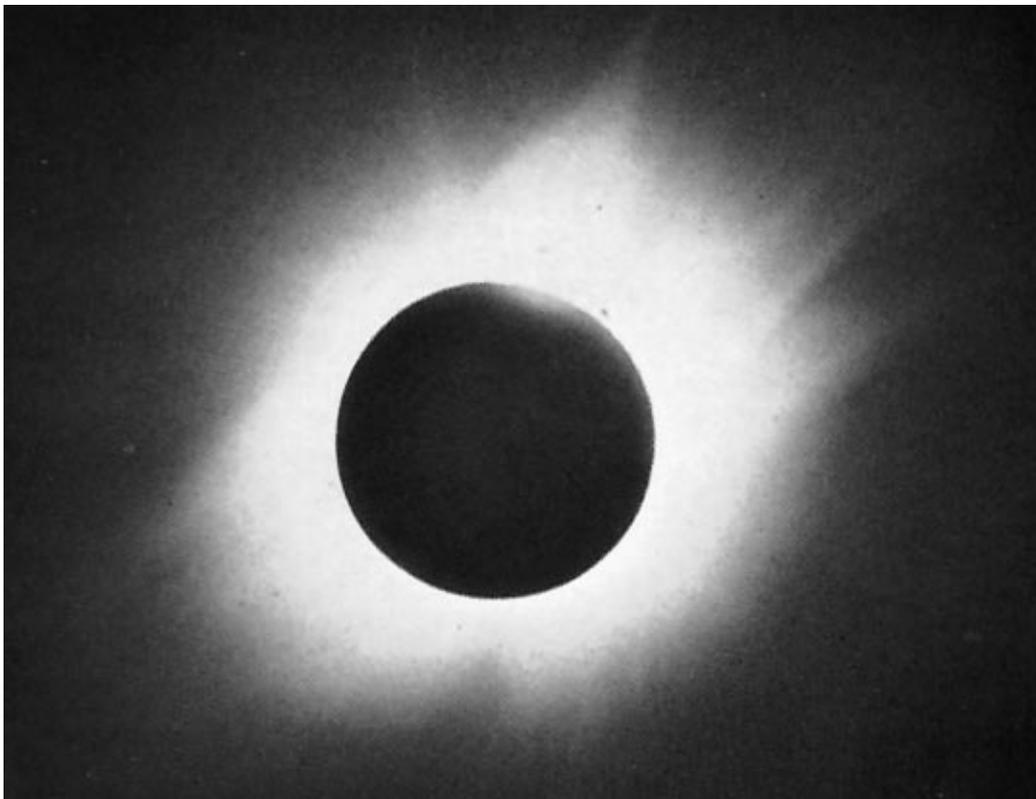


# Andromeda

Zeitschrift der **STERNFREUNDE MÜNSTER E.V.**



12. Jahrgang \* 1999 \* Nr. 2



## Aus dem Inhalt:

Die Sonne und die totale Sonnenfinsternis am 11.8.99:

Hintergrund, Verlauf, Beobachtungs- und Foto-Tips

Brocchis Sternhaufen enthüllt

Haben Neutrinos Masse? - Teil 2

DM 3,00

# EDITORIAL

## SCHWARZ SEHEN...

*...ist nicht erlaubt für den 11. August dieses Jahres (es sei denn, für etwa 2 Minuten...).*

*Alle Welt bereitet sich intensiv auf den astronomischen Höhepunkt dieses Jahres - für uns in Mitteleuropa kann man sagen, den „Höhepunkt des Jahrhunderts“ - vor, da wollen wir natürlich nicht zurückstehen und die zahlreichen Produkte der Medienlandschaft zum Thema Sonnenfinsternis um unser bescheidenes Exemplar bereichern.*

*Nichtsdestotrotz finden Sie bei uns das nötige Rüstzeug zum Verständnis der Finsternis:*

*Wolfgang Domberger erklärt Ihnen ab Seite 5 ausführlich, warum Sie überhaupt eine Sonnenfinsternis sehen, bzw. nicht sehen...*

*Ewald Segna hat intensiv im Internet gestöbert und eine Menge*

*Informationen zum Finsternisverlauf, zur Beobachtung und zur Fotografie dieses Ereignisses ausgegraben - ab Seite 9 steht alles, was der interessierte Finsternisbeobachter wissen muß und zu beachten hat.*

*Sollte das Wetter mitspielen, und die Sichtbedingungen am 11.8.99 einigermaßen erträglich sein, möchte ich Sie schon heute auf unsere Nachlese aufmerksam machen, die am 14. September zur gewohnten Zeit im Naturkunde-Museum stattfindet.*

*Die Sternfreunde planen im übrigen zur Sonnenfinsternis in Münster keinen öffentlichen Auftritt - es ist eh' kaum einer hier...*

*Da bleibt mir nur, Ihnen einen fantastischen Sommer zu wünschen. Man sieht sich im Süden!*

*Viel Vergnügen!*

*Ihr*

**KLAUS  
KUMBRINK**





## Inhalt

Editorial .....	2
Die Sonnenfinsternis - der große Auftritt des Mondes .....	5
Die totale Sonnenfinsternis vom 11.08.1999 .....	9
Foto-Tips zur Sonnenfinsternis am 11.8.99 .....	12
Sonnenfinsternis beobachten - aber nicht ohne Augenschutz! .....	17
Astronomische Highlights von Juli bis September 1999 .....	20
Aktuelle Wetterinformationen .....	23
Studie des DWD: „Wie wird das Wetter am 11. August“ .....	25
Die Sonne .....	26
Broccis Sternhaufen enthüllt .....	31
Stephans Quintett .....	36
Haben Neutrinos Masse? - Teil 2 .....	37
Vorschau! .....	43

Für namentlich gekennzeichnete Artikel sind die Autoren verantwortlich.

## Impressum

Herausgeber: Sternfreunde Münster e.V.  
Sentruper Straße 285, 48161 Münster

Redaktion: Wolfgang Domberger, Sebastian Freff,  
Klaus Kumbrink (V.i.S.d.P.), Ewald Segna, Jürgen Stockel

Kontakt: Stephan Plaßmann, Lammerbach 4, 48157 Münster  
☎ 0251/326723      Auflage: 250 / Juli 1999



**Titelbild:** Totale Sonnenfinsternis  
**Rückseite:** Sonnenprotuberanz (Foto: Werner Baumann)

## Die Sonnenfinsternis - der große Auftritt des Mondes

*Wolfgang Domberger*

Die Hauptakteure des Naturschauspiels mit dem Titel „Sonnenfinsternis“ weisen enorme Größenunterschiede auf. Der Mond hat einen Durchmesser von 3476 km; der Sonnendurchmesser ist 400mal so groß und beträgt 1.392.000 km. Das Körpervolumen der Sonne umfaßt das des Mondes um mehr als das 64millionenfache. Und doch kann der Mond bei diesem Naturstück mithalten und der Sonne die Show stellen, indem er sie verfinstert. Das kann er nur, weil er sehr weit von der Sonne entfernt ist, nämlich mehr als 400mal weiter als sein Abstand zur Erde. So kommt es, daß die von der Erde aus gesehenen Durchmesser von Sonne und Mond etwa gleich (ca.  $0,5^\circ$ ) sind, und der kleine Mond sich plötzlich in die Lage versetzt sieht, die Sonne verfinstern zu können.

Bei jedem Neumond befindet sich der Mond „zwischen“ Erde und Sonne. Aber der Mond bewegt sich nicht in der Ekliptik, sondern seine Bahnebene schließt mit ihr einen Winkel von  $5^\circ 9'$  ein; zudem ändert sich die Lage der Mondbahnebene ständig. Aus diesen Gründen ist der Mond nicht immer imstande, bei Neumond eine Finsternis zu

erzeugen. Aufgrund der Neigung seiner Bahnebene zur Ekliptik kreuzt er sie in zwei Punkten; diese heißen Knotenpunkte K und K'. Im aufsteigenden Knoten K wechselt er von der Süd- auf die Nordseite und im absteigenden Knoten K' von der Nord- auf die Südseite der Ekliptik. Die Linie zwischen K und K' wird Knotenlinie genannt. Diese Linie verändert ihre Orientierung, sie dreht sich in 18,61 Jahren einmal um die Erde und sorgt so dafür, daß die Mondbahnebene ihre Lage im Raum ändert. Die Richtung, in der sich die Knotenlinie dreht, ist der Bahnbewegung des Mondes um die Erde, der Drehung der Erde selbst wie auch ihrer Bahnbewegung um die Sonne entgegengerichtet.

Die Abb. zeigt als Beispiel eine Ideal-situation: der Mittelpunkt des Mondes kreuzt genau auf der Verbindungsachse Sonne-Erde den aufsteigenden Bahnknoten K; die drei Himmelskörper Sonne, Mond und Erde wie auch die beiden Knotenpunkte K und K' liegen dann ganz genau auf einer Geraden. Wäre Sommeranfang, dann würde man, sofern der Abstand D des Mondes zur Sonne ausreicht, eine totale Sonnenfinsternis am nördlichen Wendekreis erleben, also auf  $23,5^\circ$  nördlicher Breite (Mexiko, Nord-Afrika, Saudi-Arabien, Indien, Süd-China, usw.). Der Schatten auf der Erdoberfläche wäre dann kreisförmig.

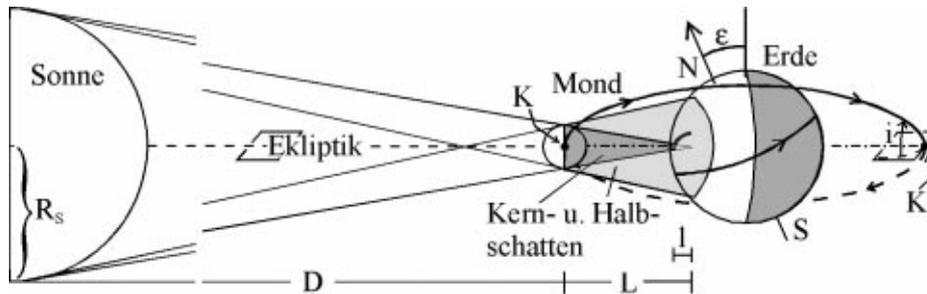


Abb.: Seitenansicht auf das System Sonne(S)-Mond(M)-Erde(E); totale Sonnenfinsternis auf der Nordhalbkugel im Sommer im Bereich des nördlichen Wendekreises; Kernschatten erreicht die Erdoberfläche; zeitlicher Verlauf des Kernschattenflecks auf der Erde; Kernschattenlänge  $L$  ist um  $l$  größer als der Mondabstand zur Erdoberfläche; im Halbschatten partielle Finsternis. Allgemeine Beschreibung: Äquator mit Drehrichtung der Erde, Erdachse steht im Winkel  $e = 23,5^\circ$  zur Senkrechten der Erdbahnebene (Ekliptik); Bewegungsrichtung der Erde um die Sonne zeigt in die Darstellungsebene hinein. Bewegungsrichtung des Mondes auf seiner Bahn; Mondbahnebene ist zur Ekliptik in einem Winkel  $i$  geneigt ( $i = 5^\circ 9'$ ); auf- und absteigender Knoten  $K$  bzw.  $K'$ : Schnittpunkte der Mondbahn mit der Ekliptik; Verbindungsstrecke  $K$ - $K'$ : Knotenlinie. Idealsituation: Schwerpunkt des Mondes kreuzt auf der Achse Sonne-Erde den aufsteigenden Knoten  $K$ ; Mittelpunkte von Sonne, Mond, Erde und die Knoten  $K$ ,  $K'$  auf eine Achse.

Der Kernschatten hat die Form eines geraden Kreiskegels (vgl. Schultüte usw.) Die Kegeltiefe oder die Kernschattenlänge  $L$  muß größer sein als der Abstand des Mondes zur Erdoberfläche; nur dann streift ein mehr oder weniger großer Teil der Kegelschattenspitze die Erde; auf einer schmalen Spur rast ein schattiger Kegelschnitt (i. a. elliptisch) im zeitlichen Ablauf der Mondbewegung und der Erddrehung über die Erdoberfläche.

Die Kernschattenlänge ist im wesentlichen bestimmt durch die beiden Abstände des Mondes zur Sonne und zur Erde. Diese variieren, denn sowohl die Erde als auch der Mond durchlaufen elliptische Bahnen (1. Kepler'sches

Gesetz), verändern also ihre Abstände zum jeweiligen Zentrum der Ellipse. Befindet sich die Erde im Aphel (Sonnenferne) ihrer Bahn um die Sonne und ist der Mond bei Neumond der Erde am nächsten (Perigäum), dann ist er in dieser Konstellation maximal weit weg von der Sonne; dann ist auch die Scheibe des Mondes am größten, größer als die von der Erde aus gesehene Sonnenscheibe. Der Neumond kommt zum Vorschein, indem er sich vor die Sonnenscheibe schiebt und sie total verdeckt. Der Kernschatten ist dann maximal lang, erreicht mühelos die Erdoberfläche und verdunkelt sie im Kernschattenbereich; der Durchmesser des elliptischen Kernschattenflecks (Kegelschnitt) auf der Erde ist deswe-

gen ebenfalls maximal (etwa 300 km). In der anderen Extremsituation befindet sich die Erde in Sonnennähe (Perihel) und der Neumond in Erdferne (Apogäum). Dann ist der Neumond der Sonne am nächsten; die Mondscheibe erreicht jetzt ihren kleinsten Winkeldurchmesser am Taghimmel und ist kleiner als die Sonnenscheibe. Der Kernschatten ist jetzt am kürzesten und erreicht mit seiner Kegelspitze nicht mehr die Erde. Die Folge ist eine ringförmige Finsternis.

Die Kernschattenlänge  $L$  läßt sich aus der Abb. sehr leicht folgendermaßen ermitteln - und mit Hilfe der Strahlensätze aus der Geometrie; man betrachte das in der Abb. unterbrochene Dreieck, das gebildet wird vom Sonnendurchmesser ( $2 \cdot R_S$ ) und den beiden Lichtstrahlen, die vom oberen und unteren Sonnenrand ausgehen, den Mond oben und unten tangieren und am Ende die Kernschattenkegelspitze bilden. Es besteht folgender Zusammenhang: die Durchmesser von Mond und Sonne verhalten sich wie die Schattenlänge  $L$  zur Gesamtlänge des Dreiecks, also zum Abstand des Sonnenmittelpunktes bis zur Kernschattenspitze; es gilt also

$$R_M : R_S = L : (L + D) \quad ,$$

woraus sofort die Kernschattenlänge  $L$  des Mondes folgt, nämlich:

$$L = D \cdot \frac{R_M}{R_S - R_M} \quad . \quad (1)$$

Die Radien von Mond und Sonne sind konstant und  $L$  hängt nur noch vom Abstand  $D$  des Mondes zur Sonne ab. Der Quotient aus dem Mondradius und der Differenz  $R_S - R_M$  der Radien von Sonne und Mond hat den festen Zahlenwert 0,002503; das bedeutet, daß die Kernschattenlänge  $L$  des Mondes ziemlich genau ein 400stel seines Abstands  $D$  zur Sonne beträgt.

