

Die Entwicklung der Astronomie in den letzten 50 Jahren

Autor(en): **Schürer, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **39 (1981)**

Heft 185

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899374>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Entwicklung der Astronomie in den letzten 50 Jahren

M. SCHÜRER

Zur Abschiedsvorlesung von Herrn Professor
Dr. M. SCHÜRER

Am 30. September 1980 trat Herr Prof. Dr. MAX SCHÜRER von seinem Amt als Ordinarius und Direktor des Astronomischen Instituts der Universität Bern zurück. Er hatte 1946 nach einigen Assistentenjahren die Nachfolge von Herrn Prof. SIGMUND MAUDERLI angetreten und trug dann 30 Jahre lang allein die Bürde aller astronomischen Vorlesungen. Dass er deshalb nicht ein enger Spezialist werden konnte, das war zum grossen Vorteil der Studenten, zumal er in besonderem Masse die Gabe hat, das Wesentliche zu erfassen und herauszuheben und sich nicht in Details zu verlieren. Auch viele angehende Physiker wurden in seinen Vorlesungen mit ungewohnten Aspekten ihrer Wissenschaft vertraut gemacht. In seiner eindrücklichen Abschiedsvorlesung am Ende des Sommersemesters 1980 kamen seine Vortragskunst und sein Überblick über die heute reich gegliederte astronomische Wissenschaft gleichermassen zur Geltung. Weil Herr Prof. SCHÜRER von jeher auch die Amateur-Astronomie sehr gefördert hat, war zur Abschiedsvorlesung auch die Astronomische Gesellschaft Bern eingeladen, und auf Ersuchen der Redaktion hat er freundlicherweise nun noch eine schriftliche Fassung für den «ORION» ausgearbeitet.

Die älteste Wissenschaft ist immer noch die lebendigste, und einem verdienten Astronomen kann man getrost einen interessanten sogenannten Ruhestand wünschen. Im Namen vieler danke ich Herrn Prof. SCHÜRER für stetige Anregung und Hilfe, und persönlich ganz besonders für die Errichtung und fortgesetzte Betreuung der Sternwarte Zimmerwald sowie für sehr viel Geduld. PAUL WILD

In den letzten 50 Jahren wurden in der Astronomie derart viele fundamentale Entdeckungen gemacht und damit unser Weltbild korrigiert, vervollkommen und erweitert, dass man füglich von einer neuen Ära der Astronomie sprechen darf. Die Zahl und Bedeutung dieser Entdeckungen ist so gross, dass man mit ihrer Geschichte dicke Bände füllen könnte, und man wird verstehen, dass nur das Wichtigste erwähnt werden kann, wobei die Gefahr besteht, dass vieles unterschlagen werden muss, das auch der Erwähnung wert gewesen wäre.

Eine Ursache des Fortschritts in der Astronomie ist in der instrumentellen Entwicklung zu suchen. Im Jahre 1928 wurde von Hale das 5 m-Spiegelteleskop auf Palomar-Mountain geplant, das 1948 fertiggestellt wurde und zu den vielen neuen Resultaten beigetragen hat. 1930 erfand Schmidt sein nach ihm benanntes Teleskop, das ebenfalls bis heute ausserordentlich nützlich gewesen ist. 1936 wurde durch die Empfindlichkeitssteigerung der lichtelektrischen Empfänger mit der Erfindung der Photoelektronenvervielfacher und später der Bildwandler wieder ein wichtiger Schritt in der instrumentellen Entwicklung vorwärts getan. Aber die wichtigste Entdeckung war wohl die der Radiostrahlung aus der Milchstrasse durch Jansky im Jahre 1931, womit die gänzlich neue und fruchtbare Disziplin «Radioastronomie» ihren Anfang nahm. Nach dem letzten Weltkrieg haben die

Le cours d'adieux de Monsieur le Professeur
Dr MAX SCHÜRER

Le 30 septembre 1980, Monsieur le Professeur Dr MAX SCHÜRER se retira de sa charge de professeur et directeur de l'Institut astronomique de l'Université de Berne. Après quelques années comme assistant, il prit en 1946 la succession de Monsieur le Professeur SIGMUND MAUDERLI et assura seul pendant 30 ans la charge de tous les cours d'astronomie. Au grand avantage des étudiants, il ne pu de ce fait devenir un spécialiste étroit et sa capacité extraordinaire de saisir et de faire ressortir l'essentiel sans se perdre dans les détails fut un autre avantage dont ils profitèrent. Nombre de jeunes physiciens furent familiarisés, lors de ses cours, avec des aspects inhabituels de leur science.

