um die Helligkeit des nächtlichen Stadthimmels besser unterdrücken zu können, sind die Brennweiten gegenüber den Durchmessern recht groß: beim Refraktor 15/300cm, $f/20$ und Cassegrain 30/535cm, $f/18$. Der Sucher 8/76cm, $f/10$, entspricht dem kleinen Sternfreundefernrohr und gestattet auch den lehrreichen Vergleich mit diesem und den Hauptfernrohren.
- o Dank der langen Brennweiten ist der Augenabstand groß; Besucher können die Brillen für die Ferne aufbehalten. So ist es daher nicht nötig, individuell nachfokussieren zu müssen und auch Gäste mit astigmatischen Augen sehen durch ihre Brille die Objekte scharf. Auch ist das ganze scheinbare Sehfeld zu überblicken.
- o Die Einblicke beschreiben nur kleine Wege und es ist bei Himmelsobjekten nicht nötig, auf eine Treppe oder Leiter zu steigen. Schemel genügt!
- o Dank der Knicksäule ist jedes Himmelsobjekt ohne Umlegen einzustellen. Mit Umlegen kann die bequemere Lage des betreffenden Rohres ausgewählt werden.
- o Die Grobbewegung erfolgt an einem Handgriff; die Rohre sind durch eine Rutschkupplung stets leicht geklemmt und die Klemmstärke ist einstellbar.
- o Die elektrischen Feinbewegungen werden mit Tastern am Handset ein- oder ausgeschaltet. Während sie laufen, kann auch grob bewegt werden.
- o Die quarzgeregelte Nachführung kann ebenfalls am Handset ein-, aus- oder von Stern- auf mittlere Mondgeschwindigkeit umgeschaltet werden. Während sie läuft, kann auch jederzeit ohne weiteres eine Grob- und/oder eine Feinbewegung erfolgen.



4. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

- o Die Okularauszüge mit Schnellwechsellaufnahmen (System 64) sind an allen drei Rohren gleich. Ihre Einstellung kann an einer mm-Teilung abgelesen werden und sie sind in Positionswinkel drehbar. Beide Bewegungen können geklemmt werden. Für jeden Anschlußteil stehen so drei Brennweiten zur Verfügung, sein Nutzeffekt verdreifacht sich.
- o Jedes Himmelsobjekt kann in einem Besucherdurchgang an allen drei Rohren – Sucher, Refraktor, Cassegrain – mit verschiedenen Nebengeräten beobachtet werden.
- o Fokalaufnahmen kürzerer Dauer sind möglich. Am Sucher ($f=76\text{cm}$) ergeben Aufnahmen von 20min unbeaufsichtigt, d.h. ohne Korrektur, punktförmige Sternbildchen!
- o Aufnahmen mit eigenen, mitgebrachten Kleinbildkameras sind durch jedes der Rohre möglich, gegebenenfalls unter Verwendung der Shapley-Linse.
- o An den Teilkreisen kann jedes Himmelsobjekt nach scheinbaren Koordinaten (Stundenwinkel und Deklination), die am Bildschirm oder auf der Projektionswand groß angezeigt werden, rasch und sicher eingestellt werden. **Daher entfällt jede zeitraubende Suche.**

3.5 Einzelheiten zur Optik und zu den Nebengeräten des Doppelfernrohrs

Manche Besucher besitzen selbst Beobachtungsinstrumente. Daher wurde angestrebt, ausser der besonderen, bequemen und problemlosen Montierung dem Doppelfernrohr auch eine spezielle Optik samt Nebengeräten zu geben.

3.5.1 Halbapochromatisches Refraktorobjektiv 15/300cm, $f/20$ (HA, Lichtenknecker):

Es besteht aus Kronglas Schott K5-522 595 und Flintglas Schott KzFSN4-613 443 (Kron voraus); alle vier Flächen sind vergütet. Es ist korrigiert auf:

Chromatische Längsaberration für die Wellenlängen 656nm und 486nm / Sphärische Aberration für die Wellenlänge 546nm / Achснаhe Koma (Erfüllung der Sinusbedingung) für die Wellenlänge 546nm.

Die chromatische Aberration, die bei einem entsprechenden Fraunhofer-Typ (FH von Lichtenknecker) bei stärkeren Vergrößerungen deutlich ins Auge fällt, muß hier, bei HA, erst gesucht werden: Sie beträgt bei $f=3000\text{mm}$ auf der optischen Achse für die Wellenlängen:

Wellenlänge nm	FH	HA
	Chromatische Aberration mm	Chromatische Aberration mm
1014,0	+11,72	+ 5,27
852,1	+ 6,36	+ 3,18
706,5 r	+ 2,33	+ 1,34
656,3 C	+ 1,12	+ 0,65
587,6 d	+ 0,11	+ 0,08
546,1 e	0	0
486,1 F	+ 1,08	+ 0,50
435,8 g	+ 4,80	+ 2,78
404,7 h	+ 9,93	+ 6,33
385,0	+15,24	+10,18
365,0	+23,92	+16,02

Bei 20% Lichtverlust an Objektiv und Okular ergibt sich dem freien Auge mit 4mm Pupillendurchmesser gegenüber ein Helligkeitsgewinn von 7,6mag.

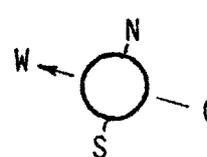
3.5.2 Cassegrain-Spiegelsystem 30/535cm, $f/18$ (Aeppli):

Sowohl der Hauptspiegel 30/150cm (aluminisiert, verquarzt) als auch der Sekundärspiegel 9/-500cm (aluminisiert) sind aus Zerodur und daher weitgehend temperaturunempfindlich. Bei 30% Lichtverlust an Spiegelsystem und Okular ergibt sich dem freien Auge mit 4mm Pupillendurchmesser gegenüber ein Helligkeitsgewinn von 9,0mag.

5. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

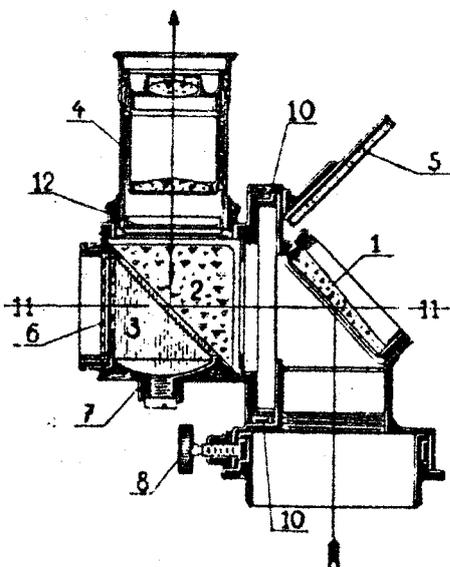
3.5.3 Optisches Gelenk zur Sonnenprojektion auf die Kuppel-Projektionswand:

Zwei Zenitspiegel Z61 des Systems 64 werden nach Anregung von DI.A.Pikhard kombiniert. Sie ergeben am Refraktor in Lage östlich der Säule nahe Mittag mit den jeweiligen Projektionsoptiken Sonnenbilder in folgender Größe und Orientierung:

Brennweite der Projektionsoptik mm	Erdferne		Erdnähe		Sonnenbild Orientierung
	Sonne \varnothing mm	Erde \varnothing mm	Sonne \varnothing mm	Erde \varnothing mm	
150	450	4	470	4	
115	720	7	740	7	
110	740	7	770	7	
100	910	8	940	9	

3.5.4 Zeiss Polarisationshelioskop nach Colzi:

Dieses Zusatzgerät zeigt die Sonne in natürlichen Farben sowie astronomisch orientiert.



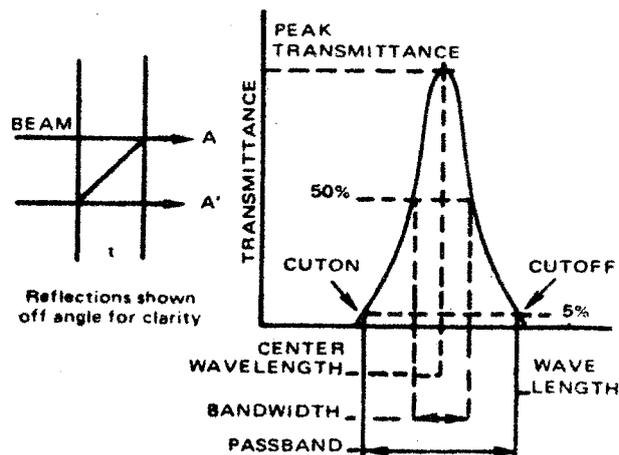
Ohne die Eintrittsöffnung abblenden zu müssen, liefert es in weitem Bereich stufenlos regelbare Bildhelligkeiten (wichtig bei Vergrößerungswechsel und auch bei verschiedenen Sichtbarkeitsverhältnissen, wie Sonnenhöhe oder Dunst). Zudem ist der Einblick bequem.

Das Sonnenlicht fällt auf einen unverspiegelten Glaskeil (1), der nur 5% davon in das 90°-Glasprisma (2) reflektiert. Das Überschusslicht wird über den Planspiegel (5) abgeleitet. An die Hypotenusenfläche von (2) grenzt eine Flüssigkeitskammer (3) mit Membrane (6) und Füllschraube (7). Dort findet eine zweite Spiegelung und die Wiederaufrichtung des Bildes statt, dessen Intensität durch den Brechungsindex der Flüssigkeit in (3) bestimmt wird. Eine weitere Schwächung mittels Polarisation wird durch Drehung des ganzen Prismenkörpers im Lager (10) erzielt.

Dieses Helioskop ermöglicht präzise visuelle Beobachtungen und zeigt die Flecken mit Einzelheiten in den Penumbren, den Fackeln sowie die Granulation besonders rein und deutlich.

3.5.5 Vielschicht-Interferenzfilter für $H\alpha$:

Der Filter DayStar ATM mit einer Durchlaßbreite von 0,08nm (0,8Å) kann mit dem System 64 von Lichtenknecker verbunden werden und erlaubt die Beobachtung der Sonne im Restlicht der roten Wasserstofflinie $H\alpha$ (Fraunhofer C, 656,3nm).



Er darf nur an den Refraktor oder Sucher angeschlossen werden, nachdem der rote Filter vor dem Objektiv angebracht worden ist.

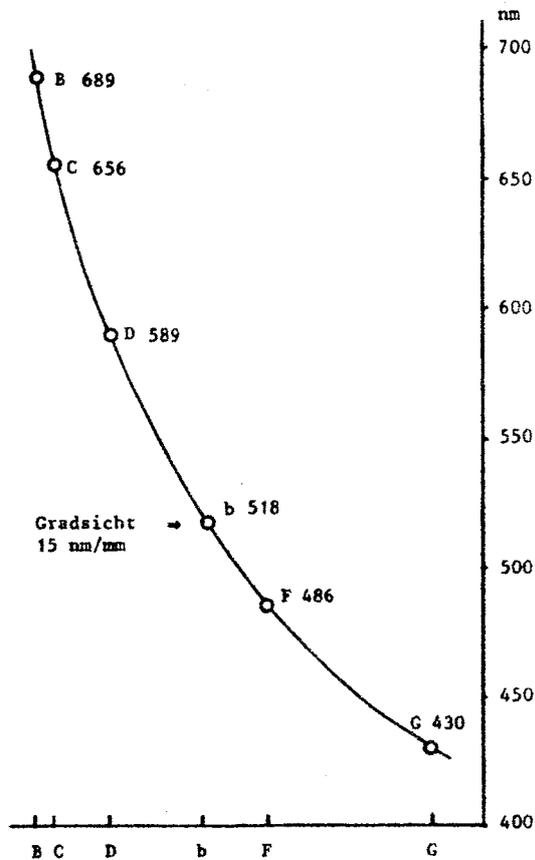
Die Justierstellungen für die Filterheizung sind: 8,0 Linienmitte / Für Verschiebung um 0,033nm (1/3Å) mit 7,0 in die blaue und mit 9,0 in die rote Flanke der C-Linie. Die Einstellung 9,0 darf nicht überschritten werden.

6. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

Klar treten nach etwa 15min Aufheizung des Filters das chromosphärische Netzwerk, die Chromosphäre und Filamente sowie fast immer Protuberanzen am Sonnenrand hervor. Manchmal kann man auch zu einem Flare zurecht kommen. Am Refraktor erfaßt der Filter mit dem Mittenzwey-Okular $f = 70\text{mm}$ gerade noch die ganze Sonnenscheibe.

3.5.6 Spaltspektroskop – Sternspektroskop

Es kann ebenfalls mit dem System 64 verbunden und an allen Rohren verwendet werden.



Hinter der vollständigen Spaltmechanik liegt das Kollimatorobjektiv $f = 60\text{mm}$ und das dreiteilige Amici-Prisma $27 \times 27\text{mm}$ mit Stirnwinkel 45° sowie das Abbildungsobjektiv $f = 80\text{mm}$. Am Rohrende ist eine Steckhülse für Okulare mit $31\text{mm } \varnothing$ angebracht. Besonders gut eignet sich für Spektralbeobachtungen das Okular WW mit $f = 17,5\text{mm}$.