$D$  ist am größten (kleinsten), wenn zu Neumond die Erde im Aphel (Perihel) und der Mond im Perigäum (Apogäum) steht. Im ersten Fall ist der Mond 151,74 Mill. km, im zweiten nur 146,69 Mill. km von der Sonne entfernt. Im ersten Fall ist der Mond mit 356410 km der Erde am nächsten und sein Schatten ist mit etwa 380000 km am längsten; er ist sogar so lang, daß er weit über die Erde hinausreichen würde; der Kernschattenfleck auf der Erde ist mit ca. 300 km am größten. Im zweiten Fall ist der Mond mit 406740 km am weitesten von der Erde entfernt und sein Kernschatten ist mit etwa 367000 km am kürzesten, berührt die Erde also nicht; in diesem Fall tritt eine ringförmige Finsternis ein.

Interessant ist weiterhin noch die Geschwindigkeit des Kernschattenflecks. Hierin spiegeln sich die Bewegungsverhältnisse - in Betrag und Richtung - von Mond und Erde wider. Der Mond bewegt sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1,023 km/s oder

3.683 km/h auf seiner Bahn um die Erde. Auch sein Schattenwurf auf die Erde hat demnach diese Geschwindigkeit. Da aber die Erde sich dreht - und zwar in etwa gleicher Richtung wie sich der Mond auf seiner Bahn bewegt - hat man die Winkelgeschwindigkeit der Erde Breitengradabhängig zu berücksichtigen, also je nachdem, wo das Finsternisschauspiel stattfindet. Diese Geschwindigkeit beträgt am Äquator 1.662,4 km/h, bei  $23,5^\circ$  am nördlichen Wendekreis 1.524,5 km/h und in Süddeutschland bei etwa  $49^\circ$  nördlicher Breite 1.090,7 km/h. Die zu beobachtende Schattengeschwindigkeit (Differenz zur Bahngeschwindigkeit des Mondes) würde z. B. in der Gegend um Stuttgart etwa 2.600 km/h betragen. Für eine Strecke von 100 km, was etwa seinem Durchmesser entspricht, benötigt der Kernschattenfleck etwa 2 Minuten.

Die Abb. zeigt eine Idealkonstellation, bei der die Mittelpunkte der drei Himmelskörper und auch die beiden Knotenpunkte K und K' exakt auf einer Geraden positioniert sind. Diese Konstellation ist natürlich nicht die einzige, um Finsternisse zu ermöglichen. Die Erdoberfläche, also die Bühne des Schauspiels, ist so groß, daß der Neumond, senkrecht zur Ekliptik, auch etwas über - wie es am 11.8. der Fall sein wird - bzw. unter der Achse Sonne-Erde stehen kann; dann sind auch Finsternisse z. B. in der Nord- bzw. Südpolarregion zu erwarten. Auch ist es mög-

lich, daß der Mond etwas abseits von der Achse Sonne-Erde steht, also etwas westlich oder östlich von ihr. Diese erlaubte Abweichung von der Ideal-situation bedeutet, daß zu Neumond die Knotenlinie K-K' nicht unbedingt exakt zum Sonnenmittelpunkt zeigen muß; der Regisseur hat den Akteuren einen Toleranzwinkel von etwa  $10^\circ$  zwischen der Knotenlinie K-K' und der Achse Sonne-Erde eingeräumt, so daß der Mond im Laufe der Jahrtausende Sonnenfinsternisse über die Erdoberfläche verteilen kann. In einem Zeitraum von 100 Jahren gibt es 238 Aufführungen dieses Naturschauspiels.

Das ganze Finsternisgeschehen wird auf lange Sicht von vielen periodischen Bewegungen im System Sonne-Mond-Erde beherrscht. Als Folge davon ergibt sich ein sehr interessanter und harmonischer Ablauf, der Saros-Zyklus, nach dem sich die Finsternisabläufe nach 18 Jahren und  $10 \frac{1}{3}$  oder  $11 \frac{1}{3}$  Tage (je nach Anzahl der Schaltjahre) wiederholen. Zur Zeit sind 39 verschiedene Saros-Zyklen parallel aktiv. „Unsere“ Finsternis ist die 21. des 77 Finsternisse umfassenden Saros-Zyklus mit der Nummer 145; er hat begonnen im 30jährigen Krieg mit einer partiellen Finsternis am 4. 1. 1639 am Nordpol und wird enden mit einer partiellen Finsternis am 17. 4. 3009.

Mehr zum Saros-Zyklus gibt es mal später.



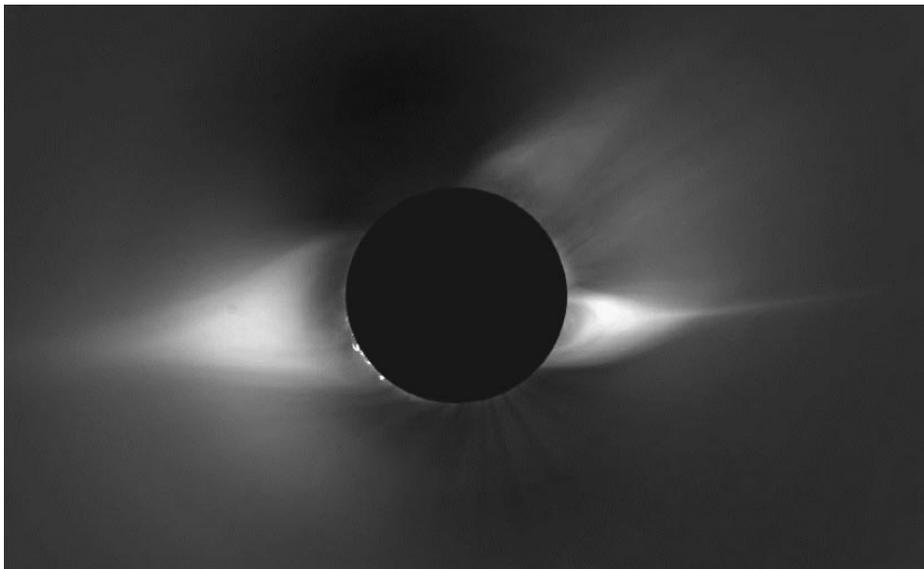
## Die totale Sonnenfinsternis vom 11.08.1999

### Der Weg des Schattens

*Ewald Segna*

Die letzte totale Sonnenfinsternis des zwanzigsten Jahrhunderts beginnt im Nordatlantik, ungefähr 300 km südlich von Nova Scotia, wo der Mondschatten als erstes um 9.30 Uhr die Erde berührt.

reichen. Es ist früher Vormittag. Die Sonne steht  $45^\circ$  über dem östlichen Horizont. Auf der Zentrallinie dauert die Verfinsterung 2 Minuten. Der Durchmesser des Schattens beträgt 103 km, bei einer Geschwindigkeit von 0,91 km pro Sekunde. 1 Minute später, um 10.11 Uhr erreicht der Schatten die Ufer der Cornwell Halbinsel. Die folgenden 4 Minuten wandert der Schatten entlang der südlichen Küste. Crymmis, die

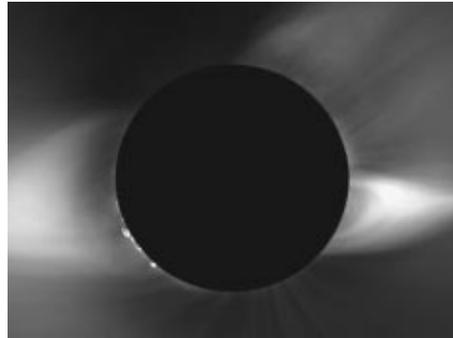


Er bewegt sich entlang des Sonnenaufgangsterminators, dauert 47 Sekunden lang und hat einen Durchmesser von 49 km. In 40 Minuten wird er dann über den Nordatlantik laufen. Schließlich wird der Schatten gegen 10.10 Uhr UT (Universal Time = 1 Stunde vor MEZ) die Inseln von Scilly an der Südwestküste von England er-

größte englische Stadt liegt nördlich der Zentrallinie und hat eine Bedeckungsdauer von 1 Minute 39 Sekunden. London liegt nicht im Totalitätsstreifen. Es gibt eine partielle Sonnenfinsternis mit einer maximalen Bedeckung von 96,8 %. Um 10.16 Uhr verläßt der Schatten England und durchquert den englischen Kanal. Die Kanalinseln Guernsey und

Jersey liegen südlich der Zentrallinie. Die partielle Finsternis wird 99,5 % betragen. Nördlich davon, in Alderney beträgt die gesamte Finsternisdauer 1 1/2 Minuten.

Seit 1961 hat der Mond keine Sonnenfinsternis mehr in Zentraleuropa stattfinden lassen. Der südliche Rand des Schattens erreicht um 10.16 UT als erstes die Küste der Normandie, gerade wenn der nördliche Teil England verläßt. Noch 4 Minuten müssen vergehen, bevor die Zentrallinie wieder auf Land im nördlichen Frankreich trifft. Der Mondschaten wandert ca. 30 km nördlich an Paris vorbei. Die partielle Finsternis wird dort 99,2 % betragen um 10.23 Uhr UT. Sie wird weiter ostwärts wandern über das südliche Belgien, Luxemburg und Deutschland. Die Zentrallinie wird durch die Champagne



laufen, wo die Bewohner der Stadt Metz eine totale Verfinsterung von 2 Minuten 13 Sekunden erleben werden. Um 10.29 Uhr, 4 Minuten später, durchquert der Schatten das südliche Deutschland. Nördlich der Linie liegt Frankfurt. Die dortige partielle Phase wird 97,9 % betragen, während Stuttgart nahe der Zentrallinie liegt. Die Finsternis dort ab 10.35 Uhr wird 2 Minuten 17 Sekunden dauern. Die Sonne ist mittlerweile auf eine Höhe von 55° geklettert. Der Durchmesser des Schattens beläuft sich auf 109 km, die Geschwindigkeit des Schattens beträgt 0,74 km pro Sekunde. Obwohl München 20 km südlich der Zentrallinie liegt, wird die 2 Millionen Stadt mehr als 2 Minuten totale Bedeckung haben. Um 10.41 UT verläßt der Schatten Deutschland und überquert Österreich. Wien liegt fast 40 km nördlich der Zentrallinie. Die partielle Verfinsterung beträgt 99 %. Der Schatten wandert dann weiter über Ungarn, die Türkei, den Irak und den Iran und erreicht Indien gegen 12.28 Uhr, das letzte Land auf seinem Weg. Während der Schatten über dem Sub-





11.30 12.00 12.15 12.30 12.35 12.45 13.00 13.30

*Finsternisverlauf in Münster*

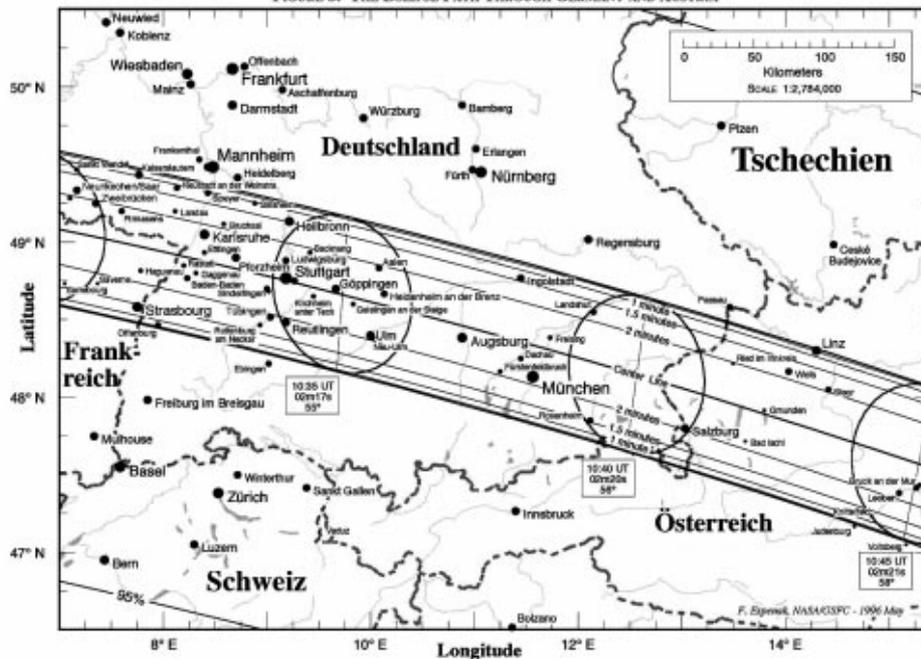
kontinent läuft, erhöht sich seine Geschwindigkeit weiter. Die Dauer der Verfinsterung fällt auf unter 1 Minute und die Sonnenhöhe beträgt ca. 7°. Danach wandern er über den Golf von Bengalen, bevor er von der Erde gegen 12.36 Uhr zurück in den Weltraum hinausgeht, um dann bis zum nächsten Jahrtausend nicht zurückzukehren.

In 3 Stunden und 7 Minuten wanderte der Mondschatten entlang eines Pfades von ca. 14.000 km und bedeckte 0,2 % der Erdoberfläche. Der Moment der größten Verfinsterung ist erreicht, wenn die Entfernung zwischen dem Mondschattenkegel und dem Erdzentrum ein Minimum erreicht.



Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 8: THE ECLIPSE PATH THROUGH GERMANY AND AUSTRIA



## Foto-Tips zur Sonnenfinsternis am 11.8.99

*Klaus Kumbrink*

Die totale Sonnenfinsternis am 11.8.99 ist in Deutschland ab etwa 11.15 Uhr MEZ in einem 109 km breiten Kernschatten zu beobachten, der recht genau über die Städte Stuttgart und München hinweg zieht. In Münster wird der Grad der Bedeckung nur 92% erreichen - also auf in den Süden...

Falls Sie dieses Jahrhundert-Ereignis fotografisch festhalten wollen, sind einige Vorbereitungen zu treffen. Vor allen Dingen sollte die Handhabung der Kamera keine Probleme verursachen, denn die Zeit der totalen Verfinsterung beträgt in der oben gezeigten Zone bei Stuttgart 2.17 Minuten und in München 2.07 Minuten.

### Kamera-Ausrüstung

- Kamera mit abschaltbarer Automatik
- Teleobjektiv mit mindestens 200 bis 300 mm Brennweite, besser 500 bis 1.200 mm
- Mylar- oder Glas-Filtervorsatz für Aufnahmen bei Teilbedeckung
- stabiles Stativ
- Drahtauslöser
- evtl. ein Winkelsucher
- Ersatzbatterie

### Filmmaterial

Farbnegativ- oder Dia-Filme mittlerer Empfindlichkeit (etwa 50 bis 200 ASA) Bei Teleskopeinsatz mit längerer Brennweite auch höherempfindliche Filme

### Belichtungshinweise

Da Kameras mit Belichtungsautomatik mit den starken Helligkeitskontrasten einer Sonnenfinsternis kaum zurecht kommen, sollten Sie die manuelle Einstellung bevorzugen. Außerdem könnten sich Probleme mit den Autofocus-Systemen einiger Kameras einstellen. Manuelle Fokussierung wäre also ebenfalls vorteilhaft.

Sie sollten das Ereignis grundsätzlich in einer Belichtungsreihe mit verschiedenen Belichtungszeiten festhalten, dann sind Sie auf der sicheren Seite.

