



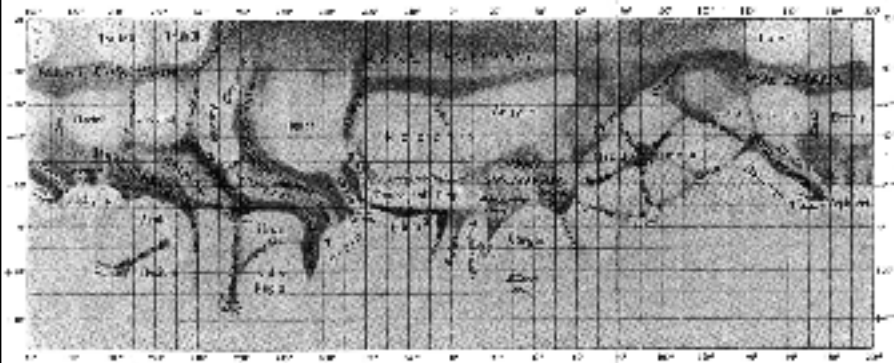
ASTRONOMISCHER ARBEITSKREIS KASSEL E.V.

32. Jahrgang

Nummer 94

Januar 2004

Marsopposition 2003



Die Realität der Quantenwelt • Jupiterbeobachtungen
Sonnenfleckenbeobachtungen • Astronomieunterricht im Museum



Abb. 4: Marsfotos des Teams Baader, 2003, ToUCam, 10 Zoll-Maksutov. Mit Registax und Photoshop wurden visuelle und Infrarotbilder überlagert. Linkes Bild: Große Syrte, Hellas, Noachis, Sinus Sabaeus und Margaritifer Sinus. Rechtes Bild: Sinus Sabaeus, Noachis, Argyre, Margaritifer Sinus, Aurorae Sinus, Thaumasia und im Norden (unten) das Mare Acidalium. (aus "Astronomie heute" 5/2003, S. 72/73)



Abb. 5: Marsfotos des Hubble Space Teleskops zur Zeit der größten Erdnähe. Linkes Bild: ZM 323,8°, mit Großer Syrte, Hellas, Noachis und Sinus Sabaeus. Rechtes Bild: ZM 124,7°, mit Thaumasia und Mare Sirenum (WFPC 2. NASA, J. Bell und M. Wolff; aus Fischer 2003, S. 117)

Inhaltsverzeichnis

Klaus-Peter Haupt	
Liebe Mitglieder.....	4

Beobachtungen

Roland Hedewig	
Die Marsopposition 2003.....	5

Manfred Chudy	
Sonnenfleckenbeobachtungen 2003.....	16

Roland Hedewig	
Jupiterbeobachtungen 2003.....	17

Berichte

Klaus-Peter Haupt	
Die Realität der Quantenwelt.....	23

Wulfried Heidrich	
Astronomieunterricht im Museum.....	39

Verschiedenes

Einladung zur 23. Planeten- und Kometentagung in Violau.....	45
---	-----------

Christian Hendrich	
Beobachtungshinweise.....	49

Friedrich Baum	
Pressespiegel.....	46

Klaus-Peter Haupt	
Einladung zum Workshop: Evolutionäre Systeme.....	48

Christian Hendrich	
Mars macht mobil.....	52

Unser Programm von Januar bis April 2004.....	53
--	-----------

Titelbild: Marskarte von Kasimir Graff 1924 und die Marssonden Exploration Rover (links) und Beagle 2 (rechts)

Liebe Mitglieder.....

Eigentlich sollte die Sternwarte schon längst ans Stromnetz angeschlossen sein....
Aber es gab noch echt tierische Probleme und erst eine Spende zur Unterstützung der einheimischen Bevölkerung bescherte uns den Vertrag zum Stromanschluß. Jetzt ist es im März soweit und immerhin werden wir zum dreißigjährigen Jubiläum der Sternwarte Calden ans öffentliche Stromnetz angeschlossen sein.

In der letzten KORONA war ein interessanter Artikel über evolutionäre Erkenntnistheorie. Meine Einwände zu dieser Theorie habe ich in einem Vortrag zum Ausdruck gebracht. Ich möchte hierzu nur noch den Frankfurter Neurologen Wolf Singer zitieren, er ist Direktor des Max-Planck-Institutes für Hirnforschung:

“Die moderne Physik hat uns vorgeführt, dass die Welt ganz anders ist als sie unserer Primärerfahrung erscheint. Sie hat die für unverrückbar gehaltenen Koordinaten von Raum und Zeit relativiert und Zweifel an der allgemeinen Gültigkeit des Kausalgesetzes nahegelegt. Zweifel an der Erkenntnisfähigkeit unseres Gehirnes werden von der modernen Hirnforschung weiter verstärkt. Sie begreift Nervensysteme als Produkte eines evolutionären Vorgangs, dessen Auswahlkriterium die erfolgreiche Weitergabe von Genen ist. Die Funktion unserer Gehirne kann also nur daraufhin optimiert worden sein, den sie tragenden Organismus bei dieser Aufgabe zu unterstützen.... Da es während der Evolution vermutlich keinen Selektionsdruck dafür gegeben hat, Gehirne herauszubilden, deren kognitive Eigenschaften so beschaffen sind, dass sie eine möglichst objektive Beschreibung von Welt liefern, ist es sehr unwahrscheinlich, dass unsere kognitiven Fähigkeiten gerade dafür optimiert wurden.”

“Damit stellt sich die drängende Frage nach der Verlässlichkeit unserer Wahrnehmungen und Erinnerungen. Was wir wahrzunehmen in der Lage sind und wie wir wahrnehmen, ist durch die Natur der kognitiven Prozesse in unserem Gehirn festgelegt..... Es ist jedoch keine Garantie dafür, dass die Systeme daraufhin optimiert wurden, eine möglichst objektive Beurteilung der Welt zu liefern. Unsere Sinnessysteme wählen aus dem breiten Spektrum der Signale aus der Umwelt ganz wenige aus und dabei natürlich solche, die für das Überleben in einer komplexen Welt besonders dienlich sind. Aus diesen wenigen wird dann ein kohärentes Bild der Welt konstruiert, und unsere Primärwahrnehmung lässt uns glauben, dies sei alles was da ist. Wir nehmen nicht wahr, wofür wir keine Sensoren haben, und ergänzen die Lücken durch Konstruktionen. Erst die Verwendung künstlicher Sensoren lehrt uns, dass es da weit mehr wahrzunehmen gäbe.”

(aus Wolf Singer, *Der Beobachter im Gehirn*, suhrkamp Taschenbuch wissenschaft, 2002, S.78 und S.197)

Ich wünsche Ihnen viel Spaß und interessante Erfahrungen bei und mit unserem neuen und abwechslungsreichen Programm.

Ihr KP Haupt

Die Marsopposition 2003

von Roland Hedewig

2003 – ein Jahr der Mars-Euphorie

Seit der totalen Sonnenfinsternis von 1999 fand in Deutschland kein astronomisches Ereignis so großes Interesse wie die Mars-Opposition vom 26. August 2003.

Beflügelt wurde dieses Interesse noch durch den Start der europäischen Mars-Sonde "Mars-Express" der ESO mit einer Sojus-Trägerrakete am 2. Juni 2003, die seit 1. Dezember Bilder vom Mars zur Erde funkt und am 25. Dezember 2003 bei Mars ankommen und die Landesonde "Beagle 2" absetzen soll. Der Name Beagle 2 erinnert an das Forschungsschiff Beagle, mit dem Charles Darwin 1831-1836 die Welt umsegelte. Parallel zur europäischen Sonde sind zwei NASA-Marssonden unterwegs, die am 11.6. und 7.7.2003 starteten und am 3. bzw. 25.1.2004 je einen rollenden Mars-Rover auf dem Mars absetzen sollen.

Die Presse teilte mit, dass Mars am 27. August 2003, 11:51 MESZ der Erde so nahe komme wie seit fast 60 000 Jahren nicht mehr, andere Berichte sprachen von der größten Erdnähe seit 80 000 Jahren. Schon Wochen vorher erfolgte in den USA und in Asien einen Run auf Teleskopfachgeschäfte. In Deutschland füllten sich rund um den 26.8. die Volkssternwarten. Bereits am Samstag, 23.8., den man zum Astronomietag deklariert hatte, sollen nach Schätzungen der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) rund 20 000 Besucher herbeigeströmt sein (vgl. Fischer 2003).

Dabei handelt es sich bei einer Marsopposition nicht um ein Ereignis, das nur an einem oder an wenigen Tagen zu sehen ist. Mars war von Anfang August bis Mitte September 2003 sechs Wochen lang mit einer Helligkeit von $-2,5$ bis $-2,9$ und einem scheinbaren Durchmesser von $23''$ bis $25''$ als hellstes Objekt (nach dem Mond) am Nachthimmel zu sehen und auch vor und nach diesem Zeitraum noch gut zu beobachten.

Wann erscheint Mars besonders groß?

Mars erreichte am 27.8.2003, 11:51 Uhr MESZ die scheinbare Größe von $25,11''$, am 12. 8. 1971 $24,91''$ und am 27. 8. 1924 $25,10''$, so dass wir sagen können, dass die Mars-Opposition 2003 ebenso günstig war wie 1924 und nur wenig besser als 1971.

Vor 59.540 Jahren erschien der Mars mit $25,14''$ Winkeldurchmesser etwa ebenso groß wie 2003 und vor 81.244 Jahren mit $26,16''$ etwas größer als 2003 (s. Tabelle 1). Wie kommt es zu den starken Unterschieden der Erde-Mars-Entfernungen bei Mars-Oppositionen?

Auf Grund der elliptischen Form seiner Bahn steht Mars in jedem Marsjahr (686,9 Erdtage) je einmal in Sonnennähe (Perihel) und Sonnenferne (Aphel). Aber nur alle 18 Jahre stehen sich Erde und Mars gerade dann gegenüber, wenn Mars besonders sonnennah und damit auch erdnah steht. Es kommt dann zur Perihel-Opposition. Da jedoch die Exzentrizität der Marsbahn im Laufe von Jahrtausenden unter dem Einfluss der anderen Planeten schwankt, fällt der Abstand Erde - Mars bei Perihel-Oppositionen unterschiedlich aus (s. Abb. 1). Der minimale Abstand Erde-Mars beträgt bei Perihel-Oppositionen 53,6 Mio km (scheinbarer Durchmesser $26, 1''$), bei Aphel-Oppositionen dagegen 101,6 Mio km ($13,5''$). Die Werte der meisten Marsoppositionen liegen zwischen diesen Extremen.

Zeit	Stellenwert der Opposition	Entfernung	Durchmesser
78.957 v.u.Z.	größte Erdnähe der letzten 500.000 Jahre	53,67 Mio km	26,16"
57.617 v.u.Z.	letzte Opposition noch näher als 2003	55,72	25,14"
22.8.1924	beste Erdnähe im 20.Jahrhundert	55,78	25,10"
12.8.1971	zweitbeste Erdnähe im 20. Jahrhundert	56,2	24,91"
22.9.1988	letzte besonders gute Erdnähe	58,81	23,77"
11.6.2001	vorangegangene Opposition	67,34	20,8"
27.8.2003	größte Erdnähe seit 59.619 Jahren	55,76	25,11"
30.10.2005	kommende Opposition	69,42	20,2"
27.7.2018	nächste besonders gute Erdnähe	57,64	24,3"
15.8.2050	nächste Opposition mit über 25" Durchm.	55,96	25,14"
25.695	nächstes großes Minimum der Erdnähe	53,82	26,04"
294.851	größte Erdnähe der nächsten 500.000 Jahre	53,64	26,1"

Tabelle 1: Günstige Marsoppositionen nach neueren Berechnungen (aus Fischer 2003, S. 118, Durchmesser ergänzt nach Stoyan 2003, S. 12/13)

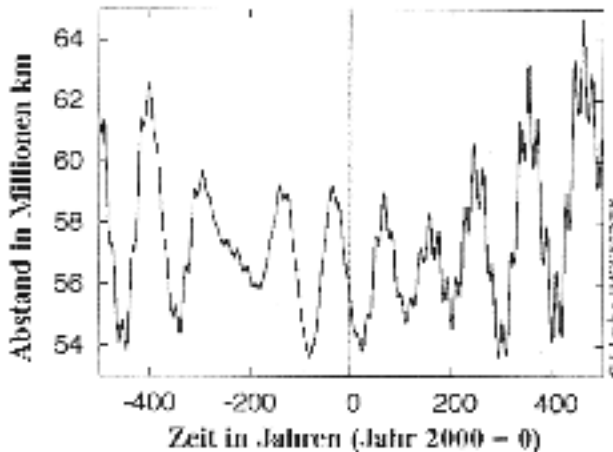


Abb. 1: Abstände Erde-Mars bei Perihel-Oppositionen der Jahre von 1500 bis 2500 (nach J. Laskar aus Fischer 2003, S. 117)

Leider steht Mars bei den meisten günstigen Oppositionen wegen seiner negativen Deklination (z.B. am 29.8.2003 $De = -15,8^\circ$) in Deutschland relativ niedrig über dem Horizont, so dass die Luftunruhe sehr stört und die Anzahl der Beobachtungsstunden pro Nacht gering ist. Bei den meisten ungünstigen Oppositionen steht Mars dagegen relativ hoch. So beträgt z.B. zur Oppositionszeit am 24.12. 2007 die Deklination $+26,8^\circ$ bei einem Marsdurchmesser von nur $15,5''$. Glücklicherweise gibt es Ausnahmen von dieser Regel: Zur Marsopposition im Jahre 2020 beträgt der Marsdurchmesser $22,3''$ bei einer Deklination von immerhin $+5,4^\circ$.

Informationen über Untersuchungen, die Amateure bei Marsoppositionen vornehmen können und neuere Ergebnisse der Marsforschung teilte ich am 17. Juli 2003 im AAK in meinem Vortrag "Was kann man auf Mars beobachten?" mit. Hierzu seien auch die Veröffentlichungen vom Schambeck (1998) und Stoyan (2003) empfohlen.

Beobachtungsbedingungen 2003

Von Juli bis September 2003 betrug die Deklination des Mars $-13,0$ bis $-16,5^\circ$. Am 27. August, dem Tag der größten Erdnähe, stand Mars bei einer Deklination von $-15^\circ 40'$ zur Kulminationszeit in Kassel nur 23° über dem natürlichen Horizont, so tief wie die Sonne am 6. November. Damit wurde die Bildqualität durch die horizontnahe Luftunruhe stark beeinträchtigt und die Beobachtungszeit auf wenige Stunden pro Nacht eingeeengt. Wer also den Mars 2003 bei guter Sicht beobachten wollte und es sich leisten konnte, reiste in den Süden. Optimal waren die Sichtbedingungen im südlichen Afrika. So entstand z.B. die beste im Internet veröffentlichte Amateuraufnahme des Mars am 30.8.2003 in Namibia. Von Juli bis September war das Wetter in Kassel recht günstig, so dass in vielen Nächten Beobachtungen möglich waren. Leider erlaubte die Bewölkung vom 27.8. bis 2.9. keine Beobachtungen.

2003 erwartete Ereignisse auf Mars

Auf Grund früherer Marsbeobachtungen waren 2003 folgende Ereignisse zu erwarten. Wie bei Perihel-Oppositionen üblich, war 2003 die Südpolregion des Mars der Erde zugewandt. Zur nächsten Opposition 2005 wird es die Nordpolregion sein. Am 5.5. begann auf der Südhalbkugel der Frühling. Zu dieser Zeit löst sich die *Polhaube* (eine Wolkenhülle über der Polregion) auf. Die aus einer nur maximal 2 m dicken Schicht von Kohlendioxid-Schnee bestehende *Südpolarkappe* SPC ist maximal groß und reicht bis ca. 65° . Darunter liegt die wesentlich kleinere Wassereiskappe mit einer 3-4 m dicken Decke aus Kohlendioxid-Eis (Trockeneis), deren Größe sich im Jahreslauf nicht verändert (s. SuW 12/2003, S. 6).

Ende Mai ist die *Südpolhaube* verschwunden und in der Südhemisphäre herrscht hohe Wolkenaktivität. Anfang Juni liegt der SPC-Durchmesser bei ca. 56° . Ende Juni sind darin Teilungen und evtl. Inseln sichtbar. Die Große Syrte ist breit. Anfang Juli hat die SPC noch ca. 53° Durchmesser, Ende Juli schmilzt sie schnell auf 35° Durchmesser.

Ende Juli bildet sich auf der Nordhalbkugel, auf der jetzt Herbst ist, die *Nordpolhaube*, und der Ostrand der Großen Syrte zieht sich zurück. Zur Zeit des Perihels Ende August beginnt die klassische Staubsturmsaison. Anfang September beträgt der SPC-Durchmesser 22° und die Staubstürme befinden sich auf ihrem Höhepunkt. Am 29.9. beginnt der Sommer auf der Südhalbkugel, andauernde Staubsturmaktivität ist möglich, und die *Nordpolhaube* kann bis 50° N reichen. Anfang Oktober ist die SPC ein kleiner isolierter Fleck, während sich die *Nordpolhaube* vergrößert hat. Andauernde Staubsturmaktivität ist möglich. Die Große Syrte ist schmal (nach Stoyan 2003, S. 66/67).

Beobachter, Instrument und Anzahl der Zeichnungen

Beobachter: Roland Hedewig, Kassel-Nordshausen, 9°26' E, 51° 17'N, 200 m ü. NN
 Instrument: 150 mm-Refraktor (FH), Brennweite 2250 mm, Vergr. 150, 180, 250
 Filter: Orange, grün

Monat	Juli 2003			August 2003											
Tag	13	14	15	1	3	8	9	10	14	16	19	20	22	24	25
Zeichnungen	1	1	1	3	3	2	1	1	2	2	1	1	3	2	2
Mars-Durchm.	19.0	19.2	19.4	22.5	22.7	23.6	23.8	23.9	24.3	24.6	24.8	24.8	24.9	24.9	25.0

	September 2003				Oktober 2003						
Tag	3	7	8	13	20	21	24	15	16	17	Summe: 25 Tage
Zeichnungen	3	2	3	3	3	3	2	1	2	2	Summe: 50 Zeichn.
Mars-Durchm.	24.9	24.5	24.3	23.9	22.7	22.5	22.0	17.7	17.6	17.4"	

Tabelle 2: Daten der Marsbeobachtungen von R. Hedewig. Bei der Zuordnung zu Tagen wird die Weltzeit (UT) verwendet, z.B. 26.8. 00:10 MEZ = 25.8. 23:30 UT.

Leider erlaubte die Bewölkung keine Beobachtungen in der Zeit vom 27.8. bis 2.9. Die Zeit vom 17. bis 31.7. fiel wegen einer Reise als Beobachtungszeit aus.

Beobachtungsergebnisse

Juli: Mars hatte noch eine deutliche Phase. Der beleuchtete Teil betrug am 13.7. 92 % ($k = 0.92$). Die Südpolkappe SPC erschien noch sehr groß. Die dunklen Albedostrukturen der Südhalbkugel waren 15.7. (ZM 352°) nur als undeutlicher, großer dunkler Fleck zu sehen, der sich von der SPC bis zum Äquator erstreckte. Am Südrand erschien eine schmale Aufhellung, möglicherweise der Rand der Nordpolhaube.

1. - 4. August: Die SPC verkleinerte sich kontinuierlich bis Monatsende. Deutlich erschien das dunkle, von OSO nach WNW verlaufende Mare Cimmerium, das die Zonen Hesperia und Eridania südlich umschließt. Außer dem Rand der hellen Nordpolhaube war am Ostrand des Mars ein schmaler heller Saum zu sehen, wahrscheinlich Randdunst.

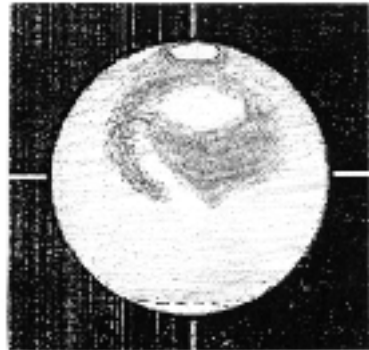
8. - 19. August: In dieser Zeit konnte ich bei starker Luftunruhe außer der SPC und einer großen, unscharfen, dunklen Fläche zwischen SPC und Äquator keine Strukturen wahrnehmen. Möglicherweise wurde die Sicht nicht nur durch irdische Luftunruhe, sondern auch durch Staub in der Marsatmosphäre getrübt.

Mitte August: Vom 20. bis 22.8. waren Sabaeus Sinus, Meridiani Sinus, Pandora Fretum, der östlich davon liegende Margaritifer Sinus mit seinen beiden Nordspitzen und das östlich anschließende dunkle Aurorae Sinus kontrastreich zu sehen. Der schmale Rand der Nordpolhaube war weit ausgedehnt am Nordrand der sichtbaren Marsseite zu erkennen.

Ende August: Vom 24. bis 25.8. befand sich außer Meridiani Sinus und Sabaeus Sinus auch die Große Syrte im Gesichtsfeld. Die Syrte hatte die Form eines langgestreckten Dreiecks, im Gegensatz zur breiten Form der Syrte mit stumpfem Nordende in der Viking-Marskarte (Beilage zu SuW Special 3: Mars, 1998, und Stoyan 2003, S. 70/71). Das entspricht dem erwarteten Zurückziehen des Ostrandes der Syrte ab Ende Juli.



