

Mitteilungen

der Astronomischen Vereinigung Karlsruhe e.V.

Heft 2/1997

Nr. 40

7. Juli 1997

Vereinsnachrichten

Monatstreffen

Unsere Vereinsabende finden im allgemeinen jeden zweiten Montag im Monat im Nebenzimmer des Restaurants "Klosterbräu" in der Schützenstraße statt. Beginn 20 Uhr. Die Teilnahme steht Mitgliedern und Gästen offen. In der Regel wird ein Referat über ein astronomisches Thema gehalten und anschließend diskutiert.

Das Programm für die nächsten Monate:

8. September Die veränderlichen Sterne: Mechanismen und Lichtkurven (F.Hase)

13. Oktober Erfahrungen mit der CCD-Kamera ST7 (G.Henneges, Gondelsheim)

10. November Mitgliederversammlung

8. Dezember Aus der Frühgeschichte der Astronomie (D. Henß)

12. Januar Über die Tauglichkeit von Farb-Negativfilm für die Astro-Photographie (R. Kaiser)

Volkssternwarte

Die Volkssternwarte auf dem Max-Planck-Gymnasium in Rüppurr ist jeweils freitags geöffnet, außer an Feiertagen und während der Schulferien. - Einlass September bis März: 20.00 bis 20.30 Uhr, April bis August: 21.00 bis 21.30 Uhr.

Der Einsatz der Volkssternwarten-Betreuer wird koordiniert von Frank Hase (Tel. 0721/853333). Weitere Betreuer sind immer willkommen. Interessenten wenden sich an Herrn Hase.

Herausgeber dieses in unregelmäßiger Folge erscheinenden Mitteilungsblattes ist die
Astronomische Vereinigung Karlsruhe e.V.,
Redaktion H.E.Schmidt, Erasmusstr. 6, 76139 Karlsruhe, Tel./Fax 0721/682987
(heschmidt@t-online.de); Postgiro-Konto der AVK: 173747-757, BLZ 660 100-75.

Sommerfest

Das diesjährige Sommerfest feiert die Astronomische Vereinigung am **Samstag, dem 26. Juli** ab 17 Uhr wieder auf dem Anwesen von Herrn Feuerstein in Oberhausen. (s. Plan). Alle Mitglieder und Freunde des Vereins und ihre Angehörigen sind hierzu herzlich eingeladen. Zur gemeinsamen Abfahrt treffen sich Autofahrer und die, die mitfahren wollen, um 16 Uhr am Mühlburger Tor (Rathaus West, Riefstahlstraße).

Internet-Homepages

Informationen über die Volkssternwarte Karlsruhe und über die Astronomische Vereinigung - mit aktualisiertem Veranstaltungskalender - können jetzt über das Internet abgerufen werden. Herr Reichert und Herr Plum haben sich um die Gestaltung der Seiten und ihre technische Anbindung an die Server von Stadt und Universität verdient gemacht.

www.karlsruhe.de/Umwelt/Volkssternwarte/index.html (für die Volkssternwarte)

www.uni-karlsruhe.de/~lh34/avkhomep.html (für die AVK.).

Telefon auf der Sternwarte

Dank der Fürsprache und freundlichen Unterstützung durch die Verwaltung der Stadt Karlsruhe konnte auf der Sternwarte im Max-Planck-Gymnasium ein sternwarteneigener Telefonanschluß mit Anrufbeantworter eingerichtet werden. Er ist unter der Nummer 0721/884021 zu erreichen.

Exkursion

Für Freitag, den 3. Oktober 1997 (Tag der Deutschen Einheit) ist ein gemeinsamer Besuch des Museums für optische Instrumente im Elsässischen Biesheim (nahe Neuf-Brisach zwischen Freiburg und Colmar) geplant. Das Museum besitzt eine einmalige Sammlung von über 200 Instrumenten, die die Entwicklung der technischen Optik im Lauf der letzten Jahrhunderte in den Bereichen Landvermessung, Nautik, Mikroskopie, Astronomie und Lasertechnik demonstrieren. Einzelheiten werden an den Monatstreffen am 14. Juli und am 8. September besprochen. Wer diese Termine nicht wahrnehmen kann, sollte Herrn Reddman (0721/865172) oder Herrn H.E.Schmidt (0721/682987) über sein Interesse für die Fahrt nach Biesingen informieren.