Ein Teleobjektiv mit größerer Brennweite ist erforderlich, weil die Abbildungsgröße der verfinsterten Sonne auf dem Kleinbild-Negativ oder -Dia bei einem Objektiv mit 50 mm Brennweite nur knapp 0,5 mm Durchmesser beträgt. Mit folgender Formel kann man die Abbildungsgröße für verschiedene Brennweiten errechnen:

**Abbildungsgröße der Sonne in mm =  
Brennweite des Objektivs in mm : 109**

Für die gesamte Abbildung der Sonnenkorona - die bekannteste Erscheinung einer Sonnenfinsternis - sind Brennweiten von 500 bis etwa 1000 mm empfehlenswert. Für Detailaufnahmen von Protuberanzen oder dem inneren Bereich der Sonnenatmosphäre, der sog. Chromosphäre, arbeitet man in der Regel mit noch längeren Brennweiten.

Brennweite	Abbildungsgröße
50 mm	0,5 mm
105 mm	1,0 mm
200 mm	1,8 mm
400 mm	3,7 mm
500 mm	4,6 mm
1000 mm	9,2 mm
1500 mm	13,8 mm
2000 mm	18,4 mm
2500 mm	22,9 mm

Kamera einen neuen Satz Batterien, damit nicht im entscheidenden Moment der Auslöser klemmt...

Dann wird auch statt des normalen Stativs eine nachgeführte parallaktische Montierung erforderlich, um bei den sich ergebenden längeren Belichtungszeiten und der -bedingt durch die Erdrotation - deutlich bemerkbaren Bewegung der Sonne noch scharfe Abbildungen zu erzeugen.

Ein Winkelsucher ist empfehlenswert, da die Sonne rund 50 Grad über dem Horizont steht und man sich dann nicht den Hals verrenken muß.

Wer ein Linsenfernrohr benutzt, muß damit rechnen, daß aus optik-technischen Gründen Farbsäume am Rand der Sonne auftreten - es sei denn, es handelt sich um ein apochromatisch korrigiertes Glas oder um eine Spiegeloptik.

Oft werden bei Finsternissen plötzlich auftretende Windböen beobachtet, der sog. „Finsterniswind“ - man sollte also darauf achten, die Kamera auf dem Stativ möglichst windgeschützt aufzustellen.

Kamera, Objektiv und alle übrigen Hilfsmittel sollten vor dem großen Termin getestet sein. Spendieren Sie Ihrer

#### ☞ Sicherheitshinweis:

Für die Fotografie der partiellen Verfinsternung gelten die gleichen strengen

Sicherheitsvorschriften wie bei der Augenbeobachtung:

### Ohne Schutzfilter läuft nichts!!

Es gibt zwei Arten von sicheren Sonnenfiltern: Glasfilter und Mylarfilter.

Glasfilter bestehen aus dünnem Chromium-Metall, das auf der Oberfläche aufgedampft worden ist. Sie produzieren ein orangefarbenes Bild der Sonne. Mylarfilter benutzen einen dünnen Aluminiumfilm, der eine leicht bläuliche Sonnenabbildung ergibt. Erst wenige Minuten vor der totalen Verfinsterung sollte man den Filter für Fotos vom „Diamantring“ abnehmen. Für Aufnahmen mit Filter ergeben sich natürlich andere Belichtungszeiten als ohne Filter.

### Belichtungszeiten

Die Frage der Belichtungszeit läßt sich letztlich nur in Abhängigkeit von Optik, Dichte des verwendeten Filters und des Filmmaterials beantworten. Farbfilm mit mittlerer Empfindlichkeit von 100 oder 200 ASA sind in der Regel gut zu verwenden.

Falls Ihre Kamera über eine Spot-Belichtungsmessung verfügt, können Sie diese als Anhaltspunkt nehmen, ansonsten müßten Sie zuvor die richtige Belichtungszeit durch Testaufnahmen von der Sonne in einer Belichtungsreihe ermitteln. Die untenstehende Belichtungstabelle stammt aus dem Internet und ist von Fred Espenak von der NASA.

Filmempfindlichkeit	Blendenwerte								
<b>25 ASA</b>	<b>1,4</b>	<b>2</b>	<b>2,8</b>	<b>4</b>	<b>5,6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>22</b>
<b>50 ASA</b>	<b>2</b>	<b>2,8</b>	<b>4</b>	<b>5,6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>
<b>100 ASA</b>	<b>2,8</b>	<b>4</b>	<b>5,6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>44</b>
<b>200 ASA</b>	<b>4</b>	<b>5,6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>44</b>	<b>64</b>
<b>400 ASA</b>	<b>5,6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>44</b>	<b>64</b>	<b>88</b>
<b>800 ASA</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>44</b>	<b>64</b>	<b>88</b>	<b>128</b>
<b>1600 ASA</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>44</b>	<b>64</b>	<b>88</b>	<b>128</b>	<b>176</b>

Sonnenbereiche/Filter	Belichtungszeiten								
Partiell / mit Filter 4.0 ND	-	-	-	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125
Partiell / mit Filter 5.0 ND	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
Perlschnur-Effekt	-	-	-	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125
Chromosphäre	-	-	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
Protuberanzen	-	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
Korona - 0,1 Solarradien	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
Korona - 0,2 Solarradien	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2
Korona - 0,5 Solarradien	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sek	2 sek
Korona - 1,0 Solarradien	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sek	2 sek	4 sek	8 sek
Korona - 2,0 Solarradien	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sek	2 sek	4 sek	8 sek	15 sek
Korona - 4,0 Solarradien	1/8	1/4	1/2	1 sek	2 sek	4 sek	8 sek	15 sek	30 sek
Korona - 8,0 Solarradien	1/2	1 sek	2 sek	4 sek	8 sek	15 sek	30 sek	1 min	2 min

Die Belichtungszeiten mit Filter bei partieller Verfinsterung liegen bei einem 100 ASA-Film und hoher Blendenzahl meistens im Bereich zwischen 1/500 und 1/125 Sekunden.

Für Aufnahmen vom „Diamantring“ ohne Filter kurz vor der totalen Verfinsterung wählt man kurze Belichtungszeiten von 1/1000 bis 1/250 Sekunden.

Während der Totalitätsphase kann man Protuberanzen am Sonnenrand aufnehmen. Die Belichtungszeiten betragen hier 1/500 Sekunde und kürzer (erst ab 500 mm Brennweite sinnvoll).

Für die Belichtung der bekannten Sonnenkorona sind unterschiedlich lange Belichtungszeiten angesagt: Je nachdem welche Bereiche der Korona, die sich ja über einen weiten Bereich erstreckt, man abbilden will, kann die Belichtungszeit mehrere Sekunden betragen. Machen Sie eine Belichtungsreihe von 1/125 bis 1 Sekunde oder sogar länger. Je länger Sie belichten, desto ausgedehnter wird die Korona abgebildet.

Beispiel für eine langbelichtete Korona-Aufnahme: *Belichtungszeit 2 Sekunden, Objektiv-Brennweite 620 mm, Blende 8, Filmempfindlichkeit 100 ASA.*

Allerdings gibt es hier Grenzen - durch die Erdrotation besteht die Gefahr, daß

eine langbelichtete Aufnahme unscharf wird, trotz Stativ. Bei z. B. einer Brennweite von 500 mm sollte man ohne Ausgleich der Erdrotation nicht länger als 1-2 Sekunden belichten. Der Aufwand jenseits dieser Grenze liegt außerhalb der Möglichkeiten des Gelegenheits-Fotografen und erfordert astrofotografische Grundkenntnisse.

Während der Totalität kann man übrigens mit einem kurzbrennweitigen Objektiv und weit geöffneter Blende bei Belichtungszeiten von 1/60 bis 1 Sekunde helle Sterne rund um die verfinsterte Sonne festhalten. Hier sind Diafilme besser geeignet. Man verwendet dafür natürlich eine separate Kamera die schon am Stativ befestigt ist, sonst gibt es im spannendsten Moment unnötigen Streß.

## Film-Entwicklung

Lassen Sie Ihre Filme in einem Fotofachgeschäft Ihres Vertrauens entwickeln und verlangen Sie unbedingt eine ungeschnittene Entwicklung, sonst kann es Ihnen passieren, daß der in astronomischen Dingen nicht bewanderte Schnittcomputer bei jedem 4. Negativ oder Dia Ihre schönsten Aufnahmen schnöde mittendurch schneidet... (die ultimate Katastrophe für jeden Astro-Fotografen).

Wer kann, sollte seine Filme vielleicht besser selbst entwickeln, denn die näch-

ste Gelegenheit für eine Sonnenfinsternis in unseren Breiten kommt erst wieder in 136 Jahren...

## Videoaufnahmen

Moderne Kameras mit CCD's oder CMOS-Technik haben jetzt nicht nur eine höhere Empfindlichkeit, sie sind auch unempfindlicher gegenüber sehr grellem Licht geworden, so daß sie kurzfristig die direkte Sonnenlichtstrahlung ohne schädliche Effekte überstehen.

Da die übliche Vergrößerung eines 8- oder 12fach-Zooms nicht ausreicht, die Sonne genügend groß abzubilden, ist die Verwendung eine Konverterlinse ratsam. Damit erreicht man eine Brennweitenverdopplung oder Verdreifachung.

Um die partielle Phase der Sonnenfinsternis aufzuzeichnen, benötigen sie auch hier unbedingt einen Sonnenfilter.

Der entscheidende Moment bei der Videoaufnahme und auch bei der Fotografie einer totalen Sonnenfinsternis ist der, im richtigen Moment das Sonnenfilter kurz vor dem 2. Kontakt zu entfernen um das Diamantringphänomen aufzunehmen. Auch während der totalen Sonnenfinsternis ist kein Sonnenfilter mehr notwendig. Jedoch gibt es einige Camcorder, deren Empfindlichkeit so

hoch ist, das man doch ein neutrales Dichtefilter ND = 0,9 nehmen sollte, besonders dann, wenn sie mehr Strukturen in der inneren Korona oder in den Sonnenprotuberanzen sehen wollen.

Tauschen sie ihre Batterien ca. 1/2 Stunde vor der Totalität gegen neue aus. Stellen sie sicher, daß ihre Kamera richtig aufnimmt (REC im Sucher der Kamera leuchtet auf).

☺ Nicht vergessen sollte man bei all dem fotografischen Aufwand, diesen außergewöhnlichen Moment auch zu genießen und einfach zum Himmel zu schauen - wenn er sich uns an diesem Tag denn wettermäßig gnädig zeigt...☺



## Sonnenfinsternis beobachten - aber nicht ohne Augenschutz!

Wolfgang Domberger

Von der Strahlung, die die Sonne ausstrahlt, durchdringen außer dem sichtbaren Licht auch Anteile der Ultraviolett-, der Infrarot- und der Radiostrahlung die Erdatmosphäre. Sichtbares Licht, d. h. Strahlung der Wellenlängen<sup>1</sup> zwischen 380 (blau) bis 780 nm (rot), und Anteile des Infraroten Lichtes von 780 bis etwa 1400 nm passieren die Linse und das Innere des Auges, bis sie auf die für sichtbares Licht empfindliche Netzhaut (Retina) auftreffen.

Auch wer nur kurz ohne Schutz in die Sonne blickt, riskiert ernste und dauerhafte Augenschäden bis hin zur Erblindung. Besonders gefährdet sind Kinder und Jugendliche<sup>2</sup>.

### Grundsätzliches

Die UV-Strahlung, der sich der Mensch ohnehin schon in zunehmendem Maße ausgesetzt sieht, kann die äußeren Augenschichten schädigen und zu einem Grauen Star führen. Unsachgemäßes und leichtfertiges Betrachten der Sonne, generell oder während der einzelnen Finsternisphasen, führt zu Verbrennungen auf der Retina, also zu irreparablen Schäden, und kann sogar

den totalen Verlust des Augenlichts nach sich ziehen! Die Gefahr ist besonders groß, weil die Retina verletzt wird, ohne daß man Schmerz empfindet, da es dort keine Schmerzrezeptoren gibt! Prozesse innerhalb der Zellen verzögern oder verhindern die Reaktion auf visuelle Reize: man reagiert erst dann, wenn es zu spät ist! So können intensives sichtbares und infrarotes Licht und auch Anteile der UV-Strahlung die Stäbchen und Zäpfchen in der Retina schädigen oder durch Verbrennungen bis zur Erblindung zerstören. Verluste der Sehkraft, seien es vorübergehende oder dauerhafte, werden oft erst nach Stunden erkannt.

In der partiellen Finsternisphase, wenn der Mond die Sonne nicht zu 100% verdeckt, muß man die Augen schützen. Selbst wenn die Sonne zu 99% bedeckt ist, reicht die Intensität der restlichen 1% aus, Verbrennungen auf der Netzhaut hervorzurufen; die dann herrschenden Lichtverhältnisse täuschen Dämmerung vor. In Münster werden um 12.31 Uhr nur 92,2% der Sonnenscheibe bedeckt sein. Aber nur während der totalen Finsternisphase (ca. 2 min), wie man sie nur in der Totalitätszone erleben kann, dürfen Sie mit ungeschützten Augen in die total verfinsterte Sonne schauen.

### Indirektes Beobachten

Die sicherste und zugleich kostengünstigste Art, die Sonne gefahrlos zu beobachten, ist die Projektion. Man schaut

nicht direkt in die Sonne, sondern kann mit einer kleinen Öffnung in einer Pappe ein Abbild der Sonne auf ein weißes Blatt in etwa 1 m Abstand projizieren und so den Finsternisablauf indirekt beobachten. Oder man baut sich eine ähnlich konzipierte *camera obscura* (besonders für Schulen geeignet). Etwas aufwendiger können Sie mit Ferngläsern und kleineren Teleskopen, auf ein Stativ montiert, ein vergrößertes Abbild der Sonne auf eine weiße Fläche projizieren. (Aber Achtung: beim Einrichten bloß nicht durch die Optik schauen - Sie werden erblinden! Brennglaseneffekt!) Solche indirekten Methoden sind besonders geeignet, um mit einer Gruppe von Interessenten den Ablauf der Finsternis zu beobachten. Man muß aber dafür sorgen, daß niemand direkt durch die Vorrichtung schauen kann!

### Direktes Beobachten

Nur mit speziellen Augenschutzfiltern kann man die Sonne direkt beobachten. Solche Sonnenfilter sind in der Regel mit einer dünnen Schicht einer Chrom- oder Aluminiumlegierung bedampft, um sowohl das sichtbare wie auch das infrarote Licht abzuschwächen; vom sichtbaren Licht sollten sie weniger als 0,003% und vom infraroten weniger als 0,5% durchlassen (optische Dichte<sup>3</sup>). Von Schweißbrillen oder -folien ist abzuraten, denn sie sind im infraroten Bereich durchlässig. Einige Sonnen-

beobachter benutzen eine oder zwei Schichten eines belichteten Schwarz/Weiß-Films, den sie bereits vorher lange dem Sonnenlicht ausgesetzt und anschließend maximal entwickelt haben. Das metallische Silber, das in der Filmemulsion enthalten ist, bildet den schützenden Filter. Jedoch ist in vielen neueren SW-Filmen das Silber durch Farbstoffe ersetzt worden und eine Schutzfunktion ist nicht mehr gegeben. Auch Negative eines belichteten SW-Films (z. B. mit medizinischen Röntgenbildern) sind nicht geeignet. Es ist nicht ratsam, Kompaktdisks, CD-ROMs und Disketten - mit jeweils abgedecktem Loch in der Mitte - zur Sonnenbeobachtung einzusetzen. Die Aluminiumschichten, mit denen CDs überzogen sind, sind nicht sicher. Außerdem können Sie durch so manche CD ja schon die Raumbelichtung sehen! Zudem ist die Qualität des Sonnenbildes eher schlecht; also: es lohnt eh' nicht.