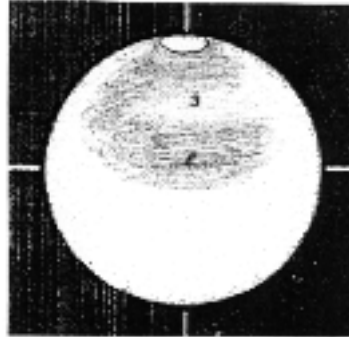
ZM 6,9° 22.8.03 23:35 UT



ZM 21,3° 24.9.03 20:00 UT



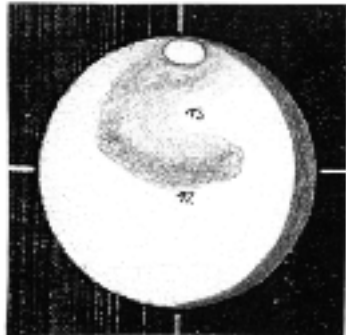
ZM 27,8° 20.8.03 23:15 UT



ZM 57,4° 20.9.03 19:55 UT



ZM 94,7° 21.9.03 23:05 UT



ZM 183,3° 17.10.03 21:00 UT

Abb. 3: Marszeichnungen von R. Hedewig in der Reihenfolge der Zentralmeridiane 1 Sinus Sabaeus, 2 Deucalionis, 3 Pandoraae Fretum, 4 Hellas, 5 Noachis, 6 Margaritifer Sinus, 7 nördliche Polhaube, 8 Mare Erythraeum, 9 Argyre, 10 Aurorae Sinus, 11 Thaumasia, 12 Mare Cimmerium, 13 Electris/Eridania



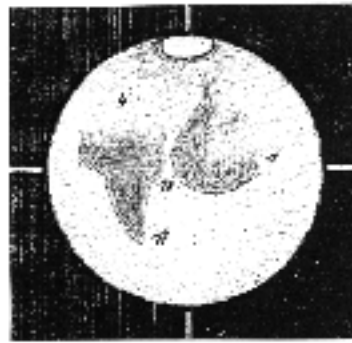
ZM 194,1° 1.8.03 23:30 UT



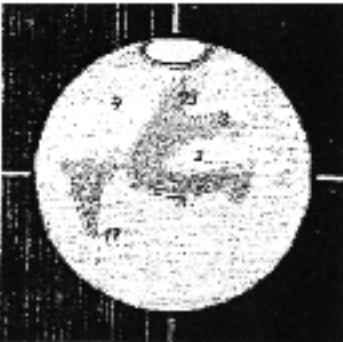
ZM 202,1° 15.10.03 21:05 UT



ZM 295,5 3.9.03 23:15 UT



ZM 317,3 25.8.03 22:00 UT



ZM 334,3° 25.8.03 23:10 UT



ZM 344,5° 24.8.03 23:15 UT

Abb. 3, Fortsetzung: 114 Aethiops, 15 Hesperia, 16 Syrtis Minor, 17 Syrtis Mayor, 18 Solis Pons, 19 Hellespontus

Deutlich hell und sehr schmal erschien der Zwischenraum Solis Pons zwischen dem SO-Rand der Syrte und Sinus Sabaeus. Solis Pons bildete eine helle Verbindung zwischen der sehr hellen Region Hellas und der etwas weniger hellen Region Aeria.

Am 25. / 26.8. erschienen auch Pandoraae Fretum, Serpentis und Hellespontus sehr dunkel.

3. – 9. September: Die SPC war auf ein Viertel ihres Umfangs von Mitte Juli geschrumpft. Dunkel und kontrastreich erschienen die Große Syrte und die westlich anschließenden Strukturen Mare Tyrrhenum mit Syrtis Minor und Mare Cimmerium mit Sinus Gomer. Die zwischen beiden Maren liegende Zone Hesperis erschien nur wenig heller als die Mare.

21. – 24. September: Die SPC erschien so klein wie Anfang September. Dunkel erschienen die im Gesichtsfeld liegenden Strukturen (v. O n. W) Mare Sirenum, Solis Lacus und Aurorae Sinus, hell die Region Thaumasia. Am 24.9. war die helle Zone Agathadaemon zwischen Solis Lacus im Osten und Aurorae Sinus im Westen gut sichtbar. Thaumasia erschien hell.

15. – 17. Oktober: Wegen des nur noch geringen Durchmessers von 17,7" bis 17,4" und erheblicher Luftunruhe waren die Grenzen der Albedostrukturen nur unscharf zu sehen. Am 15. und 17.10. waren Mare Cimmerium dunkel und Eridania hell zu erkennen. Die SPC hatte nur noch 1/3 des Durchmessers von Mitte Juli.

Vergleich der Zeichnungen mit veröffentlichten Marsfotos von 2003

Die Verwendung von Webcams mit nachträglicher Bildbearbeitung, z.B. mit dem Programm Giotto, hat seit etwa drei Jahren zu einer wesentlichen Qualitätssteigerung der Planetenfotografie geführt (vgl. Davis/Staup 2003; Kowollik 2003; Internetbericht von Ralf Gerstheimer "Videoastronomie mit einfachen Mitteln").

Mit einer Webcam aufgenommene Marsfotos sind in Astronomiezeitschriften und im Internet veröffentlicht. Dass dieses Verfahren der visuellen Beobachtung überlegen ist, zeigt das hervorragende Internet-Marsfoto, das am 30.8.2003 21:47 UT auf der 1832 m hoch gelegenen Hakos-Farm in Namibia mit einem Celestron 14 und einer ToUCam 740 aufgenommen wurde. Das Bild wurde gemittelt aus 2 Registax und einer Giotto-Bearbeitung.

Zwar kann die Bildschärfe solcher Marsfotos meist nicht mit der Bildschärfe entsprechender Jupiterfotos konkurrieren, weil Mars mit maximal 25" wesentlich kleiner als Jupiter mit maximal 49" scheinbarem Durchmesser erscheint. Aber Kontrast und Detailreichtum der Webcamfotos übertreffen deutlich die visuell beobachteten und gezeichneten Details bei Verwendung desselben Teleskops (vgl. Abb. 4, vordere Umschlagseite innen).

Die in Sternzeit 4/2003 (S. 150) veröffentlichte Marszeichnung von Siegfried Hägerich vom 20.7.2003, ZM 354°, stimmt weitgehend mit meiner Zeichnung vom 22.8.03 überein. Lediglich die Südpolarkappe (SPC) war erwartungsgemäß am 22.8. wesentlich kleiner als am 20.7. Die gleichen Strukturen sind in den Webcam-Aufnahmen von Silvia Kowollik vom 20.7.03 enthalten (Sternzeit 4/2003, S. 139), nur mit dem Unterschied, dass hier der SPC-Umriss nicht rund, sondern unregelmäßig erscheint.

Noch besser eignen sich zum Vergleich natürlich die hervorragenden Marsfotos, die das Hubble Space Teleskop (HST) aufnahm. Solche Fotos vom 26.8.2003 und 27.8.2003. sind an mehreren Stellen veröffentlicht (vgl. Abb. 5, vordere Umschlagseite innen, Schüring 2003 und Fischer 2003). Die beiden HST-Fotos zeigen Mars am 26.8.03 23:00 UT bei ZM 323,8 ° von ca. 245° bis 40° Länge und am 27.8.03 10:00 UT bei ZM 124,7° von ca. 45°

bis 200° Länge, so dass fast die ganze von der Erde aus sichtbare Marsseite abgebildet ist, mit Ausnahme je eines Streifens zwischen 200° und 245° bzw. zwischen 40° und 45° Länge. Es fehlen hier also Eridiani, der größte Teil des Mare Cimmerium und die Hälfte von Hesperia.

Die Hubble-Fotos zeigen deutlich den am 27.8. bereits sehr unregelmäßigen Rand der SPC und die klassische Dreiecksform der Großen Syrte, die auch in meinen Zeichnungen vom 24. und 25.8. zu sehen ist. Sie zeigen außerdem den blau abgebildeten Randdunst, vor allem nördlich vom Äquator.

Marskarten und ihre Widersprüche

Das Identifizieren der beobachteten und gezeichneten Strukturen der Marsoberfläche nimmt man nach der Nomenklatur der verfügbaren Marskarten vor. Dabei gibt es aber Probleme.

1. Die Marskarten von Antoniadi (1909), Graff (1924), Slipher u. a. (1941), des Lowell-Observatoriums (z.B. in Schambeck 1998) und Karten, die nach Sonden-Aufnahmen angefertigt wurden und gleichzeitig Albedo- und Reliefstrukturen zeigen (in Stanek / Pesek 1976; Atlas of Mars 1979; Heuseler u.a. 1998; Beilage zu SuW Special 3 "Mars" 1998; Stoyan 2003, S. 70/71, *Astronomie heute: Mars-Spezial* 2003) unterscheiden sich erheblich in der Wiedergabe der Albedo-Merkmale.
2. Die Marskarten unterscheiden sich z.T. auch in der Nomenklatur der Albedo-Merkmale.
3. In den älteren Karten ist Süden oben, entsprechend der Sicht im umkehrenden Teleskop, während in den neueren Karten Norden oben ist. Entsprechend orientiert ist die Beschriftung.

Offiziell gültig sind gegenwärtig in Strukturen und Nomenklatur die nach Mariner 9-Fotos hergestellten Karten. Nachdem die Sonde Mariner 9 am 13.11.1971 in ihrer Marsumlaufbahn angekommen war, nahm ihre Kamera 7329 Fotos auf. Daraus erarbeitete das US Geological Survey in Flagstaff (Arizona) einen gezeichneten Marsatlas im Maßstab 1:25 Millionen sowie 30 Karten noch besserer Auflösung im Maßstab 1:5 Millionen mit den Polregionen (Batson/Bridges/Inge 1979) und eine Übersichtskarte. Ab 1976 bildeten Viking-Kameras die gesamte Marsoberfläche mit sogar 100 m Auflösung ab. Die aus den Viking-Bildern erarbeitete, sehr detailreiche Mars-Karte hat den Maßstab 1:2 Millionen, d.h. 1 cm auf der Karte entspricht 20 km auf dem Mars.

Während man bei terrestrischen Beobachtungen nur die unterschiedlich hellen Albedomerkmale sieht, die mit dem Relief nichts zu tun haben, wird durch die Kameras der Sonden außer den Albedomerkmalen auch das Relief mit Ebenen, Gebirgen, Gräben und Kratern aufgenommen. Etwa 200 Krater von mehr als 100 km Durchmesser wurden nach Wissenschaftlern und anderen hervorragenden Persönlichkeiten aus 21 Nationen benannt (Engelhardt 1990).

Wie die kombinierten Albedo-Relief-Karten zeigen, sind Albedomerkmale nur Farbflächen, die zum großen Teil nicht Reliefstrukturen entsprechen. Ausnahmen sind die hellen Ebenen Hellas und Argyre (vgl. *Marskarte in Astronomie heute: Mars-Spezial* 2003, S. 22/23). Gebirgsgrenzen verlaufen also überwiegend anders als die Grenzen der dunklen Flächen. Bei der Großen Syrte stimmen Albedo- und Reliefmerkmale nur an wenigen Stellen überein. Das dunkle Mare Acidalium liegt in einer Ebene, die beiderseits des Mares ebenso tief und flach ist wie das Mare selbst. Für das Marsrelief haben also solche Farbflächen

keine Bedeutung – ganz im Gegensatz zu den zahlreichen Kratern und Gebirgen, die man von der Erde aus nicht sieht. So ist z.B. der 27 km hohe und 600 km breite Vulkankomplex Olympus Mons, der mit seiner Wolkenbildung das Marsklima beeinflusst, von der Erde aus unsichtbar.

Reine Reliefkarten sind deshalb für die Identifikation von Albedomerkmale, die man bei terrestrischen Beobachtungen sieht, ungeeignet. Aber auch kombinierte Albedo-Reliefkarten erschweren mitunter die Identifizierung der beobachteten Objekte, weil diese Karten z.T. außer dunklen Albedoflächen auch dunkle Schatten des Reliefs enthalten, die keine Albedomerkmale sind.

Wie entstehen die Formveränderungen der Großen Syrte ?

Die Große Syrte (Syrtis Major) ist die bekannteste und markanteste Albedostruktur, die man bei terrestrischen Marsbeobachtungen sieht. Vergleicht man ihre Form auf verschiedenen Marskarten, so fallen gravierende Formunterschiede auf (s. Abb. 6).

Die Unterschiede der Abbildungen gehen auf unterschiedliche Mars-Jahreszeiten zurück, in denen die Beobachtungen bzw. Fotoaufnahmen erfolgten. Die Große Syrte unterliegt nämlich saisonalen Änderungen.

Antoniadi fand, dass ab 285° Länge (= 200° planetozentrische Länge L_s) bis zum Perihel die Große Syrte beträchtlich an meridionaler Ausdehnung (Breite in O-W-Richtung) verliert, d.h. dass sich im Süd-Frühling die Ostgrenze der Syrte in westlicher Richtung verschiebt. Im Südherbst stellen sich dann die alten Verhältnisse wieder ein.

Ähnliches gilt für Pandora Fretum. Diese zuvor helle Region verdunkelt sich erst im Sommer. Zu Beginn des Winters verliert sie wieder ihre dunkle Färbung.

Solche saisonalen Albedo-Änderungen sind das Resultat einer Staubablagerung auf dem Boden der betroffenen Gebiete. Aufgewirbelte Staubpartikel von meist nur 0,1 mm Durchmesser werden am ehesten in Suspension gehalten, haben aber, wenn sie nach einem Sturm am Boden abgelagert wurden eine höhere Albedo, so dass das Ablagerungsgebiet hell erscheint. Polari- und photometrische Studien von Pollack und Sagan belegen diesen Zusammenhang zwischen Partikeldurchmesser des Bodenmaterials und der Albedo der betreffenden Region. Wenn sich also Staub auf den Ostteil der Syrte niederschlägt, wird dieser Teil heller. Folglich erscheint der dunkle Teil der Syrte, der allein von der Erde aus sichtbar ist, schmaler (wie in Abb. 6-2). Wird der Staub im Herbst weggeweht, erkennt man den darunter liegenden dunklen Boden, und die Syrte erscheint wieder breit (wie in Abb. 6-8; vgl. Schambeck 1998, S. 185).

Weshalb erscheint die Marsoberfläche rot ?

Zu diesem Problem gibt es neue Forschungsergebnisse durch Untersuchungen mit der Sonde Mars Global Surveyor, die den Mars seit dem 12.9.1997 bis 2004 umkreist und kartiert.

Bisher nahm man an, dass sich das viele Eisenoxid, das die Marsoberfläche rot färbt, bildete, indem Eisen von Wasser aus dem Gestein gelöst und nach oben gebracht wurde, wo das Wasser verdunstet, das gelöste Eisen sich mit Sauerstoff verbindet, als Eisenoxid ausfällt und sich auf der Bodenoberfläche niederschlägt. So entstanden z.B. die dicken Eisenkrusten auf Tafelbergen in wechselfeuchten tropischen und subtropischen Gebieten der Erde.



1 Antoniadi 1909



2 Graff 1924



3 Slipher u.a. 1942



4 Lowell-Obs. (a)



5 Lowell-Obs. (b)



6 Mariner 9



7 Viking-Karte



8 Karte aus Mars-Spezial 2003



9 Hubble-Foto 26.8.03

Abb. 6: Darstellung der Großen Syrte in Marskarten. (1, 3, 7 aus Stoyan 2003, S. 68-70; 2 aus Wattenberg 1956, S. 72; 5 aus Schambeck 1998, S. 174; 6 aus Stanek/Pesek 1976, S. 14; 8 aus Astronomie heute: Mars-Spezial 2003, S. 23; 9 aus Fischer 2003, S. 117)

Die Daten der Mars-Pathfinder-Mission, die mit der Landung am 4.7.1997 begann, zeigen, dass sich der rote Marsstaub deutlich vom Marsgestein unterscheidet. Albert Yen vom Jet Propulsion Laboratory in Pasadena vermutet deshalb, dass der rote Marsstaub nicht durch Verwitterung festen Marsgesteins entstand, sondern dass das Eisen aus dem Weltall stammt und in einem Meteoritenregen auf die Marsoberfläche niederging. Über Jahrmillionen lagerte sich wahrscheinlich Eisen auf dem Mars ab und machte ihn zum roten Planeten. Auch der Magnetismus des Marsstaubes spreche für diese Theorie.

Im Labor simulierten Forscher der NASA hierzu Bedingungen der Marsatmosphäre in einem Testbehälter und senkten die Temperatur darin auf -60°C ab. Das im Gasgemisch enthaltene Eisen bestrahlten sie erst mit UV-Licht. Innerhalb von nur einer Woche färbte sich das Eisen rot, ohne dass Wasser beteiligt war. Das Eisen aus den überwiegend staubfreien Meteoriten könnte also auf dem Mars ohne Wasser "gerostet" sein, d.h. sich mit dem im Staub gebundenen Sauerstoff zu Eisenoxid verbunden und ihm so seine Rotfärbung verliehen haben (Schüring 2003; Fischer 2003).

Literatur

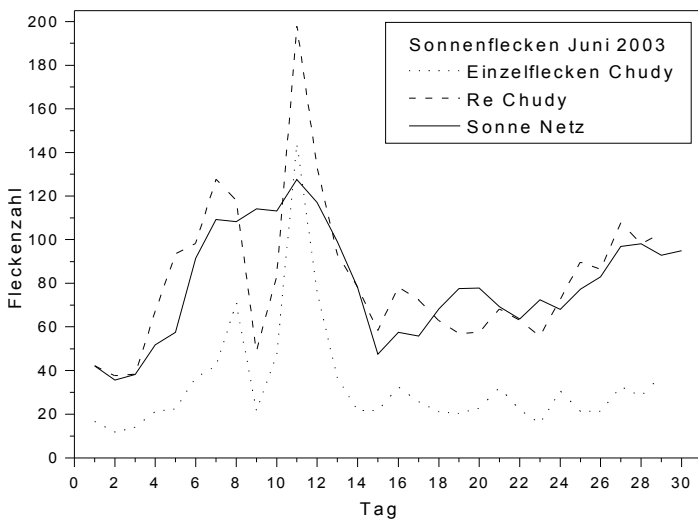
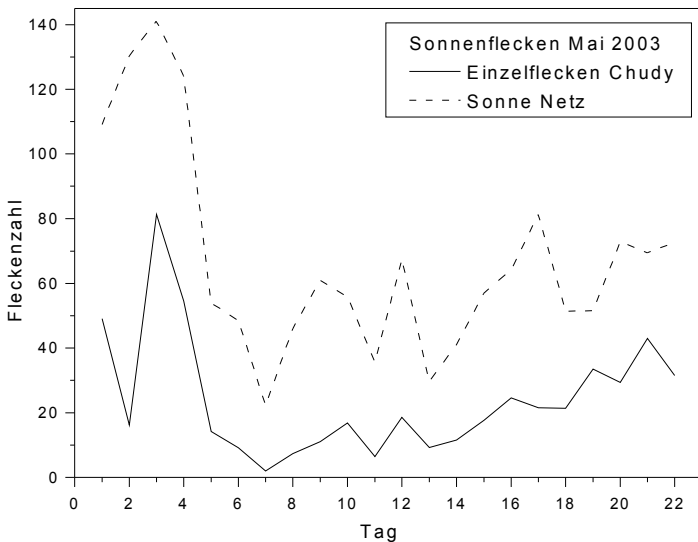
- Astronomie heute: Mars-Spezial (2003). Spektrum, Heidelberg
- Batson, R.M./ Bridges, P.M./ Inge, J.L. (1979): Atlas of Mars. The 1:5.000.000 Map Series. NASA, Washington
- Briggs, G. / Taylor, F. (1985): Cambridge Fotoatlas der Planeten. Franckh, Stuttgart
- Davis, M. / Staup, D. (2003): Mit Webcams Planeten fotografieren. *Astronomie heute* 5/2003, S. 76-80
- Engelhardt, W. (1990): Planeten, Monde und Kometen. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt
- Fischer, D. (2003): Die Mars-Sensation 2003 – das steckte dahinter. *Mega Lithos* 3/2003, 117-119
- Hedewig, R. / Teichert, G. (2002): Mars 2001. *KORONA* 89, 4-13
- Kowollik, S. (2003): Marsbeobachtung mit der Webcam. *Sternzeit* 4/2003, 143-147
- Mars. Der rote Planet in 3D. CD-ROM .(2003) United Soft Media Verlag, München, ISBN 3-8032-1780-6
- Parker, D.C. / Beish, J.D. (2003): Sturmwarnung für den Roten Planeten. *Astronomie heute* 4/2003, 56-58
- Schambeck, C.M. (1998): Mars. In: Roth, G.D. (Hrsg.): Planeten beobachten. Verlag Sterne und Weltraum, München, 170-200
- Schüring, J. (2003): Färbten Meteoriten den Mars rot ? *Astronomie heute* 5/2003, 12
- Stanek, B. /Pesek, L. (1976): Neuland Mars. Hallwag, Bern / Stuttgart
- Stoyan, R. (2003): Mars. Unser Wissen vom Roten Planeten mit Anleitung zur eigenen Beobachtung und Fotografie. Oculus, Erlangen
- Wattenberg, D.(1956): Mars. Der Rote Planet. Urania, Leipzig / Jena

Prof. Dr. Roland Hedewig, Am Krümmershof 91, 34132 Kassel, r.hedewig@t-online.de

Sonnenfleckbeobachtungen 2003

von Manfred Chudy

Im Mai und Juni 2003 konnten bei guter Sicht an fast allen Tagen Sonnenfleckbeobachtungen durchgeführt werden. Die beiden Abbildungen zeigen die von Manfred Chudy gezählten Felcken im Vergleich zu den Werten der Beobachtungsgemeinschaft Sonne-Netz.



Jupiterbeobachtungen 2002 / 2003

von Roland Hedewig

Beobachtungsbedingungen

Dieser Bericht enthält die Ergebnisse meiner Jupiterbeobachtungen in dem Zeitraum vom 7. Januar bis 29. Mai 2003, ergänzt durch die Auswertung der Jupiterfotos von Ralf Gerstheimer und Jörg Meyer der Zeit von September 2002 bis Mai 2003. Die in diesem Artikel erwähnten Zeichnungen wurden bereits in der letzten KORONA Nr. 93 veröffentlicht.

Jupiter konnte von September 2002 bis Mai 2003 beobachtet werden. Seine größte Erdnähe erreichte er am 31. Januar 2003. Die Deklination des Planeten betrug am 13.9.02 + 18°27', erreichte ihr Minimum mit 16°03' am 2.12.02 und das Maximum mit + 19°06' am 1.4.03 und sank dann bis zum 21.5.03 auf +18°12'. Damit stand Jupiter während dieser Beobachtungszeit etwas tiefer über dem Horizont als 2001/2002 mit einer maximalen Deklination von +23°27' am 7.3.2002.

Der scheinbare Äquator-Durchmesser des Planeten lag am 13.9.02 bei 32,92", erreichte sein Maximum am 31.1.03 mit 45,49" und sank bis zum 21.5.03 auf 35,31". Damit erschien Jupiter 2003 etwas kleiner als zu den Oppositionszeiten der Jahre 2001 (46,99") und 2000 (48,58", vgl. KORONA 90, S. 4 und 86, S. 5).

Die ungünstige Witterung ließ im November und Dezember 2002 leider nur wenige Beobachtungen zu. Im Januar 2003 verbesserte sich die Situation, und im Februar 2003 waren an vielen Tagen Beobachtungen möglich.

Beobachter und Instrumente

Roland Hedewig 150 mm-Refraktor, Brennweite 2250 mm, Vergrößerungen 150, 180, 250. Filter: orange; Beobachtungen in Kassel-Nordshausen, 9°26'E, 51°17'N.