Die nebenstehende Dispersionskurve stellt den Zusammenhang zwischen der Ablenkung und den Wellenlängen her. Prismenspektren dehnen gegen Blau und raffen gegen Rot; bei Gitterspektren ist der Zusammenhang linear. Im Spaltspektroskop können die Spektren flächiger Objekte beobachtet werden.

Gegen den – auch wolkigen – Taghimmel gerichtet, kann das Spaltspektroskop auch allein das Sonnenspektrum oder das Spektrum einer Lichtquelle vor dem Spalt zeigen. Wird zusätzlich zum Taghimmelslicht z.B. Natriumlicht erzeugt (in eine Propanflamme Kochsalz streuen), zeigt sich Übereinstimmung der D-Linien des Natriums hell in Emission (Flamme) und dunkel in Absorption (Sonnenatmosphäre). Lehrreich: Hinter dem $H\alpha$ -Filter ist nur die C-Linie in ihrem Restlicht zu sehen.

Das Sternspektroskop erzeugt hinter dem Okular mit einem Prismensatz aus den punktförmigen Sternbildchen fadenförmige Spektren, die mit einer Zylinderlinse verbreitert werden.

3.5.7 Filter, innenseitig vor die großen Anschlußteile des Systems 64 zu schrauben:

Gelb:

GG 385, GG 455,
GG 495

Orange: OG 550

Rot: RG 610, RG 715

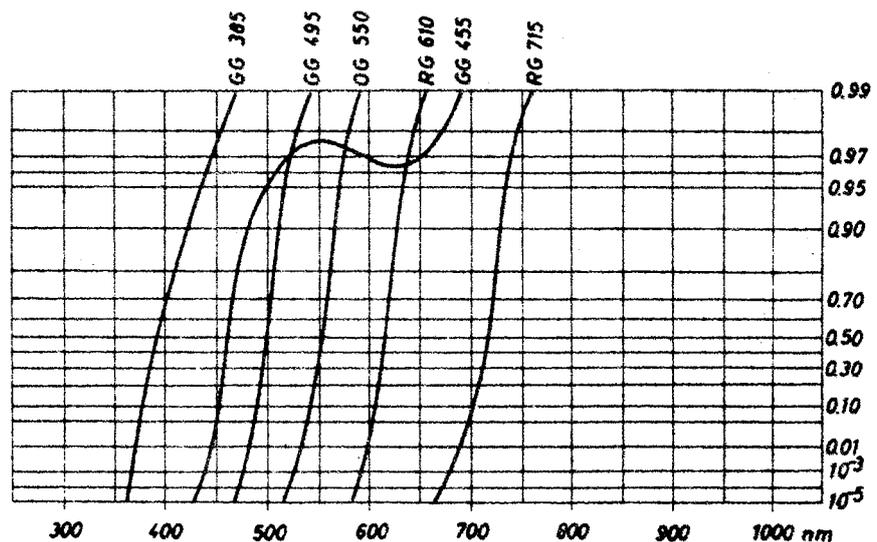
Grün: V G6

Blau: BG 14, BG 38

Violett: BG 25

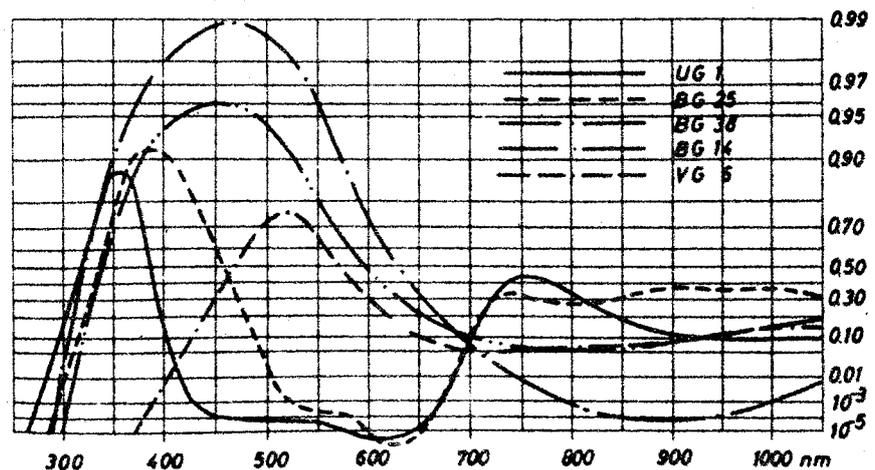
Ultraviolett: UG 1

Neutral: -2m, -5m



7. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

Diese 13 Filter passen alle innenseitig vor die Okulare mit $f = 70, 45$ und 35mm , die Zenit-
spiegel, die Shapley-
linse $0,6x$, Kameraan-
sätze sowie vor den
neuen Ansatz mit der
Okular-Steckhülse mit
 $31\text{mm } \varnothing$.



3.5.8 Weitere Nebengeräte:

Vom Zeiss Refraktor sind Zenitprisma, Herschelprisma (für Sonnenbeobachtung), Kellner-
Okular $f = 40\text{mm}$ und 3facher Revolver mit Huygens-Okular $f = 60\text{mm}$, Orthoskop-Okular $f = 35\text{mm}$ sowie Steckhülse für Okulare mit $25,0\text{mm } \varnothing$ gerettet worden.

Vom System 64 wird verwendet: 3x Fokussiereinheiten+Verlängerung+Steckhülse 31mm ;
Okulare folgender Art und Brennweite: 3x Mittenzwey 70mm , 15mm , mit Fadenkreuz 40mm ;
Orthoskop 45mm , 25mm , mit Fadenkreuz 10mm , um Übervergrößerung zu zeigen, 3mm ;
Weitwinkel 35mm , $17,5\text{mm}$; 2x große Zenitspiegel; Shapleylinse $0,6x$; Demonstrationsookular
mit Barlowlinse $3,5x$; 4 Kameraansätze; Steckhülse $31\text{mm } \varnothing$; Adapter für Okularprojektion.

Für System 64 wurden adaptiert: Weitwinkel-Okular 40mm , Zeiss Sternspektroskop mit Zy-
linderlinsen -6 und -12 Dioptr. an einem Huygens Okular 60mm und 3facher Revolver, s.o.

3.6 Projektionsanlage unter der Kuppel

Sie ist eine sehr wichtige Ergänzung der Fernrohrbeobachtung und verhindert die Problema-
tik der „Totzeiten“. Mitdrehend mit der Kuppel und fast gegenüber dem Spalt, stehen die
Projektoren; auch die magnetische Projektionswand $2x3\text{m}$ neben dem Spalt dreht mit.

Das Netz- und das Datenkabel gehen von einer festen Speisestelle an der inneren Kuppel-
brüstung zum Spaltoberand knapp nördlich des Zenits. Dort sind sie isoliert und mittels Spi-
ralfeder elastisch befestigt. Aus einer frei hängenden Kabelschlaufe wird die durch die Kup-
peldrehung geänderte Spannstrecke angepaßt.

3.6.1 Diaprojektor Rollei 150W:

Er projiziert $5x5$ Dias mit Rollei Vario Projar $70-120\text{mm}$. Eine kleine Elektronik samt Handset
ermöglicht Diatransport, Nachschärfung und Helligkeitsregelung.

3.6.2 Video- und Datenprojektor:

Er steht neben dem Diaprojektor und besteht aus einem liegenden 400W Overheadprojektor,
vor dem sich ein Echtfarben LC-Display Liesegang Color TFT837 befindet. Dieses wird mit
einem Weitwinkel-Projektionsobjektiv auf die Projektionswand abgebildet. Nur ein solches
Display ist – wie Erfahrung zeigt – robust genug, um den starken Temperatur- und Feuchtig-
keitsunterschieden unter der Kuppel standzuhalten. Es besitzt eine selten gebrauchte Infra-
rot- Fernbedienung. Der PC dazu steht in einem ventilierten Kasten in der Laterne.

So werden das Internet und das Wiener astronomische Softwarepaket URANIASTAR 1.1
(siehe Beilage) für die Erläuterung der gezeigten Objekte. für Animationen und besonders für
die Einstellung des Teleskops öffentlich unter der Kuppel nutzbar. URANIASTAR 1.1, auf
verlässlichen und aktuellen Grundlagen beruhend, ist seit 1988 auf der Wiener Urania Stern-

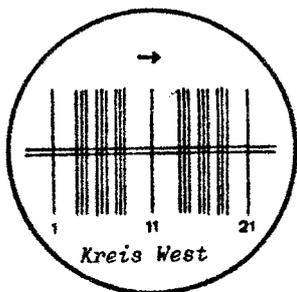
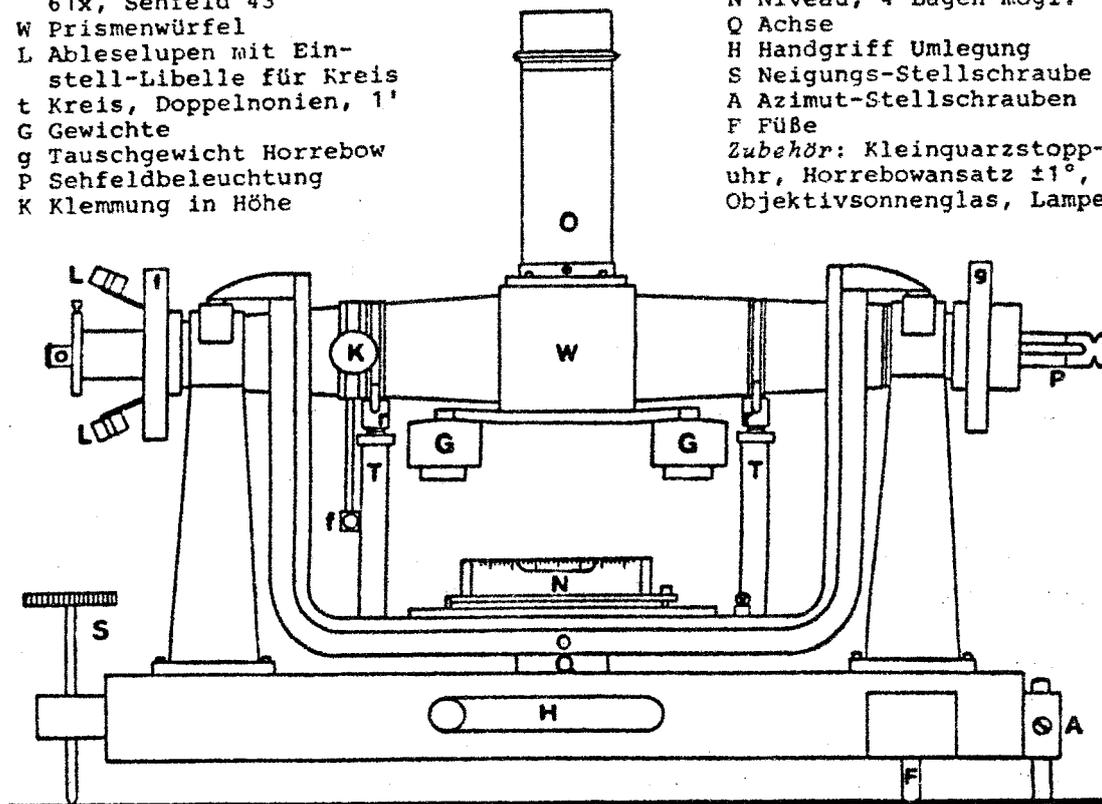
4 Neue Bildungswege: Vervollständigung durch Astrometrie

Im Interesse einer ganzheitlichen himmelskundlichen Bildungsarbeit sollten auch astrometrische Grundlagen und Themen Beachtung finden – dies war Leitgedanke bei der Wiederaufstellung des Passageninstrumentes der Wiener Urania Sternwarte im Jahre 1976, siehe Sternbote 3/19976. Sind doch selbst in der anspruchsvolleren Literatur grundlegende astrometrische Tatbestände nur kurz und meist didaktisch völlig unzureichend kommentiert. Die Entwicklung seither gab mir recht: HIPPARCOS brachte auch hier einen großen Wandel.

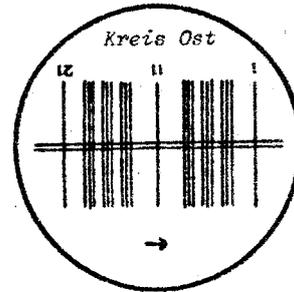
4.1 Das Passageninstrument

- O Objektivstutzen mit Objektiv Zeiß E 50/550mm
- o Okular Orthoskop 9mm, 61x, Sehfeld 43'
- W Prismenwürfel
- L Ableselupen mit Einstell-Libelle für Kreis
- t Kreis, Doppelnonien, 1'
- G Gewichte
- g Tauschgewicht Horrebow
- P Sehfeldbeleuchtung
- K Klemmung in Höhe

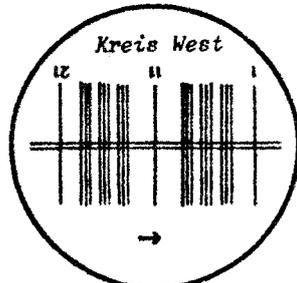
- f Feinbewegung in Höhe
- T Träger für die
- r Entlastungsrollen
- N Niveau, 4 Lagen mögl.
- Q Achse
- H Handgriff Umlegung
- S Neigungs-Stellschraube
- A Azimut-Stellschrauben
- F Füße
- Zubehör: Kleinquarzstoppuhr, Horrebowansatz $\pm 1^\circ$, Objektivsonnenglas, Lampe



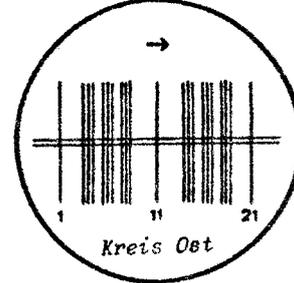
Zeitsterne in oberer Kulmination



Sehfeld und Durchgänge



Polsterne in unterer Kulmination; in oberer Gegenrichtung



9. Fortsetzung Referat: Beobachtungsmöglichkeiten ...

4.2 Nebengeräte zum Passageninstrument

Wichtigste Nebengeräte sind eine Quarz-Vielfachstoppuhr „Heuer Microsplit 420“ und eine Kleinquarzuhr Mauthe. In der Laterne laufen zwei Präzisionspendeluhren, „Satori 109“ (Mittlere Zeit, MEZ) und „Strasser & Rhode 633“ (Sternzeit), zu denen ein Chronograph (System Hipp) gehört. Zwei Marinechronometer, „Noris 445“ und „Klumak 5115“ lassen zusammen mit einem Lehrsextanten samt künstlichem Horizont historische Zeit- und Ortsbestimmungen nacherleben.