Unsichere und nicht geeignete Filter sind: alle Farbfilme; SW-Filme, die kein Silber enthalten; fotografische Negative (wie z. B. Röntgenbilder); unbelichtete Dias; Schweißbrillen und -folie; geschwärztes Glas; Sonnenbrillen; CDs und Disketten; neutrale Dichtefilter; fotografische und Polarisationsfilter. Diese Filter täuschen: Die Sonne erscheint zwar abgeschwächt, aber das Auge wird gar nicht geschützt, denn diese Filter sind für Anteile des

UV- und Infrarotlichtes durchlässig! Vielen Kaufhausteleסקopen sind sogenannte Okular-Sonnenfilter beigelegt, die dafür vorgesehen sind, in die Okulare eingeschraubt zu werden. Vor solchen Filtern kann man nur warnen! Denn wenn diese Glasfilter plötzlich und unerwartet durch Überhitzung platzen, sind Retinaverbrennungen schon eingetreten, ehe man überhaupt reagieren kann!

Objektivfilter für optische Geräte wie Fernglas, Teleskop und Kamera sind die beste Lösung; die Filter müssen unbedingt vorne vor den Objektivlinsen sicher angebracht werden. Nun sind solche speziellen Objektiv-Sonnenfilter, bestehend aus gold-, chrom- oder aluminiumbedampften planparallelen Glasplatten, sehr teuer. Aber eine günstige Alternative stellt die aluminiumbedampfte Mylarfolie dar; man bekommt sie im Astro-Fachhandel. Ferner ist auch eine beidseitig bedampfte Folie verwendbar, die in Erste-Hilfe-Kästen mitzuführen ist: die sog. Rettungsdecke. Ihre optische Qualität ist zwar nicht sehr hoch; insbesondere haben die Metallschichten oft kleine Löcher und es ist unbedingt notwendig, diese Folie doppelt zu legen; sie stellt gewissermaßen eine Notlösung dar. Aus beiden, der Mylar- oder der (doppelt gelegten) Rettungsfolie, kann man sich Objektivfilter für seine Optiken basteln. Sie sind aber sehr empfindlich und ver-

kratzen leicht, wodurch sie ihre Schutzfunktion einbüßen. Schutzbrillen mit Mylarfolie werden auch als Beilagen von astronomischer Literatur im Buchhandel angeboten.

### Vorsicht bei Augenleiden

Besondere Vorsicht müssen Menschen walten lassen, die ein Augenleiden und eventuell schon eine Operation (Grauer Star, usw.) hinter sich haben. Sie sollten die Sonne nur mit solchen Filtern betrachten, die neben der Infrarot- auch die UV-Strahlung stark absorbieren.

Bedenkt man die Gefahr und bereitet man die entsprechenden Schutzmaßnahmen vor, dann kann einer eindrucksvollen und gefahrlosen Beobachtung der Finsternis mit eigenen Augen nichts mehr im Wege stehen.

<sup>1</sup> Wellenlängen werden in Nanometer (nm) angegeben: 1 nm ist ein millionstel Millimeter

<sup>2</sup> totale Sonnenfinsternis am 7.3. '70 in den USA: 145 Menschen haben ihr Augenlicht ganz oder fast ganz verloren, so die offizielle Verlautbarung!

<sup>3</sup> Dichte von 1 bedeutet: ein Filter läßt noch 1/10 oder 10% des Lichtes durch; Dichte 2: 1/100 oder 1%; Dichte 3: 1/1000 oder 0,1% usw.; umgekehrt entsprechen 0,003% Durchlässigkeit eine Dichte von 4,5 und 0,5% eine Dichte von 2,3.



## Astronomische Highlights von Juli bis September 1999

Jürgen Stockel

Hallo, liebe Sternfreunde! Das dritte Quartal 1999 bietet einen echten Leckerbissen: Die totale Sonnenfinsternis am 11. August! Diesem Jahrhundertereignis sind deshalb auch die meisten Beiträge in dieser Ausgabe gewidmet. Dennoch verabschiedet sich die Sonne nach wie vor Tag für Tag vom abendlichen Himmel und gibt uns den Blick frei auf die schönen Objekte der Nacht. Die folgende Aufstellung enthält die Sichtbarkeitsdaten der helleren Planeten und gibt eine Zusammenstellung der wichtigsten astronomischen Termine. Es folgt eine Liste meiner persönlichen Empfehlungen für die Beobachtung von Deep-Sky-Objekten, die sich jedem Hobbyastronomen - je nach Ausrüstung - leicht erschließen lassen und viel Freude bereiten. Meine persönlichen Favoriten zur Beobachtung mit dem neuen 15-Zöller schließen die Liste ab!

### Sichtbarkeit der Planeten im 3. Quartal 1999

#### Merkur

Jul.: un beobachtbar

Aug.: sichtbar vom 12. – 27.8., Aufgang am 12. um 04.32h (0.5<sup>m</sup>),

am 27. um 05.15h (-1.2<sup>m</sup>).

Sept.: un beobachtbar

#### Venus

Jul.: sehr hell am Abendhimmel. Untergang am 01. um 23.40h, am 31. schon um 21.40h. (Venus-Sichel)

Aug.: Abendsichtbarkeit ist beendet! Eventuell schon am 20. kurz vor Sonnenaufgang sichtbar. Am 31.8. Aufgang um 05.32h

Sept.: Am Morgenhimmel gut sichtbar. Geht am 01. um 05.25h, am 30. bereits um 02.40h auf! Der Beleuchtungsgrad wächst von 5% auf 31%.

#### Mars

Jul.: gut sichtbar, Untergang am 1. um 01.36, am 31. um 23.57h (-0.4<sup>m</sup> bis 0.0<sup>m</sup>)

Aug.: Die Sichtbarkeit verkürzt sich zusehends. Am 31. bereits um 22.38h Untergang.

Sept.: Nur noch kurze Sichtbarkeitsdauer. Am 30. schon um 20.44h unter dem Horizont!

#### Jupiter

Jul.: In der 2. Nachthälfte gut beobachtbar: Am 1. geht er um 01.46h auf, am 31. schon um 23.52h.

Aug.: Aufgang am 31. um 21.53h.

Sept.: Fast die ganze Nacht sichtbar. Am 30. erfolgt der Aufgang bereits um 18.51h (-2.9<sup>m</sup>).

**Saturn**

Jul.: Gut zu sehen in der 2. Nachthälfte. Die Aufgänge verschieben sich von 02.23h am 1. auf 00.27h am 31..

Aug.: Aufgang am 31. um 22.37h (0.2<sup>m</sup>)

Sept.: Bildet mit dem Jupiter ein fast die ganze Nacht sichtbares „Paar“: Aufgang am 30.9. um 20.28h..

**Uranus**

Jul.: Aufgang am 01. um 23.17h, am 31. um 21.17h. Bei einer Helligkeit von 5.7<sup>m</sup> lohnt die Suche!

Aug.: Am 7. in Opposition, am 31. um 04.28h Untergang.

Sept.: Untergang am 30. um 2.25h. Lohnt!!

**Diese Termine sollte man nicht verpassen:**

**03.07.99**

04.07h Mond bedeckt Stern (4.3<sup>m</sup>).

**08.07.99**

03.00h Mondsichel zwischen Jupiter und Saturn.

**10.07.99**

03.00h Mond bedeckt Stern (3.6<sup>m</sup>) TOP!

**14.07.99**

Venus mit größter Helligkeit (-4.5<sup>m</sup>).

**22.07.99**

Streifende Sternbedeckung (5.4<sup>m</sup>) durch den Mond: Sichtbar auf einem Streifen von Essen nach Kassel.

**25.07.99**

23.08h Mond bedeckt Stern (3.9<sup>m</sup>).

**27.07.99**

1.15h Mond bedeckt Stern (2.9<sup>m</sup>). TOP!

**11.08.99****Totale Sonnenfinsternis (TOP!)****04./05.08.99**

Mond wandert ca. 4° an Jupiter und Saturn vorbei.

**10.-14.08.99**

Meteoritenstrom der PERSEIDEN; stets einer der größten Sternschnuppenereignisse:

viele Boliden, bis 90 Meteoriten pro Stunde, bis ca. 70 km/sek schnell!

**21.09.99**

22.15h Mond bedeckt Uranus! TOP!

**23.09.99**

03.25h Mond bedeckt Stern (4.3<sup>m</sup>).

**27.09.99**

Mond bedeckt Stern (4.3<sup>m</sup>).

**27.09.99**

22.00h Mond bei Jupiter und Saturn.

**29.09.99**

22.25h Mond bedeckt Stern (3.6<sup>m</sup>). TOP!

## Deep-Sky: Beobachtungsempfehlungen (Auswahl):

### Juli / August

1. Sternansammlung „Kleiderbügel“, ein kleiner, sehr prägnanter offener Sternhaufen bei 19h26m und +20°, zwischen Atair und Albireo.
2. Adler-Nebel M16
3. Omega-Nebel M17
4. Trifid-Nebel M20
5. Lagunen-Nebel M8
6. Hantel-Nebel M27
7. Kugelsternhaufen M13 (TOP!!)
8. Ringnebel in der Leier M57
9. Galaxienpaar M81 / M82 (TOP!!)
10. Kugelsternhaufen im Schlangenträger: M10, M12, M14, ....
11. Andromeda-Galaxie M31 (TOP!!)
12. Doppelter Sternhaufen h und chi im Perseus

### September

1. Nachthälfte (siehe Juli / August)

### 2. Nachthälfte

1. Plejaden M45
2. Offener Sternhaufen M36
3. Offener Sternhaufen M37 mit fast 600 stark konzentrierten Sternen, mein Favorit!! (TOP!!)
4. Offener Sternhaufen M38.
5. Hyaden
6. Eventuell schon den Orion-Nebel (M42)

## Meine Favoriten für den 15-Zöller im 3. Quartal 1999

**Juli:** M57, M13, M101, M51, M81, M82, M20, M8, M16, M17

**August:** zusätzlich M33, M2, M15

**September:** M1, M36, M37, M38

## Vorschau auf ein weiteres TOP-Ereignis in 1999:

**18.11.99**

Leoniden: Maximum gegen 03.00h. Könnte der spektakulärste Strom des Jahres werden.



## Aktuelle Wetter- informationen

*Winfried Backhaus*

Wem von uns ist es nicht schon passiert, daß er – kaum daß das Fernrohr aufgestellt und justiert war - es unverrichteter Dinge, aufgrund heranziehender Wolken enttäuscht abbauen mußte. Manchmal reicht der prüfende Blick vom Zenit zum Horizont nicht aus für die kurzfristige Wettervorhersage. Sofern keine großflächige, stabile Hochdruckwetterlage vorliegt, können nur sehr aktuelle, regionale Vorhersagen weiterhelfen. Bei meiner Recherche zu diesem Thema stieß ich auf eine schier endlose Fülle von Infodiensten. So gibt es die Flugwetterinformation des FMO, der Wetterdienst von T-Online, eine Vielzahl von Internetanbietern, Satellitenbilder und vieles andere mehr.

Den Sternfreund wird insbesondere die Vorhersage bezüglich der Sichtverhältnisse in den kommenden Stunden interessieren. Auskunft darüber geben zum Beispiel Aussagen über die Wolkendichte, die Luftfeuchtigkeit oder zum Smog. Aus der Vielzahl der Angebote werden die wichtigsten näher beschrieben:

### Flugwetter per Faxabruf

Unter der Nummer 02571 91251 gibt es einen kostenlosen 15seitigen

Flugwetterbericht, der die Wetterlage und –entwicklung für unsere Breiten mit Angaben über Aktualität und Gültigkeitsdauer beschreibt. Enthalten sind Wetterkarten und detaillierte Wetterinformationen für die Luftfahrt, Segelflug und Ballonfahrt, sowie eine 3-Tage-Prognose für Sichtflug und Luftsport. Ausführlich wird auf die Sichtverhältnisse (Sichtweiten) und die Dichte der Wolken in den Vorhersagen eingegangen. Der Grad der Bedeckung wird in Achtel-Schritten gemessen. Typisches Beispiel: ...Am frühen Abend entwickeln sich im nördlichen NRW 2/8-5/8 Cu (Cumulus Wolken) von 800 m auf 1400 m ansteigend...

Beachtung sollte man auch den sogenannten TAFs (Terminal Aerodrome Forecast) schenken. TAFs werden alle drei Stunden erstellt und haben eine Gültigkeit von neun Stunden. Die Lesbarkeit setzt jedoch die Kenntnis einiger Abkürzungen und Kennungen voraus, deren Erläuterung den Rahmen dieses Berichts sprengen würde. In folgendem Beispiel sind Angaben für den Einzugsbereich des FMO, zur Gültigkeit, Windrichtung und –stärke, Sichtverhältnissen und Wolken enthalten:

EDDG FMO Muenster Intl FC 150700  
150716 35010KT 9999 SCT030=

### T-Online

Auf der Seite 202084 von T-Online kann man vom Deutschen Wetterdienst

Vorhersagen auf regionaler Ebene beziehen. Eingabekriterium sind Stadt oder Postleitzahl. Der Dienst kostet 60 Pf/Minute und enthält lediglich knappe Vorhersagen für die kommenden Tage. Sehr ähnliche Informationen kann man ebenso gut kostenfrei aus dem Internet beziehen.

## Wetterdienste im Internet

### <http://www.dwd.de>

Bei seinen Recherchen bezüglich kurzfristiger regionaler Vorhersagen sollte man unbedingt den DWD im Internet besuchen. Auf der Seite <http://www.dwd.de/forecasts/deufrm.htm> kann man seine persönliche Wetterkarte für eine selbstdefinierte Region bekommen. Wolkendichte und Temperatur werden für bestimmte Uhrzeiten vorausgesagt. Satellitenbilder werden unter <http://www.dwd.de/forecasts/satfrm.htm> angeboten. Diese Bilder eignen sich jedoch kaum zur regionalen Vorhersage, da deren Auflösung dazu nicht ausreicht.

### [www.donnerwetter.de](http://www.donnerwetter.de)

Ähnliches wie beim DWD wird unter <http://www.donnerwetter.de> angeboten. Auf verschiedenen Seiten bekommt man Wetterinformationen auf regionaler und überregionaler Ebene. Sehr aktuelle Satellitenbilder im sichtbaren und infraroten Bereich werden teilweise kommentiert gezeigt. In einer

„Astroecke“ kann man sich für selbst gewählte Koordinaten die Sonnen- und Mond Auf- und Untergangszeiten abrufen.

### <http://www.wetterleuchten.de/ASTRO/astro.HTM#Astrowetter> (mein Favorit)

Diese Seite erfreut sich in der letzten Zeit wachsender Beliebtheit bei Sternguckern und gehört schon fast zum Muß vor jeder Session. In Kurzform wird für Nord-, Süd-, West-, und Ostdeutschland eine Vorhersage für die kommende Nacht präsentiert. Die Alpenländer werden gesondert behandelt. Bis spätestens 14:00 Uhr stehen die Informationen bereit. Sehr gut sind auch die hochauflösenden Noaa-Bilder des DLR. Diese sind teilweise ausführlich kommentiert. Besonders die IR-Satellitenbilder geben dem Sternfreund nach dem Studium einiger solcher Kommentare die Möglichkeit der eigenen Wettervorhersage. Selbstverständlich kann man auch bei diesem Anbieter die regionalen Wetteraussichten für NRW bekommen. Auf einer zusätzlichen Seite wird monatlich der sichtbare Sternenhimmel präsentiert.