Eclipse '99

Am Mittwoch, dem 11. August 1999 ist wieder einmal Neumond. Aber diesmal eine besondere Art von Neumond! An diesem Tag liegen Sonne, Mond und Erde eine zeitlang auf einer geraden Linie genau hintereinander, und um die Mittagstunden wird der Schatten des Mondes mit einer Geschwindigkeit von rund 2000 km/h auf einem schmalen, nur 100 km breiten Band über Mitteleuropa huschen. Karlsruhe liegt fast

in der Mitte dieses Bandes, und die Bewohner der badischen Metropole und ihre Gäste werden an diesem Tag eine halbe Stunde nach Mittag ein extraordinäres Himmelspektakel erleben: Von Westen nähert sich ein dunkles, wolkenartiges Gebilde, das stetig größer wird: Der Mondschatten. Es wird rasch dunkler, der Himmel nimmt eine eigenartige grünliche Tönung an, und nach einem letzten Aufblitzen der Sonne hinter den Mondgebirgen verdeckt der Mond völlig die Sonnenscheibe für etwas über zwei Minuten. Es ist dämmerig, wie in einer Vollmondnacht, Blüten schließen sich, Vögel hören auf zu singen, und tausende, zehntausende von Schaulustigen werden auf den Straßen und Plätzen das unerhörte Lichterspiel der Sonnenkorona erleben. Da auch Städte wie Stuttgart und München im Totalitätsbereich liegen, wird sich der Ansturm der Besucher aus den unbeschatteten Regionen verteilen. Trotzdem ist auch in Karlsruhe an diesem Tag mit einem ziemlichen Gedränge zu rechnen. Und sicher wird es nötig, einen gehörigen Aufklärungsbedarf zu befriedigen. - Vor einem Monat trafen sich unter der Schirmherrschaft des Europarates Vertreter von Organisationen und Einrichtungen mehrerer betroffener Gemeinden aus Deutschland und Frankreich in Straßburg, um ihre Gedanken zur Gestaltung dieses Tages auszutauschen. Die besprochenen Vorschläge reichten von der Veranstaltung von wissenschaftlichen Kolloquien und öffentlichen Vorträgen im Vorfeld der Finsternis über die Live-Projektion von Satelliten-Aufnahmen bis zur Verteilung geeigneter Schutzbrillen. Wir sollten uns schon jetzt Gedanken darüber machen, ob und wie die AVK sich bei der Vorbereitung auf dieses Ereignis engagieren kann.

Aus Forschung und Technik

Supernovae und Pulsare

(Zusammenfassung eines Vortrags von Joachim Reichert vom 12. 5. 1996)

1. Supernovae

1.1 Geschichtliches

Erstmalig beobachteten Chinesen und Japaner im Jahre 1054 den Ausbruch einer Supernova, deren Überreste heute als Krebsnebel bekannt sind. Der Krebsnebel liegt in der Milchstraße und ist nur etwa 6000 Lichtjahre von uns entfernt. Zwei weitere Supernovae wurden von Kepler und Tycho Brahe dokumentiert. Die wichtigsten Informationen erhielt man allerdings von der Supernova 1987A, die schon kurz nach ihrem Ausbruch in allen Spektralbereichen beobachtet werden konnte, und bei der als einziger Supernova der Vorläuferstern bekannt ist. Benannt werden die Supernovae nach dem Jahr ihrer Entdeckung und einem Buchstaben für die Reihenfolge der Entdeckung.

1.2 Klassifizierung

Man unterscheidet zwei Typen von Supernovae anhand ihrer Spektren und Lichtkurven:

1.2.1 Supernova Typ 1

Helligkeitsverlauf: Die Lichtkurve von Typ 1 ist dadurch gekennzeichnet, daß sie nach dem Maximum von einer absoluten Helligkeit von -19. Größe in etwa 30 Tagen um drei Größenklassen abfällt und dann wesentlich flacher entlang eines exponentiellen Abfalls mit einer Halbwertszeit von etwa 75 Tagen. Der Hauptunterschied zum Supernova-Typ 2 ist jedoch das Fehlen von Wasserstofflinien im Spektrum. Beim Spektrum handelt es sich um ein P-Cygni-Profil mit den dafür typischen stark verbreiterten und dopplervershobenen Emissionslinien und Absorptionslinien, welches nach etwa 400 Tagen in ein Nebelspektrum übergeht. Aus dem Linienpektrum kann man auf Hüllengeschwindigkeiten von etwa 10 000 km/s schließen.