4.3 Beobachtungen am Passageninstrument im Meridian

Jede Beobachtung eines Gestirndurchganges durch den Meridian verbindet:

- o Uhrzeit, Je nach Vorgabe von zwei dieser
- o Rektaszension des Gestirns, Größen ist die dritte bestimmbar.
- o Geographische Länge des Beobachtungsortes.

4.4 Beobachtungen am Passageninstrument im Ostwestvertikal

Jede Beobachtung eines Gestirndurchganges durch den Ostwestvertikal verbindet:

- o Uhrzeit, Setzen wir Rektaszension und
- o Rektaszension des Gestirns, geographische Länge als schon
- o Deklination des Gestirns, bekannt voraus, so bestimmen
- o Geographische Länge des Beobachtungsortes, jeweils zwei der übrigen Größen
- o Geographische Breite des Beobachtungsortes. die dritte.

So können diese Größen (4.3 und 4.4) nur durch Zeitbeobachtungen ermittelt werden.

4.5 Beobachtungen mit dem Horrebow-Ansatz am Passageninstrument

Unter Zuhilfenahme einer mikrometrischen Einrichtung läßt sich am Passageninstrument im Meridian auch die geographische Breite des Beobachtungsortes bestimmen – nach der Methode von Horrebow-Talcott. Sie benützt zwei Sterne, die hintereinander zenitnah auf verschiedenen Seiten des Zenits durch den Meridian gehen. Aus dem mikrometrisch gemessenen Unterschied der beiden möglichst kleinen Meridianzenitdistanzen dieser Sterne folgt mit deren Deklinationen die geographische Breite.

Je ein Meßbeispiel zur Bestimmung der Länge (4.3) und Breite (4.5) findet sich hier im Referat „Astrometrie mit dem Passageninstrument“.

Genauere Uhrzeit und leistungsfähige Rechenhilfsmittel sind heute leicht erreichbar. Die Erfahrung zeigt immer wieder die außerordentliche Beeindruckung durch genaue Beobachtungsergebnisse, zu deren Verständnis und Ausführung eben der Erwerb astrometrischen Wissens erforderlich ist.

4.6 Weitere astrometrische Instrumente

Ein Universalinstrument mit 72mm Öffnung und ein Präzisionstheodolit mit 60mm Öffnung ergänzen die astrometrischen Geräte der Urania Sternwarte – beides wie der Chronograph dankenswerte Dauerleihgaben des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien.

Gute Zukunftsaussichten

Am 13. Juni 2000 wurde das Passageninstrument im Zuge der Sanierung der Wiener Urania sachkundig aus dem Meridianhaus entfernt und in der Laterne vorläufig als Schaustück aufgestellt. Die Sanierungspläne versprechen unter anderem auch, die Astrometrie an der Urania Sternwarte vielseitiger und erweiterter betreiben zu können.

Prof. Hermann Mucke, Leiter des Planetariums und Urania Sternwarte
Oswald Thomas Platz, A-1020 Wien

Computersystem:

Empfohlen: ab 486DX/66, 2 MB Disk-Caching oder EMS-Speicher.
(Minimum: IBM-PC/AT oder kompatibler Rechner mit CPU 80286 mit mindestens 500 kByte freiem Hauptspeicher. Mathematischer Koprozessor 80x87 sehr zu empfehlen!)

20 MByte Platz auf der Festplatte (für die GSC-Erweiterung zusätzlich 48 MByte bei Vollinstallation; die GSC-Daten können aber auch ganz oder teilweise von Diskette eingelesen werden).

EGA-fähige Grafikkarte mit 256 kByte Bildspeicher.

Betriebssystem MS-DOS® ab Version 3.2 (oder kompatibles).

Eine Microsoft-kompatible Maus wird unterstützt.

Ausdruck: Grafikbildschirmkopie (Screendump) in fixer Größe auf PCL-Drucker (z.B. HP LaserJet, DeskJet, Farbdruck auf DeskJet-Color), EPSON FX und EPSON LQ.

Kennenlernen von URANI STAR

im Planetarium der Stadt Wien und auf der Urania-Sternwarte

Preise (inkl. 20%Mwst., inkl. Versand Inland):

		Versand
URANI STAR Grundausrüstung; Lizenz für einen Rechner (8 Disketten 3½" + Handbuch)	öS 4000,-	Ausland + 120,-
Upgrade für Besitzer* der Release 1.0	öS 600,-	+ 120,-
GSC-Erweiterung (41 Disketten 3½")	öS 1500,-	+ 120,-

* Rechnungskopie der Bestellung beilegen!

Bestellungen nehmen die Autoren entgegen über das

Planetarium der Stadt Wien
Oswald Thomasplatz 1
A-1020 Wien

Zahlung per Nachnahme oder im voraus auf das Konto der Autoren bei der PSK, Nr.71083465.

Diese Software ist für astronomische Phänomenologie, Arbeit am Fernrohr und himmelskundliche Bildung bestimmt und beruht auf wohldefinierten Grundlagen. Die Autoren haben ihre Arbeit sehr ernst genommen und als bewährte, langjährige Mitarbeiter der Wiener Urania-Sternwarte hier Pionierarbeit geleistet.

Prof.H.Mucke

URANIA Star



URANIASTAR

DAS ASTRONOMIE-PROGRAMMPAKET FÜR IHREN PC

von

Michael Pietschnig Wolfgang Vollmann

Seit 1988 auf der Wiener Urania-Sternwarte im Führungsbetrieb eingesetzt.
Seit Mitte November 1995 in der neuen, erweiterten Release 1.1

Mit URANIASTAR können Sie

- ◆ Positionen von Sonne, Mond und Planeten (Merkur bis Pluto), Kleinplaneten und Kometen berechnen. Zusätzliche Kometen und Kleinplaneten können mit ihren Bahnelementen einfach eingegeben werden.
Sie können jeden Ort auf der Erde und den Termin im Bereich zwischen den Jahren -4712 und +9999 eingeben. Sie erhalten Daten wie Aufgang, Kulmination, Untergang, Helligkeit, Durchmesser, Positionswinkel der Rotationsachse, usw. angezeigt.
- ◆ Himmelsobjekte nach verschiedenen Kriterien auswählen.
Die Datenbank enthält 1248 helle Sterne, 1924 Doppelsterne, 871 Veränderliche Sterne und 9828 Deepsky-Objekte (Sternhaufen, Nebel und Galaxien).
Sie können Objekte unter anderem nach ihrem Namen, nach der Objektkategorie und nach ihrer Lage am Himmel suchen.
Für jede Objektkategorie stehen weitere Auswahlkriterien zur Verfügung, so etwa die Spektralklasse bei hellen Sternen, der Typ bei veränderlichen Sternen und Deepsky-Objekten, usw.
Die angezeigten Daten umfassen beispielsweise den Namen, die Helligkeit, Farbindex, Spektraltyp, Leuchtkraft, Eigenbewegung, Distanz und Positionswinkel bei Doppelsternen, Klassifikation, vorausberechnete Maxima bzw. Minima bei Veränderlichen, NGC-Beschreibung bei Deepsky-Objekten.

- ◆ Sternkarten zu den berechneten oder ausgewählten Objekten zeichnen oder den sichtbaren Himmel samt Dämmerungserscheinungen über dem eingestellten Beobachtungsort darstellen. Dabei stehen 330 000 Sterne bis zur 10. Größenklasse zur Verfügung (mit der als Zusatz erhältlichen GSC-Erweiterung stehen 15 Millionen Sterne bis zur 15. Größenklasse zur Verfügung).
Sie können in eine Karte bis zu einem Ausschnitt von 36 Bogensekunden hineinzoomen und festlegen, wie die Karte orientiert und ob sie zusätzlich spiegelverkehrt dargestellt werden soll, um dem Anblick durch ein Fernrohr mit Zenitprisma zu entsprechen.
Sie können Objekte suchen und identifizieren, deren Daten ansehen, dem Lauf der Wandelgestirne folgen und den Schwankungen des Mondes, die durch die Libration bewirkt werden, zusehen. Die Planeten zeigen ihre Phasengestalt, Mars auch Oberflächendetails, Jupiter die wichtigsten Wolkenbänder, Saturn seine Ringe und - wie Jupiter - seine hellen Monde samt ihren Erscheinungen. Wandelgestirnbahnen, Sternbildlinien und -grenzen können ebenso wie die Milchstraße eingezeichnet werden.
Sie können auch ein Fernrohr der Baureihe MEADE® LX200 anschließen und vom Rechner aus über dessen serielle Schnittstelle steuern.
- ◆ und vieles mehr, unter anderem:
 - Darstellung des Jupiter mit den Galilei'schen Monden und des Saturn mit 8 Monden und Ringen
 - Sonnen- und Mondfinsternisse suchen und darstellen
 - Darstellung der Umlaufbewegung bei 226 Doppelsternen mit bekannter Bahn
 - Das Sonnensystem vom Weltraum aus gesehen, mit Planeten, Kometen, Kleinplaneten und deren Bahnen
 - Die Sterne der Sonnenumgebung räumlich darstellen
 - Das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) mit Identifikation der Sterne
 - Sternbilder und Eigenbewegung
 - Der Sternenhimmel in verschiedenen Spektralbereichen (U,B,V,R,I)

Referat: **Astrometrie mit dem Passageninstrument**

Beobachtungen von Sternpassagen in ausgezeichneten Vertikalkreisen erlauben mit meist geringem meßtechnischen Aufwand die Ableitung der astronomischen Länge und Breite des Beobachtungsortes. Als prominenteste Vertreter von Durchgangsinstrumenten sind wohl der Meridiankreis und das Passageninstrument zu nennen. Während Messungen an beiden Geräten grundsätzlich den Zeitpunkt von Sternpassagen durch den Instrumentenmeridian (und damit Sternzeit, astronomische Länge oder Rektaszension des Sternes) möglichst exakt festlegen, liegt der Unterschied vor allem in der Qualität des Vertikalkreises. Dieser ist beim Meridiankreis äußerst genau ausgeführt und erlaubt eine direkte Bestimmung von astronomischer Breite bzw. Deklination des Sternes. Im Fall des Passageninstruments dient der Vertikalkreis in erster Linie der Voreinstellung der Zenitdistanz des Sterns beim Meridiandurchgang. Wie wir allerdings später sehen werden, ist mit Hilfe einer speziellen Zusatzeinrichtung auch mit dem Passageninstrument eine exakte Breitenbestimmung möglich. Ein derartiges Gerät ist seit dem Jahre 1976 auf der Urania-Sternwarte beheimatet. Vor den bevorstehenden Umbauarbeiten sollte noch einmal sowohl die Bestimmung bzw. Überprüfung der Ortskoordinaten als auch implizit der Gerätekonstanten durchgeführt werden.

1 Die Aufstellung im Meridian , Gerätekonstante

Für den Meridiandurchgang des Sternes Σ_j finden wir den einfachen Zusammenhang

$$\Theta = \alpha_j \tag{1}$$

zwischen der Ortssternzeit Θ und der Rektaszension. Eine einfache Messung der Durchgangszeit D von Σ_j durch den Instrumentenvertikal liefert somit bei bekannten Sternkoordinaten die Ortssternzeit und damit auch die astronomische Länge. Leider repräsentiert aufgrund von Instrumental- und Aufstellungsfehler der Vertikalfaden des Instrumentes im allgemeinen nicht den Ortsmeridian. Diese Fehler sind also vorerst in Form von Korrekturen an der Beobachtungszeit zu berücksichtigen. Von Bedeutung sind der Kollimations-, der Azimut- und der Neigungsfehler, die deshalb kurz beschrieben seien.

Kollimationsfehler c

Der Winkel zwischen der Visierlinie und der Normalebene auf die Drehachse wird als Kollimationsfehler bezeichnet. Er bewirkt, daß die Visierlinie des Gerätes nicht mit dem Meridian zusammenfällt, sondern einen zu ihm parallelen Kleinkreis beschreibt. Erfreulicherweise kann sein Einfluß durch Beobachtung in beiden Kreislagen vollständig eliminiert werden. Wollen wir ihn interessehalber dennoch kennen, so läßt sich c sehr einfach aus der Differenz von D (errechnet aus der Mittelung der Zeiten aller Seitenfäden) und der Durchgangszeit M im Mittelfaden der Strichplatte berechnen.

$$c = (D - M) \cos \delta \tag{2}$$

c ist positiv, wenn der Westpunkt und der Visierpunkt zu verschiedenen Seiten des Meridians liegen (wenn also der Durchgang durch den Mittelfaden vor dem wahren Meridiandurchgang erfolgt).