Lors de son impressionnant cours d'adieux à la fin du semestre d'été 1980, son art de la déclamation et sa vue d'ensemble sur la science astronomique aujourd'hui richement divisée furent également mis en valeur. Du fait que Monsieur le Professeur SCHÜRER a, depuis toujours, encouragé aussi l'astronomie d'amateur, la Société astronomique de Berne fut également invitée à son cours d'adieux, et, à la demande de la rédaction, il en a aussi amicalement rédigé une version écrite pour ORION.

La plus vieille science est toujours aussi vivante, et à un astronome de mérite on peut sans crainte souhaiter une intéressante retraite. Au nom de beaucoup, je remercie ici Monsieur le Professeur SCHÜRER pour son aide et sa stimulation constante et, personnellement tout spécialement l'aménagement et les soins suivis voués à l'observatoire de Zimmerwald ainsi que pour sa grande patience.

PAUL WILD

Computer ihre bekannten enormen Fortschritte gemacht, ohne die viel theoretische Arbeit der Astronomen nicht möglich gewesen wäre. 1949 wurde die erste zweistufige Rakete in 400 km Höhe hinaufgeschickt und das ferne Ultraviolett der Sonne fotografiert, und 1957 umkreiste der Sputnik die Erde, womit die Möglichkeit von ausserirdischen Beobachtungen gegeben war.

Vor 1930 war das optische Gebiet des elektromagnetischen Spektrums, das etwa eine Oktave von 3500–7000 Å umfasst, die einzige Informationsquelle, die dem Astronomen zur Verfügung stand. Das elektromagnetische Spektrum reicht aber von den Gamma- und Röntgenstrahlen über das Ultraviolett in das sichtbare Gebiet, ins Infrarot und ins Gebiet der Radiowellen. Die irdische Atmosphäre verhindert in diesen Bereichen teilweise den Blick in den Weltraum hinaus. Die Ursache liegt in der Absorption der ultravioletten Strahlung durch das Ozon und den Sauerstoff. Im Infraroten ist es der Wasserdampf und im Radiowellengebiet von 10 m aufwärts ist es die Ionosphäre, die die Strahlung nicht durchlässt. Durch die extraterrestrische Beobachtungsmöglichkeit wurde nun mit einem Mal das ganze Strahlungsspektrum zugänglich. Die optische Astronomie wurde zu einer Allwellenastronomie, und es ist wohl selbstverständlich, dass durch diesen Informationsfluss viel Neues gefunden werden konnte. Im folgenden soll die Ent-

wicklung aller astronomischen Teilgebiete, von der Erde angefangen bis zum Weltall als Ganzem kurz durchgegangen werden.

Die Erde als Himmelskörper

Die Bestimmung von Grösse und Gestalt der Erde fusste von jeher auf astronomischen Beobachtungen, und lange Zeit galt das sogenannte Hayford-Ellipsoid als beste Annäherung an die Erdgestalt. Mit dem Aufkommen der Satellitengeodäsie konnte sie um einige Grössenordnungen genauer ermittelt werden. Die Satellitengeodäsie sei hier erwähnt, weil sie in enger Beziehung steht zur Astrometrie und Himmelsmechanik, wobei letztere nebenbei bemerkt eine Renaissance erfuhr.

1929 hat Wegener die Theorie der Kontinentaldrift aufgestellt. Diese Theorie war zum Teil umstritten. Heute steht ihre Bestätigung auch quantitativ vor einem Abschluss, kann man doch mit Hilfe der Satellitengeodäsie die Positionen auf der Erde bald einmal auf Dezimeter, wenn nicht auf Zentimeter genau bestimmen und damit auch die Bewegungen der Erdkruste.

Das Planetensystem

1930 war das Planetensystem mit der Entdeckung des Pluto zu einem gewissen Abschluss gelangt, und 1931 wurde auch die letzte klassische Entfernungsbestimmung im Planetensystem mit Hilfe des kleinen Planeten Eros vorgenommen. Die Entfernungen im Planetensystem wurden ebenfalls revidiert. 1946 erhielt man erste Radarechos vom Mond und 1958-63 von der Venus und vom Merkur und damit um Grössenordnungen genauere Dimensionen unseres Planetensystems.

Die sensationellen Entdeckungen im Planetensystem mit Hilfe der Raumfahrt und der Satellitentechnik sind sogar durch die Tagespresse so bekannt geworden, dass sie keiner weiteren Erwähnung bedürfen. Vor allem die physikalische Beschaffenheit der Planeten hat uns neue Aufschlüsse über ihre Entstehung gegeben.