Ralf Gerstheimer 320 mm-Reflektor, Brennweite 1520 mm, Newton auf einer azimutalen Dobson-Montierung, Okular 10 mm Plössl, Okularprojektion, Aufnahme von Videobildern mit einem Digitalcamcorder und 200 mm-Schaer-Refraktor der AAK-Sternwarte in Calden, gleiches Aufnahmeverfahren

Jörg Meyer 390 mm-Reflektor, Brennweite 3900 mm (Celestron 14) der Schulsternwarte in Gudensberg südlich von Kassel, Aufnahme von Videobildern

Vorteile der Digitalfotografie von Planeten

Ralf Gerstheimer und Jörg Meyer nahmen Jupiter mit Digital-Videokameras auf und werteten sie mit dem Programm Giotto am Computer aus. Dabei werden z.B. für ein Jupiterfoto 2000 Bilder aufgenommen und die 10% besten Bilder addiert (Kompositverfahren). Durch die elektronische Lichtverstärkung der Kamera werden Belichtungszeiten von 1/50 sec möglich, so dass sich die Luftunruhe viel weniger negativ auf die Bildschärfe auswirkt als bei der mehrere Sekunden dauernden Belichtung mit einem chemischen Dia- oder Negativ-Film. Durch das Kompositverfahren werden auch blasse Strukturen kräftiger und kontrastreicher abgebildet.

Beide Beobachter stellten ihre Jupiterfotos ins Internet. Jörg Meyer schickte mir außerdem zahlreiche Fotos von Januar bis April 2003 per E-Mail.

Je ein auf diese Weise gewonnenes Jupiterfoto veröffentlichte Ralf Gerstheimer auch auf der

Titelseite der KORONA 85 (Januar 2001) und in KORONA 92 (April 2003) auf S. 23. Er beschreibt seinen Weg zu solchen Planetenfotos in KORONA 85.

Die mit digitalen Kameras und relativ kleinen Teleskopen aufgenommenen Fotos erreichen heute die Leistungen bester chemischer Fotos, die früher in großen Observatorien aufgenommen wurden. Eine Gegenüberstellung entsprechender farbiger Marsfotos veröffentlichte Ronald Stoyan in seinem kleinen Buch "Mars" (2003, ISBN 3-9807540-5-7) auf S. 56. Noch bessere Ergebnisse erzielt man mit einer CCD-Kamera, allerdings zu einem wesentlich höheren Anschaffungspreis und bei hohen Anforderungen an die Montierung.

Seit Einführung der Digitalfotografie werden in Sternwarten keine Planetenfotos mehr mit chemischen Filmen angefertigt.

Anzahl und Auswertung der Beobachtungen

Monat:	2002 Sep. Oktober										November			Dezember		2003 Januar					
Tag:	15	18	1	8	5	10	3	20	24	29	27	13	20	7	8	11	13	17			
Gerstheimer																	1	1			
Hedewig																	4	5			
Meyer	1	1		2	1	2	2	1	2	1	2	2	3	2	1	5		2			
Monat:	2003 Februar													März							
Tag:	6	7	9	10	12	13	11	17	18	18	20	21	22	23	24	13	13	18	22	23	28
Gerstheimer					1	1	1	1		1								1	3		1
Hedewig	4	3	1							4	5	3	4	1	1	5	4	5		1	1
Meyer	3	3		5	3		3			8				6	3					6	2
Monat:	2003 April				Mai		Summe														
Tag:	16	20	21	23	1	1	16 Tage														
Gerstheimer					1		16 Fotos														
Hedewig	1	2			2	1	62 Zeichnungen														
Meyer	3	2		2			98 Fotos														

Tabelle 1: Anzahl der Zeichnungen und Fotos der drei Beobachter. Die Tabelle enthält alle Jupiter-Zeichnungen von R. Hedewig und alle von R. Gerstheimer und J. Meyer im Internet veröffentlichten Jupiterfotos

Für das Anfertigen der 6 Jupiter-Gesamtkarten verwendete ich einen Teil der Einzelzeichnungen und diejenigen Fotos, die in meinem Beobachtungszeitraum von Januar bis Mai 2003 aufgenommen wurden.

Beim Zeichnen der Gesamtkarten müssen die Positionen der in die Karte zu übernehmenden Details in Einzelzeichnungen und Fotos mit einer Jupiter-Gradnetz-Schablone bestimmt werden. Zu diesem Zweck druckte ich die im Internet verfügbaren Fotos von Gerstheimer und Meyer aus. Von einem großen Teil dieser Fotos fertigte ich am

Bildschirm zusätzlich Farbdias an, weil auf diesen mehr Details als auf den Ausdrucken zu sehen sind. Verwendet wurde eine Nikon FM auf Stativ mit Makroobjektiv und dem Film Fuji Velvia (50 ISO). Das Ergebnis dieser mühevollen Auswertung zeigen die 6 Gesamtkarten der Jupiteratmosphäre, wobei die Bereiche, die auf die an großen Instrumenten gewonnenen Fotos zurückgehen, detailreicher sind als diejenigen, die auf visuellen Beobachtungen am 150 mm-Refraktor beruhen.

Beobachtungsergebnisse

Wichtigste Ergebnisse

- Das Nördliche gemäßigte Band (NTB) verschwand im Dezember 2002 und blieb ab Januar 2003 unsichtbar.
- Der Große Rote Fleck (GRF) setzte seine Drift entgegen der Rotationsrichtung des Planeten fort und bewegte sich von 77° Länge im Februar 2002 nach 85° Länge im Februar 2003.
- Die Strukturen im Südlichen Äquatorband (SEB) östlich vom GRF waren turbulent und veränderten sich innerhalb weniger Tage.

Bänder und Zonen von der Südpolarregion bis zum STB

Die Südpolarregion (SPR, in den Karten oben) erschien stets sehr dunkel, reichte vom Pol bis etwa 60° Süd und war unscharf gegen die nördlich davon liegende hellere Zone abgegrenzt. Das Band SSTB war stets gut zu erkennen. Von seinem Nordrand aus ragten mehrere weiße ovale Flecken (WOS) in die Zone zwischen SSTB und STB hinein. Diese WOS (White Oval Spots) wanderten während des Beobachtungszeitraumes in Rotationsrichtung des Planeten, also entgegen der Driftrichtung des GRF. Dies zeigt ein Vergleich der Karten 1 bis 6: Während sich der große, östlichste WOS am 10.-12.2.03 bei 98° jovigraphischer Länge befand, lag er am 18.-20.2. bei 85°, am 13.-15.3. bei 70° und am 20.-23.4. bei 32° Länge. Das ist eine Ost-West-Wanderung von 66° in 70 Tagen, also 0,94° pro Tag.

Die Anzahl der auf den Fotos erkennbaren WOS lag zwischen 6 (Karte 2) und 3 (Karten 5 und 6). Hier muss betont werden, dass die Aussage, dass ein Objekt im Teleskop bzw. auf dem Foto nicht zu sehen ist, nicht bedeutet, dass es nicht vorhanden ist. Wenn auf einigen Fotos nur 3 WOS abgebildet sind, kann die Ursache ein schlechtes Seeing infolge Luftunruhe sein. Im 150 mm-Refraktor konnte ich die WOS niemals deutlich erkennen.

Das Südliche Gemäßigte Band (STB)

Typisch für das STB war die extrem unterschiedliche Helligkeit (Albedo). Im Bereich des GRF war es stets sehr dunkel. Die dunkle Strecke lag am 10.-12.2. bei 68° bei 108°, am 13.-15.3. bei 54° bis 110° und am 20.-23.4. bei 24° bis 95° Länge. Von Mitte Februar bis Mitte April verlängerte sich also der dunkle Teil des STB und driftete nach Westen. Vereinzelt waren an anderen Stellen kleine dunkle Flecken (SPOT) zu sehen (s. Karten 1, 3 und 5).

Gelegentlich traten auch kleine Lücken im STB auf. Am 13.-15.3 war das STB bei 320° bis 30° Länge fast unsichtbar (s. Karte 4).

Südliche Tropische Zone (STrZ) und Großer Roter Fleck (GRF)

Die STrZ war die hellste Zone der Wolkenoberfläche des Planeten. Ihre Breite wurde

stellenweise eingengt durch Strukturen, die vom Südrand des SEB in die StrZ hineinragten (s. Karte 4).

Der GRF erschien blass gelb bis orange. Sein Rand war im Süden (auf den Karten oben) und im Osten stets dunkel, dagegen im Norden, auf der Seite der GRF-Bucht im SEB auffallend hell. Im Zentrum des GRF befand sich ein ovaler dunkler Fleck. An manchen Tagen ragten vom Südrand nach Westen und Osten je eine dunkle "Fahne" in die StrZ hinein, z.T. mit Anschluss an den Südrand des SEB (s. Karten 4 und 6).

Datum	2002	15.9.	2003	10.2.	12.2.	18.2.	20.2.	13.3.	16.3.	23.3.
Hedewig				83.4	85.1	85.6	83.6	85.5		
Meyer		83.0							85.7	85.3

Tabelle 2: Positionen des GRF in jovigraphischer Länge im System II.

Als mittlerer Wert der GRF-Position kann demnach für Februar und März 2003 die Position von $85,5^\circ$ Länge angenommen werden. Damit setzte sich die seit vielen Jahren beobachtete Westwanderung des GRF, die in KORONA 90 (August 2002), S. 7, beschrieben und mit Positionsdaten von 1991 bis 2002 belegt ist, fort.

Südliches Äquatorband (SEB)

Das Band war durchweg geteilt in ein südliches SEB(S), die hellere Innenzone SEB(C) und das nördliche SEB(N). Am deutlichsten erschien diese Teilung östlich der GRF-Bucht.

Das SEB(S) zeigte an mehreren Stellen deutliche Ausbuchtungen nach Süden in die StrZ hinein (s. Karten 2, 3, 4, 5).

Die interessantesten Strukturen befanden sich östlich der GRF-Bucht. Zwischen 90° und 170° Länge war die Innenzone des SEB, also SEB(C), in mehrere helle Zellen mit dunklen Zwischenwänden gegliedert. Im Bereich von 90° bis 130° änderte sich diese Struktur während des Beobachtungszeitraumes mehrfach (Karten 1, 2, 4, 6).

Die GRF-Bucht erschien im Februar 2003 wie ein Kerbtal mit der Spitze im Nordteil des SEB (s. Karten 1, 2), von März bis Mai dagegen wie ein halbes Oval (s. Karten 3 bis 6).

Der Rand der GRF-Bucht erschien stets sehr dunkel.

Zahlreiche dunkle Flecken befanden sich in der Mittelzone östlich vom GRF in den Wänden zwischen den hellen Zellen (s. Karten 1, 2).

Am 20.-23.4.03 war das SEB(S) bei 30° bis 40° Länge unterbrochen (s. Karte 6). Beiderseits dieser Lücke setzte sich der dunkle Teil des SEB(S) bogenförmig in die Mitte des SEB hinein fort.

Äquatorzone (EZ) und Äquatorband (EB)

Die Äquatorzone war in einen südlichen, schmalen und hellen Streifen, das daran anschließende, dünne Äquatorband (EB) und eine breitere, etwas dunklere Zone gegliedert. Das EB ist auf den Karten 1, 3 und 6 überwiegend deutlich, dagegen auf den Karten 2, 4 und 5 nur undeutlich zu erkennen. Stellenweise lag nördlich vom EB noch ein zweites schmales Band (s. Karte 2 bei 180° bis 10° und Karte 5 bei 150° bis 180° Länge).

Girlanden, die vom NRB ausgehend in die EZ hineinragten und an einem der beiden schmalen Bänder endeten, waren überwiegend im Bereich zwischen 0° und 180° gut zu erkennen, z.T. auch bei 240° bis 0° (Karte 4).

Nördliches Äquatorband (NEB)

Das NEB war, wie in den Jahren vorher, das dunkelste Wolkenband der Jupiteratmosphäre. Eine Dreiteilung wie beim SEB war entweder nur sehr schwach oder gar nicht zu erkennen. Der Südrand erschien wellig mit Ansatzstellen der Girlanden und zahlreichen dunkleren Flecken (Karten 4, 6) und Kerben (Karten 2, 6).

Auch am Nordrand des NEB zeigten sich dunkle Flecken, am stärksten zu sehen auf Karte 2. Hier ist auch bei 70° Länge ein Baren zu erkennen.

Der dauerhafteste Fleck befand sich bei 95° Länge. Er war auch im 150 mm-Refraktor während der gesamten Beobachtungszeit gut zu erkennen und verursachte eine kleine Ausbuchtung des NEB nach Norden.

Das Verschwinden des Nördlichen Gemäßigten Bandes (NTB)

Jahrelang war das NTB als schmales, aber dunkles Band deutlich zu sehen, auch noch im Oktober 2002. Aber im Januar war es verschwunden. Wir haben das Glück, dass der Prozess des Verschwindens in die Sichtbarkeitsperiode des Planeten fällt, so dass alle Phasen des Verschwindens beobachtet werden konnten. Allerdings war Jupiter von Oktober bis Dezember nur in der zweiten Nachthälfte zu sehen, zu einer Zeit also, in der jeder normale Mensch schläft, wenn er am nächsten Tag wieder fit sein will.

Den Sternfreunden in der Schulsternwarte Gudensberg, vor allem Jörg Meyer, ist es zu verdanken, dass von September bis Dezember 2002 an 11 Tagen insgesamt 29 Fotos von Jupiter aufgenommen und ins Internet gestellt wurden, so dass das Verschwinden (Fading) des NTB gut untersucht werden kann:

- 24.10.02: Das NTB ist noch sehr dunkel, ca. 2" breit und ohne Unterbrechungen in ganzer Länge sichtbar.
- 27.11.02: Das NTB ist etwas schmaler geworden und an einigen Stellen deutlich heller als im Oktober. Auch die dunkelste Stelle ist etwas aufgehellt.
- 13.12.02: Das NTB ist auf einem Teil seiner Länge noch aufgehellt zu erkennen. Dazwischen liegen lange Strecken mit starker Aufhellung bis hin zum völligen Fehlen des Bandes.
- 20.12.02: Das NTB ist bis auf einen kleinen Rest fast völlig verschwunden.
- 07.01.03: Das NTB fehlt völlig. Es taucht auch bis zum Tag der letzten Beobachtung, dem 29.5.03 nicht mehr auf.

Auf den Fotos von Gerstheimer und Meyer ist lediglich zu erkennen, dass nördlich der hellen NTrZ mit einer relativ scharfen Grenze eine etwas dunklere Zone beginnt. Diese sehr schmale Kante erscheint auf den Fotos geringfügig dunkler als die übrige dunklere Zone. Man kann sie als Rest des NTB ansehen.

Ob das NTB wirklich verschwunden ist oder seine dunklen Substanzen verloren hat und deshalb so hell wie die angrenzende Zone erscheint, ist nicht zu entscheiden. In ähnlicher Weise ist vor einigen Jahren schon einmal das breite SEB verschwunden, ein Jahr später war es wieder da. Das Wiederauftauchen (Revival) eines Bandes erfolgt auf Jupiter meist durch Neubildung von kurzen Stücken des Bandes, die sich allmählich verlängern und sich dann zu einem durchgehenden Band verbinden.

Bereiche vom NTB bis zur Nordpolarregion (NPR)

In der Zeit vom 18.–24.2.03 (Karten 2 und 3) war bei 300° bis 320° Länge ein 20° langer dünner Barren (Bandstück) zu erkennen, und zwar deutlich weiter nördlich als die jovigraphische Breite des sonst vorhandenen NTB. Das weiter nördlich gelegene NNTB war am 10. - 12.2. (Karte 1) bei 100° bis 180° erkennbar. Am 18. - 20.2. (Karte 2) existierten fünf Teile des NNTB bei 20° bis 110° Länge. Vom 22.2. bis 23.4. war ein recht dunkler Teil des NNTB von anfangs 42° bis 82° Länge (Karte 3) bis schließlich 62° bis 118° Länge (Karte 6) vorhanden. Die nördlich vom NNTB liegende Nordpolarregion NPR war meist deutlich gegen die südlich davon liegende hellere Zone abgesetzt und erschien fast ebenso dunkel wie die Süd-polarregion SPR.

Literatur

Gerstheimer, R.: Videoastronomie mit einfachen Mitteln. KORONA 85, Januar 2001, S. 4
Roth, G. D. (Hrsg.): Planeten beobachten. Verlag Sterne und Weltraum, München 1998,
Kapitel "Jupiter" von H.-J. Mettig, R.C. Stoyan, Nikolai, Chr. Kowalec und G.
Hahn, S. 225-289

Internetadressen: <http://www.gerstheimer.de/astromania/galerie/jupiter/jupiter.html>
<http://www.schulsternwarte-gudensberg.de>

Prof. Dr. Roland Hedewig, Am Krümmershof 91, 34132 Kassel; r.hedewig@t-online.de

Impressum

Die KORONA wird herausgegeben vom Astronomischen Arbeitskreis Kassel e.V. (AAK) und kostenlos an die Mitglieder und befreundete Vereine im Austausch mit deren Mitteilungen verteilt.

Redaktion: alle Autoren

Zusammenstellung: C. Hendrich

Druck: Druckerei Ausdruck Heppner und Ziegler GbR, Kassel

Auflage: 300

Redaktionsschluß dieser Ausgabe: 19.12.2003

Redaktionsschluß der kommenden Ausgabe: 15.04.2004

Die Artikel können an den Vereinsabenden in der Albert-Schweitzer-Schule abgegeben oder an Christian Hendrich, Kölnische Straße 52, 34117 Kassel, Tel. 0178-7772666 bzw. 0561-7015680 gesendet werden. Es werden nur Dokumente in elektronischer Form unterstützt, die entweder per e-Mail an: christian@hendrich.org oder per Diskette oder CD-Rom an obige Anschrift gesandt werden. Als Dateiformate werden Richtext (.rtf), MS Word (.doc), Staroffice (.sdw) sowie Openoffice unterstützt. Als Seitenformat muß DIN A5 und als Schriftgröße 9 Punkt gewählt werden. Abbildungen sollten idealerweise mit 300 dpi eingescannt werden, alle gängigen Bild-Dateiformate (mit ausreichender Qualität) werden akzeptiert.

Die Realität der Quantenwelt

Klaus-Peter Haupt

Noch immer gibt es zahlreiche Interpretationen der Quantenmechanik und für viele Naturwissenschaftler und Philosophen erscheinen die Formeln der Quantenmechanik letztlich unverstanden.

In diesem Aufsatz soll ein neuer Blickwinkel eingenommen werden: Nicht unsere Alltagswelt ist die Realität sondern die Welt des Mikrokosmos, die Quantenwelt. Dann müssen wir die Eigenschaften der Quantenwelt akzeptieren und aus ihnen unsere alltägliche Welt konstruieren.

Für diesen Weg bieten Quantenmechanik und Philosophie interessante Konzepte.

Wellen kontra Teilchen?

Der mathematische Formalismus der Quantenmechanik ist vor fast 80 Jahren in kurzer Zeit auf zwei verschiedenen mathematischen Wegen entwickelt worden: Heisenberg hat die Matrizenmechanik und Schrödinger die Wellenmechanik entwickelt. Später kam noch Feynmans Pfadintegralmethode hinzu. Da hatte Schrödinger aber schon gezeigt, dass die Matrizen- und die Wellenmechanik zueinander äquivalent sind.

Die Wellenmechanik ist natürlich besonders anschaulich, arbeitet sie doch mit einer bildlichen Vorstellung der Welle, wie sie in der klassischen Alltagsphysik entwickelt wurde.

Für Mikroobjekte ist aber das Bild des Teilchens entwickelt worden und das steht nun mal im Widerspruch zu dem Wellenbild.

So entstand der Dualismus Welle-Teilchen, dessen Kenntnisnahme heute noch die Krönung der Schulphysik darstellt. Ist der Höhepunkt des Deutschunterrichtes etwa auch die Diskussion ob sich ein Gedicht besser auf Papier oder Schiefer schreiben lässt?

Der mathematische Formalismus ist ein Modell, das in weitestgehender Übereinstimmung mit den Messwerten der realitätsbezogenen Experimente Aspekte der Realität beschreiben soll. Wir haben nicht zu entscheiden, ob Quantenobjekte Wellen sind, genau so wenig wie wir uns fragen, ob sie Matrizen sind. Wir halten nur fest, dass das Verhalten der Quantenobjekte mathematisch durch Wellenmodelle beschrieben werden kann.

Welcher Widerspruch zu unserer alltäglichen Teilchenvorstellung entsteht, zeigt am besten eine ausführliche Diskussion von Doppelspaltexperimenten mit Quantenobjekten.

Interferenz am Doppelspalt

Schickt man Licht durch zwei nebeneinander liegende enge Öffnungen, einen Doppelspalt, so entsteht das bekannte Interferenzbild, das man auch erhält, wenn man zwei Steine nebeneinander gleichzeitig ins Wasser wirft.

In der Tat kann man dieses Interferenzbild durch eine Wellenvorstellung leicht erklären:

Der ankommende Lichtstrahl erzeugt (sehr vereinfachend gesagt) in jeder Öffnung eine kugelförmige Lichtwelle (Beugung). Beide Wellen breiten sich aus und treffen an verschiedenen Orten unterschiedlich aufeinander: Jeder Punkt auf der Mittelsenkrechten zum Doppelspalt ist gleich weit von den beiden Öffnungen entfernt, hier treffen also immer

Wellenberge der einen Öffnung auf entsprechende Wellenberge der anderen Öffnung. Entsprechendes gilt natürlich auch für die Wellentäler. So verstärken sich auf der Mittelsenkrechten die beiden Wellen und es gibt das sog. 0. Maximum. Zu entsprechenden Punkten links und rechts von der Mittelsenkrechten sind die Laufzeiten von den beiden Öffnungen unterschiedlich. Deswegen kann es sein, dass ein Wellenberg von der einen Öffnung auf das nachfolgende Wellental der anderen Öffnung trifft und sich somit die beiden Wellen auslöschen (Interferenz). Wir erhalten dann ein

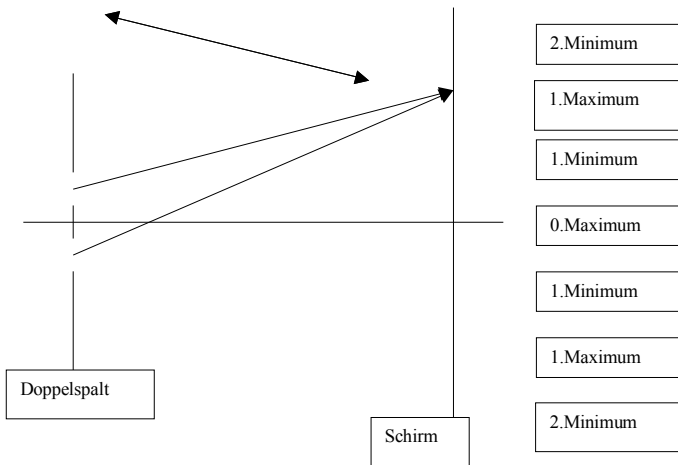


Abb1: Der Doppelspalt

Interferenzminimum. Da die Form der Wellenzüge sich in einer Welle periodisch wiederholt, gilt dies auch für die Interferenzbedingungen, wenn man sich immer weiter von der Mittelsenkrechten entfernt. Auf einem hinter dem Doppelspalt aufgestellten Schirm sieht man somit eine Folge von Minima und Maxima.