1. Fortsetzung Referat: Astrometrie mit dem Passageninstrument

Neigungsfehler i

Ist die Drehachse gegenüber der Richtung zum Westpunkt erhoben (i...positiv), so wird der Sterndurchgang zu früh beobachtet und die Korrektur

$$dt(i) = (i \cos z) / (15 \cos \delta) \quad (3)$$

δ ...Deklination, z ...Zenitdistanz

ist zur Durchgangszeit zu addieren. Ein Neigungsfehler bewirkt, daß die Visierlinie einen Großkreis beschreibt, der den Meridian im Süd- und im Nordpunkt schneidet. Der Neigungsfehler wirkt sich somit am stärksten im Zenit aus. Der Winkel i errechnet sich aus dem Mittel der Niveauskalenlesungen in beiden Kreislagen. Multipliziert man dieses mit dem bekannten Parswert so folgt i in Bogensekunden. Dies ist der tiefere Grund für die Division durch 15 in (3) um in das Zeitmaß zu konvertieren.

Azimutfehler a

Der Azimutfehler der Drehachse a ist positiv, wenn das Westende der Drehachse nach Süden abweicht. Die Visierlinie beschreibt einen Großkreis, der im Zenit (und im Nadir) den Meridian schneidet. Der Einfluß des Azimutfehlers ist demnach im Nord- und im Südpunkt am größten, im Zenit Null. Der Azimutfehler wird üblicherweise aus Durchgangsbeobachtungen eines pol- und eines äquaturnahen Stermes bestimmt. Man kann ihn aber auch individuell für jeden Stern nach

$$a = dt \cos \delta / \sin z \quad (4)$$

berechnen. dt bezeichnet in (4) die Zeitdifferenz zwischen beobachteter und wegen Kollimation und Neigung korrigierter Durchgangszeit (umgerechnet in Sternzeit) und der Rektaszension des Stermes α . Auf den Sternindex j wurde wie schon in den Beziehungen (2) und (3) verzichtet.

2 Beobachtung der Astronomischen Länge

Zur Ableitung der astronomischen Länge wurden am 15.Mai 2000 auf der Wiener Urania Sternwarte unter anderem die folgenden Sterne beobachtet. Das Meßprotokoll ist im Anhang wiedergegeben.

Sternnr. (FK)	Bezeichnung	Rektaszension	Deklination	V(mag)
420	ψ <i>UMa</i>	11 ^h 09 ^m 40.31 ^s	44° 30' 02.34"	3.01
433	λ <i>Dra</i>	11 ^h 31 ^m 25.22 ^s	69° 20' 05.40"	3.84
447	γ <i>UMa</i>	11 ^h 53 ^m 50.73 ^s	53° 41' 50.96"	2.44
1311	π <i>Vir</i>	12 ^h 00 ^m 53.50 ^s	6° 36' 47.82"	4.66
457	γ <i>Cor</i>	12 ^h 15 ^m 49.42 ^s	-17° 32' 40.70"	2.59

Ein erster Schritt ist sicher die Mittelbildung der Antrittszeiten der Fadenpaare (vorerst unter Vernachlässigung des Mittelfadens). Die gemittelte unkorrigierte Meridiandurchgangszeit wird pro Stern mit Hilfe des Uhrvergleichs (siehe Protokoll) in mitteleuropäische Sommerzeit und nachfolgend in Sternzeit umgerechnet. Wir benötigen dazu die Zeitdifferenz UT1-UTC für den Tag der Beobachtung, verlautbart vom Int. Erdrotationservice zu +0.23^s.

2. Fortsetzung Referat: Astrometrie mit dem Passageninstrument

Sternr. (FK)	Bezeichnung	MESZ	Sternzeit	dt(i)
420	ψ <i>UMa</i>	20 ^h 28 ^m 58.626 ^s	11 ^h 09 ^m 39.77 ^s	-0.34 ^s
433	λ <i>Dra</i>	20 ^h 50 ^m 42.608 ^s	11 ^h 31 ^m 27.32 ^s	-0.63 ^s
447	γ <i>UMa</i>	21 ^h 13 ^m 02.190 ^s	11 ^h 53 ^m 50.57 ^s	-0.35 ^s
1311	π <i>Vir</i>	21 ^h 20 ^m 01.537 ^s	12 ^h 00 ^m 51.07 ^s	-0.12 ^s
457	γ <i>Cor</i>	21 ^h 34 ^m 54.352 ^s	12 ^h 15 ^m 46.32 ^s	-0.07 ^s

Die Ortssternzeit kann natürlich nur unter Zuhilfenahme einer entsprechenden Näherungslänge angegeben werden. In gegenständlichen Fall wurde $\lambda_0 = 1^h 05^m 32.5^s$ gesetzt. Der Kollimationsfehler wurde ja bereits durch Umlegen des Gerätes aus den obigen Durchgangszeiten eliminiert. Die Sterne 433 und 447 erlauben laut Protokoll dennoch seine Berechnung mit dem Ergebnis $c_{433} = +3.36^s$ bzw. $c_{447} = +3.52^s$.

Im nächsten Schritt ist nun eine erste Schätzung des Azimutfehlers mit Hilfe der 'zenitfernen' Sterne 433, 1311 und 457 auszuführen. Nach Anbringen der Neigungskorrektur aus obiger Tabelle an die Sternzeit des Durchganges liefert (4) die folgende Serie:

$$a_{433} = +1.44^s \quad a_{1311} = +3.82^s \quad a_{457} = +3.31^s$$

und als Mittel $\bar{a}^{(0)} = +2.85^s$. Offensichtlich ist die Bestimmung von a ziemlich inhomogen, was jedoch auf die eben noch ungenaue Näherungslänge λ_0 zurückzuführen ist. Andererseits wirkt sich eine Differenz in a auf zenitnahe Sterne faktisch nicht aus. Somit erhalten wir mit der angeführten Näherung für a und der Umkehrung von (4) Zeitkorrekturen für die Sterne 420 und 447. Diese angebracht an die Durchgangszeiten und verglichen mit der Rektaszension der Sterne liefern in der Folge erste Verbesserungen für die astronomische Länge des Standpunktes.

$$dt(\bar{a})_{420} = +0.26^s \rightarrow \Delta\lambda = \Delta\Theta = +0.62^s \quad dt(\bar{a})_{447} = -0.46^s \rightarrow \Delta\lambda = \Delta\Theta = +0.97^s \quad \text{und} \\ \overline{\Delta\lambda} = +0.80^s$$

(Man beachte: Das negative Vorzeichen für Stern 447 ergibt sich aus seinem Meridiandurchgang nördlich des Zenits)

Damit wäre der erste Iterationsschritt abgeschlossen. Wir können mit der neuen Näherungslänge von $\lambda_0^{(1)} = 1^h 05^m 33.3^s$ erneut den Azimutfehler für die 'zenitfernen' Sterne 433, 1311 und 457 berechnen und erhalten diesmal die deutlich homogenere Serie

$$a_{433} = +2.22^s \quad a_{1311} = +2.62^s \quad a_{457} = +2.47^s$$

mit dem Mittel $\bar{a}^{(1)} = +2.44^s$. Nach Berechnung der Zeitkorrekturen für die Sterne 420 und 447 auf Basis des neuen Azimutfehlers

$$dt(\bar{a})_{420} = +0.22^s \rightarrow \Delta\lambda = \Delta\Theta = -0.14^s \quad dt(\bar{a})_{447} = -0.39^s \rightarrow \Delta\lambda = \Delta\Theta = +0.10^s$$

folgt schließlich ein weitere Verbesserung $\overline{\Delta\lambda} = -0.02^s$ und damit die gesuchte astronomische Länge zu $\lambda = 1^h 05^m 32.5^s + 0.80^s - 0.02^s = 1^h 05^m 33.28^s$ Ost.

3. Fortsetzung Referat: Astrometrie mit dem Passageninstrument

Ein weiterer Iterationsschritt ist angesichts der Kleinheit des letzten Längenzuschlags in Relation zur Genauigkeit der Messung nicht mehr sinnvoll. Eine Diskussion des Ergebnisses findet sich in Kapitel 4.

3 Beobachtung der Astronomischen Breite

Kulminiert ein Stern Σ_j im Zenit, so entspricht seine Deklination δ_j der astronomischen Breite ϕ . Für Meridiandurchgänge in beliebiger Zenitdistanz gilt die noch immer sehr einfache Beziehung

$$\begin{aligned}\phi &= z_j + \delta_j \quad \text{für } \delta_j < \phi \quad \text{bzw.} \\ \phi &= \delta_j - z_j \quad \text{für } \delta_j > \phi\end{aligned}\quad (5)$$

Wie schon eingangs erwähnt eignen sich Vertikalkreisablesungen am Passageninstrument jedoch nicht für die Bestimmung der exakten Zenitdistanz. Mit Hilfe einer Zusatzeinrichtung, dem sogenannten Horrebow-Niveau ist es allerdings möglich Zenitdistanzdifferenzen hochgenau (mikrometrisch) festzustellen. Kulminiert nun ein Sternpaar symmetrisch zum Zenit, so folgt aus (5) die astronomische Breite als Mittel der Deklinationen verbessert um die Differenz der Zenitdistanzen. Bezeichnet der Index s den Südsterne und der Index n den Nordsterne, erhalten wir

$$\phi = (\delta_s + \delta_n)/2 + (z_s - z_n)/2 + (R_s - R_n)/2 \quad (6)$$

Die Vorteile dieser Methode sind augenscheinlich. Sie ist unabhängig von der Zeitmessung (bis auf die genäherte Kenntnis der Meridianpassagentermine zum Auffinden der Sterne), stützt sich auf sehr genau ausführbare Differenzmessungen und ist weitgehend frei von Aufstellungsfehlern des Instruments (Fehler 2. Ordnung). Auch die Differenz der Refraktionswirkung R ist bei annähernd gleicher Zenitdistanz des Nord- und des Südsterne naturgemäß sehr klein.

Der Nachteil liegt zweifellos in der geringen Anzahl geeigneter Sternpaare mit beinahe gleicher Zenitdistanz, deren Komponenten zudem in kurzem zeitlichen Abstand den Meridian passieren. Die Arbeit der Auswahl kann allerdings mit Hilfe des Katalogs von Horrebow-Sternpaaren für Breiten von $+30^\circ$ - $+60^\circ$ (Reichhart, 1975) oder eben eines geeigneten Computerprogramms wesentlich erleichtert werden.

Zur praktischen Durchführung wird das Passageninstrument zunächst auf die genähert vorausberechnete Zenitdistanz des ersten Sternes des Paares gestellt und sodann das Ausgleichsgewicht an der Drehachse gegen die Horrebow-Libelle getauscht. Diese wird mit ungefähr einspielender Blase auf der Drehachse festgeklemmt. Sodann wird der Durchgang des ersten Sternes beobachtet. Läuft er genau zwischen den beiden Horizontalfäden (Einstellen mittels Feinbewegung), so wird mit der Mikrometerschraube die Blase der Horrebow-Libelle zum Einspielen gebracht. Dann wird das Instrument umgelegt und der Durchgang des zweiten Sternes analog beobachtet. Bei der nötigen Verstellung des Passageninstruments in Zenitdistanz ist die Blase der Horrebow-Libelle natürlich ausgewandert. Sie wird nun mit der Mikrometerschraube zurückgeholt und deren Stellung abgelesen. Aus der Differenz der Mikrometerlesungen errechnet sich schließlich die Zenitdistanzdifferenz. Die Ablesung von Temperatur und Druck erlaubt die Berechnung der differentiellen Refraktion.