Abschließend sind die wichtigsten Adressen und Seiten sowie deren Kurzinhalt aufgezählt

### <http://weather.lycos.de/weather/default.asp>

Sehr gut gestaltete Wetterseiten des Suchmaschinen-Betreibers

**<http://www.donnerwetter.de/>**

Gute Seiten mit Wetterkameras, Satellitenbilder, Straßenwetter, Ozonwetter, UV usw.

**<http://www.dwd.de/forecasts/forecasts.html>**

Seiten über Straßenwetter, Flugwetter, Wintersport, Seeschifffahrt, Luftfahrt, Satellitenbilder

**<http://www.wetterleuchten.de/>**

Seiten über Pollenflug, Astrowetter, Satellitenbilder

**<http://www.wetternews.de/indexneu.shtml>**

Leider sehr viele Frames, dadurch kleine Bildflächen

**<http://www.wetter.de/>**

Die üblichen Wettervorhersagen

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß der DWD in Offenbach seinen Kunden ein persönliches Gespräch mit einem Meteorologen anbietet. Ich habe von dem vermittelnden Sekretariat lediglich die Kosten (77,- DM) für ein solches Gespräch erfahren. Welche Dienstleistung sich jedoch hinter diesem Preis verbergen, konnte oder wollte die sehr kurz angebundene Dame mir nicht mitteilen.

## Studie des DWD: „Wie wird das Wetter am 11. August“

*Ewald Segna*

Größte Wahrscheinlichkeit für Sonnenschein innerhalb von Deutschland entlang der Finsterniszone bei **Karlsruhe** mit **65%**; südöstlich von **München** bei **57%**; in den **Bergen** ist auf Grund von Wolkenbildung eher mit ungünstigen Prognosen zu rechnen.

Da aufgrund der Meßmethode auch eine Cirrusbewölkung unter „Sonnenschein“ fällt, kann die Sicht trotz guter Prognosen dennoch eingeschränkt sein.

Fazit der Untersuchung: **50% bis 70%** der Sonnenscheinstunden können durch Dunst oder hohe Bewölkung **beeinträchtigt** werden!

Außerhalb Deutschlands heißt die generelle Regel: Je weiter östlich der Beobachtungsort, desto größer die Wahrscheinlichkeit für klare Sichtverhältnisse.



## Die Sonne

*Wolfgang Strickling*

Eigentlich ist unsere Sonne, die Voraussetzung allen irdischen Lebens, nur ein durchschnittlicher Stern unter vielen. Lediglich ihre geringe Entfernung von ca. 150 Millionen km (und das ist in astronomischen Maßstäben nicht viel) macht sie für uns zum wichtigsten und bestbekanntesten Stern. Diese Distanz ist schon seit etwa 300 Jahren bekannt, und man kannte daraus schon früh ihren nach menschlichen Maßstäben enormen Durchmesser von fast 1.400.000 km errechnen. Immerhin ist das mehr als der hundertfache Erddurchmesser und selbst noch viermal soviel wie die Entfernung von der Erde zum Mond.

Ihrer enormen Größe verdankt die Sonne es, daß sie 99.9 % der Gesamtmasse des Sonnensystems in sich vereint und mit ihrer Schwerkraft die Planeten in kreisähnliche Bahnen um sich zwingt. Die chemische Zusammensetzung unterscheidet sich jedoch sehr stark von Planeten wie z. B. unserer Erde. Die Sonne besteht zu etwa 73.% aus Wasserstoff, 25 % Helium, alle übrigen Elemente machen nur etwa 2 % aus. Das Helium wurde übrigens zuerst mit spektroskopischen Methoden auf der Sonne entdeckt und nach Helios, der griechischen Bezeichnung für die Sonne, benannt. Erst später konnte man Heli-

um auch auf der Erde nachweisen. Insgesamt ist die Sonne also ein riesiger Gasball, wobei man physikalisch exakt nicht von einem Gas-, sondern eher von einem Plasmaball sprechen muß. Die Materie ist nämlich wegen der hohen Temperaturen von knapp 6.000° C an der Oberfläche und etwa 14 Millionen Grad im Zentrum zum großen Teil ionisiert.

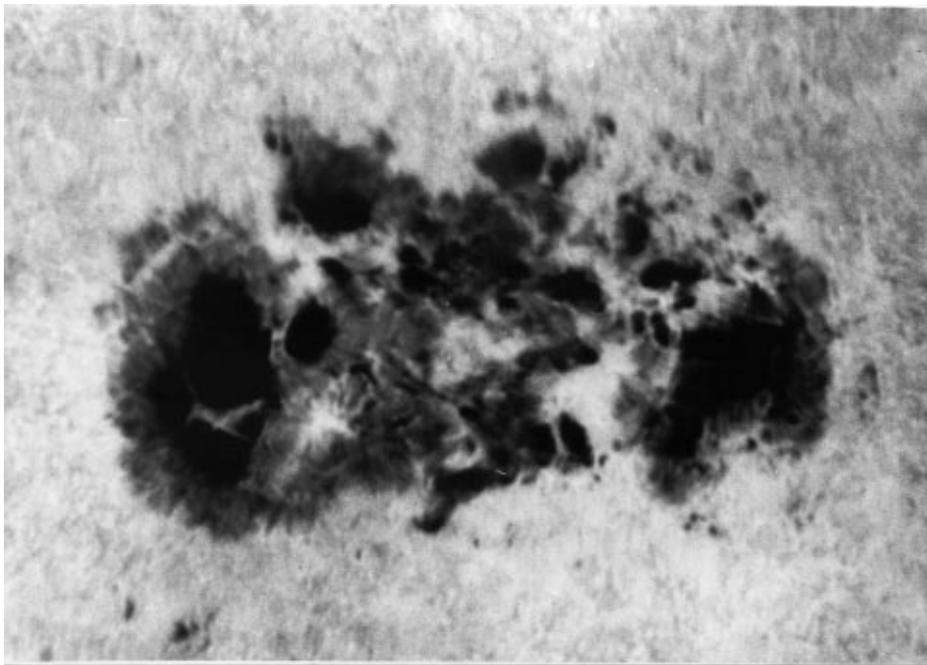
Schon kurz nach der Erfindung des Fernrohres entdeckte man die Sonnenflecken und begann, sie systematisch zu beobachten. Aus der Bewegung der Flecken konnte man erkennen, daß die Sonne sich um ihre eigene Achse dreht. Im Gegensatz zur Erde rotiert sie jedoch nicht gleichmäßig schnell: Eine Umdrehung dauert am Äquator etwa 25 Tage, an den Polen jedoch über 30 Tage! So wußte man schon sehr früh, daß die Sonnenoberfläche kein fester Körper sein kann.

Bis die wahre Natur der Flecken erkannt wurde, vergingen jedoch noch weit mehr als hundert Jahre, und noch heute feilen die Astronomen an immer komplizierteren Theorien herum. Anfangs wurde sogar die Zugehörigkeit der Flecken zur Sonne abgestritten (wer sollte schon an eine Himmelskönigin mit Pickeln im Gesicht glauben?), aber seit längerem ist klar, daß es sich um etwa 1.500° C kühlere Stellen auf der Sonnenoberfläche handelt. Wer vermu-

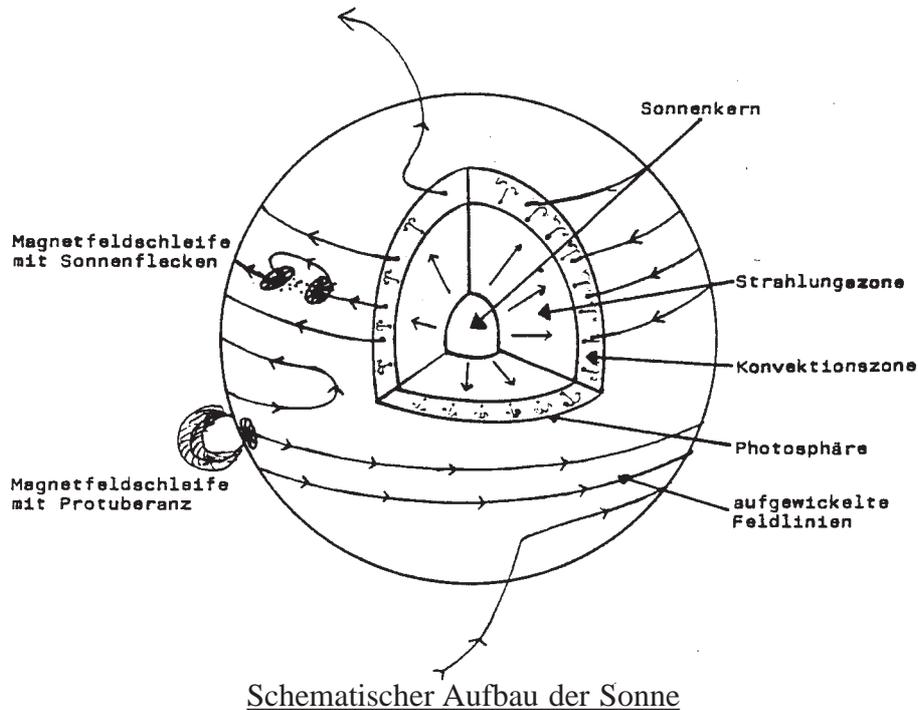
tet, man könne Sonnenflecken nur mit Teleskopen beobachten, muß sich übrigens eines besseren belehren lassen: Mit geeigneten Filtern (z. B. Schweißergläsern oder einem Streifen geschwärzten s/w Filmes) kann man größere Flecken des öfteren schon ohne weitere optische Hilfsmittel erkennen. Auch bei schönen Sonnenuntergängen kann man sie manchmal als feine schwarze Pünktchen auf der Sonnenscheibe sehen, und es existieren chinesische Berichte darüber bereits aus dem 1. Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Außer den Flecken gibt es auf der Sonne aber auch heißere, helle Stellen: die sogenannten Sonnenfackeln, die aller-

dings nur mit Fernrohren zu beobachten sind und eine Temperatur von etwa  $7.000^{\circ}\text{C}$  haben. Die Größen sind beeindruckend: so können ausgedehnte Fleckengruppen über 200.000 km lang werden, große Fackelgebiete sogar noch erheblich mehr.

Die Beobachtung der Flecken und Fackeln ist sehr reizvoll, manchmal kann man schon nach wenigen Stunden erste Veränderungen beobachten. In aufeinander folgenden Tagen sieht man wegen der Sonnenrotation die Flecken über die Sonne ziehen, alte Gruppen verschwinden, und neue Gruppen entstehen oder erscheinen am Ostrand der



*Sonnenfleckengruppe, Aufnahme von Uwe Baumann*



Sonne. So bietet die Sonne täglich ein anderes Erscheinungsbild: mit einer etwa elfjährigen Periode wechseln sich Sonnenfleckenmaxima mit manchmal über hundert Flecken und Minima, wo die Sonne oft tagelang fleckenfrei ist, gegenseitig ab. Seit dem Maximum 1989/90 befinden wir uns auf dem absteigenden Ast der Sonnenaktivität und steuern so langsam aber sicher auf das nächste Minimum in etwa vier Jahren hin.

Was aber ist die Ursache dieser Phänomene?

Um diese Frage zu beantworten, sollte man sich als erstes ein Bild vom Aufbau der Sonne machen

Im ca. 300.000 km großen Sonnenkern wird unter unvorstellbaren Druck- und Temperaturverhältnissen Energie durch Verschmelzung von Wasserstoffkernen zu Helium wie in einer Wasserstoffbombe gewonnen. Die Dichte dieser Kernmaterie ist fast zehnmal so hoch wie die von Blei. Durch Strahlung gelangt dann die entstandene Energie in höhere Sonnenschichten und heizt das Gas etwa 70.000 km unter der Sonnen-

oberfläche auf. Von dort steigen erwärmte Gasblasen an die Oberfläche und besorgen so den Energietransport. Das Brodeln dieser „aufkochenden“ Konvektionsblasen, die sogenannte Sonnengranulation, ist bei ruhiger Luft im Teleskop recht gut zu sehen und äußert sich als körnige Struktur auf der Sonnenoberfläche. Über der Sonnenoberfläche, auch Photosphäre genannt, befindet sich die z. B. in Protuberanzenfernrohren sichtbare Chromosphärenschicht und darüber die Sonnenatmosphäre, die nur in Spezialgeräten oder während einer totalen Sonnenfinsternis sichtbar ist. Wenn hier von „Sonnenoberfläche“ die Rede ist, dann muß man sich aber immer klar machen, daß die Photosphäre alles andere als eine „Oberfläche“ im eigentlichen Sinn ist. Es handelt sich dabei nur um eine etwa 100 km dicke Schicht aus stark verdünntem Gas, die das sichtbare Licht aussendet. Die Dichte dort ist vergleichbar mit der in den höchsten Schichten der Erdatmosphäre!

Ein zweiter Punkt, um den man zum Verständnis der Sonnenaktivität nicht herum kommt, ist das Magnetfeld der Sonne. Wie die meisten anderen Himmelskörper besitzt auch unser Tagesgestirn ein Magnetfeld, und zwar ein recht kräftiges. Hinzu kommt, daß die Sonne aus einem elektrisch leitenden Gas, einem Plasma, besteht, das die Eigenschaft hat, bei Gasbewegungen entweder die Magnetfeldlinien wie

„eingefroren“ mitzunehmen oder sich nur entlang der Feldlinien zu bewegen. Was passiert nun mit dem Magnetfeld, wenn die Sonne sich am Äquator schneller dreht als an den Polen? Die anfangs senkrecht verlaufenden Magnetfeldlinien werden mitgenommen und wickeln sich so langsam aber sicher spiralförmig um die Sonne (s. Schema). Stehen die Feldlinien zu dicht, stoßen sie sich ab und können die Sonnenoberfläche schleifenförmig durchbrechen. In der Folge wird der Energienachschub durch die von unten aufsteigenden Gasblasen verändert und das Gebiet kühlt sich ab, so daß es als Sonnenfleck sichtbar wird. Über den Flecken können sich leuchtende Gasmassen entlang der Feldlinien bewegen und in der Sonnenatmosphäre sammeln. Dann erfreuen sie das Herz eines jeden Protuberanzenbeobachters.

Wenn die Feldlinien schon dicht aufgewickelt sind, erscheinen besonders viele Fleckengruppen und man beobachtet ein Fleckenmaximum. In den folgenden Monaten und Jahren schwächt sich das Magnetfeld durch die Wechselwirkung der Feldlinien immer mehr ab und polt sich vor dem Minimum schließlich um. Der nächste Fleckenzklus beginnt dann mit entgegengesetzter Polarität. Auf diese Weise liegt dem 11jährigen Fleckenzklus ein 22jähriger Magnetfeldzyklus zugrunde.