Ein solches Interferenzbild aber erhält man auch, wenn man nicht Lichtwellen, sondern Elementarteilchen, also z.B. Elektronen oder Protonen oder gar ganze Atome oder auch Riesmoleküle wie aus 70 Kohlenstoffatomen bestehende Fullerene auf den Doppelspalt schickt.

Diese klassischen Teilchenobjekte verhalten sich beim Durchgang durch den Doppelspalt also wie Wellen. Nach de Broglie kann man einem Teilchen der Masse m , das sich mit der Geschwindigkeit v bewegt die Wellenlänge $\lambda = h / (m \cdot v)$ zuordnen (h ist die Plancksche Konstante). Ein sich mit 1000 km/sec bewegendes Elektron hat eine der Gammastrahlung vergleichbare Wellenlänge von 0,73 nm und ein im Schrittempo gehender Mensch die Wellenlänge $9 \cdot 10^{35}$ m, weshalb sich die Welleneigenschaften des Menschen nicht bemerkbar machen.

Individuum gegen Kollektiv

In den Anfängen der Quantenmechanik dachte man noch, dass das Interferenzbild letztlich ein kollektives Phänomen ist, also durch eine Wechselwirkung vieler gleichzeitig durch den Doppelspalt gehender Teilchen entsteht. Elementare, aber nicht leicht zu realisierende

Versuche zeigen, dass Interferenzphänomene “Ein-Objekt-Prozesse” sind.

Wenn man Atome, Elementarteilchen oder Moleküle einzeln, nacheinander auf den Doppelspalt zufliegen lässt und ihnen die Möglichkeit gibt durch die eine oder die andere Öffnung zu fliegen, so taucht in der Nachweisapparatur jedes dieser Objekte wieder an einem Punkt auf. An welcher Stelle lässt sich aber nicht vorhersagen. Die Stärke des bekannten Interferenzbildes gibt lediglich die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass das Objekt an einer bestimmten Stelle erscheint.

Macht man den Versuch nun mit Millionen einzelner Objekte, die nacheinander durch den Doppelspalt gehen, so entsteht aus der statistischen Verteilung hinter dem Doppelspalt langsam das bekannte Interferenzbild.

Entsprechende Versuche gelingen natürlich auch für Licht, wenn die Intensität der Lichtquelle so herabgeregelt wird, dass nur einzelne Photonen nacheinander durch den Doppelspalt gehen.

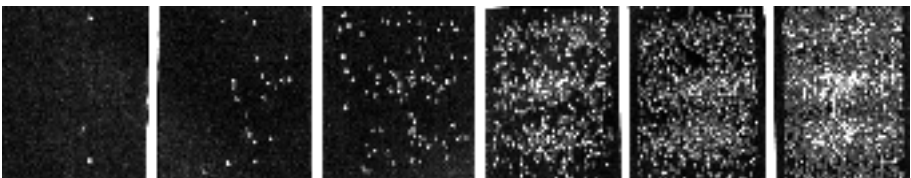


Abb. 2: Interferenzbilder aus einer längeren Aufsummierung der Photonen

Für das Eintreten von Interferenzen ist es also nicht notwendig, dass sich gleichzeitig mehrere Mikroobjekte im Bereich des Doppelspalt aufhalten. Interferenz ist ein individuelles und kein kollektives Phänomen.

In der Abb.2 sieht man die Interferenzbilder, die man nach nacheinander durch immer längere Aufsummierung der Photonen erhält. Hier wird das scheinbare Problem “Welle oder Teilchen” deutlich:

Jedes Objekt wird als vollständiges Einzelobjekt hinter den Doppelspalt nachgewiesen, verhält sich aber auf seinem “Weg” durch den Doppelspalt so, als wenn es durch eine Welle geführt würde.

Welchen Weg hat das Mikroobjekt durch den Doppelspalt genommen? Insbesondere würde es uns interessieren, durch welche der beiden Öffnungen es gegangen ist? Denn eigentlich kann ein Objekt nur durch eine der beiden Öffnungen gehen. Lässt man aber jede Hälfte der Objekte gezielt (z.B. durch Schließen der jeweils anderen Öffnung) nur durch jeweils eine Öffnung gehen, so erhält man kein Interferenzbild eines Doppelspalt, sondern das zweier nebeneinander liegender Einzelspalte. Etwas Entsprechendes würden wir auch erwarten, wenn die Objekte nicht sortiert sondern unsortiert durch die beiden gleichzeitig offenen Spalte hindurchgehen. Nach unserem Verständnis der Welt kann ein Objekt ja nur durch eine von zwei Öffnungen gehen, es kann ja nicht gleichzeitig in zwei verschiedenen Öffnungen sein. Wenn es aber nur durch eine Öffnung geht, erhält es dann eine Information darüber, ob die andere Öffnung offen ist (dann muss es statistisch verteilt auf einem Doppelspaltinterferenzbild erscheinen) oder ob sie geschlossen ist (dann muss es statistisch verteilt auf einem Einzelspaltinterferenzbild erscheinen)?

Die Frage nach dem Weg der Mikroobjekte bringt uns an die Grenzen unserer Vorstellungen.

Frage nie nach dem Weg!

Unser Naturverständnis ist vom Vorhandensein genauer Bewegungsvorgänge und Bahnen bestimmt. Die aus Einzelbildern zusammengesetzte Wahrnehmung einer Bewegung interpretieren wir als einen kontinuierlichen, auf einer Bahn ablaufenden Bewegungsablauf. So beobachten wir die Flugbahn eines Vogels, so hat schon das Gehirn unserer Vorfahren die Flugbahn eines Steines oder eines Speeres berechnet (anderenfalls hätten die Speere unserer Vorfahren nie getroffen und sie hätten nicht überlebt und uns gäbe es nicht). Und schließlich berechnen moderne Computer die Flugbahnen unserer Raumsonden zu den Planeten Jupiter und Saturn. Aber alle diese "Bahnen", d.h. der Eindruck der Kontinuität einer Bewegung sind das Ergebnis eines Konstruktionsprozesses

Unbestimmtheiten

Wir wollen wenigstens einen Bahnpunkt einer Bewegung beobachten und stellen deshalb eine Öffnung in die erwartete Bahn. Alle Objekte, die durch die Öffnung kommen, haben zumindest dann einmal diese bestimmte Position der Öffnung als ihre eigene gehabt.

Aber was passiert, wenn wir die Öffnung so eng machen, dass sie der Wellenlänge des bewegten Objektes entspricht? In diesem Fall wird die Welle des Objektes gebeugt und das Objekt kann an beliebigen Stellen hinter der Öffnung aufkommen, die Wahrscheinlichkeit des Auftreffens wird durch die Intensität des zugehörigen Interferenzbildes bestimmt. Je stärker wir die Position durch eine immer engere Öffnung bestimmen, desto weiter fließt das Interferenzbild auseinander und desto mehr kann das Objekt außerhalb der direkten "Bahn" auf einem Schirm auftreffen.

Diese einfache Beobachtung (das Interferenzbild der Beugung des Lichtes an einem Spalt wird umso breiter, je schmaler die Spaltöffnung ist), hat Werner Heisenberg allein durch den Formalismus der Quantenmechanik vorhergesagt und auf eine breite theoretische Basis gestellt:

Je genauer der Ort eines Objektes bestimmt ist (z.B. durch eine Öffnung), desto ungenauer ist die zugehörige Geschwindigkeit bestimmt (hinter der Öffnung hat das Teilchen dann eine zufällige zusätzliche seitliche Bewegung). Das Produkt der beiden Genauigkeiten liegt z.B. bei einem Elektron bei 10^{-67} m·kgm/sec. Ein genau bestimmter Ort (ein lokalisiertes Elektron) würde eine vollkommen unbestimmte Geschwindigkeit bedeuten: $\Delta x \cdot \Delta v \approx h/m$ und ein Objekt mit einer bestimmten Geschwindigkeit kann irgendwo sein.

Damit greift Heisenberg das Prinzip der klassischen Mechanik an: Aus den Angaben für Ort und Geschwindigkeit und den entsprechenden Orts-Zeit- und Geschwindigkeits-Zeit-Gesetzen kann die klassische Mechanik alle Bewegungen berechnen.

Heisenberg zeigt aber, dass genaue Orts- und Geschwindigkeitsangaben nicht nur am Anfang sondern nirgends längs der "Bahn" eines Objektes sinnvoll sind. Zumindest im Mikrokosmos wirkt sich das so aus, dass man nicht mehr von einer Bahn eines Mikroobjektes sprechen kann: Ein Mikroobjekt ändert seine Position nicht längs einer Bahn, auf der ihm wie in der klassischen Mechanik ständig Ort und Geschwindigkeit zugeordnet werden können. Im Mikrokosmos macht der Bahnbegriff keinen Sinn.

Auf welchem Weg fliegt das Objekt durch den Doppelspalt?

Die folgenden Beispiele zeigen, dass die theoretische Beschreibung der Natur durch Heisenbergs Quantenmechanik nicht im Widerspruch zur Beobachtungsmöglichkeit der Natur steht:

Schicken wir erst einmal ein Elektron auf einen Doppelspalt und überlassen wir es dem

Zufall, durch welche der beiden Öffnungen es fliegt. Dann trägt es mit einem Punkt zur Statistik des Interferenzbildes bei.

Nun wollen wir das Elektron auf dem Weg vom Doppelspalt zum Schirm beobachten und beleuchten den Bereich mit Licht, das natürlich aus Photonen besteht, die einen eigenen Schwung (Impuls) besitzen (der umgekehrt proportional zur Wellenlänge ist).

Benutzen wir zu dieser Beobachtung langwelliges Licht, so werden die langen Wellenlängen die kleinen Elektronen nur ungenau beobachten. Bei kurzwelligem Licht ist die Beobachtung der Elektronenpositionen viel präziser möglich (eigentlich müsste man Röntgenstrahlung verwenden). Wir kennen das aus der Optik: Je kurzwelliger die Strahlung ist, desto größer ist das Auflösungsvermögen des Fernrohres oder Mikroskops. Damit ein Radioteleskop bei den langen Radiowellen so scharf wie unser Auge bei den kurzen Lichtwellen sieht, müsste es einen Durchmesser von 1 km haben. Erst die auf verschiedenen Kontinenten stehenden und zu einem Teleskop zusammen geschalteten Radioteleskope erreichen die extrem hohe Auflösung moderner Radiobilder (Very Large Baseline Interferometry).

Also: Je kürzer wir die Wellenlänge des Lichtes wählen, desto genauer können wir die Position des Elektrons messen. Je kurzwelliger das Licht ist, desto höher ist aber der Schwung, den die Photonen haben. Damit wir das Elektron nachweisen können, müssen die Photonen auf das Elektron treffen. Und wenn die Photonen viel Schwung haben (wir also eigentlich die Elektronenposition gut bestimmen können), dann boxen die schwungvollen Photonen das Elektron so zur Seite, dass es irgendwo anders auf dem Schirm ankommt, nur nicht mehr da, wo es laut Interferenzbild sein sollte.

Was heißt das? Wenn wir die Elektronen nach dem Durchgang durch den Doppelspalt vor ihrem Eintreffen auf dem Schirm beobachten wollen, dann boxen wir sie so in andere Richtungen, dass das Interferenzbild nicht mehr zu Stande kommt. Je genauer wir die Elektronenpositionen bestimmen, desto stärker verschwimmen die Konturen des Interferenzbildes.

Was passiert also, wenn wir nach dem Weg fragen? Je präziser die Antwort ist, desto mehr verschwindet die Interferenzfähigkeit der Elektronen.

Das passiert auch, wenn wir vor die beiden Öffnungen des Doppelspaltes unterschiedlich orientierte Polarisationsfolien kleben und damit anhand der Polarisation erkennen können, durch welche der beiden Öffnungen z.B. Licht gegangen ist. Auch hier würden wir eine präzise Antwort nach dem Weg des Lichtes (zumindest an der Stelle des Doppelspaltes) bekommen, aber wir erhalten kein Interferenzbild mehr, denn Licht unterschiedlicher Polarisationsrichtungen kann nicht interferieren. Interferenzmuster entstehen also nur, wenn die unterschiedlichen Ausbreitungsmöglichkeiten durch nichts unterschieden werden können.

Selbst einem Genie wie Albert Einstein ist es nicht gelungen, diese Eigenschaft der realen Welt auszudrücken.

In einem 1927 veröffentlichtem Gedankenexperiment wollte er einen Doppelspalt an zwei Federn so aufhängen, dass der Rückstoß den das Objekt auf den Doppelspalt ausübt, wenn es wie und wodurch auch immer statistisch abgelenkt wird, messbar wird. Da Objekte, die an einem Punkt auftreffen, unterschiedlich stark abgelenkt sein müssen, je nach dem durch welche Öffnung sie gehen, kann man anhand des Rückstoßes den Weg durch den Doppelspalt rekonstruieren.

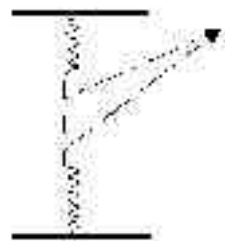


Abb. 3

Der Rückstoß bestimmt aber präzise den Impuls, den der Doppelspalt bekommt. Dadurch wird die Unbestimmtheit der Position des Doppelspaltes so groß, dass das Interferenzbild vollständig verschmiert, also nicht mehr sichtbar ist.

Die Botschaft ist klar: Frag nie nach dem Weg, denn den gibt es nicht. Übrigens hat Herbert Walther 1991 gezeigt, dass man Interferenzbilder durch Beobachtungen des Weges auch zum Verschwinden bringen kann, wenn es keine Möglichkeit gibt, die Unbestimmtheit als Erklärung heranzuziehen. Hier spielt die Verschränkung von Mikroobjekten eine Rolle, die wir aber besser am doppelten Doppelspalt erklären können:

Der doppelte Doppelspalt

Noch grundlegender zeigt sich die Antwort der Natur auf eine "Nach dem Weg – Frage", wenn wir ein Atom zwischen zwei Doppelspalte setzen und das Atom dazu bringen, immer zwei Photonen gleichzeitig auszusenden, die in genau entgegengesetzte Richtungen fliegen.

Im ersten Fall ist nur der rechte Doppelspalt vorhanden. Auf der linken Seite steht ein Detektor, der feststellen kann, aus welcher Richtung das linke Photon kommt. Ist der Detektor nicht eingeschaltet, so erfahren wir nichts über den Weg des linken und damit auch des rechten Photons und alle rechten Photonen erzeugen mit Hilfe des rechten Doppelspaltes ein Interferenzbild.

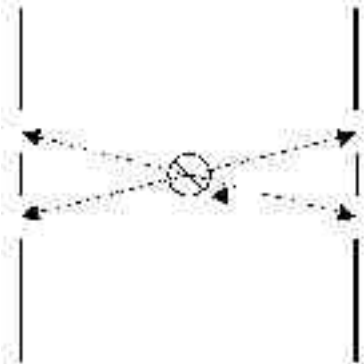


Abb. 4: Der doppelte Doppelspalt

Schalten wir den Detektor ein, so erfahren wir über die linken Photonen den Weg der rechten Photonen (also durch welche Spaltöffnung sie geflogen sind) und schon baut sich kein Interferenzbild auf.

Das Interferenzbild bleibt auch weg, wenn wir den Detektor erst einschalten, wenn die beiden Photonen schon unterwegs sind. Ohne jede Störung des rechten Photons und ohne dass eine Information über die zukünftige Wegmessung beim Aussenden vorliegen konnte, bleibt das Interferenzbild verschwunden. Und selbst wenn wir vollkommen zufällig den Detektor mal einschalten und bei anderen Photonenpaaren ausschalten, tragen nur die rechten Photonen zur Interferenz bei, für die der Detektor ausgeschaltet war, für die also keine Weginformation vorliegt.

Für unsere klassische Vorstellung ist das unmöglich! Woher soll denn das rechte Photon nach der Ausführung erfahren, dass am linken Photon eine Wegmessung gemacht wurde?

Die Antwort der Quantenmechanik widerspricht erneut unserer Alltagsvorstellung: Die beiden Photonen sind nie getrennt, auch wenn sie räumlich voneinander entfernt sind, bleiben sie immer eine gemeinsame Einheit, ein Objekt. Sie sind miteinander verschränkt. Die Verschränkung von Mikroobjekten widerspricht also unserer räumlichen Separierung, unserer lokalisierten Wahrnehmung der Objekte unserer Welt. Sie ist aber ein gewaltiges Werkzeug der Quantenmechanik. Mit ihr erklärt man u.a. die Supraleitung (die verschränkten Paare von Elektronen heißen Cooper-Paare) und mit ihr ist das erste "Beamen" eines Mikroobjektes gelungen.

Wird nun an Stelle des Detektors der linke Doppelspalt eingebaut, so zerstört dessen Interferenzbild die Weginformation für das linke und damit auch das rechte Photon. Und schon entsteht auf der rechten Seite ebenfalls ein Interferenzmuster. Wenn das linke Photon

durch Wechselwirkungen mit der Umgebung erfährt, ob ein ein- oder ausgeschalteter Detektor oder ein Doppelspalt im Weg ist, dann hat diese Information auch gleichzeitig das rechte Photon und verhält sich beim Aufbau oder Nichtaufbau des Interferenzbildes entsprechend. In der Praxis muss man die miteinander verschränkten Photonenpaare über die gemeinsame Ankunftszeit auf den jeweiligen Schirmen identifizieren.

Das Quantenradiergummi

Wird die Information wieder ausgelöscht (wegradiert), so kann man das Interferenzmuster rekonstruieren. Diese erstaunliche Eigenschaft der Quantenwelt soll an einem einfachen Beispiel erläutert werden.

Wir betrachten einen Doppelspalt, bei dem wir Informationen über den Weg des Lichtes durch zwei senkrecht zueinander stehende Polarisationsfolien an den Spaltöffnungen erhalten haben. Untersucht man die Polarisation des auf dem Schirm ankommenden Lichtes, so kann erkannt werden, durch welche Öffnung das Licht gegangen ist. Bei diesem Experiment erhält man kein Interferenzmuster.

Nun kann man aber die Weginformation, die ja in der Polarisationsrichtung enthalten ist, durch einen weiteren Polarisationsfilter löschen, dessen Einstellung genau zwischen derjenigen der ersten beiden Filter ist (also 45° gegenüber 0° und 90°). Dieser dritte Filter behandelt nun die beiden ankommenden senkrecht zueinander polarisierten Lichtwellen identisch, er lässt jeweils nur 50% der Intensität durch, die andere Hälfte wird reflektiert. Durchgehendes und reflektiertes Licht besitzen dann die Polarisationsrichtung 45° , unabhängig davon durch welche Öffnung das Licht gekommen ist.

Es versteht sich von selbst, dass nun keine Information mehr vorhanden ist, durch welche der beiden Öffnungen das Licht gekommen ist. Der dritte Polarisationsfilter ist unser Quantenradiergummi.

Reflektiertes und durchgelassenes Licht zeigen nun wieder, allerdings entgegengesetzte, Interferenzmuster. Legt man die beiden Muster übereinander, so entsteht ein gleichmäßiges Grau. Die beiden Interferenzmuster heben sich zusammen genommen auf.

Verschränkung wegen der Beschränkung?

Damit haben wir an dem konkreten Beispiel der in unserem Alltag so wichtigen Flugbahn gezeigt, dass sich die Mikrowelt nicht nur unerwartet verhält, sondern sich auch nicht mit den Begriffen beschreiben lässt, die wir in unserer Alltagssprache verwenden. Neue Begriffe, wie der der Verschränkung müssen erfunden werden und alte Begriffe wie der der Bahn haben keine Bedeutung mehr.

Unsere Alltagssprache ist natürlich im Rahmen der biologischen und geistigen Evolution aus den Fortpflanzungs- und Überlebensbedürfnissen heraus entstanden. Sie hat sich aus der Notwendigkeit entwickelt, in Sozialgemeinschaften eine komplexere Kommunikation zu ermöglichen. Die Sprache hat sich natürlich nicht entwickelt, um eine (von uns sowieso nicht vollständig erkennbare) Realität zu beschreiben. Nur die für unser Überleben wichtigen Aspekte der Realität, so fern sie in unserem Wahrnehmungssystem auftauchen, können durch unsere Alltagssprache beschrieben werden.

(Die Vollmersche Evolutionäre Erkenntnistheorie ist als unwissenschaftliche, weil nicht überprüfbare Meinung, unhaltbar!).

Diese, evolutionär eingeschränkte Fähigkeit unserer Sprache, Aspekte der Realität zu beschreiben, erschwert natürlich unser Verständnis von der Realität. Sprache hat sich ursprünglich an den Bedürfnissen der Sozial- und Kulturgemeinschaft orientiert und nicht an erkenntnistheoretischen Bestrebungen.

Wittgensteins "Worüber man nicht sprechen kann, darüber sollte man schweigen" wollen wir uns aber nicht zu eigen machen und versuchen, Eigenschaften der Realität mit der uns zur Verfügung stehenden Sprache zu charakterisieren. Es gelingt uns teilweise durch Erfindung neuer Begriffe und teilweise nur, in dem wir festhalten, welche Alltagsbegriffe nicht zur Beschreibung der Realität verwendet werden dürfen.

Die Realität der Quantenwelt

Im Folgenden wollen wir versuchen, Aspekte der Quantenrealität in Worte zu fassen.

Zufall

Quantenmechanische Prozesse finden zufällig statt. Wir kennen das von der Radioaktivität: In einer Ansammlung radioaktiver Kerne können wir nicht sagen, wann welcher Kern zerfällt, sondern nur angeben, nach welcher Zeit (der Halbwertszeit) die Hälfte der vorhandenen Kerne zerfallen ist.