4. Fortsetzung Referat: Astrometrie mit dem Passageninstrument

PASSAGENINSTRUMENT

Blatt Nr: 1

Station: Urania - Sternwarte (WIEN) $\lambda_g = 1^h 05^m 32.5^s$ $\varphi_g = 48^\circ 12' 43.3''$

Geräteaufstellung Meridian Ost-West-Vertikal

Datum: 15.5.2000	Uhrlesung	S MEZ			Stoppuhr 446		
Temp: 22.6 C	Sternzeit ab:	19	17	00.00	0	1	21.61
Druck:	10.45	22	18	00.00	3	2	21.61

Objekt: γ UMa, 420 Helligkeit: Refraktion: Umlegen j/n: j

Stunde: 1 Niveau: Ok Ost 8 - 24 , Ok West 14 - 30

11	56.19	03.91	07.85	11.82	19.62	23.33	27.18	34.98	38.95	42.80	MF
14	44.11	36.59	32.85	28.71	20.90	17.14	13.17	05.51	/	57.59	/

Objekt: λ Dra, 433 Helligkeit: Refraktion: Umlegen j/n: j

Stunde: 1 Niveau: Ok Ost 8 - 24 , Ok West 14 - 30

32	14.96	30.01	37.69	45.82	01.49	09.58	17.18	33.03	41.04	48.88	MF
37	53.69	38.34	30.54	22.55	06.80	59.09	51.06	35.48	27.67	19.46	35 13.75

Objekt: γ UMa, 447 Helligkeit: Refraktion: Umlegen j/n: j

Stunde: 1 Niveau: Ok Ost 7.5 - 23.9, Ok West 12.9 - 29.0

55	42.62	51.60	56.24	01.25	10.47	15.20	19.96	29.30	34.03	38.59	MF 57
59	04.50	/	51.12	46.40	37.11	32.45	27.99	18.51	13.65	/	17.84

Objekt: π Vir, 1311 Helligkeit: Refraktion: Umlegen j/n: j

Stunde: 2 Niveau: Ok Ost 9.8 - 26.0, Ok West 13.9 - 30.2

03	/	28.54	31.29	34.07	39.49	42.41	45.01	/	53.38	56.37	MF
05	23.28	17.80	15.14	12.36	06.68	03.87	01.26	55.70	52.68	50.00	/

Objekt: γ Crv, 457 Helligkeit: Refraktion: Umlegen j/n: j

Stunde: 2 Niveau: Ok Ost 10.0 - 26.2 , Ok West 13.7 - 30.1

18	13.26	18.77	21.69	24.57	30.37	33.42	36.37	42.23	44.96	47.75	MF
20	18.81	13.11	10.32	07.18	01.47	58.39	55.74	/	/	/	/

Beobachter: Weber, Titz Schriftführer:

Uhr:

BEOBACHTUNGS-ANLEITUNG

- o Gerät betriebsbereit? (Lager reinigen; Uhren, Handlampe, Okular, Lupen, Niveau)
- o Sternauswahl (Sternzeituhr, Scheinbare Örter)
- o Zenitdistanz, Okular West, einstellen ($z = \varphi_g - \delta - \text{Refraktion}$)
- o Kreis- und Kreuzlibelle einspielen, Niveau ablesen
- o Zenitdistanz für Okular Ost voreinstellen
- o Sterndurchgänge bis Mittelfaden MF beobachten, dann Gerät umlegen
- o Kreislibelle einspielen, Sterndurchgänge beobachten; Kreuzlibelle einspielen
- o Niveau ablesen, Gerät in Ausgangslage bringen. Vor Schluß Lagerringe einölen.

5. Fortsetzung Referat: Astrometrie mit dem Passageninstrument

Die Berechnung der Zenitdistanzdifferenz gelingt natürlich nur mit dem bekannten Skalenwert der Mikrometerschraube der Horrebow-Libelle. Dieser kann aus Durchgangsbeobachtungen zweier Sterne mit gering unterschiedlicher Deklination bestimmt werden. Zu diesem Zweck wurde das Sternpaar 507, 513 beobachtet (341.2 Skalenwerte) und dem Jahrbuch (bzw. Internet) die Deklinationsdifferenz von 56' 27.0" für den 3. Juni 2000 entnommen. Nach Korrektur dieses Wertes um die Differenz der Refraktion $\Delta R = 1.3''$ ergibt sich ein Skalenwert von

$$3\,385.7'' / 341.2 \text{ Sk} = 9.92''$$

Literatur

Reichhart, F.: *Katalog von FK4 Horrebow-Paaren für Breiten von +30° bis +60°*, Geowissenschaftliche Mitteilungen der Studienrichtung Vermessungswesen der TU-Wien, Heft 6, 1975.

Jeitler, M.: *Die Bestimmung der geographischen Breite nach dem Verfahren von Horrebow-Talcott*, in Seminarpapiere des Sternfreundeseminars 1976, Wiener Planetarium.

Weber, R.: *Messungen mit dem Passageninstrument auf der Urania Sternwarte Wien*, in Der Sternbote, 39. Jahrgang, Heft 2, 1996, Astronomisches Büro.

<http://www.ari.uni-heidelberg.de/>: Homepage, Astronomisches Recheninstitut Heidelberg.

Dipl. Ing. Dr. Robert Weber, Höchstmannweg 22, A-1220 Wien

Gastvortrag: Neues 60 cm Spiegelteleskop mit der „Österreich-Montierung-Neu“ für die Privatsternwarte in Davidschlag, O.Ö.

Rückblick

Schon im Jahre 1979 fertigten wir für unsere im gleichen Jahr errichtete private Sternwarte einen Newton für 30 cm Spiegeldurchmesser $f/4,4$ samt einer Gabelmontierung. Da der Hauptspiegel lediglich eine Leihgabe war, kauften wir uns im Jahre 1982 einen Schmidt-Cassegrain vom Typ MPT300/1500SCL, Fabrikat Lichtenknecker. Dieses schöne Gerät nutzen wir viele Jahre hindurch erfolgreich auf unseren beiden Spezialgebieten, nämlich der Astrometrie und der allgemeinen Himmelsfotografie.

Die Idee

Anlässlich des 20-jährigen Bestehens unserer Privatsternwarte überlegten wir Anfang Dezember 1998, ob wir mit der vorhandenen Ausrüstung auch die kommenden Jahre das Auslangen finden würden. Die Vision eines wesentlich größeren Instrumentariums war schnell geboren.

Der Obmann der Linzer Astronomische Gemeinschaft, Dipl.-Ing. Herbert Raab, gab uns den Tip, daß die Firma Astro Optik in Regensburg gute Optiken zu vernünftigen Preisen anbietet. Schnell war ein Angebot eingeholt und noch Ende Dezember 1998 legten wir fest:

- Ziel (1998):
- Teleskop mit 60 cm Hauptspiegel
 - Einsatz für nur fotografische Zwecke
 - Lichtstärke möglichst $f/3$
 - Gabelmontierung moderner Konzeption
 - Eigenbau (aus finanziellen Gründen)
 - Realisierung innerhalb eines Jahres
 - Unfallfreie Fertigung

Woher sollten wir die Konstruktionspläne nehmen, alles selbst konstruieren? Zum Glück gibt es die Österreich-Montierung! Als weiterer Glücksfall erwies sich, daß eine Oberösterreichische Gruppe gerade ein 50 cm Teleskop samt Montierung selbst fertigte. Schon in der ersten Jännerwoche 1999 waren wir an Ort und Stelle, das Team Schäffer-Kreutzer zeigte uns bereitwillig alle Details ihrer bisherigen schönen Arbeit. Vor allem aber beeindruckte und überzeugte uns der völlig neue Montierungstyp des erfolgreichen Konstrukteurs und Teleskopbauers Ing. Rudolf Pressberger / Universität Wien - Institut für Astronomie, die Österreich-Montierung-Neu.

Die Österreich-Montierung-Neu

Eine Woche später waren wir schon bei Hrn. Ing. Pressberger, um seine geniale Konstruktion in allen Einzelheiten zu besprechen.

Das völlig neuartige an dieser Montierung ist eine Gabelmontierung mit Reibradantrieben, die ohne herkömmliche Wälzlager und ohne Stundenwelle auskommt. Der geniale Trick, den Ing. Pressberger anwendet, ist die Lagerung der Gabel mit einer hartverchromten Ku-

1. Fortsetzung Gastvortrag: Das neue 60cm-Spiegelteleskop mit Österreich-Montierung-Neu ...

gel in einer Teflonpfanne. Das Teleskop selbst wird in DEC mit zwei Kugeln spielfrei gelagert. Diese Material-Kombination ergibt geringste Reibwerte und bewirkt daher einen sehr kleinen Schlupf. Zudem ist die Montierung so geschickt konstruiert, daß die für den Reibrad-Antrieb in RA erforderliche Anpreßkraft durch die Tubus-Montierungsmasse selbst definiert ist. Ebenso ist es dem Konstrukteur gelungen, den elastischen Totgang in RA und DEC durch geschickte Konstruktion zu minimieren. Die beiden Reibscheiben messen 500mm im Durchmesser. Für die Antriebe konstruierte Ing. Pressberger spielfrei einstellbare Getriebe, die auch relativ einfach herzustellen sind.

Freilich, diese Österreich-Montierung-Neu wurde noch nie realisiert, was für uns geradezu eine Herausforderung bedeutete. Der Tubus selbst wurde in klassischer offener Bauweise (Gittertubus mit Serrourierstäben) konzipiert.

Unsere Aufgabe war lediglich, die Pläne der „Österreich-Montierung-Neu“ für ein 50 cm Gerät mit den Plänen einer „Klassischen Österreich-Montierung“ für ein 60 cm Teleskop zu kombinieren.

Die Vorteile der Österreich-Montierung-Neu nochmals zusammengefaßt:

- Lagerung der Gabel auf einer Kugel
- Lagerung des Tubus ebenfalls in Kugeln
- Durch geschickte Materialkombination geringste Reibungszahlen
- Reibradantriebe in RA und DEC
- Anpreßkraft in RA: allein durch die Eigenmasse von Gabel und Tubus definiert
- Leichtbauweise und hohe Steifigkeit

Die Umsetzung

Nachdem wir die optischen Komponenten (ein Parabolspiegel mit 61 cm Durchmesser und ein optischer dreilinsiger Korrektor (nach Wynne) für die verzeichnungsfreie Abbildung für das Format $6 \times 8 \text{ cm}^2$, $1,7^\circ \times 2,0^\circ$ ebenes Bildfeld, Gesamt-Öffnungsverhältnis $f/3.3$) bestellt hatten, begannen wir in der ersten Februarwoche 1999 mit der Realisierung der Montierung und des „Deltagraphen“, wie das Teleskop wegen der optischen Eigenschaften genannt wird. Unser hohes Ziel war, noch im gleichen Jahr fertig zu werden.

Nachträglich gesehen hatten wir einen langen und unglaublich arbeitsintensiven Weg vor uns.

Wir durften alle Arbeitsschritte bei der Firma MEA in Engerwitzdorf bei Gallneukirchen / Oberösterreich, in der Erwin arbeitet, durchführen. Ohne diese großzügige Zurverfügungstellung der Werkstätte und aller notwendigen Geräte und Bearbeitungsmaschinen hätten wir dieses mächtige Vorhaben niemals realisieren können!

Monate mit intensiven Bohr-, Dreh-, Fräs-, Schleif-, Schweiß- und Malerarbeiten vergingen wie im Fluge.

Schon Anfang August 1999 war unser Teleskop samt Montierung fertig. Bis zu diesem Zeitpunkt hatten wir auch die erforderlichen Fundament-Umbauarbeiten in unserer Sternwarte erledigt. Diese Arbeiten waren so organisiert, daß das „alte“ Gerät dennoch ungestört betrieben werden konnte. Die „Zwangspause“ für den Teleskoptausch dauerte nicht einmal einen Monat.

Die Teleskopsteuerung

In der Zwischenzeit hatten wir entschieden, welches Antriebssystem und welche Teleskopsteuerung zum Einsatz kommen sollten. Wir wählten Scheibenläufermotore mit den entsprechenden Encodern und die erprobte Steuerung von Ministerialrat Dr. Manfred Stoll aus Wien, die Ing. Pressberger schon jahrelang in seiner privaten Sternwarte (die „Purgathofer-

2.Fortsetzung Gastvortrag: Das neue 60cm-Spiegelteleskop mit Österreich-Montierung-Neu ...

Sternwarte" in Klosterneuburg) im Einsatz hat. Dieses Programm läuft auf IBM-kompatiblen Rechnern und wird unter MS-DOS betrieben. Die Ansteuerung bzw. Regelung der Antriebsmotore erfolgt über eigens dafür von Dr. Stoll entwickelte PC-Karten, die wir lediglich bestücken mußten. Die Teleskopsteuerung hat viele gut durchdachte und praxisgerechte Eigenschaften.

In einem separaten Gastvortrag wird Ministerialrat Dr. Stoll diese moderne Teleskopsteuerung im Detail erläutern.

In einem eigenen Schaltschrank wurden der PC samt Bildschirm, die Leistungselektronik und andere wichtige Regel- und Steuergeräte installiert.

Das Finale

Im Oktober 1999 war es endlich soweit. Das in Engerwitzdorf zusammengebaute und dort probeweise in Betrieb genommene Teleskop wurde wieder zerlegt, transportiert und in der Davidschläger Sternwarte mit einem von uns eigens dafür hergestellten Kran wieder zusammengebaut.

Zu den Massen: der komplette Tubus wiegt 170 kg, die Gabel 115 kg und der Sockel bringt 115 kg auf die Waage. Das Teleskop ist also ein Leichtgewicht. Auch hier bestätigt sich wieder das große know how des Konstrukteurs. Nicht schwere, sondern steife Montierungen sind die Voraussetzung für erfolgreiche Arbeiten mit dem Teleskop.

Für alle beschriebenen Arbeiten wendeten wir übrigens in etwa 1.350 Arbeitsstunden auf.

Nach den elektrischen Installationsarbeiten und Justierarbeiten gab es am 26.10.1999 das spannende „first light“, wahrlich ein Feiertag. Dies geschah noch ohne die optische Korrekturereinheit, deren Auslieferung sich verzögerte, doch erste Arbeiten mit der CCD-Kamera lohnten sich allemal.