Aufbau und Entwicklung der Fixsterne

Die fundamentalsten Entdeckungen der letzten 50 Jahre in der Astronomie sind aber im Aufbau und der Entwicklung der Fixsterne gemacht worden. 1925 hat Miss Payne und 1929 Russell aus den Spektren der Sonne die Häufigkeit der chemischen Elemente abgeschätzt. Diese ersten Untersuchungen waren, wie das ja meist der Fall ist, nicht besonders genau. Der Wasserstoff, das weitaus häufigste Element im Weltall, hat dabei einen Streich gespielt, der 1939 von Wildt aufgedeckt wurde. Wildt hat daran erinnert, dass das neutrale Wasserstoffatom ein zweites Elektron an sich binden kann und so zum negativen Wasserstoffion wird. Dieses absorbiert vor allem im sichtbaren Bereich viel Strahlungsenergie und wird damit ganz wesentlich für die Physik der Sternatmosphären.

1939 gelang noch eine weitere Entdeckung in der Sternatmosphärenphysik. In der Sonnenkorona traten Spektrallinien auf, deren Zuordnung zu den chemischen Elementen anfänglich nicht möglich war. 1939 haben Grotrian und 1941 Edlén die Spektrallinien als Linien von hochionisiertem Eisen, Kalzium und Nickel identifizieren können, die bei Temperaturen von über einer Million Grad entstehen.

1926 erschien das fundamentale Werk von Eddington: The Internal Constitution of the Stars. Obwohl man schon längst vermutet hatte, dass Atomkernprozesse für die

Energieerzeugung im Stern verantwortlich seien, kannte man auch 1926 die detaillierten Prozesse noch nicht. 1929 haben Atkinson und Houtermans gezeigt, «dass unter den Temperatur- und Dichteverhältnissen im Innern der Sterne die Eindringung von Protonen in leichtere Elemente genügend häufig vorkommt, um dort einen Aufbau dieser Elemente wahrscheinlich erscheinen zu lassen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Energieentwicklung der Sterne aus den Massendefekten der Elemente zu erklären». 1937 und 1938 haben Weizsäcker und 1939 Bethe die detaillierten Prozesse angeben können, die ausreichen, um die Strahlungsenergie der Sonne vollständig zu decken.

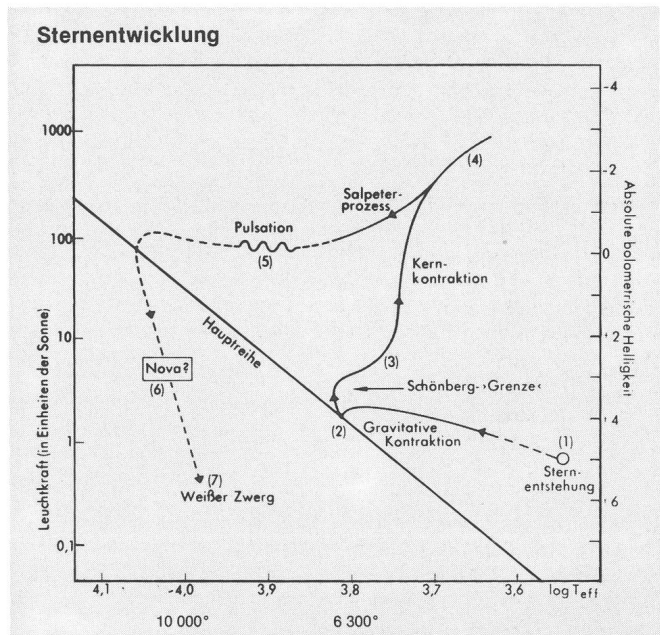


Abb. 1: Hertzsprung-Russell-Diagramm.

Neue Resultate werfen auch immer wieder neue Fragen auf, und eine Frage, die bis heute nicht beantwortet wurde, ist die Frage nach dem Neutrinoproblem. Pauli hatte 1931 die Neutrinohypothese aufgestellt. Die Neutrinos, die im Innern der Sonne bei den Kernprozessen entstehen, können wegen ihrer geringen Wechselwirkung mit der Materie ohne weiteres die ganze Sonne durchdringen. 1967 hat Davis diese Neutrinos erfolglos nachzuweisen versucht. In einem Tank mit 390 000 Litern Tetrachloräthylen sollten durch die Neutrinos einige wenige Atome des Chlors in ein radioaktives Isotop des Argons verwandelt werden. Der Tank wurde zur Vermeidung von Störungen 1500 m tief in ein Bergwerk versenkt. Es wurden aber wesentlich weniger Argonotope als errechnet gefunden. Man hat fehlerhafte Vorstellungen über die Energieerzeugung im Innern der Sonne oder einen möglichen Zerfall der Neutrinos dafür verantwortlich gemacht, ohne zu einer Einigung gelangt zu sein.