In unserem Alltag kennen wir auch den Begriff Zufall, aber häufig versteckt sich dahinter eigentlich nur die Unkenntnis vielfältiger und hochkomplexer Ursachen für einen Vorgang. Der Zufall quantenmechanischer Prozesse dagegen scheint echt zu sein. Wie Bell mit Hilfe seiner berühmten Ungleichung zeigen konnte, ist keine innere Eigenschaft für das Verhalten von Quantenobjekten verantwortlich. Ebenso wenig kann man bisher die Korrelationen der Teile eines verschränkten Systems durch tiefer liegende, verborgene Parameter erklären.

Damit müssen wir ein in unserer Wirklichkeit zum Überleben wichtiges Prinzip der Wahrnehmung aufgeben, nämlich das Kausalitätsprinzip. Das schmerzt natürlich auch die Naturwissenschaften, denn eine Prämisse naturwissenschaftlichen Arbeitens ist natürlich die Annahme, dass es feste, überprüfbare und wiederholbare Kausalbeziehungen gibt. Feste, determinierte Beziehungen gibt es auch innerhalb einer quantenmechanischen Beschreibung, z.B. bei der Entwicklung einer Wellenfunktion oder eines quantenmechanischen Zustandes aber eben nur innerhalb des statistischen Begriffssystems der Quantenmechanik und nicht beim Übergang zur klassischen Welt.

In dieser klassischen Welt verknüpft unsere Wirklichkeitskonstruktionsmaschine Gehirn zeitlich aufeinander folgende Wahrnehmungen durch kausale Beziehungen, unabhängig davon, ob sie durch natürliche Prozesse verbunden sind oder nicht. Das kann schließlich zum Totalausfall logischer Überlegungen führen. So bilden sich viele Menschen ein, dass zwischen dem Ereignis A (Geburtstermin) und dem Ereignis B (Stellung eines Planeten) eine Beziehung existieren muss. Diese Einbildung ist so tief in die kognitiven Strukturen eingebrannt, dass man mit Astrologiegläubigen eigentlich nicht darüber reden kann. Entsprechendes gilt natürlich auch im religiösen Bereich, z.B. bei der Beobachtung sog. Wunder und Erscheinungen. Sie sind ein Phantasieprodukt unserer Wirklichkeitskonstruktion, angelegt zur Rettung des Kausalprinzips, mit dem wir ja so gut in der Evolution unsere Welt "verstehen" und in ihr überleben konnten.

Der quantenmechanische Zufall zeigt uns, dass die Kausalität unserer Alltagswelt keiner realen Eigenschaft der Mikrowelt entspricht.

Kants berühmtes Kausalgesetz ist nicht auf die Realität anwendbar, denn es setzt die genaue Kenntnis einer Ursache voraus. Aber dies verhindert die Unbestimmtheitsrelation. Wäre es anwendbar, so würde das Zufallsverhalten von quantenmechanischen Prozessen das Kausalprinzip als ungültig erweisen. Kants Kausalgesetz ist also in der Realität weder anwendbar noch gültig!

Verschränkung

Ein System, von dem wir annehmen, dass es aus Teilsystemen besteht, kann trotz der Möglichkeit, die Teilsysteme separiert wahrzunehmen, durch eine einzige Wellenfunktion beschrieben werden. Unsere Wahrnehmung täuscht uns also, das System besteht eigentlich nicht aus den Teilsystemen. Die getrennte (auch begriffliche!) Wahrnehmung ist das Ergebnis der Konstruktion unseres Gehirnes. Sie dient der Vereinfachung und der leichteren Prognostizierung überlebenswichtiger Verhaltensweisen. Deswegen müssen wir diesen sprachlichen Zirkelschluss durchführen: Das Objekt besteht nicht aus den beiden Teilobjekten, aus denen wir es zusammensetzen. Durch die Erfindung des neuen Wortes "Verschränkung" umgehen wir das sprachliche Problem. Wir nennen die Teilobjekte zu einem Gesamtobjekt verschränkt.

Der räumliche Abstand, und nach dem orientiert sich unsere Wirklichkeitskonstruktion ja, hat nichts mit der Separierung von Objekten zu tun. Noch über eine Strecke von 10 km ist die Verschränkung von Mikroobjekten experimentell nachgewiesen. Schließlich müssen wir auch eine Verschränkung der Elektronen im Atom zum Objekt Elektronenhülle annehmen, nur so lassen sich die Energiezustände der Atome genau berechnen. Elektronen, die wie die Planeten um die Sonne um ihren Atomkern kreisen, die gibt es nicht.

Superposition

Quantenmechanische Zustände können sich zu neuen Zuständen überlagern. Dies widerspricht unserer zweiwertigen, "entweder-oder" Logik. Die Katzen unserer Alltagswelt kommen entweder nur tot oder nur lebendig vor. Eine Katze, die in einem Überlagerungszustand von tot oder lebendig ist, hat es in der Evolution nie gegeben und deswegen gibt es in unserer konstruierten Alltagssprache auch keinen Begriff dafür. In der mathematischen Sprache der Quantenwelt kann man aber ein Symbol für diesen Zustand angeben:

Wir wollen dies am Beispiel von Schrödingers Katzenexperiment verdeutlichen, an dem der Unterschied zwischen Wirklichkeit und Realität deutlich wird (aber von Schrödinger benutzt wurde um die Quantenmechanik abzulehnen, da er der konstruierten Wirklichkeitsvorstellung des Menschen einen höheren Wahrheitsgehalt als der Realität zuordnen wollte, so wie es in der Evolutionären Erkenntnistheorie heute immer noch der Fall ist).

In einem Kasten befindet sich eine Katze, vollständig im Zustand "lebendig", den wir durch die Zustandsfunktion ψ_L beschreiben wollen. Dazu gibt es ein radioaktives Präparat, das mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% innerhalb eines Tages einen Zerfall hat, einen Hammer und eine Blausäurekapsel. Zerfällt das radioaktive Präparat, so wird über einen Geiger-Zähler der Hammer auf die Kapsel geschlagen, so dass die Blausäure ausströmt und die Katze garantiert tötet. Der tote Zustand der Katze wird durch die Funktion (das sprachliche Symbol) ψ_T beschrieben.

Der Kasten ist verschlossen, und deshalb wissen wir am Ende des Tages nicht, ob das radioaktive Präparat einen Zerfall hatte oder nicht. Um zu wissen, ob die Katze noch lebt, müssen wir den Kasten öffnen. Springt uns die Katze in die Arme, so wissen wir (laut unserer Alltagsvorstellung), dass sie auch schon vor dem Öffnen des Kastens gelebt haben muss.

In der Mikrowelt ist das anders. Das Quantenobjekt Katze befindet sich am Ende des Tages in einem Superpositionszustand aus lebendig und tot, der durch das Symbol $\psi = c_L \psi_L + c_T \psi_T$ beschrieben wird. Die Vorfaktoren c_L und c_T beschreiben die Wahrscheinlichkeiten, mit der die beiden Teilzustände im Superpositionszustand enthalten sind, hier sind beide Zahlen

50%. Für diesen Superpositionszustand haben wir in unserer Alltagssprache kein Symbol, er existiert aber, jedenfalls so lange, bis ein Beobachter im Kasten nachsieht und das System dadurch z.B. in den Zustand "lebendig" ($c_L = 1, c_T = 0$) übergeht.

Wir werden noch sehen, dass dazu kein Beobachter im klassischen Sinn notwendig ist, sondern dass das quantenmechanische System durch Wechselwirkungen mit anderen Systemen diesen Übergang in einen der klassisch möglichen Zustände von allein erzwingt (Dekohärenz).

Zustände, die sich überlagern können, nennt man kohärent. Nicht mehr überlagerungsfähige, klassische Zustände dagegen dekohärent. Je einfacher das System ist und je besser es gegen andere Systeme isoliert ist, desto länger dauert der Übergang von kohärenten zu dekohärenten Zuständen.

Unsere makroskopische Katze in seiner nicht isolierten Umgebung ist natürlich nur eine unvorstellbar kurze (für uns nicht messbare) Zeit in der Superposition aus tot und lebendig. Anders sieht es bei einzelnen isolierten Atomen aus, hier vergehen messbare und im Experiment auch nachgewiesene Zeiten, bevor sie aus der Superposition möglicher Zustände in einen bestimmten Zustand übergehen.

Wie schwierig unsere Sprache das Denken gestaltet (weil sie eben an der Wirklichkeit und nicht an der Realität orientiert ist), sieht man am Beispiel der Neutrinos. Wir kennen drei Neutrinosorten, die wir mit Elektronenneutrino, Müonenneutrino und Tauneutrino bezeichnen. Im Zentrum der Sonne entstehen durch die Kernfusion Elektronenneutrinos. Als es vor 20 Jahren gelang diese Neutrinos nachzuweisen, stellte man fest, dass wir nur ca. 67% der erwarteten Menge registrieren konnten. Seit etwa einem Jahr wissen wir, dass die Ursache in einer Umwandlung der Elektronenneutrinos (die ausgesandt werden und die nur nachgewiesen und untersucht wurden) in Müonenneutrinos liegt. Inzwischen wurden auch die bisher nicht beachteten Müonenneutrinos registriert und die Anzahl aller von der Sonne registrierten Neutrinos stimmt mit der erwarteten Menge überein. (Unser Modell der Sonne war also richtig, das Standardmodell der Elementarteilchenphysik aber nicht). Diese Umwandlung ist aber keine Wechselwirkung im klassischen Sinn, sondern liegt daran, dass die Neutrinoarten eigentlich nur in einer Superposition aus den drei Arten existieren: $\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + c_3\psi_3$. Bei der Entstehung ist $c_1 = 1$ und $c_2 = c_3 = 0$. Durch Wechselwirkung während des Fluges, vor allem beim Durchqueren der Erde, verändern sich die Wahrscheinlichkeiten für die anderen Zustände, so dass bei einer Wechselwirkung mit der Nachweisapparatur die Superposition nicht immer in den dekohärenten Zustand des Elektronenneutrinos übergeht, sondern manchmal eben als Müonen- oder Tauneutrino auftaucht und somit von der Registrierung früher nicht erfasst wurde.

Die Superposition wird auch bei möglichen Quantencomputern eine wichtige Rolle spielen. Zu ihr gehört nämlich eine mehr als zweiwertige Logik, so dass in der Superposition alle möglichen Zustände gleichzeitig vorhanden und damit berechnet sind. Leider kann man nur einen der möglichen Zustände als dekohärenten Zustand auslesen.

Die Superposition ist auch die Ursache dafür, dass man einen quantenmechanischen Zustand nicht kopieren kann. Die Superposition besteht aus unendlich vielen Möglichkeiten der Überlagerung (die durch alle Kombinationen der c_1 und c_2 , deren Summe 1 ergibt, beschrieben werden), und eine unbegrenzte Anzahl von Dingen kann in endlicher Zeit nicht kopiert werden.

Unbestimmtheiten

Das Modell der Quantenmechanik ergibt, dass bestimmte Größen nicht gleichzeitig genau existieren.

Heisenberg hat dies zuerst in der Unbestimmtheitsrelation UBR zwischen Ort x und Impuls $p = m \cdot v$ formuliert, die sich unmittelbar aus der Beschreibung der Mikroobjekte durch Wellenpakete ergibt. Die Unbestimmtheiten Δx und Δp hängen voneinander ab, für ihr Produkt gilt: $\Delta x \cdot \Delta p > h/2\pi$. Je bestimmter der Ort ist, desto unbestimmter ist der Impuls des Objektes und umgekehrt.

Durch kein Experiment lässt sich die UBR umgehen, trotzdem ist sie nicht die Folge eines experimentellen Einflusses oder einer Störung sondern eine ontologische Eigenschaft eines Mikroobjektes. Wir haben schon die Folgerung diskutiert, dass es deswegen keinen Sinn macht von einer Bahn oder Bewegung eines Mikroobjektes zu sprechen. Das scheint auch den Versuch, die Quantenmechanik auf ein chaotisches Subsystem zurückzuführen, unmöglich zu machen.

Solche Unbestimmtheiten gibt es auch zwischen anderen Größen: Es existieren zum Beispiel nicht bestimmte Drehimpulskomponenten eines Objektes zur gleichen Zeit. Sehr weitreichende Konsequenzen hat auch die Unbestimmtheit von Energie E und Zeit t :

$\Delta E \cdot \Delta t > h/2\pi$. Für den Zeitraum Δt ist die Energie eines Mikroobjektes unbestimmt, d.h. für beliebig kurze Zeiträume kann ein beliebig hoher Energiebetrag ΔE "aus dem Nichts" auftauchen.

Der in der makroskopischen Physik so bedeutende Energieerhaltungssatz ist im Mikrokosmos nur gültig, wenn makroskopische, also klassische Eigenschaften beschrieben werden.

Mit der UBR von Energie und Zeit kann man die Struktur des Vakuums erklären: Das Vakuum enthält, selbst nach dem Entfernen sämtlicher Materie und Strahlung, ein Meer aus Teilchen- und Antiteilchenpaaren, die unter "Verletzung" des Energieerhaltungssatzes und mit "Erlaubnis" der UBR auftauchen und verschwinden. Diese sog. virtuellen Teilchen werden natürlich auch durch Wellen beschrieben. Schränkt man z.B. durch dicht beieinander stehende Platten die Möglichkeit für solche Wellen ein, so erzeugt das außerhalb der Platten befindliche Vakuum, in dem eine größere Vielfalt virtueller Teilchen möglich ist, einen Druck, der die Platten zusammenführt. Zwischen den Platten können nur die virtuellen Teilchen auftauchen, deren Wellenlängen ganz zwischen die Platten passen. Es sind also weniger virtuelle Teilchen zwischen den Platten als außerhalb, und das erklärt den Druckunterschied. Dieser sog. Casimir-Effekt ist experimentell überprüft worden. Die Kraftwirkung liegt im Bereich von mN!

An dem Wort "virtuell" erkennt man auch das sprachliche Problem. Die virtuellen Teilchen sind ganz normale Objekte. Es gibt keinen Unterschied zwischen der Substanz eines Elektrons, das virtuell und das nicht virtuell ist. Mit dem sprachlichen Konstrukt "virtuell" beschreiben wir keine Objekteigenschaft sondern die nicht mögliche Objekteinordnung in klassische Vorstellungen.

Reduktionismus

Mit Erfolg beschreiben wir die Funktion der makroskopischen Welt dadurch, dass wir sie in kleine Einheiten zerlegen, deren Prinzip wir verstehen können.

Dies gelingt bei quantenmechanischen Objekten nicht. Sie sind immer mehr als die Summe ihrer Teile. Ein Cooper-Paar aus zwei Elektronen zum Beispiel ist ein Objekt, das sich reibungsfrei durch ein Metallgitter bewegen kann (Supraleitung). Und miteinander verschränkte Photonen bilden eine neue Einheit, ein räumlich ausgedehntes, aus nicht

lokalisierbaren Teilen bestehendes Objekt.

Letztlich gilt Entsprechendes natürlich auch in unserer Makrowelt: Ein Tisch z.B. besteht nicht aus Atomen, er kann nur in Atome zerlegt werden. Seine Eigenschaften als Tisch aber können auf der Basis der Atome nicht formuliert werden.

Auch ein lebender Organismus besteht aus Atomen, das Leben aber ist eine emergente Eigenschaft des Organisationsprinzips der Atome, genau wie unser Bewusstsein eine emergente Eigenschaft des neuronalen Netzes ist.

Die reduktionistische Vorgehensweise der Physik erkennt man am Bestreben, die vorhandene Substanz des Kosmos auf wenige elementare Objekte und die vorhandenen Wechselwirkungen auf eine grundlegende Kraft zurückzuführen. Aber lässt sich wirklich mit der Urkraft und den Elementarteilchen der Kosmos verstehen?

Wechselwirkungen

Die Wechselwirkungen zwischen Objekten können nicht beliebig klein gemacht werden, es gibt eine durch das Plancksche Wirkungsquantum h beschriebene kleinstmögliche Wechselwirkung, so etwa wie es das Bit als kleinstmögliche Informationseinheit gibt.

Wellen als Werkzeuge

Die Beschreibung der Mikroobjekte durch Wellen erfordert Wellenpakete, d.h. Überlagerungen unendlich vieler Wellen verschiedener Wellenlängen. Diese Wellenpakete sind aber nicht stabil, für ein Elektron fließen sie schon nach 10^{15} Sekunden auseinander (der Mensch als klassisches Objekt wird durch Wellenpakete beschrieben, die 10^{10} Jahre stabil sind). Deswegen sollte man den Wellen keine reale Bedeutung zuordnen, sie scheinen nur Werkzeuge zur Beschreibung der Realität zu sein. Die Frage, ob Licht Teilchen oder Welle "ist", ergibt somit keinen Sinn.

Diskrete Energieniveaus

Durch Kräfte eingesperrte Quantenobjekte können wegen der Welleneigenschaften nicht mehr jede beliebige Energie annehmen, sondern nur die Energien, deren zugehörige Wellenlängen in den Bereich der Einsperrung "passen" (Stehende Wellen). Die diskreten Energiezustände der Mikroobjekte erkennt man z.B. an den diskreten Emissions- und Absorptionslinien der Atome. Diskrete Energieniveaus gestatten auch nur die Aussendung bestimmter (gequantelter) Energiebeträge. Diese Idee hatte Max Planck 1900. Sie ermöglichte ihm die Erklärung der spektralen Energieverteilung (Plancksche Kurven).

Dekohärenz

Wenn quantenmechanische Objekte miteinander, d.h. mit ihrer Umgebung in Wechselwirkung treten, dann verlieren sie ihre Eigenschaften und entwickeln klassisches Verhalten. Mit dieser Dekohärenz werden wir uns gleich noch näher beschäftigen. Um klassische Eigenschaften zu erhalten, reicht für ein Quantenobjekt mit der Ausdehnung $1 \mu\text{m}$ die Wechselwirkung mit Photonen der allgegenwärtigen kosmischen 3K-Strahlung!

Warum wir die Quantenmechanik nicht verstehen können

Viele Physiker und Philosophen haben unterschiedliche Konzepte und Ideen zur Interpretation der Quantenmechanik veröffentlicht, die teilweise widersprüchlich und manchmal noch unverständlicher als der Formalismus der Quantenmechanik sind.

Diese Schwierigkeit ist darin begründet, dass nicht mit ausreichender Präzision zwischen Wirklichkeit und Realität unterschieden wird.

Wirklichkeit und Realität

Ich möchte hier noch einmal die wichtigsten Thesen der konstruktivistischen Erkenntnistheorie zusammenfassen.

Unser Wissen ist kein Abbild einer externen Realität, sondern eine Konstruktion, die durch den Erkenntnisprozess und der sinnlichen Wahrnehmung ermöglicht wird. Da wir aus logisch trivialen Gründen ja nicht entscheiden können, ob und wie weit die so konstruierte Wirklichkeit mit der Realität übereinstimmt, bleibt uns nur die innere Wirklichkeit, während uns die externe Realität letztlich nicht zugänglich ist.

Konstruktivisten gehen natürlich von einer real existierenden Welt aus, sie sind ontologische Realisten. In der realen Welt gibt es Objekte, die verschiedene Eigenschaften haben. Aspekte dieser Eigenschaften, die im Rahmen unserer Evolution für die Fortpflanzung und das Überleben Bedeutung hatten bzw. haben, können wir sicher bestimmten Aspekten unserer Wirklichkeitskonstruktion zuordnen.

Übrigens, meine Wirklichkeit ist nicht die Konstruktion meines Ichs, denn mein Ich ist selbst eine Konstruktion meines Gehirnes.

Auch Wissenschaften sind unter sozialen und kulturellen Gegebenheiten konstruierte Vorstellungen und somit sind ihre Aussagen ja bestmöglich an die von uns konstruierte Wirklichkeit angepasst. Ich sage "bestmöglich", weil wir im Bereich der quantenmechanischen Eigenschaften schon deutliche Abweichungen gesehen haben.

Dadurch, dass wissenschaftliche Aussagen widerlegbar sein müssen und nur so lange Bestand haben, wie sie nicht durch Beobachtungen widerlegt sind, unterscheiden sie sich von allen esoterischen, astrologischen und religiösen Aussagen. Und deswegen ist für mich das wissenschaftlich konstruierte Weltbild immer noch "realitätsnäher" als andere Weltbilder.

Beschäftigt man sich mit der Evolution unseres Gehirnes, so entsteht die These, dass unser Gehirn nicht als Organ zum Erkennen der Welt entstanden ist, sondern sich als "Sozialorgan" aus den Notwendigkeiten eines sozialen, gemeinschaftlichen Lebens in den ersten vormenschlichen Gemeinschaften entwickelt hat. Vielleicht bildet es letztlich nur die Aspekte der Realität ab, die wir zum sozialen Leben und Überleben benötigen. Unsere stammesgeschichtlich erworbene Wirklichkeit reicht nicht aus, die reale Natur von Licht, Elektronen, Vakuum, Feldern kurz eines großen Teiles unserer Welt zu erfassen.

Verstehen und Erklären

Inzwischen sind wir schon von der genetischen zur kulturellen Evolution gewechselt. Dies ermöglichen die Prägungsmöglichkeiten, die unser Gehirn vor allem in den ersten Lebensjahren besitzt und natürlich unsere Fähigkeit, Objekte der Wirklichkeit durch Symbole zu bezeichnen und mit diesen Symbolen in einer eigenen "geistigen" Weise weitere Konstruktionen vorzunehmen. Ich spreche von der Entwicklung der Sprache als allen Menschen gemeinsame Form, Objekte und Eigenschaften durch Symbole zu repräsentieren. Hierzu gehört aber auch die, nur wenigen Menschen zugängliche, Mathematik, die eine eigene, nicht immer sprachlich zu erfassende Symbolik besitzt und eigene Spielregeln, mit denen aus diesen mathematischen Symbolen neue Symbole konstruiert werden.

Unsere Sprache allein kann die Realität nicht erfassen, und deshalb darf sie nach Wittgenstein, auch nicht zur Beschreibung der Realität missbraucht werden. Schon an den

Begriffsbildungen zu Gefühlen und Moral wird deutlich, dass unsere Sprache nur in unserer Wirklichkeit konstruiert und von Bedeutung ist. Wir vergessen dies, und ordnen unseren Gefühlen und unseren moralischen Sätzen eine eigene, von uns unabhängige, Existenz zu. Dies lehnte Wittgenstein schon vor über 80 Jahren ab und die moderne Forschung scheint ihm Recht zugeben: Gefühle sind, teilweise auch in der frühen Kindheit erlernte, konstruierte Selbstwahrnehmungen einer Abweichung zwischen verschiedenen IST- und SOLL-Zuständen unseres Organismus (einschl. unserer Selbstwahrnehmung). Unsere moralischen Regeln sind konstruierte, intersubjektive Selbstwahrnehmungen sozialer Funktionsabläufe und Beziehungen, die wir schon in früher Kindheit internalisiert bekommen, so dass es uns nahezu unmöglich ist, sie als Scheintatsachen zu entlarven. Viele philosophische Probleme kommen letztlich nur dadurch, dass wir die Funktion der Sprache bei der Beschreibung und Wahrnehmung der Welt nicht richtig hinterfragen. Und letztlich bestimmt die Sprache unsere Fähigkeit, die Welt zu verstehen und zu erforschen. Menschen sind eigentlich nicht gleich. Ihre Sprache bestimmt jeweils ihre Welt und die Grenzen ihrer Sprache sind die Grenzen ihrer Welt!