Physikalische Deutung: Wegen der fehlenden Wasserstofflinien nimmt man an, daß es sich um die Explosion eines weißen Zwerges handelt, der seine Wasserstoffhülle nach dem Heliumbrennen abgestoßen hat. Gehört ein weißer Zwerg einem Doppelsternsystem an, so kann es zum Überströmen von wasserstoffreichem Gas kommen, welches explosionsartig an der Oberfläche des weißen Zwerges verbrennt. Dies bezeichnet man als Nova. Überschreitet die Masse des weißen Zwerges dabei die Chandrasekhar'sche Grenzmasse von 1,4 Sonnenmassen, beginnt der Stern zu kollabieren und es setzt explosionsartig Kohlenstoffbrennen im Innern des weißen Zwerges ein. Die Kohlenstoffdetonation zerreißt den Stern völlig, und es bleibt kein stellarer Rest zurück. Beim Kollaps werden 10^{44} Joule hauptsächlich als kinetische Energie frei. Dabei werden sehr große Mengen von ^{56}Ni gebildet, welches mit einer Halbwertszeit von 7 Tagen zu ^{56}Co zerfällt. Dieses Kobalt bestimmt mit seiner Halbwertszeit von 77 Tagen den Helligkeitsverlauf der Hülle. Der Helligkeitsverlauf der Hülle wird also vom radioaktiven Zerfall bestimmt und die dabei entstehenden γ -Quanten konnten bei der Supernova 1987A direkt nachgewiesen werden.

1.2.2. Supernova Typ 2

Helligkeitsverlauf: Das Maximum liegt etwa zwei Größenklassen unter dem vom Typ 1, Die Lichtkurve wird stark von der Durchsichtigkeit der Hülle in den verschiedenen Spektralbereichen beeinflusst. Es bilden sich im allgemeinen Plateaus in der Lichtkurve aus, wenn äußere Schalen durchsichtig werden und den Blick auf heißere innere Schalen freigeben. Etwa 50 bis 100 Tage nach dem Maximum erfolgt ein stetiger Abstieg wie bei Typ 1 entlang des exponentiellen Abfalls des Kobalts. Die Spektren sind P-Cygni-Profile wie bei Typ 1, besitzen jedoch stark ausgeprägte Wasserstofflinien. Die Hüllengeschwindigkeit beträgt bis zu 20 000 km/s.

Physikalische Deutung: Man nimmt an, daß bei einer Supernova von Typ 2 der Kern eines sehr massereichen Sternes zu einem Neutronenstern oder einem schwarzen Loch kollabiert.