Hier nochmals die wichtigsten Parameter zusammengefaßt:

- Parabolspiegel mit 61 cm \varnothing , f/3.0
- 3 linsiger Wynne-Korrektor \Rightarrow f/3.3
- Optisches System „Deltagraph“ (AstrOptik)
- Perfekte Ausleuchtung eines 6 x 8 cm² ebenen Bildfelds mit punktförmiger Abbildung
- Kamera: Elektromotorischer Verschuß
- Gabelmontierung „Österreich-Montierung-Neu“
- Servo-Antriebsmotore
- PC-Teleskopsteuerung von Dr. Stoll
- Geringe Masse der bewegten Teile (nämlich 285 kg)

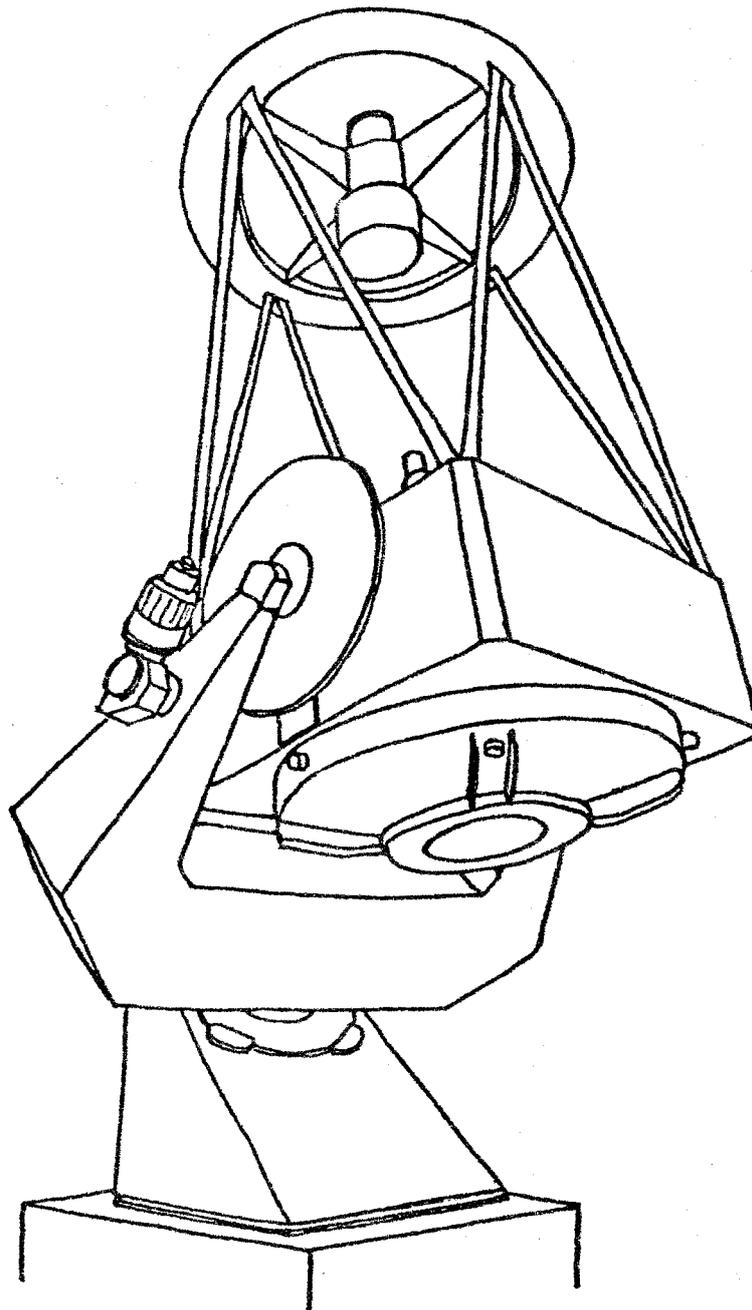
Erste Ergebnisse

Allgemein

Längere Belichtungen ohne Korrekturen sind mit dem neuen Gerät ein Hochgenuß. Belichtungen von beispielsweise fünf Minuten ergeben runde Sternabbildungen! Periodische Fehler gehören somit der Vergangenheit an.

Die Teleskopsteuerung hat sich bei uns in der Praxis sehr bewährt. Besonders hervorzuheben sind: die einfache Bedienung, die sehr informativen Menüs, die rasche und genaue Teleskopverstellung und die Kalibriermöglichkeit (in allen Himmelsregionen). Ebenso ist die bequeme Teleskopverstellung vom Handset aus ein Genuß.

So sieht unser Spiegelteleskop 60/1980cm in seiner Österreich-Montierung-Neu aus:



Astrometrie

Für die Positionsbestimmung verwenden wir nach wie vor eine CCD-Kamera vom Typ ST-6, Fabrikat S.B.I.G., vermessen mit Astrometrica (Dipl.Ing.Raab) und geben auf 0,01s/0,1" an.

Near Earth Objects: Ihnen gilt unser Hauptinteresse. Viele solche aktuelle und vor allem lichtschwache Objekte konnten wir bisher erfolgreich vermessen. Einige seien aus der [www-confirm-page](#) der IAU ausgewählt und angeführt. Die vorläufigen Bezeichnungen stammen ebenfalls von dort. MPEC bedeutet Minor Planet Electronic Circular und MPC Minor Planet Circular (Minor planet Center, Cambridge, Mass., USA):

4. Fortsetzung Gastvortrag: Das 60cm-Spiegelteleskop mit Österreich-Montierung-Neu ...

Vorläufige Bezeichnung	Definitive Bezeichnung	Unsere Messungen sind veröffentlicht in
1AQ002	1999 US3	MPEC-U37
9U0905	1999 UG5	MPEC-V09
D71090	1999 ND43	MPEC-V01
1B4001	1999 VN6	MPEC-V22
9V2504	1999 VC1	---
D95397	1999 VU25	MPEC-W07

Trans Neptun Objects wären auch noch erwähnenswert:

1996 TO66	MPC 36992
1998 SM165	MPC 36992

Vom 31. Oktober 1999 bis 14. Januar 2000 finden sich in den MPC's 26 lichtschwache Kleinplaneten, die wir jeweils mehrfach vermessen konnten.

Kometen waren auch unter unseren ersten Beobachtungsobjekten:

D71123	C/1999 U3	MPC 36615
	141P-D (Fragment Komet Machholz 2)	MPC 36619
	C/1999 S4	Sternenbote 3/2000

Messier-Objekte fahren wir auch gelegentlich an: Zwei im Vortrag gezeigte Belichtungsbeispiele, M1 und M51 sollen die „Bissigkeit“ des Gerätes belegen.

Deep-sky-Aufnahmen

Es war sehr spannend, die ersten entwickelten Mittelformat-Diapositive unter der Lupe anzusehen. Die Abbildungsqualität ist phantastisch, auch in den Bildecken des 6 x 8 cm² Films sind gestochen scharfe Sternabbildungen auszunehmen.

Verwendet wurden bisher 100 ASA, sogenannte 220er Rollfilme.

Ein in die Kamera eingebauter elektromotorischer Verschluss erleichtert die Arbeit am Fernrohr sehr.

Schluß

Der Erfolg hat sich bei uns nicht nur deswegen so rasch eingestellt, weil wir sehr hart an der Realisierung des Baus des Teleskops samt Montierung gearbeitet haben.

Zwei Personen haben uns den Weg zum schnellen Erfolg geebnet, ihnen gebührt unserer besonderer Dank:

Ing. Rudolf Pressberger, der nicht nur seine völlig neue, ja geniale Konstruktion in exakte Baupläne umgesetzt hat, sondern uns auch bei vielen Fragen immer wieder geduldig weitergeholfen hat.

Ministerialrat Dr. Manfred Stoll, von dem wir die moderne Teleskopsteuerung erhielten, die das neue Gerät erst so richtig nutzbringend und zeitoptimierend einsetzbar macht. Auch er ist uns in dieser Zeit immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden.

5.Fortsetzung Gastvortrag: Das 60cm-Spiegelteleskop mit Österreich-Montierung-Neu ...

Wir sind über das Gelingen unseres hochgesteckten Ziels sehr erleichtert, haben wir uns doch, im nachhinein betrachtet, auf ein gewaltiges Unternehmen eingelassen. Nicht nur finanziell, sondern auch den nötigen Arbeitseinsatz betreffend.

Nur gemeinsam, in bester Teamarbeit, sind wir letztlich so rasch und vor allem ohne nennenswerte Rückschläge, zum Ziel gelangt.

Ing. Erich Meyer

Ferdinand Markl Straße 1/62
A-4040 Linz

Erwin Obermair

Viehthalerstraße 20
A-4020 Linz

ÖSTERREICHISCHER ASTRONOMISCHER VEREIN

Konstruktionsplan für die Neue Österreichische Präzisionsmontierung, eine Gabelmontierung für Teleskope von 50cm \emptyset , verfaßt von Ing.R.Pressberger.

Bestelladresse: Astronomisches Büro, Hasenwartgasse 32, A-1238 Wien.
Nur für Mitglieder, Schutzgebühr ATS 500.-.

Gastvortrag: Teleskopsteuerung mit Personalcomputer

Vorwort

Die technologische Entwicklung der letzten Jahrzehnte hat insbesondere auch für die Amateurastronomie Möglichkeiten eröffnet, welche bisher im Bereich der himmelskundlichen Beobachtungstechniken aus Kostengründen den grossen Observatorien vorbehalten waren. Wenn daher die Amateurastronomie immer mehr in neue Dimensionen vordringt, so wird es umso wesentlicher, sich mit den Problemen zu beschäftigen, mit denen man zwangsläufig beim Betreten dieser neuen Dimensionen konfrontiert wird.

Um daher die heute gegebenen Möglichkeiten professionell zu nutzen, ist ein reger Gedankenaustausch zwischen allen, die bereits Probleme erkannt und gelöst haben, eine wesentliche Voraussetzung für den eigenen Erfolg und den Erfolg derjenigen, die auf bestehendes und erprobtes Wissen aufbauend, es in Zukunft wieder besser machen werden. Dem Österreichischen Sternfreunde-Seminar unter der Leitung von Prof. H. Mucke, als organisatorische und wissensvermittelnde Drehscheibe, sei an dieser Stelle für den auf diese Weise ermöglichten Gedankenaustauschprozess gebührender Dank ausgesprochen.

Aufgabenstellung

Der Tubus eines astronomischen Fernrohres soll möglichst genau an eine bestimmte Stelle des Himmels positioniert werden und danach der Bewegung des zu beobachteten Objektes folgen.

Als Voraussetzung dazu ist die Beweglichkeit des Tubus um zwei zu einander senkrechte Achsen erforderlich, welche mit entsprechenden Antriebselementen (Getriebe + Motoren) ausgerüstet sein müssen. Weiters ist eine Einrichtung vorzusehen, welche die jeweilige Position der Achsen abzulesen gestattet.

Der Antrieb muss dabei einen grossen Geschwindigkeitsbereich abdecken:

- Schnellgang (slewing) für das Positionieren eines Objektes
- Nachführgeschwindigkeit (tracking /guiding).

Umsetzung

a) das mechanische Antriebssystem

Der mechanische Antrieb erfolgt mit Gleichstrommotoren, welche über ein Vorgetriebe entweder auf ein Schneckenrad, Zahnrad oder Reibrad, welches mit der Teleskopachse verbunden ist, wirken. Mit der Motorwelle des Gleichstrommotors direkt gekoppelt ist ein inkrementaler Drehgeber (Encoder). Der Drehgeber besteht im wesentlichen aus einer sehr fein geteilten Strichplatte, wobei die elektrischen Impulse von einem Zähler registriert werden.

Die Getriebeübersetzung und die Strichzahl des Encoders sind aufeinander abzustimmen. (Richtwert: 1 Encoderstrich ca. 1/10 Bogensekunde).

1 . Fortsetzung Gastvortrag: Teleskopsteuerung mit Personalcomputer

Die erzielbare Genauigkeit eines Teleskopantriebes ist im Bereich der Mechanik, neben der Steifigkeit der Montierung, wesentlich von der Qualität der Getriebe bestimmt. Bei einem mehrstufigen Getriebe ist das genauigkeitsbestimmende Element das letzte Glied in der Kette. Daher ein paar Bemerkungen zu den Vor- und Nachteilen von Getriebevarianten.

Schneckenrad mit Schnecke

Dies ist der klassische Antriebstyp für astronomische Fernrohrmontierungen. An Stelle des Schneckenrades werden mit Erfolg auch gewöhnliche Zahnräder (ev. schrägverzahnt) in Kombination mit einer Schnecke verwendet. Dieser Antriebstyp ist nach wie vor aus technischer Sicht eine gute Lösung. Es ist lediglich eine Frage der Anschaffungskosten für entsprechend genaue Getrieberäder.

Hauptaugenmerk bei der Realisierung dieses Antriebes ist auf periodische Fehler und den Totgang zu richten.

Reibradantrieb

Hier erfolgt der Antrieb und die Untersetzung in der letzten Getriebestufe, indem zwei glatte, aneinander gepresste Drehflächen die Bewegung übertragen¹. Diese Art des Antriebes hat folgende Vorteile:

- Kann selbst gefertigt werden
- Hat praktisch keinen periodischen Fehler
- Der Totgang kann leichter eliminiert werden
- Ist kostengünstiger

Als Nachteil ist der sogenannte „Schlupf“ anzuführen. Praktische Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass der Schlupf weitestgehend minimiert bzw. im Rahmen der Computersoftware eliminiert werden kann.

b) die elektronische Ansteuerung der Gleichstrommotoren

Die Gleichstrommotoren werden von einem Gleichstromsignal über entsprechende Leistungsverstärker angesteuert. Das Steuersignal liegt im Bereich $-10V$ bis $+10V$. Die Drehzahl bzw. Drehrichtung des Motors ist dabei proportional dem Spannungswert.