Nach diesem Ausflug in die Welt des Konstruktivismus wird jetzt auch der Unterschied zwischen Verstehen und Erklären deutlich:

- Etwas verstehen heißt, es in den Sinnzusammenhang unserer Sprache einzuordnen.
- Etwas erklären bedeutet, es auf allgemeine, grundlegendere Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen.

Jetzt wird deutlich warum wir die Quantenmechanik nicht verstehen können: Wir müssten Aspekte der Realität mit Begriffen unserer Wirklichkeit in den Sinnzusammenhang unserer Sprache einordnen. Nach all dem Gesagten, wäre es schon ein extrem überraschender Zufall, wenn das gehen würde....

Aber: Wir können die Quantenmechanik erklären! Wir können die Erscheinungen der Mikrowelt auf allgemeine Gesetzmäßigkeiten wie die Schrödinger Gleichung und die Unbestimmtheitsrelation zurückführen und das ohne innere und äußere Widersprüche.

Dies soll erneut an einigen Beispielen verdeutlicht werden:

- Auf Grund der Unbestimmtheit besitzt ein Photon eines monochromatischen Lasers mit der Frequenzunbestimmtheit von 1 Hz eine Ortsunbestimmtheit von 50000 km! Wir stellen uns aber Photonen als kleine Teilchen vor, die in einem wenige Dezimeter großen Laser entstehen und aus ihm herausfliegen....
- Werden Mikroobjekte durch kohärente Zustände beschrieben, so können wir ihnen keinen Weg zuordnen. Erst eine Wechselwirkung mit der Umgebung zerstört diese kohärenten Zustände (Dekohärenz), z.B. durch die innere Wechselwirkung von 3 Mikroobjekten schon in 10^{-4} Sekunden. Wege sind also keine intrinsischen Raum-Zeit-Eigenschaften der Mikroobjekte, sondern es sind emergente Eigenschaften, die sich erst aus der Wechselwirkung der Mikroobjekte ergeben. Und erst auf dieser Ebene können wir dies mit unserer Sprache erfassen.

Die Umkehrung des Erklärungsanspruchs

Wir können das Verhalten der Quantenobjekte erklären aber nicht verstehen. Durch unsere Evolutionsgeschichte verstehen wir die klassische Alltagswelt. Die Aufgabe der Physik ist es nun, diese klassische Alltagswelt zu erklären. Diese Welt lässt sich durch das Attribut "lokal-realistisch" beschreiben.

Was bedeutet das?

Lokal ist eine Beschreibung, wenn ich das zu beschreibende Objekt separieren kann, also von seiner Umgebung losgelöst wirklichvollständig erfassen kann. Realistisch ist eine Beschreibung, wenn ich davon ausgehe, dass zu jeder messbaren Größe auch eine real vorhandene Eigenschaft des Objektes gehört, also z.B. Objekte Ort und Impuls besitzen oder eine Bahn haben.

Da sich klassische Eigenschaften durch die Wechselwirkung der Quantenobjekte bilden, ist die klassische, lokal-realistische Welt eine Folge der Quantenwelt. Nicht die Quantenwelt müssen wir verstehen (das geht gar nicht, Quanteneigenschaften können nicht durch lokal-realistische Annahmen hergeleitet werden), sondern erklären, wie sich aus der Quantenrealität die beobachteten klassischen Strukturen und Eigenschaften bilden.

Ein historischer Versuch hierzu ist das Bohrsche Korrespondenzprinzip: Für große Quantenzahlen (d.h. für hohe Energien) gehen die Aussagen der Quantenmechanik in korrespondierende Aussagen der klassischen Physik über.

So lässt sich z.B. der Quantensprung vom Zustand $n = 250$ des Wasserstoffatoms auf den Zustand $n = 248$ allein mit den Mitteln der klassischen Elektrodynamik berechnen. Solche hochangeregten Wasserstoffatome, die im interstellaren Raum durch die bei diesen Übergängen abgegebene Radiostrahlung beobachtet werden, verhalten sich klassisch.

Die Dekohärenz erzeugt die klassische Welt

In unserer makroskopischen Welt beobachten wir keine Superpositionen: Bei einer Messung oder Wahrnehmung ist ein Objekt nur an einem Ort, oder unsere Katze entweder tot oder lebendig! Damit haben wir nur die Information über einen möglichen Zustand, nämlich den, der faktisch geworden ist.

In der Superposition aber sind alle Informationen über alle möglichen Zustände enthalten. Nur bei absolut perfekter Isolation bleiben diese Informationen im System erhalten. Normalerweise aber gehen diese Informationen in die Umgebung, die zu den möglichen Zuständen gehörenden kohärenten Wellen werden gestört, dadurch hören die festen Phasenbeziehungen der Wellen auf, die Kohärenz wird beendet und es entsteht der beobachtbare dekohärente Zustand.

Durch Wechselwirkungen entsteht also aus den Möglichkeiten das Faktum, wird Kohärenz zur Dekohärenz.

Je größer und je heißer ein System ist, desto mehr Möglichkeiten hat es mit seiner Umgebung in Wechselwirkung zu treten und desto schneller bildet sich der beobachtbare klassische Zustand heraus: Die Interferenzen von C_{70} – Molekülen am Doppelspalt verschwinden, wenn das Molekülgas auf über $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ erhitzt wird.

Die Entstehung der Dekohärenz ist kein neuer Prozess, sondern wird vollständig durch die bekannten quantenmechanischen Regeln und Wechselwirkungen beschrieben. Damit kann die Quantenmechanik erklären, wie es zur klassischen Welt kommt. Sprachliche Konstrukte, wie Dualismus oder Komplementarität (Ort und Impuls sind zueinander

komplementäre Größen), müssen nicht länger unser Unvermögen, die Quantenwelt zu verstehen, kaschieren.

Alle Messergebnisse, Quantensprünge und Lokalisierungen sind das Ergebnis von sehr schnellen aber stetig ablaufenden Dekohärenzvorgängen. Die Reduktion der Wellenfunktion bei einem Messvorgang von einer Welle zu einer an einem Ort befindlichen Linie als eigenständiges, aber nicht erklärtes, Prinzip der Quantenmechanik ist nicht mehr nötig. Der Messprozess scheint durch die Dekohärenz erklärbar und beschreibbar zu sein. Natürlich ist, da die Dekohärenz ja eine quantenmechanische Eigenschaft ist, das Ergebnis des Messprozesses nicht vorhersagbar. Das fordert die Quantenwelt auch nicht, nur unsere klassisch geprägte Vorstellung würde das wünschen.

Nur Mikroobjekte lassen sich so gut von ihrer Umgebung isolieren, dass sie in einem kohärenten Zustand bleiben können und dabei alle bekannten Quanteneigenschaften zeigen. Die Quantenmechanik gilt natürlich auch für makroskopische Objekte. Aber je größer ein Objekt ist, desto mehr Möglichkeiten hat es, mit seiner Umgebung (und sei es mit der kosmischen Hintergrundstrahlung) in Wechselwirkung zu treten. Deswegen verlieren die möglichen Superpositionen kohärenter Wellen ihre Bedeutung und es bildet sich der beobachtete klassische Zustand.

Klassische Zustände aber sind also schon dekohärent, weitere Wechselwirkungen können ihnen nichts anhaben. Sie bilden die klassische Welt, eine Welt in der es nur tote oder lebendige Katzen gibt und keine Mischformen.

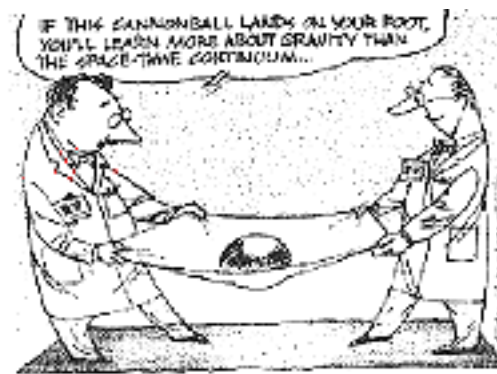
Eine Welt, die für das Erlernen unserer Sprache und Begriffe verantwortlich ist und die uns deshalb das Verstehen der Quantenwelt nicht nur unmöglich sondern auch unnötig macht!

Die Quantenwelt erklärt die klassische Welt.

Nachwort:

Es gibt eine Theorie, wonach das Universum, falls jemals jemand dahinter kommen sollte, wozu und weswegen es existiert, sofort verschwinden und durch noch etwas Bizarrerem und Unerklärliches ersetzt werden wird. Es gibt eine andere Theorie, wonach dies bereits geschehen ist.

Douglas Adams, Das Restaurant am Ende des Universums



Astronomieunterricht im Museum

Wulfried Heidrich

Anhand einiger Exponate des Kasseler Museums für Astronomie und Technikgeschichte werden Möglichkeiten zu deren Einbeziehung in den Unterricht dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß hessische Lehrpläne einen obligatorischen Astronomieunterricht nicht generell vorsehen. Probleme aus der Astronomie werden aber oft im Bereich der Physik bzw. der Mathematik thematisiert.

Ausgewählte Beispiele

Mit der Nachbildung eines Pendelversuchs nach Foucault wird die Grundlage der Erddrehung und Zeitmessung angesprochen: Das Pendel hat eine Länge von 9,5 m und eine Masse von 50 kg. Es behält seine Schwingungsrichtung bei, wie man mit einem kleinen Pendelmodell mit schwenkbarer Aufhängung zeigen kann. Dabei beschreibt das große Pendel im Laufe von 30 Stunden 45 Minuten wegen der Erddrehung einen vollständigen Kreis. (Am Pol würde das in ziemlich genau 24 Stunden geschehen.)

Ebenfalls als nachgebildetes Funktionsmodell ist eine ägyptische Wasserauslauf-Uhr aufgestellt. Ihr Inneres zeigt die Lochmarkierungen, die vom ablaufenden Wasser von oben nach unten freigegeben werden, so daß man hier nicht auf eine Sonnenuhr angewiesen ist.



Abb.1: Nachbildung einer ägyptischen Wasserauslauf-Uhr

Im gleichen Raum des Museums ist eine Zahnrad-Teilmaschine aus dem 18. Jahrhundert aufgestellt, mit deren Hilfe an einem Rohling Zahnradzähne im gleichmäßigen Abstand eingefräst werden. Dazu wird auf der großen Teilscheibe mit Lochkreisen ein Indexstift immer um die gleiche Anzahl Löcher weitergesetzt. Es wird ein Lochkreis ausgewählt, der eine ganzzahlige Teilmenge an Zähnen zuläßt, z.B. für ein Zahnrad mit 7 Zähnen ein Lochkreis mit 21 Löchern usw.

Auf der Grundlage der sehr genauen Zahnradfertigungsmöglichkeiten entstanden zur Zeit des Landgrafen Wilhelm IV von Kassel u.a. zwei technisch komplizierte Uhrwerke. Das eine ist das Planetenuhrwerk von Eberhart Baldewein, das nach dem geozentrischen System die einzelnen (damals bekannten) Planeten auf ihren scheinbaren Bahnen um die Erde mithilfe von Aufkreisen nachvollziehbare Bewegungen am Himmel ausführen läßt. Jeder

Planet befindet sich an der Peripherie des entsprechenden Epizykelscheibchens auf einem Zeigerchen und wird in einer schlitzförmigen Aussparung des großen zentralen Zeigers mitgenommen.



Abb. 2: Zahnrad-Teilmaschine mit aufgespanntem Rohling

Das zweite sehr komplexe Uhrwerk stammt von Jost Bürgi und stellt die erste sogenannte Äquationsuhr dar, die den Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit für jeden Tag des Jahres anzeigt. Diese sogenannte Zeitgleichung wird im aufklappbaren Deckel dieser Uhr angezeigt. Dazu greift in dem Planetengetriebe von einem Zahnrad aus eine kleine Kurbel in eine Aussparung des darüber liegenden Zahnrads, so daß die Bewegungsübertragung zwischen diesen beiden Zahnrädern variiert wird.



Abb. 3: Gesamtansicht des Planetenuhrwerks von Baldewein: links oben der Epizykel von Venus, darunter der von Merkur, rechts oben der vom Mars, darunter ein Astrolabium für die geographische Breite Kassels.

Über ein Scharniergetriebe überträgt das Uhrwerk im unteren Gehäuse seine Bewegung in diese Mechanismen im Deckel, auf dessen Außenseite sogar die Mondphasen mit einer kleinen mitdrehenden Mondkugel angezeigt werden. Dazu steht die Mondkugel über eine dünne Welle mit der senkrechten Welle des zentralen Zeigers in Verbindung, was einen Winkeltrieb erforderlich macht. Außerdem wird durch das Mitdrehen des Astrolabiums auf dem Deckel der Unterschied zwischen Sonntag und Sternentag deutlich.



Abb. 4: links: Deckel der Astronomischen Uhr mit Äquation von Jost Bürgi, rechts: Nocturnal (Nachtuhr)

Interessant ist noch ein kleines Schmuckstück, ein sogenanntes Nocturnal. Mit ihm kann die Uhrzeit bei klarem Sternenhimmel abgelesen werden, und zwar unter Zuhilfenahme der Sternstellung. Dazu stellt man den Hauptzacken des Zackenkranzes auf das Datum am äußeren Umfang des Nocturnals, visiert von der Aufhängung aus über die Mitte des Zeitmessers den Polarstern an und stellt den herausragenden Arm parallel zur Linie der hinteren Kastensterne des großen Wagens. Dann kann man die Nachtstunden zwischen 6 Uhr abends und 6 Uhr morgens anhand der kleinen Zacken bestimmen, indem man von rechts nach links bis hin zum herausragenden Arm die Zahl der Zacken abtastet. (Man muß also im Dunkeln nicht ablesen.)

Neben diesen Exponaten, die sich alle in Beziehung zur Zeitmessung setzen lassen und die unmittelbar auch als Beispiele für die umfangreiche Uhrenaussstellung des o.a. Museums, vielfältige Formen von Sonnenuhren, alte grobgeschmiedete Räderuhren, Kirchturmuhren u.a., zu sehen sind, gibt es einen weiteren Teil mit astronomischem Bezug, der Meß- und Beobachtungsgeräte aller Art, wie alte Fernrohre, Diopter, Jakobstab, Azimutalquadrant, Sextanten, Astrolabien, Armillarsphären u.a. enthält, und diese geben weitere zahlreiche Möglichkeiten zur Einbeziehung in den Unterricht, insbesondere im Bereich der Winkelmessung und -berechnung.

Möglichkeiten zur Einbeziehung in den Unterricht

In den Unterricht kann die Beschäftigung mit den Ausstellungsstücken des Museums v.a. vorbereitend oder nachbereitend einbezogen werden. Während der Führung sind außerdem Möglichkeiten zu Hinweisen bzw. zu Fragen gegeben, die allerdings wegen des

öffentlichen Zugangs zur Besichtigung weniger Konzentration auslösen, als die Vor- oder Nachbereitung in der Klasse, ggf. anhand von Dias oder OH-Folien.

Zum ersten Beispiel ist neben der Bestimmung der Schwingungszeit des Pendels, die abschätzend überprüft werden kann, u.a. die Erdbeschleunigung, die Trägheit, die Schwerkraft, die Eigenschaft der Schwingung und der Begriff der Relativbewegung zu thematisieren.

Die folgenden Aufgaben bieten sich an:

- Wie lange dauert eine vollständige Pendelschwingung des 9,5 m langen Kasseler Pendels? ($T = 2\pi \sqrt{l/g}$): (6,18 s)
- Welche Konstante könnte man überprüfen, wenn man die Schwingungsdauer extrem genau messen könnte? (Erdbeschleunigung g)

Im zweiten Beispiel sind physikalische Einflüsse auf den Strömungsvorgang zu untersuchen, da sie über die Genauigkeit der Zeitmessung entscheiden. Zwar war die Genauigkeit der Wasserauslauf-Uhren ohnehin noch nicht groß im Altertum. V.a. der von der Höhe abhängige Wasserdruck war zu berücksichtigen. Daneben beeinflussen z.B. Luftdruck, Flüssigkeitsreibung in der Auslaufdüse und Wärmedehnung die Auslaufzeit. Ein Aufgabenbeispiel kann sich mit dem Wasserdruck befassen:

Wie würde sich der Wasserdruck im Modell der ägyptischen Wasserauslauf-Uhr verändern, wenn sie ein Hohlzylinder mit 70 cm Innendurchmesser wäre und die Höhe des Wasserspiegels von 40 cm auf 10 cm abnähme? ($p = m h g$) (um 0,03 bar = 3 kPa;)

Im dritten Beispiel interessiert praktisch die Auswahl der Lochkreise sowie die Lochzahl für eine bestimmte Teilung. Außerdem sind an dem einfachen Übersetzungsverhältnis zwischen dem durch Kurbel betätigten Zahnrad und dem davon angetriebenen Zahnrad für den Fräser der Zahnabstände, die Zähnezahlen dieser beiden Räder auszuzählen.

Aufgaben zu den Lochkreisen lauten z.B.:

- Welche Zähnezahlen kann man mit Hilfe der folgenden Lochkreise fräsen?
84 (4;12;21;42;84); 125(5;25;125); 78(3;6;13;39;78); 102(3;6;17;51;102) 92 (4;23;46;92)
- Ein Zahnrad soll 29 Zähne bekommen. Schlagen Sie einen Lochkreis vor!
(z.B. 29;58;87;116)
- Welcher Lochabstand ist zu wählen, wenn mit einem Lochkreis von 93 Löchern ein Zahnrad mit 31 Zähnen gefräst werden soll? (3 Löcher, jedes dritte Loch)

Das vierte Beispiel des Planeten-Uhrwerks regt dazu an, einmal das Prinzip der Schleifenbildung bei den Planetenbahnen nach dem geozentrischen und dem heliozentrischen System zu vergleichen.

Erklären Sie die Begriffe *Rechtläufigkeit* und *Rückläufigkeit* eines Planeten. Versuchen Sie, diese Vorgänge mit der Bewegung von Kraftfahrzeugen im Kreisverkehr zu vergleichen. (Rechtläufigkeit: Bewegung der Planeten im Verlaufe einiger Nächte von West nach Ost; Rückläufigkeit: scheinbare Bewegung von Ost nach West. Fahrzeugbewegungen

im Kreisverkehr werden bei Beginn des Überholvorgangs quasi gegenüber ihrem Hintergrund als rechtläufig wahrgenommen, nach Abschluß des Überholvorgangs als rückläufig.)

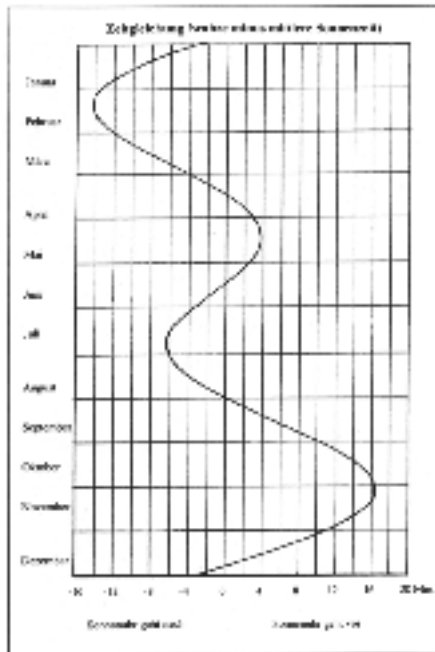


Abb. 6 Zeitgleichung

Mit dem Beispiel der Äquationsuhr läßt sich der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit thematisieren. Als Vergleichsinstrument dient eine Sonnenuhr, welche die wahre Sonnenzeit wiedergibt. Dieser Vergleich wird als sogenannte Zeitgleichung auch in der Form eines Diagramms dargestellt, wobei das Zeichen Plus bedeutet, daß die Sonnenuhr vorgeht und Minus, daß sie nachgeht:

- a) Vergleichen Sie zu unterschiedlichen Jahreszeiten die Zeitangaben einer Sonnenuhr mit denen einer Zeitanzeige.
- b) Bestimmen Sie aus dem abgebildeten Diagramm die Daten für die größten und die kleinsten Abweichungen der wahren von der mittleren Sonnenzeit! (Maxima: 12.2., -13 Min; 15.5., +4 Min; 27.7., -7 Min.; 4.11., +17 Min. Minima = 0: 16.4.; 15.6.; 2.10.; 26.12.)

Das letzte Auswahlbeispiel, das Nocturnal, zeigt die Bewegungen des grossen Wagens im Laufe der Nacht und von Monaten um den Polarstern, also die Veränderungen des Sternhimmels im Laufe eines Jahres. Aber das Ablesen selbst muß zunächst ausprobiert werden:

Bestimmen Sie anhand der Abbildung den Monat sowie die angezeigte nächtliche Stunde! Hinweis: Die Monatsnamen sind am äußeren Umfang mit ihren Anfangsbuchstaben angegeben, und der herausragende Zacken zeigt das Datum. (Anfang April, 22 Uhr)

Erfahrungen mit dem Schülerverhalten bei der Besichtigung der Exponate

Allgemein läßt sich festhalten, daß Schülergruppen, z.B. bei einer Abschlußveranstaltung nach Absolvierung der Prüfungen, von den gezeigten Exponaten und ihrer Zusammenstellung überwiegend beeindruckt waren und daß die Schüler den Erklärungen, die während der Führung gegeben wurden, allgemein aufmerksam folgten, obwohl die Fülle der Exponate auf einige wenige Teilnehmer ablenkend wirkte.

Prof. Dr. Ludolf von Mackensen, der Gründungsleiter des Museums für Astronomie und Technikgeschichte, der auch einen Lehrauftrag an der Kasseler Universität wahrnimmt, hat hier jedenfalls seine lebendige historisch-didaktische Konzeption eines gefälligen, zur astronomischen bzw. technischen Bildung anregenden Museums weitgehend verwirklicht.

Einladung zur 23. Planeten- und Kometentagung in Violau

Die 23. Planeten- und Kometentagung findet vom 28. Mai 2004 bis zum 01. Juni 2004 im Bruder-Klaus-Heim in Violau bei Augsburg statt. Geboten werden Workshops zu fast allen Bereichen der Planeten- und Kometenbeobachtung, Referate von Amateuren sowie voraussichtlich zwei fachspezifische Vorträge.