Der Stern befindet sich während des Wasserstoffbrennens auf der Hauptreihe im Hertzsprung - Russel - Diagramm. Nach dem Wasserstoff wird Helium verbrannt, der Stern bläht sich auf und wandert zu den roten Riesen. Sterne, die weniger als acht Sonnenmassen besitzen, verlieren ihre Hülle und werden zu weißen Zwergen sobald alles Helium zu Kohlenstoff verbrannt ist. Bei Sternen oberhalb von acht Sonnenmassen setzt dann das Kohlenstoffbrennen ein. In etwa 12 000 Jahren verbrennt der Kohlenstoff zu Neon, welches seinerseits innerhalb von nur 12 Jahren zu Sauerstoff verbrannt wird. Dieser Sauerstoff verbrennt innerhalb von vier Jahren zu Silizium. Zuletzt kann aus dem Anreichern von Silizium mit Heliumatomkernen bis hin zur Eisenreihe noch etwa eine Woche lang Energie gewonnen werden. Der Stern bildet so einen Eisenkern. Übersteigt dieser Kern eine Masse von etwa 1,4 bis 1,6 Sonnenmassen, kommt es zum Gravitationskollaps des Kernes. Energiedissipation im Kern durch entweichende Neutrinos und der Schwund von Elektronen, die mit Protonen zusammen Neutronen bilden, beschleunigen diesen Vorgang. Beim Kollaps werden etwa 10^{46} Joule hauptsächlich durch Neutrinos abgestrahlt. Ein Zehntel der Masse des Kernes geht dabei verloren. Der gesamte Kern kollabiert in etwa einer Sekunde, und die Maximalgeschwindigkeit der äußeren Hüllenschichten beträgt dabei ein Viertel der Lichtgeschwindigkeit. Ein Kern von etwa einer Sonnenmasse schrumpft dabei auf einen Radius von 10 km. Sobald sich die Atomkerne gegenseitig berühren, wird der Kollaps abrupt gestoppt, und der elastische Rückstoß erzeugt eine mit 50 000 km/s auslaufende Schockwelle. In der Stoßfront dieser Welle ist der Druck hoch genug, um die äußeren Schalen aus unverbranntem Helium, Kohlenstoff und Neon explosionsartig zu Eisen zu verbrennen. Die Schockwelle erreicht dann - angetrieben von den im Kern entstandenen Neutrinos, die etwa 10 Sekunden benötigen um den Kern zu verlassen - nach einigen Stunden die äußeren Hüllenschichten, komprimiert sie und stößt sie ab. Der dadurch ausgelöste UV-Blitz erreicht die Erde dann einige Stunden nach den ersten Neutrinos. Der so entstandene Stern ist ein Neutronenstern mit etwa einer Sonnenmasse. Es wäre jedoch auch denkbar, daß entweder direkt beim Kollaps oder durch später auf den Neutronenstern zurückfallende Materie dessen Masse die Oppenheimer-Volkoff-Grenze von zwei bis drei Sonnenmassen überschreitet. Das entartete Neutronengas kollabiert dann, und mit abnehmendem Radius würde an der Oberfläche eine gravitationelle Rotverschiebung einsetzen, die beim sogenannten Schwarzschild-Radius unendlich wird. Ein Objekt, welches auf diese Weise auf einen kleineren Radius schrumpft, nennt man ein schwarzes Loch, da von ihm keine Strahlung mehr entweichen kann. Entsteht bei einem Supernova-Ausbruch ein solches Objekt, so ist anzunehmen, daß das Neutrinosignal nach einer Sekunde abgeschnitten wird, da Neutrinos das schwarze Loch nicht verlassen können.

1.3 Beobachtungen der Supernova 1987A

Die Supernovaexplosion fand in der 170 000 Lichtjahre entfernten großen Magellanschen Wolke statt. Anhand von Sternkatalogen identifizierte man den Vorgängerstern als Sanduleak -69⁰202, einen blauen Überriesen vom Spektraltyp B3 I. Der Spektraltyp paßte nicht in das oben beschriebene Standardmodell für Supernova-Typ 2. Man nimmt heute an, daß sich der Vorgängerstern schon im Rote-Riesen-Stadium befunden hatte und sich dann auf unerklärliche Weise zurück bis fast zur Hauptreihe entwickelt hat. Die niedrige Konzentration an schweren Elementen in der großen Magellanschen Wolke verbunden mit der außergewöhnlich hohen Heliumkonzentration im Kern werden dafür verantwortlich gemacht, daß der Stern beim Kohlenstoffbrennen einen Großteil seiner Wasserstoffhülle abgestoßen hat. Zum Zeitpunkt der Explosion besaß der Stern eine Gesamtmasse von etwa 17 Sonnenmassen und einen Eisenkern von 1,6 Sonnenmassen.

Entdeckt wurde die Supernova 1987A am 24.2.1987 von Ian Shelton auf dem Observatorium Las Campanas in Chile. Sie blieb in der Helligkeit um etwa 3 Größenklassen hinter den Erwartungen zurück, wofür der ungewöhnliche Spektraltyp und die damit verbundene Kompaktheit des Sterns verantwortlich gemacht wurden. Wegen der Kompaktheit der Hülle wurden extreme Hüllengeschwindigkeiten von 30 000 km/s gemessen. Das Spektrum wies deutliche Wasserstofflinien auf, wonach die Supernova zum Typ 2 zu zählen war. Erstmals bei einer Supernova konnten die entstandenen Neutrinos gemessen werden. Die wichtigsten Ergebnisse lieferte ein japanischer Wasserdetektor namens Kamiokande II, der 12 Neutrinos innerhalb von 10 Sekunden maß. Allein die Tatsache, daß eine Handvoll Neutrinos noch vor dem ersten Lichtblitz gemessen werden konnte, läßt einige Rückschlüsse auf die Natur der Neutrinos zu:

- Wenn zum Beispiel die Neutrinos eine von Null verschiedene Ruhemasse besäßen, müßten die hochenergetischen Neutrinos zuerst bei uns angekommen sein. Aus der Pulsdauer von 10 Sekunden und einer Flugzeit von rund 170 000 Jahren läßt sich als Obergrenze für die Masse der Elektron-anti-Neutrinos ein Wert von 16 Elektronenvolt abschätzen.
- Ebenso läßt sich eine Obergrenze für die Ladung der Neutrinos bestimmen, die sich ja immerhin 170 000 Jahre parallel zum Licht durch die galaktischen Magnetfelder bewegt haben. Es ergab sich eine von Null nicht sehr verschiedene Obergrenze.
- Auch eine Untergrenze für die Lebensdauer ließ sich so abschätzen.

Nach der Ausdehnung des Neutrinoimpulses und nach seiner Intensität würde man einen etwa 1,6 Sonnenmassen schweren Neutronenstern erwarten, der jedoch noch nicht beobachtet werden konnte.

2. Pulsare

2.1 Geschichtliches

1967 entdeckte eine Forschergruppe in Cambridge am Mullard Radio Astronomy Observatory mit einem Radio-Interferometer eine punktförmige Radioquelle, die in regelmäßigen Abständen von 1,3 Sekunden einen Puls von etwa 0,3 Sekunden Dauer im Meter- und Dezimeter-Wellenbereich aussandte. Bis heute sind über 700 dieser „pulsating radio sources“, kurz Pulsare, entdeckt worden. Besonders spektakulär war die Entdeckung eines Pulsars im Krebsnebel, der eindeutig als Überrest der Supernova aus dem Jahre 1054 identifiziert werden konnte. Mit seiner Periodendauer von nur 33 Millisekunden war er lange Zeit der schnellste bekannte Pulsar. Im allgemeinen liegen die Periodendauern bei den schnellsten heute bekannten Pulsaren bei einer Millisekunde und bei den langsamsten bei etwa fünf Sekunden. Die Pulsbreite macht etwa fünf Prozent der Periode aus.

2.2 Aufbau eines Pulsars

Man kann sich leicht vorstellen, daß Pulsare extreme Dichten besitzen müssen, wenn sie bei einer Periodendauer von nur einer Millisekunde und einer Masse von etwa einer Sonnenmasse nicht von Zentrifugalkräften zerissen werden sollen. Nimmt man an, daß an der Zerreißgrenze die Zentrifugalkraft an der Oberfläche gleich der Gravitationskraft ist, dann stellt man fest, daß die Dichte dieser Objekte in der Größenordnung von Atomkerndichten liegen muß. Es kommen also nur Neutronensterne für so schnell rotierende Objekte in Frage.

Die Pulse lassen sich dadurch erklären, daß beim Kollaps des Sterns der Drehimpuls erhalten bleiben muß. Mit dem Magnetfeld des Sternes geschieht etwas ähnliches: Nimmt man an, daß beim Kollaps des Sternes der magnetische Fluß durch die Oberfläche erhalten bleibt, so wird aus dem anfänglich schwachen Magnetfeld von etwa 10^{-2} Tesla ein extrem starkes Magnetfeld mit Polfeldstärken von bis zu 10^8 Tesla. Dies sind die stärksten uns bekannten Magnetfelder. Sie werden wegen der wahrscheinlich sehr hohen Leitfähigkeit im Neutronenstern eingefroren und rotieren mit dem Stern. Sind sie nicht parallel zur Drehachse ausgerichtet, so erhält man einen schiefen Rotator.