Es wird oft nach Zusammenhängen zwischen dieser Sonnenaktivität und irdischen oder biologischen Erscheinungen gefragt. Was die Hochatmosphäre unserer Erde Hunderte von Kilometern über dem Boden betrifft, so sind die Zusammenhänge offensichtlich. Polarlichter gehen z. B. auf Sonneneruptionen zurück, und jeder Kurzwellenamateur kann ein Lied von magnetischen Störungen im Funkverkehr singen. Aber angebliche Einflüsse auf unser Wetter oder gar biologische Effekte, über die immer wieder spektakulär in der Presse berichtet wird, stellten sich bei wissenschaftlicher Nachforschung bisher meist als Flop heraus. Nach heutigem Erkenntnisstand kann man diese Beziehungen nur als spekulativ bezeichnen.

Wie geht es aber weiter mit unserer Sonne? Vor fast 5 Milliarden Jahren gebildet, strahlt sie seitdem weitgehend konstant. Der Wasserstoffvorrat im Kern dürfte noch für weitere 5 Milliarden Jahre reichen. Danach wird es aber ungemütlich auf der Erde, denn bevor die Sonne dann auf Heliumbasis „weiterkocht“, bläht sie sich gewaltig auf zu einem roten Riesenstern. Die Photosphäre wird dann etwa dort liegen, wo wir heute mit unserer Erde sitzen, und wenn die Menschheit sich bis dahin nicht selbst exekutiert hat, wird das dann wohl die Sonne übernehmen. In den folgenden etwa 3 Milliarden Jahren aber geht mit den Heliumvorräten

auch der letzte Brennstoff zur Neige, und unser stattlicher Stern wird, nachdem er sich noch in Form eines wunderschön anzusehenden planetarischen Nebels seiner äußeren Hüllen entledigt hat, als kleiner weißer Zwergstern von Erdgröße langsam aber sicher erkalten.

Aber keine Panik, noch ist es nicht so weit, und wir können Flecken, Fackeln, Protuberanzen und weitere Einzelheiten in Ruhe beobachten.

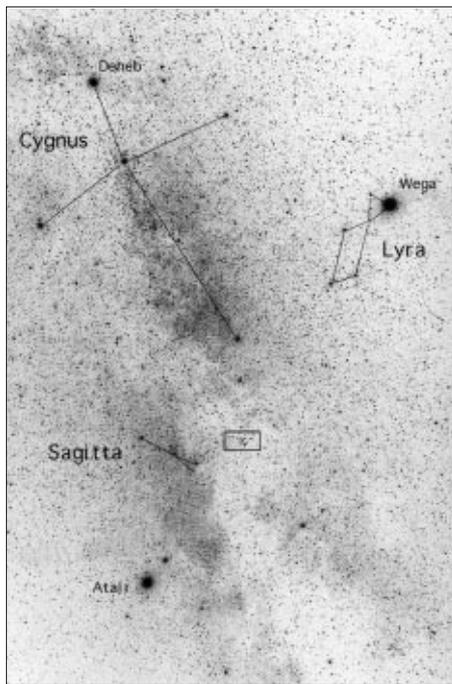


## Broccis Sternhaufen enthüllt

Ist die Sternenansammlung, die als Kleiderbügel bekannt ist, tatsächlich ein Sternhaufen?

*Ewald Segna*

Als ich mein erstes Teleskop mit 13 Jahren bekam, einen Refraktor mit 60mm Durchmesser und 720mm Brennweite mit azimuthaler Montierung,

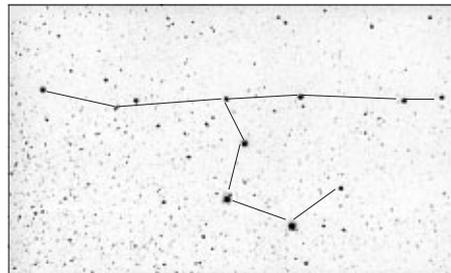


war der erste Stern, den ich beobachtet habe, Alpha Aquilae, Atair. Noch nicht so recht mit der Teleskophandhabung vertraut, hatte ich große Schwierigkeiten, den Stern ins Gesichtsfeld zu be-

kommen, kein Wunder, wenn man bedenkt, daß ich eine 2fach Barlowlinse und ein 8mm Okular benutzte, mithin also 180fach vergrößerte. Doch nach ca. 3 Stunden Übung hatte ich es dann doch geschafft. Alle Freunde waren aber schon nach Hause entschwunden, wohl in der Annahme, daß der das heute sowieso nicht mehr schafft.

Die nächsten Tage und Wochen beschäftigte ich mich dann intensiv mit dem Gerät, und bald fand ich auch schwächere Objekte im Sucher und dann im Teleskop.

Bedingt durch den ersten Stern, den ich im Fernrohr gesehen habe, graste ich die Gegend um Atair, den Sternbildern Pfeil und Delphin sowie den Doppelstern Albireo ab. Damals ist mir schon



ein „Sternhaufen“ ins Auge gefallen, der einem auf dem Kopf liegenden Kleiderbügel ähnelte. Eine Konstellation, die zufällig genau in das Gesichtsfeld meines Teleskopes paßte, und mir deshalb auch tief im Gedächtnis verhaftet blieb. Den „Kleiderbügel“ habe ich intensiv nach Doppelsternen untersucht, mit der mir zur Verfügung stehenden höchsten Vergrößerung (aber

ohne Barlow-Linse; also 90fach). Ich war damals der Meinung, daß es sich bei dieser Konstellation um einen physikalisch zusammenhängenden Sternhaufen handelte. Doch Hipparcos belehrte mich eines anderen.

Einer der am meisten erwarteten Datensätze der modernen Astronomie wurde im Juni 1997 veröffentlicht, als die Europäische Raumfahrtbehörde den Sternatlas des Satelliten Hipparcos freigab. Alles was wir vom Universum wissen, hängt von der Genauigkeit und den Methoden der Entfernungsmessungen ab. Streitfragen über die Kosmologie, z. B., den Wert der Hubble Konstante oder das Alter der Kugelsternhaufen, entstehen deshalb, weil nicht einmal Entfernungen in unserer Milchstraße oder zu den Kugelsternhaufen hinreichend bekannt sind. Jede direkte Messung von Entfernungen beruht auf der Astrometrie: die Beobachtung der Positionen und der Eigenbewegungen der Objekte mit höchster, verfügbarer Genauigkeit. Die hauptsächliche Aufgabe von Hipparcos sollte die Messungen von Sternparallaxen (die Veränderung der Position nahegelegener Sterne gegen den Sternenhintergrund) für die hellsten Sterne sein, bis zu einer Genauigkeit, wie sie bei bodengebundenen Messungen erzielt werden bzw. darüber hinaus. Den Astronomen stehen nun die genauesten Positions- und Photometriedaten zur Verfügung, die auch die Eigenbewegung und die Farbinformation

von ca. eine Million Sterne bis zur  $12.^m5$  Helligkeit mit einschließt.

Bei der Sichtung dieser Daten war ich gespannt, zu welchen Ergebnissen Hipparcos betreffs der auffälligen Sternensammlung in der Sommermilchstraße, auch bekannt als Brocchis Sternhaufen - bei den Sternparties auch als Kleiderbügel titulierte - kommt.

Diese Ansammlung von 10 Sternen zwischen der 5. und 7. Größe, nahe der Rektaszension 19h 26m und der Deklination +20 Grad (2000.0 Koordinaten), schließt auch die Sterne 4, 5, und 7 Vulpeculae ein. Ignoriert man einige schwächere Sterne in dem Feld, haben diese 10 Mitglieder eine gemittelte visuelle Helligkeit von  $3.^m65$ . Die Gruppe umspannt ungefähr ein Himmelsareal von  $2^\circ$  Breite und  $1^\circ$  Höhe, projiziert gegen einen sternreichen Milchstraßenhintergrund. Sie ist ein beeindruckendes Objekt in kleinen Ferngläsern. Gewöhnlich würde eine solch große Streuung von Sternen nicht als ein wahrer offener Sternhaufen (eine Gruppe von „Geschwister“ Sternen im gleichen Nebel geboren) betrachtet werden. Nichtsdestotrotz ist dieser Sternhaufen seit der Jahrhundertwende als offener Sternhaufen eingestuft worden und 1931 formell als Collinder 399 katalogisiert. Aber abgesehen von der Beobachtung einzelner Sterne, stammt die einzige physikalische Untersuchung der Sternansammlung von Douglas

Hall und Franklin van Landingham. In der Juni-Veröffentlichung 1970 der Astronomical Society of the Pacific faßten sie die besten verfügbaren Daten (zu der Zeit) für die helleren Sterne zusammen, wie sie auch neuere Photometrie-ergebnisse und Spektralklassifizierungen der schwächeren Sterne zu dieser Sternansammlung vorlegten. Als Resultat ihrer Arbeit faßten sie zusammen, daß sechs der Sterne einen wirklichen Sternhaufen darstellen. Hall und van Landingham fanden, daß fünf der helleren blauen Sterne (A und B Spektraltypen) und HD 182955 (ein K Riese) ähnliche Radialgeschwindigkeiten haben. Daher sprachen die Eigenbewegungen und die photometrisch gemessenen Entfernungen der Sterne nicht gegen eine Zugehörigkeit zu einer größeren Gruppe. Die Forscher schätzten die Entfernung der Sterne auf ungefähr 400 Lichtjahre, nur geringfügig weiter als die Plejaden. Jedoch waren die verfügbaren Daten von Hall und van Landingham mehrdeutig. Zusammenfassend gestatteten sie vielen der Feldsterne, „Mitglieder“ zu sein, weil die Unsicherheit des Datenmaterials groß war und deshalb die Zugehörigkeit der Sterne zum Sternhaufen nicht ausgeschlossen werden konnte.

Jetzt tritt Hipparcos auf den Plan. Für die Sternensammlung Kleiderbügel wollten wir zwei Dinge in Hipparcos' Datensätzen näher untersuchen, die untermauern sollten, ob die offene

Sternansammlung auch tatsächlich ein physikalisch zusammengehöriger offener Sternhaufen ist!

1. Gewöhnliche offene Sternhaufen haben einen Durchmesser von weniger als 30 Lichtjahren. Zum Beispiel befinden sich die meisten der helleren Plejadensterne innerhalb eines Kreises von 2 Grad. Bei einer Entfernung des Sternhaufens von 390 Lichtjahren entspricht dieses gerade 13 Lichtjahre im Durchmesser. Daher nehmen wir an, daß die Parallaxen für jeden der Sterne im wesentlichen identisch ist bis auf geringe Toleranzen.

2. Ferner, wenn die Sternansammlung tatsächlich nähergelegen ist, wie die Helligkeit der Sterne es impliziert, dann sollten ihre Eigenbewegungen ähnlich sein: alle Bewegungen in fast der gleichen Richtung und um den gleichen Betrag, jedes Jahr.

Die meisten Sternhaufen sind so weit entfernt, daß wir keine dieser beiden Testkriterien in gleicher Weise verwenden können. Der reziproke Wert des Parallaxenwinkels in Bogensekunden ist die Entfernung des Objektes in Parsec (1 Parsec = 3.26 Lichtjahre). Sogar für Hipparcos hat fast jeder offene Sternhaufen den Parallaxenwert Null; das bedeutet, er ist einfach zu klein, um meßbar zu sein. Im Endeffekt würde der Sternhaufen in unendliche Ferne rücken. Ebenso sind die Ei-

genbewegungen der Sterne winzig, wieder gegen Null. Tatsächlich können Mitglieder von Sternhaufen identifiziert werden, wenn Sterne im Feld gefunden werden, die identische Eigenbewegungen haben. Solche Vordergrundsterne könnten bei Felduntersuchungen aufgedeckt werden. Für den Kleiderbügel sind die Sterne hell genug, um von Hipparcos bestens untersucht zu werden.

Weil die komplette Datenbasis so groß ist (um ein Terabyte), ist es das Beste, sie in maschinenlesbarer Form zu analysieren. Die Datenfiles können von den bedeutenden astronomischen Datenzentren, wie z. B. dem Goddard Space Flight Center's Astronomical Data Centre (<http://adc.gsfc.nasa.gov/adc-cgi/cat.pl?catalogs/1/1239/>) geladen werden oder auch vom Observatorium Straßburg (Observatory Centre de Donnees Astronomiques (<http://cdsweb.u-strasbg.fr/cgi-bin/Cat?I/239>)). Eher als der Versuch, alle möglichen Dinge mit diesen riesigen Datenmengen anzustellen, wird es vorteilhafter sein, Objekte einzeln nachzuschlagen. Sie können dieses mit Hilfe des „VizieR“-Kataloges erledigen (<http://vizier.u-strasbg.fr/>).

Für die Daten des Hipparcos Satelliten geben Sie I/ 239 ein. Sie kommen zu einer Seite, wo man Sterne nach ihrer Bezeichnung oder nach ihrer Position suchen kann.

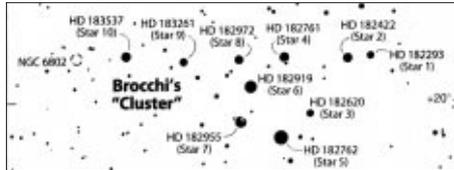
Um die Hipparcos Daten vom Kleiderbügel zu bekommen, identifizierte ich

zuerst die Sterne im HD Katalog und stimmte dann ihre Namen mit der VizieR Website Strassburgs ab, um die notwendigen Zahlen zu finden.

## Die Ergebnisse

Die Tabelle auf der gegenüberliegenden Seite zeigt die Basisdaten für die 10 Sterne der Sternansammlung, geordnet nach Rektaszension. Von besonderem Interesse sind die Eigenbewegungen und die Parallaxen. Der Fehler in den Eigenbewegungen ist geringer als 1 Millibogensekunde pro Jahr. Die Parallaxenfehler betragen zwischen 0.7 und 0.8 Millibogensekunden. Daher beträgt der Fehler für den entferntesten Stern (mit der kleinsten Parallaxe) ungefähr 25 Prozent des gesamten Parallaxenwertes, während der Fehler für die zwei nächsten Sterne nur ungefähr 5 Prozent ausmacht. Die tatsächlichen Parallaxenentfernungen rangieren von ungefähr 1140 Lichtjahren für Stern 2 (mit einer Unsicherheit von ungefähr 300 Lichtjahren), hinunter zu bloßen 218 Lichtjahren (Plusminus einiger Lichtjahre) für Stern 6. Wie schon weiter oben ausgeführt wurde, umspannen echte offene Sternhaufen ein paar Dutzend Lichtjahre, daraus folgt, daß diese Sterne nicht zu einem offenen Sternhaufen gezählt werden können. Während Hall und van Landingham beide Sterne als echte Haufenmitglieder klassifizierten, schließen das die Parallaxenmessungen Hipparcos völlig aus.

Durch Vergleich von Sternenpaaren in der Liste können Sie sehen, daß es kein Paar mit ähnlichen Parallaxen und Eigenbewegungen gibt - zu wenig für einen potentiellen Sternhaufen. Zum Bei-



spiel haben die Sterne 3 und 8 sehr ähnliche Parallaxenentfernungen, und die Ungenauigkeiten sind im gleichen Bereich. Jedoch zeigt der Vergleich der Eigenbewegung, daß sie sich in fast entgegengesetzten Richtungen am Himmel bewegen. Daher kann es sehr wohl sein, daß sie einander nahe sind, aber ihre Bahnen durch den Raum sind verschieden. Anders als bei Hall und van Landingham war es bei uns weder notwendig, Gebrauch von der Photometrie der Sterne zu machen, noch veröffentlichte Radialgeschwindigkeiten heranzuziehen, um unsere Schlußfolgerung zu untermauern. Ironischerweise sind die Daten in dieser Hinsicht für den Haufen tatsächlich nicht besser als vor 30 Jahren. Die 100fach gesteigerte Genauigkeit in den astrometrischen Daten gestattet es uns aber, nun das Kapitel über diesen scheinbaren offenen Sternhaufen zu schließen.