Die gesamte Steuerlogik besteht aus einem digitalen Regelkreis und wird von dem eigens dafür konzipierten Logikbaustein LM628 der Fa. National Semiconductor (s. Beilage 1) bewerkstelligt. Das Prinzip der digitalen Regelschleife besteht darin, dass aufgrund eines SOLL/IST-Wertvergleichs die Grösse des Motorsteuersignals errechnet wird. Der IST-Wert entspricht dabei der momentanen Position der Teleskopachse, welche durch die Zählung der Encoderstriche gegeben ist. Der SOLL-Wert ist jene Position, an der sich das Teleskop befinden soll. Entspricht der IST-Wert dem SOLL-Wert, so befindet sich das Teleskop an der gewünschten Position. Je grösser die Differenz zwischen IST- und SOLL-Wert, um so weiter ist das Teleskop von der gewünschten Position entfernt. Damit ergibt sich eine einfache Regel für die Grösse des Motorsteuersignals:

Das Motorsignal ergibt sich aus der Abweichung des IST-Wertes vom SOLL-Wert.

¹ Details einer Montierung mit Reibradantrieb s. „Österreich Montierung“ von Ing. R. Pressberger

2. Fortsetzung Gastvortrag: Teleskopsteuerung mit Personalcomputer

Die diesbezüglichen Rechnungen werden von dem LM628 – Logikbaustein ausgeführt. Die genaue Art der Berechnung des Steuersignals kann durch setzen entsprechender Regelparameter im LM628-Baustein vorgenommen werden. Der LM628 überwacht weiters auch die Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit der Antriebes, bietet die Möglichkeit der softwaremässigen Endlagenüberwachung, Indexpositionen und vieles andere mehr.

Die Aufgabe die dem Anwender verbleibt, ist die Berechnung und Vorgabe des SOLL-Wertes. Durch die Vorgabe dieser Grösse bestimmen wir zu jedem Zeitpunkt die genaue Position und Bewegung unseres Fernrohres. Geben wir z.B. einen fixen SOLL-Wert vor, so wird der Motor das Teleskop solange bewegen, bis der IST-Wert den SOLL-Wert erreicht hat. Dann bleibt der Motor stehen, da jetzt die Differenz zwischen IST- und SOLL-Wert = 0 ist. Wollen wir eine neue Position anfahren, so geben wir einfach einen neuen SOLL-Wert vor, der der Position des gewünschten Objektes entspricht.

Die Nachführung des Teleskops wird einfach dadurch bewerkstelligt, indem wir den SOLL-Wert der Stundenachse laufend um kleine Beträge erhöhen. Da die tägliche Bewegung 15 Bogensekunden / Sternzeitsekunde beträgt und unter der Annahme, dass wir einen Encoder mit 10 Strichen / Bogensekunde gewählt haben, so müssen wir den SOLL-Wert der Stundenachse um 150 Impulse / Zeitsekunde erhöhen. Um eine möglichst glatte Bewegung zu gewährleisten muss die laufende Änderung des SOLL-Wertes in entsprechend kleinen Zeitschritten erfolgen (ca. 50msek).

c) Achsensysteme

Wie bereits erwähnt, sind zur Einstellung eines Fernrohres zwei zueinander senkrechte Achsen erforderlich. Die räumliche Lage des Achsensystems ist grundsätzlich frei wählbar. Es gibt jedoch mehrere Gründe, warum in der Praxis bestimmte Systeme bevorzugt in Verwendung sind.

- Parallaktisches Achsensystem
- Azimutales Achsensystem

Beim parallaktischen Achsensystem ist eine Achse (Stundenachse) parallel zur Erdachse ausgerichtet. Aus der Forderung der Orthogonalität des Achsensystems ist die Lage der zweiten Achse (Deklinationsachse) automatisch bestimmt. Dieses Achsensystem ist das gebräuchlichste in Verwendung stehende. Der Grund dafür ist einfach die Tatsache, dass zur Nachführung eines parallaktisch aufgestellten Fernrohres nur die Stundenachse der täglichen Erddrehung nachgeführt werden muss.

Beim azimutalen Achsensystem steht die Hauptachse (Azimutachse) senkrecht zur Erdoberfläche. Die dazu senkrechte Achse (Höhenachse) liegt daher immer parallel zur Erdoberfläche. Der Vorteil dieses Montierungstyps liegt in der wesentlich einfacheren mechanischen Realisierung der Teleskopmechanik. Der wesentliche Nachteil liegt jedoch in der Tatsache, dass zur Nachführung des Teleskops beide Achsen simultan bewegt werden müssen. Dazu kommt noch die Kompensation der Bildfelddrehung, falls man flächenhafte Objekte mit einem panoramischen Detektor (Film, CCD) über längere Zeiträume beobachten will.

Dieser Montierungstyp hat sich daher erst mit der Einführung des Computers zur Steuerung von Fernrohren durchgesetzt.

Die SOLL-Wert Generierung

Wenn wir jetzt davon ausgehen, dass unser Fernrohrtube mit zwei beweglichen Achsen mit Getrieben, Motoren, Encodern, Verstärkern und Motorsteuer-IC realisiert ist, so bleibt jetzt eine Antwort auf die Frage zu geben, wie Schaffen wir eine Schnittstelle zu dem

3 . Fortsetzung Gastvortrag: Teleskopsteuerung mit Personalcomputer

Steuerbaustein (LM628) und was gilt es alles bei der Erzeugung des SOLL-Wertes zu beachten.

Das Instrument zu dem wir eine Schnittstelle brauchen und mit dem wir unsere SOLL-Werte berechnen werden, ist naheliegenderweise eine digitale Rechenanlage, wobei ein PC, wie er heute überall zu finden ist, eine ideale Lösung darstellt.

Die Schnittstelle LM628 / Personalcomputer

Damit der PC dem LM628-Baustein die SOLL-Werte zur Verfügung stellen kann, müssen wir diese miteinander hardwaremässig verbinden. Jeder Computer hat zur Kommunikation mit anderen Geräten genormte Schnittstellen. Die hier realisierte Schnittstelle verwendet den ISA-Bus des PC, wobei für jede Achse eine eigene PC-Platine konzipiert wurde. Das Konzept zur Ansteuerung des LM628 ist in der Beilage (Auszug aus dem Datenblatt von National Semiconductor) im Anhang ersichtlich. Die vollständigen Datenblätter und Application Notes sind u.a. im Internet frei verfügbar².

Die Computersoftware

Die Aufgabe der Software besteht nun darin, den SOLL-Wert der Motorsteuerung so zu berechnen, dass einerseits das zu beobachtende Objekt im Blickfeld des Fernrohres zu liegen kommt (Positionieren) und danach laufend der Bewegung des Objektes zu folgen (Nachführung) bzw. zusätzliche Bewegungen von Hand aus (Handset) vorzunehmen (guiding).

Wir haben dabei folgende Aspekte zu betrachten. Unser Teleskop ist fest mit unserer Erdkugel verbunden, welche im Raum nicht in Ruhe ist, sondern einen präzessierenden Kreisel darstellt und sich weiters um die Sonne bewegt. Die zu berücksichtigenden Grössen sind daher neben der täglichen Erddrehung die Präzession, Nutation und Parallaxen.

Weiters befinden sich die zu beobachtenden Objekte auch nicht in Ruhe, sondern bewegen sich in Raum. Zur Festlegung der Position eines Himmelsobjektes haben daher die Astronomen spezielle Bezugssysteme definiert. Das gebräuchlichste und für unsere Zwecke wichtigste ist das System von Rektaszension (RA) und Deklination (DE). Dieses System basiert im wesentlichen auf der Lage der Erdachse im Raum, wobei als Nullpunkt für die Zählung der Rektaszension der aufsteigende Knoten (Frühlingspunkt) der scheinbaren Sonnenbahn (Ekliptik) in Bezug auf den Himmelsäquator festgelegt wurde. RA und DE sind aus den bereits genannten Gründen, der komplizierten Bewegung der Erde im Raum, keine unveränderlichen Grössen sondern unterliegen laufenden kleinen Veränderungen. Es muss daher zu den Werten von RA und DE auch der Zeitpunkt (Epoche) angegeben werden, zu dem diese Werte gültig sind.

Lediglich die tägliche Drehung der Erde um ihre Achse ist im RA/DE – System eliminiert. Für den Übergang vom RA/DE-System auf ein Koordinatensystem, welches für den Standort unseres Fernrohres geeignet ist, benötigen wir die sogenannte lokale Sternzeit (ST = sidereal time). Das Koordinatensystem eines parallaktischen Fernrohres ist durch Stundenwinkel (HA = hour angle) und Deklination gegeben.

Hier gilt nun die grundlegende Beziehung:

$$HA = ST - RA$$

Diese Gleichung ergibt sich aus der Definition der lokalen Sternzeit als Stundenwinkel des Frühlingspunktes (RA=0).

² <http://www.national.com/catalog/>

4. Fortsetzung Gastvortrag: Teleskopsteuerung mit Personalcomputer

Die lokale Sternzeit ist daher eine grundlegende Grösse für jede Teleskopsteuerung und kann einfach aus der uns unmittelbar bekannten MEZ unter Berücksichtigung der geographischen Länge des Standortes berechnet werden.

Der Korrektheit wegen sei hier jedoch angemerkt, dass in Rahmen dieser Ausführungen nicht auf die exakten Definitionen der Zeitbegriffe eingegangen wird. Es darf auf die entsprechende Fachliteratur und Sternfreunde-Seminarpapiere verwiesen werden.

Wie wir jedoch in der Folge sehen werden, sind geringfügige Ungenauigkeiten in der Sternzeit zur Steuerung eines Teleskops nicht von Relevanz. Kurz gesagt entspricht eine nicht ganz exakt gehende Uhr für die Steuerung einem Nullpunktsfehler des Stundenwinkels, den wird jedoch, wie wir sehen werden, sehr leicht gemeinsam mit anderen Restfehlern eliminieren können.

Nachdem wir nun HA und DE berechnet haben und wir unser Teleskop an diese Stelle des Himmels richten, werden wir im allg. feststellen, dass unser Objekt nicht genau im Zentrum unseres Blickfeldes erscheint.

Die Gründe dafür sind:

a) Refraktion

Ein Lichtstrahl, welcher von einem Stern zu unserem Fernrohr kommt, wird durch die Atmosphäre unserer Erde abgelenkt (gebrochen). Die Sterne scheinen immer etwas höher zu stehen. Diese Ablenkung des Lichtes ist umso grösser, je näher sich der Stern am Horizont befindet, je grösser also seine Zenitdistanz ist. Die Grösse dieses Effektes hängt weiters von der Beschaffenheit des Atmosphäre (Luftdruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, ...) ab. Eine bekannte Näherungsformel ist jedoch für die meisten Zwecke ausreichend. (Refraktion in Bogenminuten = Tangens der Zenitdistanz).

Z.B. beträgt die Refraktion für einen Stern in 45 Grad Höhe etwa 1 Bogenminute.

b) Instrumenten- und Aufstellungsfehler

Jeder Fernrohrbesitzer weiss über die Arbeiten Bescheid, die bei der erstmaligen Aufstellung des Fernrohres anfallen. Gemeint ist die möglichst genaue Ausrichtung der Stundenachse in Azimut und Höhe, um eine möglichst genaue Nachführung zu gewährleisten. Mit relativ wenig Aufwand kann mit der Scheiner-Methode eine relativ gute Achsen-Ausrichtung erzielt werden. Will man aber neben guter Nachführung auch möglichst gute Pointiergenauigkeit erreichen, so müssen noch weitere Instrumentenfehler berücksichtigt werden. Dies sind der Kollimationsfehler, weiters nicht aufeinander senkrecht stehende Teleskopachsen, Nullpunktsfehler und elastische Verformungen der Montierung und des Teleskoptubus in Abhängigkeit von der Teleskoplage. Die Theorie gibt uns hier entsprechende Formeln zur Korrektur dieser Fehler in die Hand.

Bleibt daher die Frage, wie bestimmen wir diese Grössen? Der direkten Messung sind diese Grössen nur schwer zugänglich. Mit unserem Computer und ein wenig Kenntnis der Mathematik haben wir jedoch ein sehr mächtiges Werkzeug zur Lösung dieses Problems zur Verfügung.

Gehen wird davon aus, dass wir folgende Fehler nicht genau kennen und bestimmen wollen:

- Azimutfehler der Stundenachse
- Höhenfehler der Stundenachse
- Kollimationsfehler
- Orthogonalitätsfehler
- Nullpunktsfehler in Stunde
- Nullpunktsfehler in Deklination
- Durchbiegungsfehler

5 . Fortsetzung Gastvortrag: Teleskopsteuerung mit Personalcomputer

Da wir die mathematischen Formeln kennen, die zur Korrektur der Fehler dienen, ist die Bestimmung unserer Unbekannten auf die Lösung eines nichtlinearen Gleichungssystems mit mehreren Unbekannten zurückzuführen. Die Koeffizienten unseres Gleichungssystems ermitteln wir, indem wir eine repräsentative Menge ausgewählter Standardsterne mit unserem Fernrohr vermessen. Aus der Abweichung der gemessenen Koordinaten zu den exakten Koordinaten können wir dann nach kurzer Rechnung die unbekannt Grössen erhalten. Bei diesem Verfahren ist auf eine möglichst benutzerfreundliche Methode für die Durchführung der Messungen zu achten.