Das empfangene Radiospektrum ist das einer hochgradig linear polarisierten Synchrotronstrahlung, die von stark beschleunigten Ladungsträgern ausgesandt wird: Vor allem leichte Teilchen wie Elektronen und Positronen werden auf schraubenförmige Bahnen längs der Magnetfeldlinien gezwungen und nehmen so an der Rotation des Magnetfeldes teil. Bereits im Abstand von etwa 50 km bei einem Millisekundenpulsar und bei einem Abstand von 1500 km beim Krebspulsar durchwandern diese Magnetfeldlinien mit Lichtgeschwindigkeit den Raum. Die Elektronen und Positronen

werden so auf relativistische Geschwindigkeiten beschleunigt und erzeugen dabei lawinenartig neue Paare. Dieser Prozeß wird durch die hohen Energiedichten im starken Magnetfeld erleichtert. Die Bereiche um die Polkappen des Pulsars sind also mit einem Paarplasma angefüllt. Die Elektronen bewegen sich dabei auf immer weiter auseinandergezogenen helixförmigen Bahnen und senden Synchrotronstrahlung tangential zu ihrer Bahn aus. Es entsteht dabei ein um etwa 10° geöffneter Strahlungskegel, der von den magnetischen Polen weg zeigt. Bei geeigneter Lage der Erde überstreicht dieser Kegel die Erde. Liegt die Magnetfeldachse senkrecht zur Drehachse, so empfängt man sogar zwei Pulse, wie es beim Krebspulsar der Fall ist. Die Pulsformen variieren sehr stark von Pulsar zu Pulsar und sind auch frequenzabhängig. Die Schwankungen der Periodendauern liegen unterhalb von 10^{-10} Sekunden, Pulsare sind somit die genauesten Uhren, die wir kennen. Wegen der großen Genauigkeit kann man Pulsare in Binärsystemen anhand von periodischen Dopplerverschiebungen in der Pulsfolge identifizieren. Auch masseärmere Objekte wie Planeten in fremden Sonnensystemen lassen sich so erkennen.

Es gibt allerdings auch eine Reihe ungeklärter Phänomene wie zum Beispiel das spontane Umklappen der Polarisationssebene des Pulses oder das plötzliche Aus- und wieder Anschalten der Pulsfolge. Andere Pulsare scheinen bis zu drei verschiedene Pulsprofile zu besitzen zwischen denen sie abrupt hin und her schalten können. Besser verstanden werden die sogenannten Sternbeben. Man nimmt an, daß es sich dabei um ruckartige Verformungen des Neutronensterns handelt, der seine Gestalt immer stärker einer Kugel annähert, wenn er seine Rotationsfrequenz verlangsamt. Diese Sternbeben äußern sich in Sprüngen in der Periodendauer und lassen auf eine feste Kruste des Neutronensternes schließen.

2.3 Millisekundenpulsare

Allen Pulsaren gemeinsam ist, daß ihre Rotationsfrequenz über große Zeiträume abnimmt. Die zum Beschleunigen der Teilchen notwendige Energie wird der Rotationsenergie des Neutronensternes entnommen. Junge Pulsare, wie zum Beispiel der Krebspulsar, mit starkem Magnetfeld und hoher Rotationsfrequenz strahlen mehr Energie ab als alte. 1982 entdeckte man allerdings einen Pulsar, der trotz seines hohen Alters beziehungsweise schwachen Magnetfeldes eine sehr hohe Rotationsfrequenz besaß. Pulsare mit diesen Eigenschaften bezeichnet man als Millisekundenpulsare. Man nimmt heute an, daß sie ihren Ursprung in den binären Röntgenquellen haben, da sich etwa die Hälfte von ihnen in Doppelsternen befindet. Bei einer binären Röntgenquelle kommt es zum Massenaustausch zwischen einem sich aufblähenden Hauptreihenstern und einem Neutronenstern. Die Materie fällt in einem solchen System nicht senkrecht auf den Neutronenstern und liefert so einen Zuwachs an Drehimpuls für den Pulsar. 1991 suchte man gezielt im Kugelsternhaufen 47 Tucane nach solchen Millisekundenpulsaren, da in einem Kugelsternhaufen die Bedingungen für die Bildung einer binären Röntgenquelle besonders günstig sind. Man fand 10 Millisekundenpulsare mit Periodendauern zwischen 1,7 und 6 Millisekunden.