Da bei dieser Tagung alle Teilnehmer unter einem Dach untergebracht werden, gibt es somit vielfältige Möglichkeiten zum gegenseitigen Kennenlernen, zum Erfahrungsaustausch und bei zum gemeinsamen Beobachten auf der dem Heim angeschlossenen Sternwarte.

Der Gesamtpreis inklusive Vollverpflegung und Unterbringung in Mehrbettzimmern liegt bei etwa 130 Euro. (Einzelzimmer sind ca. 30 Euro teurer.)

Ihre Anmeldung senden Sie bitte bis zum 30. April 2004 an Wolfgang Meyer, Martinstr. 1, 12167 Berlin. Anmeldungen können nur nach einer Anzahlung von 50 Euro auf das Konto des Arbeitskreises Planetenbeobachter (Postbank NL Berlin Kto 481488-109, BLZ 100 100 10, Kontoinhaber W. Meyer) berücksichtigt werden. Wegen des zu erwartenden großen Interesses sind wir leider gezwungen, die Teilnehmerzahl zu begrenzen. - Anmeldungen also, die nach Erreichen der Kapazität des Bruder-Klaus-Heimes eintreffen, können leider nicht berücksichtigt werden.

Vorschläge zu Referaten sind ebenfalls willkommen. Bitte richten Sie auch diese an die obengenannte Adresse.

Anmeldeformulare können unter o.g. Adresse angefordert werden oder unter <http://violau.iscool.de> heruntergeladen werden. Unter dieser Adresse sind ebenso aktuelle Informationen und das Tagungsprogramm - soweit vorhanden - abrufbar.

Beobachtungshinweise

von Christian Hendrich

17.1.2004	10 Uhr MEZ	Merkur in größter östlicher Elongation (23,9 Grad)
18.1.2004		Delta-Cancriden Maximum (sichtbar 1.-24.1., ZHR ca. 4 (schwach), V=30km/s (langsamt))
24.1.2004	19:30 MEZ	Mond 3,9 Grad südlich von Venus
27.1.2004	23:30 MEZ	Mond 5 Grad südlich von Mars
2.2.2004	10 Uhr MEZ	Neptun in Konjunktion (nach TYPE um 4 Uhr MEZ)
3.2.2004	5 Uhr MEZ	Mond 3,9 Grad nördlich von Saturn
4.2.2004		Ulysses in Perijovium
6.2.2004	7 Uhr MEZ	Merkur im Aphel (Sonnenfeme, Abstand Sonne-Merkur 0,47 AE)
6.-9.2.2004		Alpha-Aurigiden sichtbar (schwach, langsam)
8.2.2004	20 Uhr MEZ	Mond 3,5 Grad nördlich von Jupiter
12.2.2004	22 Uhr MEZ	C/2002 T7 (LINEAR) passiert gamma Pegasi in 0,45 Grad Abstand (C/2002 T7 ca. 6m8)
23.2.2004	21 Uhr MEZ	Mond 3,6 Grad südlich von Venus
22.2.2004	3 Uhr MEZ	Uranus in Konjunktion (nach TYPE um 11 Uhr MEZ)
25.2.2004		Delta-Leoniden Maximum (sichtbar 15. Februar - 10. März, schwach, langsam)
25.2.2004	23 Uhr MEZ	Mond 3,1 Grad südlich von Mars
4.3.2004	2 Uhr MEZ	Merkur in oberer Konjunktion mit der Sonne
4.3.2004	6 Uhr MEZ	Jupiter in Opposition
6.3.2004	19 Uhr MEZ	Mond 2,7 Grad nördlich von Jupiter
7.3.2004	16 Uhr MEZ	Saturn im Stillstand, danach rechtläufig
11.3.2004	17 Uhr MEZ	Asteroid 7 Iris in Opposition (9m0 in Leo)
13.3.2004	18 Uhr MEZ	Asteroid 8 Flora in Konjunktion
20.3.2004	7:49 MEZ	Sonne im Frühlingspunkt, Tag- und Nachtgleiche, Frühlingsanfang
20.3.2004	22 Uhr MEZ	Mars 3,1 Grad südlich der Plejaden
21.3.2004	7 Uhr MEZ	Merkur im Perihel (Sonnennähe, Abstand Merkur-Sonne 0,31 AE)
21.3.2004	23 Uhr MEZ	Venus im Perihel (Sonnennähe, Abstand Venus-Sonne 0,72 AE)
22.3.2004	19 Uhr MEZ	Mond 5,1 Grad nördlich von Merkur (18,9 Grad)
24.3.2004	22 Uhr MEZ	Mond 3 Grad südlich von Venus
25.3.2004	0 Uhr MEZ	Pluto im Stillstand, danach rückläufig
25.3.2004	23:30 MEZ	Mond 1,2 Grad südlich von Mars (Bedeckung unterhalb des Horizonts um 2 Uhr MEZ)
28.3.2004	2 Uhr MEZ	2 Uhr MEZ = 3 Uhr MESZ, voraussichtl. Beginn der Sommerzeit
28.3.2004	22 Uhr MEZ	Mond 4,2 Grad nördlich von Saturn
29.3.2004	13 Uhr MEZ	Merkur in größter östlicher Elongation (18,9 Grad)
29.3.2004	16 Uhr MEZ	Venus in größter östlicher Elongation (46 Grad)
2.4.2004	23 Uhr MEZ	Mond 2,5 Grad nördlich von Jupiter
3.4.2004	22 Uhr MEZ	Venus 0,7 Grad südlich der Plejaden
6.4.2004	22 Uhr MEZ	Merkur im Stillstand, danach rückläufig
14.4.2004	16 Uhr MEZ	Asteroid (12) Victoria in Konjunktion
17.4.2004	2 Uhr MEZ	Merkur in unterer Konjunktion
19.4.2004	15 Uhr MEZ	Partielle Sonnenfinsternis (nicht sichtbar in Mitteleuropa)
21.4.2004		Kometen Maximum (sichtbar 15.-23. April mit 10<ZHR<20 bei v=50km/s)
23.4.2004	2:50 MEZ	Lyonet C/2002 T7 (LINEAR) im Perihel (Sonnennähe)
23.4.2004	23 Uhr MEZ	Mond 5,1 Grad östlich von Venus und 1,6 Grad nördlich von Mars
25.4.2004	22 Uhr MEZ	Venus 5,6 Grad westlich von Mars
25.4.2004	23 Uhr MEZ	Asteroid (5) Astraea in Opposition (9m8 in Virgo)

Zur näheren Information schauen Sie bitte im Internet auf der Seite von Jens Dengler (<http://me.in-berlin.de/~jd>), der eine sehr gute und detaillierte Internetseite über den aktuellen Sternenhimmel in Berlin betreibt.

Quellen: <http://me.in-berlin.de/~jd/himmel> • H.-U. Keller (Hrsg.): Das Kosmos Himmelsjahr, Franck-Kosmos-Verlag • Ron Baalke (Hrsg.): Space Calendar, NASA/JPL, <http://www.jpl.nasa.gov/calendar/> • Fred Espenak (Hrsg.), "Twelve Year Planetary Ephemeris (TYPE)", NASA/GSFC, <http://lep694.gsfc.nasa.gov/code693/TYPE/TYPE.html>

Pressespiegel

von Friedrich Baum

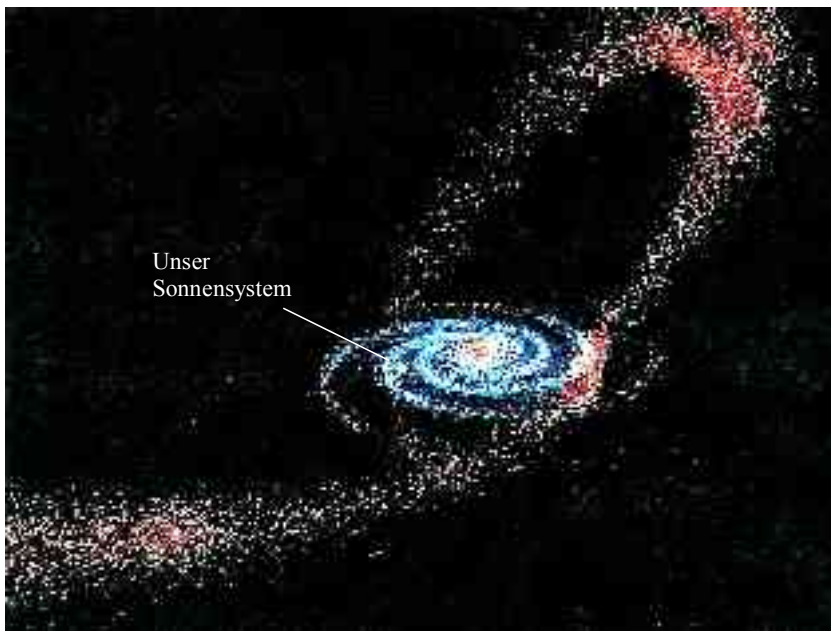
Ein Opfer der gefräßigen Milchstraße

Große Galaxien im Universum neigen zu "Kanibalismus": Sagittarius-System im Schwerefeld aufgelöst.

Die Galaxien im Universum scheinen allein schon wegen ihrer schieren Größe recht beständige Gebilde zu sein. Die Astronomen haben indes herausgefunden, daß diese Vorstellung zu stark vereinfacht ist. Die großen Teleskope lassen zum Beispiel Galaxien erkennen, die sich gegenseitig durchdringen oder von denen eine die andere schluckt. Auch unsere Milchstraße gehört zu diesen "Kannibalen". Sie verleibt sich gerade eine benachbarte Zwerggalaxie ein. Wie sich dieser Vorgang abspielt, hat jetzt eine von Astronomen der University of Virginia in Charlottesville und der University of Massachusetts ausgeführte Untersuchung gezeigt. Die Milchstraße ist das größte Sternsystem der sogenannten Lokalen Galaxiengruppe, in der außerdem vor allem der Andromedanebel bemerkenswert ist. Es gehören aber mehr als zwei Dutzend weitere Sternsysteme hinzu, von denen die meisten wesentlich kleiner sind und viele noch nicht einmal eine geordnete Struktur aufweisen. Diese lassen sich, vor allem wenn sie von der Milchstraße nicht weit entfernt sind, nur schwer aufspüren. Ihre Sterne sind dann nämlich am Himmel weit verteilt, so daß die Zusammengehörigkeit kaum noch zu erkennen ist. Außerdem sind einige Systeme, die sich ungefähr in der Ebene der Milchstraßenscheibe befinden, infolge des interstellaren Staubes dem Blick entzogen. Erst 1994 haben britische Astronomen im Sternbild Sagittarius eine Zwerggalaxie entdeckt, die auch nach diesem Sternbild benannt wurde. Sie ist nur 75 000 Lichtjahre von der Sonne und 50000 Lichtjahre vom Zentrum der Milchstraße entfernt, was im Vergleich zu der Distanz von etwa 2,3 Millionen Lichtjahren, in der sich der Andromedanebel befindet, ausgesprochen wenig ist. Von allen Sternsystemen befindet sich die Sagittarius-Galaxie unserer Galaxis sogar am nächsten. In den folgenden Jahren haben die Astronomen über das System erstaunliche Erkenntnisse gewonnen. Die Sternpopulationen der Sagittarius-Galaxie und des Andromedanebels sind ihnen zufolge einander so ähnlich, als seien die beiden Sternsysteme zusammen entstanden. Darüber hinaus gehören zu der Zwerggalaxie vorher unbemerkt gebliebene "Ausleger", die sogleich vermuten ließen, daß das System vom Schwerefeld der mächtigen Milchstraße, die ungefähr zehntausend mal soviel Masse enthält, aufgelöst worden ist. Wie die Astronomen festgestellt haben, kommen in der Zwerggalaxie Sterne eines bestimmten Typs - sogenannte M-Riesen -, die in der Milchstraße verhältnismäßig selten sind, in recht großen Mengen vor. Deshalb haben Forscher um Steven Majewski von der University of Virginia in den Daten des "Two-Micron All Sky Survey", einer Himmelsdurchmusterung im infraroten Spektralbereich, nach M-Riesen gesucht. Unter etwa einer Milliarde Sternen haben sich einige tausend gefunden, und deren Verteilung ließ plötzlich die tatsächliche "Form" des Sagittarius-Systems erkennen. Die Sterne dieser Zwerggalaxie bilden gleichsam einen Reif, der die Milchstraße umgibt. Einige der Objekte bewegen sich sogar direkt durch die Galaxis. Die Verteilung der Sterne läßt sich recht gut mit einem einfachen Modell erklären. Demzufolge ist die Zwerggalaxie vor etwa zwei Milliarden Jahren, als ihre Sterne noch beieinander standen, außerordentlich nahe an die Milchstraße herangekommen. Diese hat dabei daß Schwerefeld des kleinen Begleiters kräftig gestört. Dessen Sterne haben ihren

gegenseitigen Halt verloren und sich nach und nach entlang der Bahn des Systems um die Milchstraße verteilt. Nach Meinung der Astronomen befindet sich die Sagittarius-Galaxie "kurz" vor ihrer vollständigen Auflösung. Die beiden Regionen, in denen Sterne des Sagittarius-Systems die Milchstraße durchdringen, sind im Verhältnis zur Sonne nicht fixiert, sondern wandern gleichsam um das Zentrum der Galaxis. Das liegt daran, daß die Milchstraße rotiert. Sie dreht sich in ungefähr 240 Millionen Jahren einmal um ihre Achse. In diesem Zeitraum kommt das Sonnensystem deshalb zweimal den Sternen der Sagittarius-Galaxie nahe, wie die Forscher in einem Artikel für das "Astrophysical Journal" berichten, der im Dezember erscheinen soll. Mit einer solch engen Nachbarschaft hatten die Astronomen nicht gerechnet. Die Verteilung der Sterne des Sagittarius-Systems gibt den Forschern auch Auskunft über die Verteilung der Dunkelmaterie in der Milchstraße, also der Materie, die sich mit Fernrohren nicht beobachten läßt. Es ist eine weitere Überraschung, daß diese dunkle Materie offenbar einen ungefähr kugelförmigen Raum ausfüllt. Ob etwas Ähnliches auch für andere Galaxien gilt, ist derzeit noch ungeklärt.

FAZ GÜNTER FAUL



Die Sterne der Sagittarius-Galaxie haben eine Art Reif um die Milchstraße gebildet

Einladung zum Workshop: Evolutionäre Systeme

Kosmos, Zellulare Automaten, Zellulare Neuronale Netze,
Leben und Bewusstsein

Klaus-Peter Haupt

Jeder hat schon das Spiel des Lebens auf einem Computer oder einem Handheld gespielt und sich über die vielen Strukturen gewundert, die dabei entstehen.

Die Theorie zellulärer Automaten kann nicht nur zum Spielen Verwendung finden, sie beschreibt viele dynamische Prozesse in der Natur. Sie liefert ein Modell für den Entropiesatz der Thermodynamik und damit für die kosmische Evolution. Die Entwicklung der Muster eines zellulären Automaten entspricht dem berühmten Anhaltproblem einer Turing-Maschine, bei der es um die prinzipielle Berechenbarkeit von Systemen geht. Die Turing-Maschine ist der logische Prototyp eines Computers, sie kann durch einfache Anweisungen, z.B. dem Stellen von Weichen bei einer Modelleisenbahn realisiert werden.

Zellulare Automaten können nicht berechenbare komplexe Muster erzeugen, so wie sie im Inneren eines expandierenden Universums entstehen.

Erkenntnisse über die Entwicklung von Netzwerken, von chaotischen Systemen und Fraktalen und über den Wechsel von Chaos und Ordnung in dynamischen Systemen fließen in die Theorie zellulärer Automaten ein, die ein erweitertes Verständnis der kosmischen Evolution, der Strukturbildung von Galaxien und der biologischen Evolution ermöglicht. Darf oder muss sogar der Mensch seine eigene genetische Entwicklung steuern? Die Möglichkeiten der AL (Artificial Life) – Forschung und die Ethik des neuen Bildes vom Menschen erscheinen bei der Diskussion evolutionärer Systeme in neuem Licht.

Fachübergreifend zu Informatik, Kosmologie, Physik, Philosophie, Mathematik, Chaostheorie, Netzwerktheorie und Biologie wollen wir in diesem Workshop in landschaftlich reizvoller, abenteuerlicher Umgebung den Versuch wagen, mit den aktuellen Kenntnissen der Wissenschaft einen Blick auf das Ganze und eine mögliche zukünftige Entwicklung zu werfen. Ermöglicht die Theorie zellulärer Automaten grundlegende ontologische Fragen zu beantworten? Ist der Kosmos ein Computer? Oder entdecken wir nur einen möglichen Mechanismus, der skalenfrei in allen Bereichen der kosmischen Evolution wirkt und strukturbildend ist?

Teilnehmer/innen

- Mitglieder des Astronomischen Arbeitskreises Kassel e.V.
- Schüler/innen der Jugendakademie Nordhessen ab der Klasse 9
- Schüler/innen der Albert-Schweitzer-Schule ab Klasse 9
- Alle Menschen, die bereit sind, eigenständig und fachübergreifend an eigene Grenzen zu gehen und diese zu überschreiten, unabhängig vom Alter.

Termin

Der Workshop findet am verlängerten Pfingstwochenende 2004 statt.

Abfahrt Donnerstag, 27.5., 12.00 Uhr, ASS

Rückkehr Montag, 31.5. gegen 20.00 Uhr, ASS

Ort

Haus Sonnenfels in Lichtenstein, Schwäbische Alb, südlich von Reutlingen
Das am Waldrand stehende Haus besitzt 42 Betten in 2-, 3-, 4-, 5- und 6- Bett-Zimmern, Liegewiese, Grillplatz, Fußballplatz, Volleyballfeld, drei Seminarräume, Tischtennisraum, es ist in der Nachbarschaft zahlreicher Schauhöhlen, mitten in einer beeindruckenden Karstlandschaft

Veranstalter

Astronomischer Arbeitskreis Kassel, Kinder- und Jugendakademie, Albert-Schweitzer-Schule

Kosten

195,- Euro für Fahrt, Vollpension und Programm

Programm

In Arbeitsgruppen beschäftigen sich die Teilnehmer/innen mit einzelnen Aspekten evolutionärer Systeme. In ständigen Plenumsdiskussionen und Gruppenpuzzle werden Gedanken zu Leitfragen, Ergebnissen und weiteren Arbeitsprozessen organisiert.

Durch die Organisationsstruktur können die Teilnehmer/innen an verschiedenen AGs mitarbeiten und erhalten auch Rückmeldungen und Informationen aus allen AGs. Durch den Einsatz von Netzwerkeffekten und Selbstorganisation soll im Laufe der Tage der gesamte Problembereich erfasst und verarbeitet werden.

Neben dem Leiter des Workshops werden noch verschiedene Teamer den Arbeitsgruppen helfen.

Material, Laptops aber auch elektronische Bauteile werden organisiert bzw. mitgebracht.

Die Arbeit findet mit Unterbrechungen und Pausen ganztägig statt.

Ergänzende Abendveranstaltungen, Filmabende, astronomische Beobachtungsmöglichkeiten, aber auch ein Nachmittagsausflug mit der Möglichkeit eine naturbelassene Höhle zu befahren, werden durchgeführt.

Eröffnungsabend

Donnerstag, 27. Mai, 19.00 Uhr Vortrag und Diskussion:

Natürliche und künstliche Intelligenz: Grundlagen intelligenter Systeme

Referent: Prof.Dr. Klaus Mainzer, Lehrstuhl für Philosophie und Wissenschaftstheorie, Institut für interdisziplinäre Informatik, Universität Augsburg

Arbeitsgruppen

Die Teilnehmer/innen arbeiten an einer AG mit, erhalten Material und widmen sich einem Schwerpunkt eigener Wahl, der durch die Vernetzung mit den anderen Gruppen variiert werden kann.

- AG Leben und genetische Evolution:

Definition lebender Systeme nach Deutsch, Smolin, Singer; Mechanismen genetischer Evolution, Der Genzustand des Menschen als Attraktor im Phasenraum des Genpools, Evolutionsstrategien

Mögliches Projekt: Informationen und Bewertungen zu Evolutionsmechanismen

- AG Populationsdynamik

Feigenbaumdiagramm, Übergang zwischen Ordnung und Chaos, Attraktoren
 Mögliches Projekt: Berechnungen und Simulation der Populationsdynamik nach der logistischen Gleichung, Phasenraummessungen am Pohlschen Resonator, Arbeit mit Simulationsprogrammen zur Chaosphysik

- AG Kosmische Evolution

Urknallmodell, Elementsynthese, Sternentwicklung, Feinabstimmung der Naturkonstanten, Entwicklung von Eigenschaften, Das Viel-Welten-Modell, Die Rolle der Dunklen Materie
 Mögliches Projekt: Schaubild der kosmischen Evolution vom Urknall bis heute unter Berücksichtigung der Feinabstimmung

- AG Law of Forms (Spencer-Brown)

Digitalisierung und Unterscheidungsprozeduren
 Mögliches Projekt: Symbolische Erfassung von Unterscheidungs- und Evolutionsprozessen

- AG Evolution von Netzwerken

Aufbau und Entwicklung skalenfreier Netzwerke, Barabasi-Albert-Modell, preferential attachment, fitness
 Mögliches Projekt: Simulation und Erfassung der Evolution eines skalenfreien Netzwerkes

- AG Genetische Algorithmen

Aufbau eines NK-Zufallsnetzwerkes mit ODER-Gattern, Mutationsuntersuchungen, Optimierungsprozesse, Netzwerkmodelle, Travelling – Salesman – Problem, Approximation von Funktionen, Programmentwicklung in LISP und PROLOG
 Mögliche Projekte: a) Hardware Realisation eines NK-Zufallsnetzwerkes mit ODER-Gattern, b) Travelling –Salesman –Problem: Manuelle Lösung mit genetischem Algorithmus, c) Travelling-Salesman-Problem: Computersimulation

- AG Zellulare Automaten

Spiel des Lebens, Codierungen zellulärer Automaten, Klassen zellulärer Automaten, Kosmische Expansion und Verzweigung zellulärer Automaten, Viel-Welten-Automaten, Pascalsches Dreieck, Lindemeyer-Systeme, Strukturbildung in Galaxien und Galaxienhaufen
 Mögliche Projekte: a) Darstellung der Klassifizierung zellulärer Automaten, b) Spiel des Lebens, c) Strukturerzeugung durch L-Systeme (Simulation und manuell)

- AG Künstliches Leben und Künstliche Intelligenz

Eingriff des Menschen in die Evolution, technische Möglichkeiten, Der Turing-Test und das Chinesische Zimmer, Computernetze und virtuelle Realität, Berechenbarkeit und Turing-Maschinen
 Mögliches Projekt: Modellentwicklung und Simulation einer Turing-Maschine

- AG Geistige Evolution

Neuronale Netzwerke, Erlernen von Bewusstsein, Bewusstseinszustände

Mögliche Projekte: a) Entwicklung von Bewusstseinszuständen, b) Berechnung neuronaler Netzwerke, c) Training eines neuronalen Netzwerkes mit genetischen Algorithmen

- AG Philosophie

Ethische Probleme der AI-Forschung, Der Mensch steuert seine eigene genetische Entwicklung, Computerphilosophie, Das neue Bild vom Menschen, Selektion, Elitebildung

Mögliches Projekt: Aufstellen von moralischen Regeln, die das neue Bild vom Menschen berücksichtigen

Beginn des Workshops mit dem Abendessen am Donnerstag und einer anschließenden Einführungsveranstaltung. Abschluß des Workshops mit dem Mittagessen am Montag.