Stern HD Bemerkungen	R.A. (2000.0)	Dekl.	Eigenbewegung (Millibogensek. pro Jahr)		Parallaxe MBS	Visuelle Magnitude	B-V	Spektraltyp
			R.A.	Dekl.				
1 182293	19h 23m 12s	+20° 16.7'	-7	+99	9.1±0.8	7.11	1.15	K3 III
2* 182422	19h 23m 47s	+20° 15.9'	+3	+0	2.9±0.7	6.41	0.02	B9.5 V
3* 182620	19h 24m 44s	+19° 56.4'	+19	+9	6.0±0.8	7.17	0.14	A2 V
4* 182761	19h 25m 22s	+20° 16.3'	-6	-17	8.2±0.7	6.31	-0.01	A0 V
5 182762	19h 25m 29s	+19° 47.9'	+97	-71	13.8±0.7	5.15	0.99	K0 III
6* 182919	19h 26m 13s	+20° 05.9'	+3	-36	14.9±0.7	5.60	0.01	A0 V
7* 182955	19h 26m 29s	+19° 53.5'	+1	-48	7.2±0.8	5.82	1.57	K5 III
8* 182972	19h 26m 31s	+20° 15.5'	-1	-11	5.8±0.8	6.64	0.02	A1 V
9 183261	19h 27m 54s	+20° 14.8'	+4	-8	3.6±0.8	6.89	-0.02	B3 II
10 183537	19h 29m 21s	+20° 16.8'	+3	-17	4.3±0.8	6.34	-0.10	B5 Vn

HR 7364

4 Vul

5 Vul

7 Vul

# Stephans Quintett

*Stephan Pläßmann*

## Nachrichten aus aller Welt:



Münster  
Wolbeck.

Während einer Aufnahme starb der Fotograf C.C.D. Pictor, weil er sich fälschlicherweise unter Meteorstrom statt unter Dunkelstrom setzte. Das Auflösungsvermögen von Millionen Sterntalern wird unter den Spiralarmen aufgeteilt.

Salzburg:

Die berühmten Festspiele wurden während der Urknallaufführung des Canopus 57 durch heftiges Rohr-schellen gestört. Ein Zuschauer: „Immer dieselbe Leier.“

Liesborn:

Jupiter und Zeus beobachteten während einer Kur mehrere Kernschatten mit schönen Himmelskörpern. Sie beantragten sofort Merkur.



## Spocht:

Sterndeuten:

Beim Sterndeuten 1998 lagen die Astrologen keinen Deut besser als die Astrolügen.

Sternhaufen:

In der lettischen Hauptstadt Auriga fuhr man bei der offenen Meisterschaft im Sternhaufen wichtige Sternpunkte ein. Gleich drei der 110 Mess-Objekte häuften sich dort.



## Haben Neutrinos Masse? - Teil 2

Wolfgang Domberger

Zu den Charakteristiken eines Teilchens gehört auch seine ganz spezifische Ruhemasse  $m_0$ ; beispielsweise hat das Elektron ein Gewicht von  $9,1094 \cdot 10^{-34}$  kg. Die Idee, auf die sich der Nachweis stützt, daß auch Neutrinos eine Ruhemasse haben können, ist die mögliche Umwandlung eines leichteren Neutrinos in ein schwereres und umgekehrt. Zeigt ein Neutrino solche Verwandlungskünste, ist das ein indirekter Beweis dafür, daß es eine Ruhemasse hat. Die drei bekannten Neutrinosorten (vgl. Teil 1) (,flavors‘) sollten verschiedene Massen haben, so daß sich ein Neutrino der einen Sorte in eines der anderen verwandeln kann. Diese interferenzartigen Übergänge nennt man Oszillation, da diese Verwandlungen während des Fluges periodisch ablaufen. Masse ist Energie, die ihrerseits Frequenzen und Wellenlängen entsprechen. Insofern könnte man die Neutrino-Oszillationen vergleichen mit Klangfarben aus drei Tönen, die sich im Laufe eines Musikstückes ineinander umwandeln, sich zu Dreiklängen vermischen, Schwebungen erzeugen usw; oder auch mit einer bildlichen Darstellung dieser Metamorphose auf der Basis von drei Farben.

Da die Suche nach der Neutrinomasse

zu den wichtigsten Fragen überhaupt gehört, erscheint das Thema nachdenkenswert und soll etwas ausgeleuchtet werden, um sich den Verwandlungskünsten des Neutrinos zu nähern.

Zwei überaus wichtige Säulen der moderneren Physik werden hierbei benutzt: Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation der Quantenmechanik und Einsteins Ausdruck für die Energie eines relativistischen Teilchens; beides wird mit dem Energiesatz verknüpft. Als Resultat wird sich ein Ausdruck für die Oszillationslänge ergeben; das ist die Strecke, auf der es einem Neutrino während seines Fluges gelingen kann, seine Identität zu wechseln.

### Etwas Quantenmechanik

Die Quanten- oder Wellenmechanik ist eine Theorie der atomaren Welt. Sie ist eine statistische Theorie; es ist viel die Rede von Wahrscheinlichkeiten, Mittelwerten, mittleren quadratischen Abweichungen usw. Von grundlegender Bedeutung ist Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation; sie besagt, daß es grundsätzlich unmöglich ist, den Aufenthaltsort  $x$  und den Impuls  $p$  eines Teilchens gleichzeitig beliebig genau zu messen. Wird zur Zeit  $t$  beispielsweise sein Aufenthaltsort  $x$  sehr genau bestimmt, entzieht sich der Impuls des Teilchens einer genauen Messung; er ist völlig unbestimmt. Die Genauigkeit der Ortsbestimmung geht also auf Kosten der Genauigkeit der Impulsbestim-

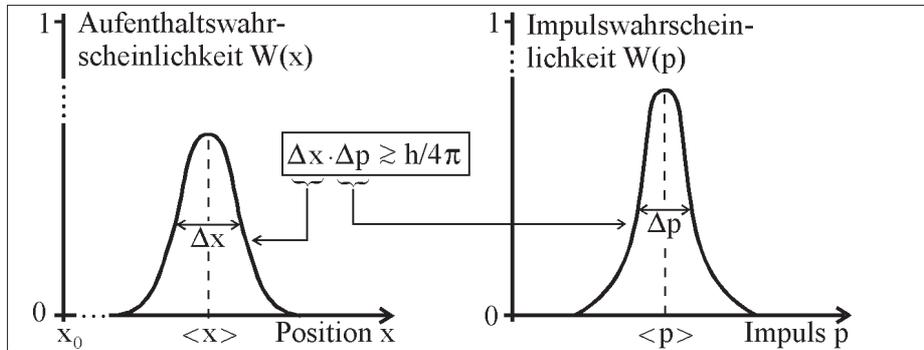


Abb. 1: Unschärferelation; Momentaufnahme der Bewegung eines Teilchens (z. B. Neutrino) zur Zeit t: Wahrscheinlichkeit  $W(x)$  für seinen Aufenthaltsort  $x$  und Wahrscheinlichkeit  $W(p)$ , welchen Impuls  $p$  es in diesem Moment besitzt; die Breiten  $\Delta x$  und  $\Delta p$  der Wahrscheinlichkeitsverteilungen  $W(x)$  und  $W(p)$  bestimmen die Orts- und Impulsunschärfen  $U(x)$  bzw.  $U(p)$

mung, und umgekehrt. Abgekürzt kann man diesen Sachverhalt folgendermaßen ausdrücken: das Produkt aus den Unschärfen oder Unbestimmtheiten des Ortes  $x$  und des Impulses  $p$  kann eine untere Grenze nicht unterschreiten; diese untere Grenze ist wesentlich durch das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$  gegeben, also:

$$(\text{x-Unschärfe}) \cdot (\text{p-Unschärfe}) > h \quad (1)$$

Die Naturkonstante  $h$  spielt in atomaren Bereichen die Hauptrolle; sie ist extrem klein und hat den Wert  $6,626 \cdot 10^{-34}$  Js. Ist der momentane Aufenthaltsort  $x$  eines Teilchens sehr genau bekannt, seine Orts-Unschärfe in Gl. (1) also klein, kann im Gegenzug der Impuls  $p$  des Teilchens nur sehr ungenau bestimmt werden; seine Impuls-Unschärfe ist also entsprechend groß. Die Unschärfen geben an, um welchen

Wert die betreffenden Größen, hier  $x$  und  $p$ , streuen können. Um jedoch zu quantitativen Aussagen zu gelangen, muß gesagt werden, was die Unschärfe z. B. des Ortes  $x$  genau bedeutet? Sie ist die Quadratwurzel aus der mittleren quadratischen Abweichung des momentanen Ortes von seinem Mittelwert. Bezeichnet man die Orts-Unschärfe mit  $U(x)$ , so ist also für die Ortsunschärfe zu schreiben:

$$U(x) = \sqrt{\langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle} \quad (2)$$

Für die Impulsunschärfe  $U(p)$  gilt das ganz analog. Komplette lautet dann die Heisenberg'sche Unschärferelation :

$$U(x) \cdot U(p) \geq h/4\pi \quad (3)$$

Die Klammern  $\langle \rangle$  in Gl. (2) bedeuten, daß es sich um statistische Mittel- oder Erwartungswerte der zwischen ihnen stehenden Größen handelt. Die Unschärfen  $U(x)$  und  $U(p)$  sind posi-

tiv. Abb. 1 zeigt eine Situation, in der sich ein Teilchen (z. B. ein Neutrino) in  $x$ -Richtung bewegt. Der Startort  $x_0$  und der Anfangsimpuls  $p_0$  zur Zeit  $t_0$  sind ebenfalls unscharf. Auch bei der Beschreibung des Bewegungsablaufs mit der Zeit  $t$  muß man sich mit Wahrscheinlichkeitsaussagen begnügen;

man kann nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit  $W(x)$  seinen momentanen Aufenthaltsort  $x$  angeben und auch nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit  $W(p)$  sagen, welchen Impuls  $p$  es dann hat. Die prinzipielle Ungewißheit der Angaben ist durch die Breiten  $\Delta x$  und  $\Delta p$  der beiden Wahrscheinlichkeitsverteilungen  $W(x)$  und  $W(p)$  ausgedrückt; anstelle von Gl. (3) kann man schreiben:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi \quad . \quad (4)$$

Die Breiten geben den möglichen Spielraum von Ort und Impuls zur Zeit  $t$  an. Ein Großteil der Werte liegt innerhalb dieser Breitenintervalle um die Erwartungswerte  $\langle x \rangle$  und  $\langle p \rangle$  für den momentanen Aufenthaltsort  $x$  und den momentanen Impuls  $p$ . Die Wahrscheinlichkeiten  $W(x)$  und  $W(p)$  sind maximal bei den Erwartungswerten.

Bevor es weitergeht, zeigt Abb. 2 die zu Abb. 1 passende Situation. Skizziert ist ein Entstehungsprozeß von Neutri-

nos in der Erdatmosphäre; Teilchen der kosmischen Strahlung - im wesentlichen Protonen - treffen auf Atomkerne. Dabei werden Teilchenschauer ausgelöst und es entsteht eine Vielzahl von Elementarteilchen, u. a. Neutrinos. Ein beliebig herausgesuchtes Neutrino rast auf die Erde zu.

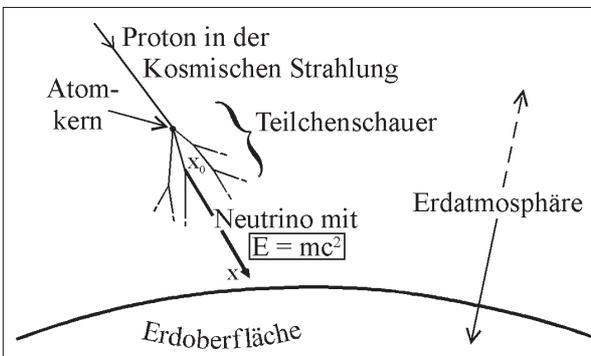


Abb. 2: ein Proton der Kosmischen Strahlung trifft auf einen Atomkern der Erdatmosphäre; Teilchenschauer; Entstehung eines Neutrinos etwa zur Zeit  $t_0$  bei  $x_0$  mit dem Anfangsimpuls  $p_0$ ; angedeutete Flugbahn in  $x$ -Richtung; Energie des Neutrinos:  $E = m \cdot c^2$

Was kann man denn nun mit der Unschärferelation Gl. (4) anfangen? Eine der zwei unbekanntenen Größen, nämlich  $\Delta p$ , kann man über einen anderen Weg erhalten. Dazu nun:

### Ein wenig Relativitätstheorie.

Energie: Man denke sich ein freies Teilchen der Masse  $m$ , das sich irgendwo im Universum mit einer Geschwindigkeit  $v$  fortbewegt. Eines der wichtigsten Resultate der Theorie Einsteins, die auf

dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit  $c$  - unabhängig vom Bezugssystem - beruht, betrifft die Energie  $E$ , mit der das Teilchen ausgestattet ist, und manifestiert sich u. a. in der wohl berühmtesten Formel überhaupt, nämlich

$$E = m \cdot c^2 \quad ; \quad (5)$$

die Masse  $m$  des Teilchens ist von seiner Geschwindigkeit  $v$  abhängig und zwar gemäß

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad , \quad (6)$$

wobei  $m_0$  die Ruhemasse des Körpers ist. Gl. (6) besagt, daß die Masse  $m$  eines Teilchens mit seiner Geschwindigkeit  $v$  zunimmt und bei Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit mehr und mehr anwächst. Diese Massenzunahme wird tatsächlich beobachtet, z. B. in Beschleunigerexperimenten. Ein Teilchen, das eine Ruhemasse  $m_0$  besitzt - sei sie auch noch so gering - kann sich nicht exakt mit Lichtgeschwindigkeit  $c$  bewegen; es ist immer etwas langsamer. Ansonsten würde die Masse  $m$  divergieren.