Dies ermöglicht wieder unser Rechner. Wir lassen zuerst den Rechner aus unserem Sternkatalog ein repräsentatives Sample von Standardsternen auswählen (20-40 Sterne möglichst gleichmäßig über den sichtbaren Himmel verteilt).

Dann fahren wir mit Hilfe unserer Computersteuerung die Sterne der Reihe nach an, stellen den Stern mit dem Handset auf das Fadenkreuz und speichern durch einen Tastendruck die Koordinaten in eine Datei ab. Nach Beendigung der Messungen starten wir unser Gleichungslösungsprogramm. Fertig !

(Konkrete Messwerte von Instrumentenfehlern s. Anhang).

Das interne Koordinatensystem im Rechner

Bei der Verwendung von inkrementalen Encodern als Messsystem für die Lage der Teleskopachsen müssen wir noch eine Methode finden, um absolute Koordinatenwerte zu erhalten. Die Methode zur Erreichung dieses Zieles ist einfach.

Wenn wir zum Zeitpunkt des Startens der Software die Teleskopposition kennen, so kennen wir durch Zählen der Encoderimpulse und der Kenntnis der Getriebeübersetzungen auch jede weitere Position³. Um die Forderung nach der Kenntnis einer bekannten Position des Teleskops beim Softwarestart zu erfüllen, haben wir 2 Möglichkeiten zu betrachten:

- a) das Teleskop wird vor dem Abschalten der Steuerung in eine definierte Ruheposition gefahren. In diesem Fall weiss der Rechner beim Einschalten, wo sich das Teleskop befindet.
- b) Das Teleskop befindet sich in einer Lage die nicht bekannt ist. In diesem Fall können wir mit folgender Methode das gewünschte Ziel erreichen. Wir bringen mittels einer am Teleskop befestigten Dosenlibelle und der Handsteuerung das Teleskop in die Zenithlage und teilen dies der Steuerung mit (ZERO-Funktion Zenit). Damit haben wir bereits eine definierte Teleskoplage erreicht. Allerdings nur mit der Genauigkeit, die der Dosenlibelle entspricht (ca. 1'). Um unsere Teleskoplage jedoch noch genauer festzulegen, fahren wir in einem zweiten Schritt einen Referenzstern an, positionieren diesen auf unserem Fadenkreuz und teilen dem Programm nun mit, dass die Koordinaten des Referenzsternes nun unseren neuen Nullpunkt darstellen (ZERO-Funktion Stern). Fertig!

Die „ZERO-Funktion Stern“ hat jedoch darüber hinausgehend eine ganz wesentliche weitere Bedeutung. Wenn wir über den ganzen Himmel eine möglichst genaue Teleskoppo-
ntierung erreichen wollen (Bereich von einigen Bogensekunden), so sind die bisher gesetzten Maßnahmen im allg. noch nicht ausreichend um dies zu gewährleisten. Insbesondere habe ich bereits die Problematik des Reibradschlupfes erwähnt oder eine nicht genaue Sternzeituhr. Da wir aber vermittels eines Sternkataloges genau bekannte, über den ganzen Himmel verteilte, Referenzpunkte haben, ist die Beherrschung des Schlupfes und anderer nicht näher bekannter Fehlerquellen kein wirkliches Problem. Wir fahren ganz einfach einen Referenzstern in der Nähe unseres zu beobachtenden Objektes an und führen die ZERO-

³ In Anlehnung an Archimedes: „Gebt mir einen festen Punkt und ich bewege mein Teleskop“

6. Fortsetzung Gastvortrag: Teleskopsteuerung mit Personalcomputer

Funktion aus. Wesentlich dabei ist für die Praxis, dieses Verfahren möglichst benutzerfreundlich zu implementieren.

Programmtechnische Aspekte einer Teleskopsteuerung

Das Betriebssystem

Die hier vorgestellte Teleskopsteuerung liegt in ihrem Grundkonzept nun bereits ein Jahrzehnt zurück. Der damals verwendete Rechner war ein IBM-kompatibler XT mit 8086 Prozessor unter DOS 3.0. Die Rechnerleistung war jedoch für die Teleskopsteuerung bei weitem ausreichend. Lediglich die Softwareentwicklungsumgebung hätte etwas schneller sein können. Das Kompilieren und Linken des Gesamtpakets hat schon ca. 15 Minuten gedauert. Mein derzeitiger 400 MHz Pentium II Prozessor benötigt für die gleiche Aufgabe heute wenige Sekunden.

Aufgrund der Abwärtskompatibilität der INTEL-Prozessoren und der BUS-Architektur laufen die alten XT-Programme ohne die geringste Änderung noch auf den derzeitigen Prozessoren.

Die Echtzeitprogrammierung

Die Software zum Betrieb eines Teleskops muss zum Unterschied von vielen anderen Computerprogrammen dem Umstand Rechnung tragen, dass bestimmte Programmteile zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt (Echtzeit) ausgeführt werden müssen. Das bereits erwähnte Problem der Nachführung ist ein typisches Beispiel. Der Programmteil, der den SOLL-Wert der Stundenachse laufend erhöht, muss in genau festgelegten zeitlichen Intervallen ablaufen. Zu diesem Zweck verwendet man als Taktgeber die interne Uhr des Rechners. Der zeitkritische Programmteil wird dabei als sogenannte Interruptroutine implementiert. In unserem konkreten Fall verwenden wir den sogenannten timer-interrupt des PC. Die interne Uhr des PC gibt uns in genau festgelegten Zeitintervallen ein Signal. Beim Erscheinen dieses Signales wird die laufende Programmausführung sofort unterbrochen und der Code der Interruptroutine ausgeführt. Die interne Uhr jedes Computers funktioniert nach diesem Prinzip. Und unser Teleskop, welches der täglichen Erddrehung folgt, ist ja nichts anderes als eine grosse mechanische Uhr.

Die Benutzerschnittstelle

Ein wesentlicher Aspekt beim Design der Software liegt in der Tatsache begründet, dass man dem Umfeld, in der die Bedienung des Computers stattfindet, ein besonderes Augenmerk schenken muss. PC's sind normalerweise nicht dafür ausgelegt in einer Kuppel bei Minusgraden im Winter betrieben zu werden. Ein Einbau in ein thermostatisiertes Gehäuse ist unbedingt erforderlich. Die Bedienung einer Tastatur bei Dunkelheit und Kälte gehört sicherlich auch nicht zu dem gewohnten Standard. Die Helligkeit des Bildschirms ist ein weiterer Umstand, der den Beobachter nicht gerade in Begeisterungstürme ausbrechen lässt.

Zur Minimierung der angesprochenen Probleme kann man jedoch entsprechende Maßnahmen setzen. Vorallem sollte das Design der Keyboardfunktionen so ausgelegt werden, dass man mit möglichst wenig Tastenfunktionen auskommt.

Weitere Funktionalitäten

- Koordinaten der Planeten
- Messierkatalog
- Topozentrische Mondkoordinaten
- Kleinplanetenkatalog
- Nonstellar Tracking
- Einstellbare Guidinggeschwindigkeiten
- Speichermöglichkeit von Teleskoppositionen
- Zugriff auf beobachterspezifische Koordinaten
- Sicherheitseinrichtungen
 - Notstop im Schnellgang
 - Positionsfehlerüberwachung
 - Grenzhöhe für Schnellgangautomatik

Schlussbetrachtungen

Grundsätzlich sind die Vorteile und Möglichkeiten die sich durch die Automatisierung eines Teleskops ergeben einfach darstellbar. Wer sein Teleskop regelmäßig für Beobachtungstätigkeiten einsetzen will, der wird von den Möglichkeiten einer Computersteuerung profitieren. In unseren Breiten sind klare Nächte mit gutem Seeing eher rar. Wenn man daher die Routinetätigkeiten optimieren kann, so kann man die gewonnene Zeit zur Beobachtung nutzen. Der Verfügbarkeit einer möglichst guten Positioniergenauigkeit kommt insbesondere bei der Beobachtung von Objekten zum tragen, die jenseits der visuellen Sichtbarkeitgrenze liegen.

Der Computer ist auch als Hilfsmittel bei der Unterstützung von astronomischen Zusatzgeräten und der Reduktion von Messdaten nicht mehr wegzudenken. Die Speicherung von Daten einer CCD-Kamera und die nachfolgende Bearbeitung dürfte ohne Computer nur schwer möglich sein. Auch die ungeheure Menge an astronomischen Informationen die heute über das Internet zur Verfügung steht, bedarf zur Erschließung eines Rechners.

Anmerkung

Im Rahmen des Gastvortrages ist eine Demonstration an Hand eines Labormodells vorgesehen.

Anhang

Die vorgestellte Steuerung ist derzeit an folgenden Teleskopen im Einsatz:

Alois Purgathofer⁴-Sternwarte

Betreiber: Ing. Rudolf Pressberger

Standort: L = -16/17/12 B = 48/17/48 H = 387m

Instrument: 100cm RC-Teleskop, Serrurier-Tubus in parallaktischer Gabelmontierung

Getriebeübersetzung in beiden Achsen 1:1440

Encoderteilung: 8000 Striche nach 4-fach Auswertung

Sigfried Müller-Sternwarte

Betreiber: Siegfried Müller

Standort: L = -16/12/28 B = 47/32/51 H = 602m

Instrument: 40 cm Cassegrain-Teleskop, Serrurier-Tubus in parallaktischer Gabelmontierung

Getriebeübersetzung in beiden Achsen 1:1440

Encoderteilung: 8000 Striche nach 4-fach Auswertung

Meyer/Obermair – Sternwarte Davidschlag

Betreiber: Ing. Erich Meyer / Obermair

Standort: L = -14/16/31 B = 48/26/33 H = 815m

Instrument: 60 cm Parabolspiegel mit 3-linsigem Primärfokuskorrektor, Serrurier-Tubus in parallaktischer Gabelmontierung mit Reibradantrieb (Österreich Montierung)

Getriebeübersetzung in beiden Achsen 1:1500

Encoderteilung: 8000 Striche nach 4-fach Auswertung

Instrumentenfehler (alle Werte im Bogenmaß):

2.29340E-03	EKOLL	0° 7' 53"
3.29596E-03	EACHS	0° 11' 20"
6.80536E-04	EAZI	0° 2' 20"
1.87084E-04	EPOL	0° 0' 38"
-6.77184E-03	EHA	-0° 23' 17"
-7.75303E-04	EDE	-0° 2' 40"
8.49123E-04	EFLEX	0° 2' 55"

⁴ Univ.Prof. am Institut für Astronomie der Universität Wien (1925-1984)

Beilage



National Semiconductor

November 1999

LM628/LM629 Precision Motion Controller

General Description

The LM628/LM629 are dedicated motion-control processors designed for use with a variety of DC and brushless DC servo motors, and other servomechanisms which provide a quadrature incremental position feedback signal. The parts perform the intensive, real-time computational tasks required for high performance digital motion control. The host control software interface is facilitated by a high-level command set. The LM628 has an 8-bit output which can drive either an 8-bit or a 12-bit DAC. The components required to build a servo system are reduced to the DC motor/actuator, an incremental encoder, a DAC, a power amplifier, and the LM628. An LM629-based system is similar, except that it provides an 8-bit PWM output for directly driving H-switches. The parts are fabricated in NMOS and packaged in a 28-pin dual in-line package or a 24-pin surface mount package (LM629 only). Both 6 MHz and 8 MHz maximum frequency versions are available with the suffixes -6 and -8, respectively, used to designate the versions. They incorporate an SDA core processor and cells designed by SDA.

Features

- 32-bit position, velocity, and acceleration registers
- Programmable digital PID filter with 16-bit coefficients
- Programmable derivative sampling interval
- 8- or 12-bit DAC output data (LM628)
- 8-bit sign-magnitude PWM output data (LM629)
- Internal trapezoidal velocity profile generator
- Velocity, target position, and filter parameters may be changed during motion
- Position and velocity modes of operation
- Real-time programmable host interrupts
- 8-bit parallel asynchronous host interface
- Quadrature incremental encoder interface with index pulse input
- Available in a 28-pin dual in-line package or a 24-pin surface mount package (LM629 only)

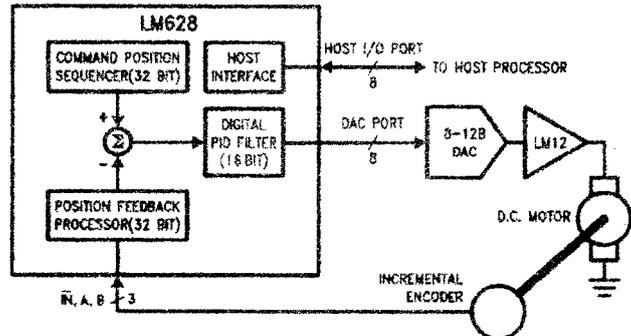


FIGURE 1. Block Diagram

TRISTATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

LM628/LM629 Precision Motion Controller