Vorläufiges Programm

(V: Vormittag, Beginn um 9.00 Uhr/ N: Nachmittag / A: Abend)

Frühstück: 7.30 Uhr, Mittagessen: 13.00 Uhr

Abendessen: 18.00 Uhr, Nachtruhe: 24.00 Uhr

Donnerstag:

Hinfahrt und Abendveranstaltung mit

Prof. Dr. K. Mainzer

Freitag:

V: Einführung, Vorstellung der

Arbeitsgruppen (KP Haupt)

Gruppeneinwahl

Gruppensitzung 1

N: Gruppensitzung 2

A: Jahrmarkt der Ideen

Film: A.I.: Computer.Gehirn

Samstag:

V: Gruppensitzung 3

N: Ausflug

A: Filmabend Der 200-Jahre-Mann, USA 1999,
mit Robin Williams

Sonntag:

V: Gruppensitzung 4

Gruppenpuzzle

N: Gruppensitzung 5

A: SpaceTower (Die Evolution des Gruppenchaos, am eigenen Leib gespürt)

Montag:

V: Gruppensitzung 6 (Vorbereitung der Präsentation)

Gruppenpräsentationen

Abschlussdiskussion

Rückfahrt



Maximal 40 Personen können mitfahren.

Eine geringe Anzahl von Personen kann für 175,-Euro am Workshop mit Ausflug und täglichem Mittag- und Abendessen teilnehmen und in einem Hotel oder Pension in Lichtenstein auf eigene Kosten übernachten und frühstücken. Dies muss mit dem Leiter des Workshops bei der Anmeldung abgesprochen werden.

Der Programmablauf wird noch mit den Teilnehmern in den Monaten vorher organisatorisch und thematisch abgesprochen und variiert.

Zur Vorbereitung finden die folgenden beiden Vorträge von K.-P.Haupt in der Albert-Schweitzer-Schule, Neubau, Eingang Parkstr., statt:

Fr, 23.1.04, 18.00 Uhr Evolutionäre Systeme

Fr, 26.3.04, 18.00 Uhr ComputerPhilosophie

Anmeldung

Anmeldestart ab sofort freitags in der ASS oder über KP Haupt, Wilhelmshöher Allee 300a 34131 Kassel, Tel.0561-311116 oder 01772486810. Hier kann ein Anmeldeformular angefordert werden.

Mars macht mobil

Christian Hendrich

Das Jahr des Mars war 2003: Die Marsopposition und neue Techniken ermöglichte selbst Amateuren das Anfertigen von hochwertigen Marsbildern (siehe Artikel von R. Hedewig in diesem Heft). Aber: Das Jahr des Mars wird auch 2004! Denn: Erinnern Sie sich in an den Medientrübels nach der Landung von Pathfinder im Juli 1997? Auch im Frühjahr 2004 werden die Marsmobile wieder furore machen. Folgende Missionen sind im Gange:

- Mars Exploration Rovers: Nachfolger der Pathfinder Mission 1997, zwei Marsmobile, genannt Spirit und Opportunity, die größer und leistungsfähiger als ihre Vorgänger sind, starteten am 10.06. und 07.07.2003. Spirit ist, wenn Sie diese Zeilen lesen, hoffentlich bereits im Krater Gusev gelandet (Termin: 04.01.2004). Opportunity wird am 25.01.2004 in der Meridiani-Region niedergehen. Ziel der Missionen ist die Suche nach Leben und nach Wasser. Geplante Lebensdauer: 90 Marstage, geplanter Aktionsradius 100m, Gewicht je 180 kg. Aus Mainz an Bord: zwei spezielle Spektrometer
- Mars Express: Erste Mission der ESA zum Mars. Gestartet: 2.6.2003 von Baikonur. Besteht aus Orbiter und Landeeinheit (Beagle 2). Der Orbiter soll die Marsoberfläche in Stereo und Farbe kartieren. Mit einem Radargeräte kann die Oberfläche bis in eine Tiefe von 5 km untersucht werden. Lebensdauer des Orbiters: 4 Jahre. Die Landeeinheit Beagle sollte am 25.12.2003 im Einschlagsbecken Isidis landen, bis jetzt fehlt allerdings jede Spur von ihr. Sie wiegt 60 kg und sollte den Boden auf Vulkanismus und Wasser untersuchen. Ein Großteil der Experimente wurde in Deutschland entwickelt.

Also werden Anfang Februar drei Marssonden gleichzeitig auf der Marsoberfläche sein!

Literatur: Phys. in unserer Zeit (6) 34, 264 (2003) · http://physicsnet.asn-graz.ac.at/astro/themen_mars.htm · <http://www.dlr.de/dlr/Raumfahrt/Missionen> · <http://mars.jpl.nasa.gov/missions/present>

Vorträge und Veranstaltungen

Januar bis April 2004

Alle Veranstaltungen finden, wenn nicht anders angegeben, in der Albert-Schweitzer-Schule, Kassel im Neubau (Eingang Parkstr.) statt.

Fr, 16.1.04, 18.30 Uhr Mitgliederversammlung

Fr, 23.1.04, 18.00 Uhr Vortrag

Evolutionäre Systeme

Referent: K.-P.Haupt

Obwohl noch immer manche Glaubensgemeinschaften den unsinnigen Kampf gegen die Vorstellung einer biologischen Evolution fortführen, hat sich gezeigt, dass die Mechanismen biologischer Evolution grundlegende kosmische Prinzipien sind, die inzwischen auch bei der Entwicklung von Software und der Lösung von algebraischen Problemen angewandt werden. Evolutionäre Systeme bestimmen die Entwicklungen in Informatik, Technik, Kosmologie und natürlich immer noch in der Biologie, unser Kosmos ist ein evolutionäres System. Der Vortrag liefert auch einen Überblick über die Thematik unseres PfingstWorkshops.

Fr, 30.1.04.,18.00 Uhr Vortragsreihe

Elementarteilchen-Astrophysik I:

Elementarteilchen und Kräfte, Kosmische Strahlung

Referent: K.-P.Haupt

Die Erforschungen von Mikro- und Makrokosmos sind immer mehr vernetzt. Die Entstehung und Entwicklung des Kosmos können wir nur noch mit Hilfe der Elementarteilchenphysik verstehen und kosmologische Beobachtungen weisen der Erforschung des Mikrokosmos sinnvolle Wege.

Nach einem Überblick über das Standardmodell der Elementarteilchenphysik soll die Herkunft und Wirkung der primären kosmischen Strahlung vorgestellt werden. Sie erzeugt in den oberen Atmosphärenschichten die sekundäre kosmische Strahlung, deren Müonenkomponente wir u.a. mit dem Experiment "KamioKanne" nachgewiesen haben.

Fr, 6.2.04., 18.00 Uhr Vortragsreihe

Elementarteilchen-Astrophysik II:
Film "Gran Sasso: Labor im Untergrund"
Neutrinos von Sonne und Supernovae
Referent: K.-P.Haupt

Im Herbst 2003 konnte der Referent die Arbeit der Wissenschaftler im größten Untergrundlabor Europas im Gran Sasso Massiv nördlich von Rom beobachten. Darüber berichtet der Film.

Dann werden die Eigenschaften der Neutrinos vorgestellt, von denen man erst jetzt sicher weiß, dass sie eine Ruhemasse haben und zwischen drei verschiedenen Zuständen oszillieren können. Dies löst u.a. das jahrzehntelange Sonnen-Neutrino-Problem. Neutrinos sind aber auch verantwortlich für die Explosion massereicher Sterne und damit für die Entstehung der Elemente.

Fr, 13.2.04, 18.00 Uhr Vortragsreihe

Elementarteilchen-Astrophysik III:
Entstehung der Elemente und Dunkle Materie
Referent: K.-P.Haupt

Wie sind die leichten Elemente unmittelbar nach dem Urknall entstanden und warum können alle anderen Elemente nur im Inneren von Sternen erzeugt werden? Die Dunkle Materie sorgt für eine rasche Sternbildung im frühen Kosmos und damit für eine effektive Elementerzeugung. Im Gran Sasso Labor ist im letzten Sommer ihr Nachweis durch das Experiment "Dark Matter" gelungen.

Fr, 20.2.04, 18.00 Uhr Vortrag

Venustransit I
Referent: K.-P.Haupt

Zuerst erfahren wir etwas über den physikalischen Zustand der Venus. Dann beschäftigen wir uns mit der scheinbaren Bewegung der Planeten und der Entstehung von Transitserscheinungen, auch bei extrasolaren Planetensystemen.

Wie kann man mit Hilfe des Venustransits die Entfernung Erde-Sonne bestimmen?

Fr, 27.2.04, 18.00 Uhr Vortrag

Venustransit II
Referent: K.-P.Haupt

Es soll gezeigt werden, wie aus der Beobachtung der Venusposition vor der Sonne von zwei verschiedenen Beobachtungsorten und einer erfolgten Vermessung der Erde sich die Entfernung Erde-Sonne bestimmen lässt. Zum Vergleich werden auch andere Verfahren zur Bestimmung der Astronomischen Einheit vorgestellt.

Fr, 5.3.04, 18.00 Uhr Vortrag

Erinnern im alten Ägypten

Referentin: Roxane Kieselbach

Die moderne Kognitionsforschung zeigt uns, welche funktionalen Abläufe beim Erinnern im Gehirn stattfinden. Der Vortrag zeigt exemplarisch die Bedeutung moderner neurologischer Erkenntnisse in der Geschichtswissenschaft am Beispiel verschiedener Formen der Erinnerung, wie sie in den Texten des alten Ägyptens vorkommen.

Fr, 12.3.04, 18.00 Uhr Vortrag mit Dias

Natur und Kultur in Nepal: von Kathmandu zum Annapurna-Basislager

Referent: Prof.Dr.R.Hedewig

Das Hindu Königreich Nepal fasziniert durch seine Himalayagipfel und seine durch Hinduismus und Buddhismus geprägte Kultur, die sich in kunstvoll gestalteten Tempeln und Festen zeigt. Nepal gehört zu den ärmsten Ländern der Welt und ist nur durch wenige Straßen erschlossen. Weite Regionen sind nur über z.T. steile Fußwege zugänglich. Die Bewohner leben zu 80% von der Landwirtschaft, daneben spielen die Herstellung von Teppichen und Kunstgegenständen und der Fremdenverkehr eine Rolle. Aus Tibet sind zahlreiche Flüchtlinge eingewandert. Seit der Öffnung für den Fremdenverkehr im Jahr 1951 ist Nepal ein beliebtes Ziel für Bergsteiger und für Trekkinggruppen, deren Hauptziele im Everestgebiet und im Annapurnagebiet liegen.

Der Referent nahm im Herbst 2003 an einer Trekkingtour zum Annapurna-Basislager teil. Im Vortrag werden die Königsstädte Kathmandu, Patan und Bhaktapur sowie Landschaften, Dörfer und Menschen an der Straße von Kathmandu nach Pokhara sowie der Himalaya des Annapurna-Gebietes mit seinen schneebedeckten Gipfeln, tiefen Tälern, Wasserfällen, blühenden Pflanzen, Tieren und Menschen an Hand von Farbdias vorgestellt.

Fr, 19.3.04, 18.00 Uhr Vortrag

Physik am absoluten Nullpunkt

Referent: K.-P.Haupt

Supraleitung, Bose-Einstein-Kondensation, Quanten-Halleffekt, Superfluidität, all das sind physikalische Erscheinungen, die man nur bei sehr tiefen Temperaturen beobachten kann. Der Vortrag gibt einen Überblick über diese Phänomene und darüber, wie man Temperaturen nahe des absoluten Nullpunktes erzeugen kann.

Fr, 26.3.04., 18.00 Uhr Vortrag

ComputerPhilosophie

Referent: K.-P. Haupt

Philosophische Betrachtungen zu aktuellen Entwicklungen in der Computertechnologie: Soll, darf oder muss der Mensch den nächsten Schritt der Evolution einleiten?

Auch dieser Vortrag steht im Umfeld des Workshop - Themas über Evolutionäre Systeme.

Fr, 2.4.04, 18.00 Uhr Präsentation

Netzwerke

PhysikClub der Jugendakademie Kassel

Erst seit kurzem ist bekannt, dass der Aufbau von vielen komplexen Systemen nach gemeinsamen Prinzipien organisiert ist. Für medizinische, wirtschaftliche Systeme und Probleme der Informatik aber auch der Strukturen in Galaxienhaufen scheint es gemeinsame Regeln zu geben, die von der Netzwerktheorie beschrieben werden. Die Schüler/innen des PhysikClubs haben sich mit dem Aufbau eines neuronalen Netzes (als Hardware), den Computersimulationen von Netzwerken, netzwerk-theoretischen Überlegungen zur Logistik der Stadtplanung beim DEZ-Umbau, einer Netzwerkdeutung magnetischer Felder und der Informations- und Gerüchteausbreitung in sozialen Netzwerken beschäftigt. Es werden aber auch neue Forschungsergebnisse zur Langzeitvariation kosmischer Müonen aus dem Experiment KamioKanne vorgestellt.

Fr, 23.4..04, 18.30 Uhr Mitgliederversammlung

Workshop “Evolutionäre Systeme”

Über Pfingsten findet in der schwäbischen Alb ein Workshop zum Thema Evolutionäre Systeme statt. Er wird ausführlich in dieser Korona angekündigt. Anmeldungen (Kosten 195,- €) sind ab sofort möglich!

Planetariumsprogramme des AAK

Schwarze Löcher

Nach der Vorstellung des aktuellen Sternenhimmels reisen wir auf die Südhalbkugel der Erde um das Sternbild Schütze zu beobachten. Hier sehen wir das Zentrum der Milchstraße, in dem man vor wenigen Monaten endgültig ein supermassives Schwarzes Loch nachgewiesen hat. (bis Februar einschl., jeweils donnerstags um 20.00 Uhr und sonntags um 16.00 Uhr)

Das Jahr der Venus

Ein sehr seltenes astronomisches Ereignis tritt im Juni 2004 ein: Die Venus wandert vor die Sonnenscheibe (Venustransit). Nach einem Überblick über den aktuellen Sternenhimmel

erfahren wir etwas über unseren Nachbarplaneten Venus und zeigen, wie die Jahresbewegung am Himmel zum Venustransit führt.
(ab März jeweils donnerstags 20.00 Uhr und sonntags 16.00 Uhr)

Eine Reise unter dem Sternenhimmel

Dieses Programm ist als Familienprogramm besonders für Kinder unter 13 Jahren geeignet. Es werden der jeweils aktuelle Sternenhimmel und einfache Vorstellungen von den Himmelsobjekten dargestellt.
(ab Januar jeweils sonntags um 15.00 Uhr)

Vorfürungen des AAK im Planetarium (im Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Orangerie, An der Karlsau 20c, 34121 Kassel, Tel.: 0561 – 701320):
donnerstags um 20.00 Uhr und sonntags um 15.00 und 16.00 Uhr
Vorfürer: Klaus-Peter Haupt, Stefan Hohmann, Roxane Kieselbach, Mike Vogt

Physikclub

Die Kinder- und Jugendakademie und die Albert-Schweitzer-Schule veranstalten unter Leitung von K.-P.Haupt für besonders begabte und interessierte Jugendliche ab Klasse 9 einen Physikclub. Treffen ist jeden Freitag von 16.00 Uhr bis 17.30 Uhr. Die Teilnehmergruppe plant Vorträge, Exkursionen, Experimente, Diskussionen zu physikalischen Themen (zur Zeit Netzwerktheorie). Nach den Osterferien beginnt ein neues Forschungsprogramm, so dass der ideale Zeitpunkt für einen Neueinstieg gegeben ist.

Einführung in die Astronomie

Unser Mitglied Dr. Rüdiger Seemann veranstaltet für die Volkshochschule Kassel einen Astronomiekurs für Anfänger, der jeweils am Montagabend in der Albert-Schweitzer-Schule stattfindet. Anmeldung über die Volkshochschule.

Tag der offenen Tür

30 Jahre Sternwarte Calden

Am Sa, 1.5.2004 feiern wir das 30-jährige Jubiläum der Gründung der Sternwarte Calden mit einem Tag der offenen Tür, der mit einem Grillabend und einer öffentlichen Abendführung endet. Die Sternwarte ist von 15.00 Uhr bis 24.00 Uhr geöffnet.

Bibliothek

Jedes Mitglied kann sich kostenlos vor und nach den freitäglichen Veranstaltungen Bücher ausleihen.

Sternwarte Calden

Öffentliche Führungen: Jeden Freitag bei wolkenfreiem Himmel ab ca. 21.00 Uhr bzw. 20.30 (Oktober bis April). Gruppen auch an anderen Tagen nach Voranmeldung unter T. 0561-311116 oder 0177-2486810.

Bitte achten Sie auch auf aktuelle Pressehinweise, u.a. auch auf die manchmal in der Monatsmitte in der HNA erscheinende, vom AAK betreute, Sternkarte mit Beobachtungshinweisen.

Mitglieder: Alle Mitglieder, die einen Instrumentenführerschein besitzen, können vom Vorstand einen Schlüssel zur Sternwarte erhalten.

Instrumentenführerschein: Interessenten werden freitags ab 20.30 Uhr bei wolkenfreiem Himmel ausgebildet. Bitte vorher mit Martin Hämmerling in Verbindung setzen.

Einstellen von Beobachtungsobjekten: Hilfestellung gibt's nach Voranmeldung bei Martin Hämmerling, Ralf Gerstheimer und Manfred Chudy ebenfalls freitags ab 20.30 Uhr.

Telefonnummer der Sternwarte Calden: 05674 – 7276

Manchmal ist die Sternwarte auch an anderen Terminen besetzt. Rufen Sie an und nehmen Sie an den Beobachtungen teil.

Instrumente:

Kuppel 1: 30 cm Newton Reflektor

10 cm Refraktor

6" Schmidt Kamera

Kuppel 2: 20 cm Schaer – Refraktor auf neuer Montierung mit Computersteuerung

Außensäulen: Celestron C8 (20 cm Spiegel)

25 cm Newton – Reflektor

20 cm Newton-Cassegrain (f = 3000 mm) mit Leitrohr

Zubehör: Feldstecher 20x80 mit Stativ

Gitterspektrograph

Halbleiter-Photometer

Interferenzfilter

T-Scanner für H-Alpha-Sonnenbeobachtung

Objektivsonnenfilter

CCD – Kamera mit Computer

Mintron-Himmelskamera mit Monitor

Eintritt: Erwachsene 1,-Euro, Jugendliche 0,50 Euro. Mitglieder des AAK und deren Gäste zahlen keinen Eintritt.

Der Vorstand des AAK:

Vorsitzender:

Klaus-Peter Haupt, Wilhelmshöher Allee 300a, 34131 Kassel, Tel./Fax: 0561-311116, Mobiltel. 0177-2486810, e-mail: kphaupt@aol.com

Kassenwart:

Roxane Kieselbach, Ruhstrathöhe 24, 37085 Göttingen, Tel. 0551-377868

1. Beisitzer:

Wilhelm Steinmetz, Werraweg 23, 34314 Espenau, Tel. 05673-7677

2.Beisitzer:

Martin Hämmerling, Im Boden 10, 34355 Staufenberg, Tel. 05543-999936

3.Beisitzer:

Marcus Schüler, Mittelfeldstr.1, 34127 Kassel, Tel. 0561-85556

4.Beisitzer:

Ralf Gerstheimer, Schöne Aussicht 26, 34317 Habichtswald, Tel. 05606-53855

Aufgabenbereiche:

Instrumente der Sternwarte: W. Steinmetz, W. Schäfer, M. Schüler

Führungen: R. Gerstheimer

Elektrik der Sternwarte: A. Werner, M. Hämmerling

Grundstückspflege: B. Kieselbach, W. Müller, W. Schäfer, W. Steinmetz, F. Haupt

Bibliothek: E. Kieselbach

Sternpatenschaften: C. Hendrich, S. Hohmann

Pressemitteilungen: K.-P. Haupt

Planetarium: K.-P. Haupt

Sternkarte, Internet: J. Bicker

Koronaredaktion: C. Hendrich, W. Steinmetz

Zuschriften für die KORONA:

C. Hendrich, Kölnische Str. 52, 34117 Kassel, Tel. 0561-7015680, christian@hendrich.org

Der AAK ist auch im WorldWideWeb vertreten: <http://www.astronomie-kassel.de>

...und diesmal wieder zum Schluß der übliche Hinweis:

Haben Sie Ihren Beitrag schon bezahlt?

Der Jahresbeitrag beträgt 35.- €, der ermäßigte Beitrag beträgt 15.- € (für Studenten, Schüler, Auszubildende oder auf Antrag beim Vorstand), der Familienbeitrag beträgt 50.- €

Vereinskonto: Kasseler Sparkasse (BLZ 52050353) 127048

Informationen beim Kassenwart:

Roxane Kieselbach

Ruhstrathöhe 24

37073 Göttingen

Mit jedem Los
Chancen ohne Ende.
Jeden Monat neu!



JEDES 10. LOS GEWINNT! 100-LOS-SPAREN.

 Kasseler Sparkasse

Die Lotterie mit Spargarantie. Gewinne bis zu 100.000,- monatlich. Können im
b. J. sind Sie dabei. 100,- € 100-Loseeinheit und 4 € gehen auf Ihr Sparkonto.
Das lohnt sich 100-fach! Deshalb mitmachen und gewinnen. Am sicher-
sten mit einem Dauerauftrag. Infos unter www.kasseler-sparkasse.de und in
allen Filialen der Kasseler Sparkasse.