**Pythagoras und Einstein:** Den Ausdruck für die Energie  $E$  in Gl. (5) kann man als „Satz des Pythagoras“ veranschaulichen. Man hat nur Gl. (5) und Gl. (6) miteinander zu kombinieren und bekommt auf ganz direktem Weg (vgl. Anhang )

$$E^2 = m_0^2 \cdot c^4 + c^2 \cdot p^2 \quad , \quad (7)$$

wobei  $p = m \cdot v$  der Impuls des sich bewegenden Teilchens ist; der Term  $m_0^2 \cdot c^4$  auf der rechten Seite ist unabhängig von der Geschwindigkeit  $v$ ; er ist der Ruheenergieanteil. Im zweiten Term  $p \cdot c$  geht  $v$  mehrfach ein; er ist der Bewegungsenergieanteil. In Abb. 3 ist Gl. (7) mit Hilfe eines rechtwinkligen „Energiedreiecks“ veranschaulicht. Bei einem Teilchen mit verschwindend kleiner Ruhemasse  $m_0$  - wie man es von der Neutrinomasse vermuten kann - ist das rechtwinklige Dreieck sehr schmal, so daß die Längen  $E$  und  $p \cdot c$  von Hypotenuse und Kathete nahezu gleich sind:

$$E \approx p \cdot c \quad . \quad (8)$$

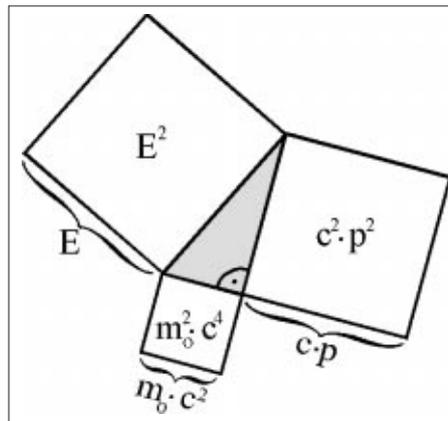


Abb. 3: rechtwinkliges „Energiedreieck“; Gl. (7) als „Satz des Pythagoras“: das Quadrat über der Hypotenuse ist gleich der Summe aus den Quadraten über den beiden Katheten“; beliebtes Schulzitat: „ $a^2 = b^2 + c^2$ “; bei kleiner Ruhemasse  $m_0$  gilt:  $E \approx p \cdot c$

Nur dann, wenn ein Teilchen - z. B. das Photon - keine Ruhemasse hat, wenn

also  $m_0 = 0$  ist, kann es sich exakt mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen; nur dann ist  $E = p \cdot c$  genau erfüllt. Je leichter das Teilchen ist, also je kleiner die Ruhemasse  $m_0$  ist, um so schneller ist es.

Energiesatz: Nun kommt der Energiesatz zum Einsatz, wonach die Energie des Teilchens konstant ist, also erhalten bleibt - sofern ihm auf seinem Flug keine Energie zugeführt oder abgenommen wird. Man kann also sagen, daß seine Energie  $E(t_1)$  zur Zeit  $t_1$  genauso groß ist wie seine Energie  $E(t_2)$  z. B. zu einer späteren Zeit  $t_2$ , oder - anders ausgedrückt - die Differenz  $\delta E$  zwischen  $E(t_2)$  und  $E(t_1)$  verschwindet:  $\delta E = E(t_2) - E(t_1) = 0$ , was sich genauso für das Quadrat der Energie in Gl. (7) sagen läßt:

$$\delta(E^2) = \delta(m_0^2 \cdot c^4 + c^2 \cdot p^2) = 0 \quad . \quad (9)$$

Diese Formulierung des Energiesatzes läßt sich nun weiter verwenden. Zunächst gilt die Differenz  $\delta$  für beide Terme einzeln;  $c^2$  gekürzt und man bekommt dann

$$\delta(m_0^2) \cdot c^2 + \delta(p^2) = 0 \quad , \quad (10)$$

oder - wenn man noch die Differentialrechnung<sup>1</sup> bemüht, indem man  $\delta(p^2) = 2p \cdot \delta p$  in Gl. (9) verwendet -

$$\delta(m_0^2) \cdot c^2 + 2p \cdot \delta p = 0 \quad . \quad (11)$$

Aus Gl. (9) und (10) läßt sich etwa folgendes ablesen. Bei konstanter Energie ( $\delta E = 0$ ) können sich Masse und Impuls ändern, allerdings gegenläufig:

<sup>1</sup> aus der Schulzeit: „Die erste Ableitung  $y'$  der Parabel  $y = x^2$  lautet  $y' = 2x$ “

nimmt die Masse  $m_0$  zu, wird der Impuls  $p$  kleiner und umgekehrt. Da die Summe beider Terme verschwindet, muß der eine Term positiv und der andere entsprechend negativ sein, so daß die Summe der beiden Änderungen wieder Null ergibt. Aus Gl. (11) wird

$$\delta p = -\frac{c^2}{2p} \cdot \delta(m_0^2) \quad . \quad (12)$$

Als Konsequenz daraus ergibt sich, daß schwerere (leichtere) Teilchen langsamer (schneller) sind. Würde z. B. ein Neutrino auf seinem Weg schwerer (leichter) werden, nähme seine Geschwindigkeit ab (zu).

Auch anhand des Energiedreiecks kann man sich den Energiesatz  $E = \text{konstant}$  veranschaulichen (vgl. Abb. 4). Bei gleichbleibender Länge  $E$  der Hypotenuse können sich die Längen  $m_0 \cdot c^2$  und  $p \cdot c$  der beiden Katheten verändern: wird die eine länger, dann muß die andere kürzer werden; mal wird das Dreieck schmaler, mal breiter. Das Minuszeichen in Gl. (12) trägt diesem gegenläufigen Verhalten Rechnung.

Bei sehr kleiner Ruhemasse, wie man sie bei den Neutrinos vermuten kann, gilt Gl. (8) und die Impulsänderung  $\delta p$  aus Gl. (12) geht dann über in

$$\delta p \approx -\frac{c^3}{2E} \cdot \delta(m_0^2) \quad . \quad (13)$$

### Jetzt beides zusammen

Der Energiesatz in der Form von Gl. (13) sagt, daß eine Zu- bzw. Abnahme der Ruhemasse  $m_0$  einhergeht mit

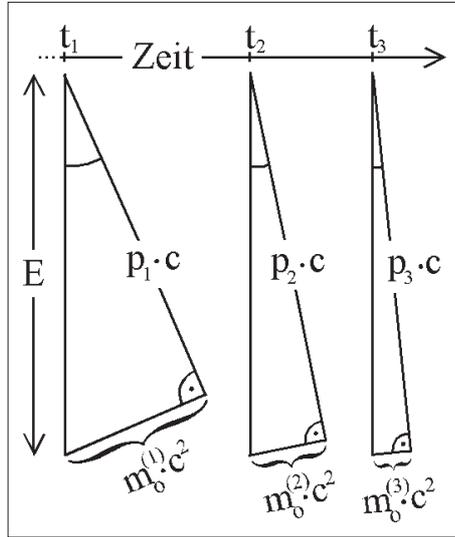


Abb. 4: Energiesatz  $E = \text{konst.}$ , unabhängig von der Zeit; die Längen der beiden Katheten können sich verlängern bzw. verkürzen; die Abnahme des Ruheenergieanteils  $m_0 \cdot c^2$  läßt den Bewegungsenergieanteil  $p \cdot c$  anwachsen: das Neutrino wird schneller; zu den Zeitpunkten  $t_1 < t_2 < t_3$  sei  $m_0^{(1)} > m_0^{(2)} > m_0^{(3)}$  bei  $p_1 < p_2 < p_3$ ; in der nächsten Bewegungsphase kann  $m_0$  wieder zu- und dafür  $p$  abnehmen, etc.

einer Ab- bzw. Zunahme des Impulses  $p$ . Aber erst die Unschärferelation legt die möglichen Grenzen dieser Änderungen fest. Darin besteht der Sinn der Kombination von Energiesatz und Unschärferelation. Man hat also den Energiesatz Gl. (13) und die Unschärferelation  $\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi$  (vgl. Gl. (4) und Abb. 1) zu kombinieren, wobei zu beachten ist, daß die Unschärfen in Gl. (4) positive Größen sind; ersetzt man  $\Delta p$  durch den Betrag von  $\delta p$  aus Gl. (13), so erhält man:

$$\Delta x \cdot \delta(m_0^2) \geq \frac{h \cdot E}{2\pi \cdot c^3} \quad . \quad (14)$$

Man könnte Gl. (14) folgendermaßen interpretieren. Innerhalb der Breite  $\Delta x$  der Aufenthaltswahrscheinlichkeitskurve  $W(x)$  von Abb. 1 kann das Neutrino überall lokalisiert sein; befindet es sich es auf der linken Seite, ist es langsamer und schwerer, befindet es sich auf der rechten, ist es schneller und leichter. Also könnte das Neutrino im Rahmen der Relation Gl. (14) verschiedene Ruhemassen  $m_0$  annehmen; bei der Strecke  $\Delta x$  könnte man dann von einer Art Verwandlungsstrecke sprechen, auf der es dem Neutrino mit einer endlichen Wahrscheinlichkeit gelingen kann, seine Masse  $m_0$  und damit seine Identität zu ändern. Diese Verwandlungsstrecke wird Oszillationslänge  $L$  genannt und für ihre untere Grenze läßt sich nach Gl. (14) schreiben:

$$L_{u.G.} \approx \frac{h \cdot E}{2\pi \cdot c^3 \cdot \delta(m_0^2)} \quad . \quad (15)$$

Um einen Zahlenwert anzugeben, setzt man Resultate des Experiments ein. Für eine Neutrinoenergie  $E$  von typischerweise 1 GeV und einem Differenzwert  $\delta(m_0^2)$  von etwa  $3 \cdot 10^{-3} \text{ (eV)}^2$  erhält man aus Gl. (15) für die untere Grenze der Oszillationslänge  $L_{u.G.}$  einen Wert von etwa 70 km.

### Diskussion

Die Ergebnisse des japanischen Super-Kamiokande-Experimentes auf der

Basis atmosphärischer Neutrinos weisen sehr stark auf solche Oszillationen hin, was einhellig als indirekter Beweis gedeutet wird, daß Neutrinos eine Ruhemasse  $m_0$  besitzen; ist eine Masse  $m_0$  vorhanden, kann sie auch oszillieren. Allerdings ist das Oszillationsexperiment keine „Waage“ für Neutrinos; man kann also nicht die Masse eines Neutrinos direkt angeben, sondern nur den Unterschied  $\delta(m_0^2)$  von Massequadrate unterschiedlicher Neutrinosorten. Oszillationen zwischen  $\tau$ - und  $\mu$ -Neutrinos können die Daten des Experimentes am besten wiedergeben. Auch für die Kosmologie (Dunkle Materie usw., vgl. Teil 1) sind die Neutrino-Oszillationen von Bedeutung. Sie könnten auch die Lösung des Sonnenneutrinoproblems herbeiführen und erklären, warum man nur etwa ein Drittel des zu erwartenden Sonnenneutrino-flusses registriert, indem ein Detektor, empfindlich nur für eine Neutrinosorte, von den anderen beiden Neutrino-„flavors“ nichts spürt.

#### Anhang:

Am besten quadriert man Gl. (5) und Gl. (6), um die unhandliche Wurzel wegzukriegen, und setzt dann Gl. (6) in Gl. (5) ein:

$$E^2 = m^2 \cdot c^4 = \frac{m_0^2}{1 - v^2/c^2} \cdot c^4 \quad . \quad (\text{A1})$$

Wirklich e c h t leichtes Umformen von Gl. (A1) in drei kleinen Schritten:

$$E^2 \cdot (1 - v^2/c^2) = m_0^2 \cdot c^4$$

$$E^2 - E^2 \cdot v^2/c^2 = m_0^2 \cdot c^4$$

$$E^2 = E^2 \cdot v^2/c^2 + m_0^2 \cdot c^4$$

führt, wenn man bei der letzten Zeile auf der rechten Seite die Energie  $E$  wieder durch  $m \cdot c^2$  ersetzt, auf das gesuchte Resultat:

$$E^2 = m^2 \cdot c^2 \cdot v^2 + m_0^2 \cdot c^4$$

oder mit  $p = m v$  wird schließlich

$$E^2 = p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4 \quad , \quad (\text{A2})$$

was sich wieder als „Satz des Pythagoras“ entpuppt.

#### Weiterführende Literatur, Internet:

- Y. Fukuda et al., *Evidence for Oscillations of Atmospheric Neutrinos*, Physical Review Letters 81(8), 1562-1567, 24.8.98
  - S. Weinberg, A. Behr: *Ironische Physik im Megakosmos - Der Nobelpreisträger Steven Weinberg über Schwächen des Standardmodells und die Suche nach der endgültigen physikalischen Theorie*, DIE ZEIT Nr. 30 (16.7.98)
  - F. Grotelüsch, T. Kajita, *Weitere Belege für Neutrinomasse*, Deutschlandfunk Newsletter, 14.6.99
  - H.-V. Klapdor-Kleingrothaus, A. Staudt, *Teilchenphysik ohne Beschleuniger*, B. G. Teubner Stuttgart, 1995
  - N. Schmitz, *Neutrinophysik*, B. G. Teubner Stuttgart, 1997
  - James Trefil, *Fünf Gründe, warum es die Welt nicht geben kann - Die Astrophysik der Dunklen Materie*, rororo science, Rowohlt Taschenbuch Verlag 1994
  - Pedro Waloschek, *Besuch im Teilchenzoo - Vom Kristall zum Quark*, rororo science, Rowohlt Taschenbuch Verlag 1996
- oder im Internet z. B :

<http://www.ps.uci.edu/~superk/neutrino.html>



# Was? Wann? Wo?



## **Astronomie - Unser Hobby:**

Gemeinsame Beobachtung • Astrofotografie • Anfängergruppe •  
Mond & Sonnenbeobachtung • Beratung beim Fernrohrkauf •  
öffentliche Vorträge über astronomische Themen • Vereinszeitung

Wer sich nun mit dem faszinierenden Gebiet der Astronomie näher beschäftigen möchte, ist herzlich eingeladen, zu einem unserer öffentlichen Treffen zu kommen. Unsere Mitglieder beantworten gerne Ihre Fragen.



## **Öffentliche Veranstaltungen**

Wir veranstalten Vorträge über aktuelle astronomische Themen an jedem 2. Dienstag des Monats. Öffentliche Beobachtung vor dem Museum für Naturkunde. Aktuelle Infos über unsere „Astroline“:

☎ 0251/5916037 ab 18.00 Uhr. Alle Veranstaltungen sind kostenlos!

<u>Vortragsthemen</u>	(A): Anfänger	(F): Fortgeschrittene
<p><b><u>14. Sept.: Nachlese Sonnenfinsternis</u></b> <i>diverse Sternfreunde</i> Die totale Sonnenfinsternis am 11.8.99 werden viele Sternfreunde vor Ort in Süddeutschland beobachten. Hier berichten sie über ihre Eindrücke von diesem Jahrhundertereignis und zeigen fotografische Ergebnisse.</p> <p><b><u>12. Okt.: Der Leonidensturm - kommt er diesmal wirklich??</u></b> <i>Stephan Plafmann</i> Der 17. November hat das Zeug dazu, astronomisch als der Tag des Leonidensturms in die Geschichte einzugehen. Alle 33 Jahre macht sich der Komet Temple-Tuttle als Wirt der kleinen Meteoritenpartikelchen auf ins Innere des Sonnensystems,</p>		<p>und zieht eine lange Staubfahne hinter sich her. Die Erde durchquert auf ihrer Bahn um die Sonne um den 17. November herum diese Staubwolke und ein Regen von Meteoriten könnte sich am Himmel mit vielen Leuchtspuren bemerkbar machen.</p> <p><b><u>9. Nov.: Neue Aspekte in der Kosmologie</u></b> <i>Wolfgang Domberger</i> Das Jahr 1998 wird wohl in die Geschichte der Kosmologie als das Jahr eingehen, in dem das Rätsel der Hubblekonstanten gelöst wurde. Zwei unterschiedliche Forschergruppen kamen unabhängig und mit verschiedenen Methoden zu ähnlichen Ergebnissen: auf eine Hubblekonstante von <math>73 \text{ km/s} \pm 6 \text{ km/s pro Megaparsec}</math>.</p>

Ort und Zeit: Seminarraum des Westfälischen Museums für Naturkunde / 19.30 Uhr