Die Umwandlung von Wasserstoff in Helium im Innern der Sterne verändert auch deren Aufbau, und es stellt sich die Frage, wie entstehen die Sterne, wie entwickeln sie sich und wie enden sie, Fragen, die die Astronomen in den letzten 50 Jahren sehr beschäftigt haben. Ein Hilfsmittel, das dabei immer wieder zu Rate gezogen werden muss, ist das 1914 aufgestellte Hertzsprung-Russell-Diagramm, in dem

die Sterne nach ihrer Leuchtkraft und ihrer Oberflächentemperatur aufgetragen sind. Die meisten Sterne liegen auf einer Linie, die von den hellen, heissen Sternen, links oben, zu den schwachen, kühleren Sternen, rechts unten, verläuft, der sog. Hauptreihe. Daneben gibt es aber auch noch helle, kühle Sterne, die roten Riesen (Riesen, weil bei niedriger Temperatur und grosser Helligkeit die Sterne eine grosse Oberfläche haben müssen) und andererseits schwache, aber relativ heisse Sterne, die weissen Zwerge.

Als man das Diagramm aufgestellt hatte, war seine naheliegende Erklärung, es handle sich um ein Entwicklungsdiagramm. Ein Stern beginnt als relativ kalte Riesenkugel, die sich durch Kontraktion erhitzt und im Diagramm als roter Riese erscheint, durch weitere Kontraktion auf die Hauptreihe gelangt und danach durch Abkühlung auf dieser nach unten wandert und als kühler Zwergstern endet. Mit der Entdeckung der Kernenergie als Hauptenergiequelle der Sterne, hat sich diese Entwicklungsvorstellung vollständig geändert. Sterne entstehen aus interstellarer Materie und wandern relativ rasch durch Kontraktion auf die Hauptreihe, je nach ihrer Masse weit oben als helle, heisse Sterne oder weiter unten als schwächere und kühlere Sterne. Hier beginnen nun die Kernreaktionen und der Stern verweilt während der grössten Zeit seines aktiven Lebens ungefähr an derselben Stelle im HR-Diagramm (die Sonne während etwa 20 Milliarden Jahren). Die Verweilzeit hängt ab von der Masse. Massereiche Sterne leben, weil sie ihren Wasserstoffvorrat rascher verbrauchen, weniger lang auf der Hauptreihe als die massearmen. Nach der Erschöpfung des Wasserstoffs im Sterninnern fängt eine weiter aussen liegende Hülle zu brennen an, der Stern bläht sich auf und wandert ins Gebiet der roten Riesen.

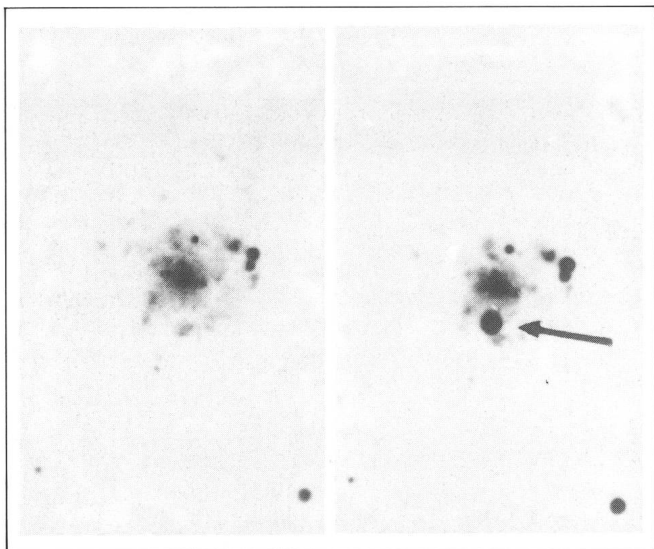


Abb. 2: Supernova in der Galaxie NGC 5668, entdeckt von Prof. P. Wild im April 1954, Negativaufnahmen, links das gleiche Objekt im Jahre 1950 ohne Supernova.

Anfänglich waren weitere Kernprozesse zum Aufbau schwererer Kerne nicht bekannt. 1951 haben Oepik und später Salpeter den Triple-Alpha-Prozess gefunden, der zur Bildung von Kohlenstoff führt. Weitere Prozesse sind möglich, liefern aber nur noch wenig Energie. Der Stern kontrahiert wieder und erreicht sehr hohe Dichten von 1 Million g/cm^3 . Chandrasekhar hat 1931 gezeigt, dass weisse Zwerge höchstens eine Masse von 1,46 Sonnenmassen besitzen dür-

fen. Es hängt dies zusammen mit dem Pauli-Verbot: zwei Elektronen dürfen sich nicht in demselben Zustand befinden. Bei grossen Dichten haben die freien Elektronen keinen Platz mehr. Interessanterweise gibt es zahlreiche Fälle, wo heisse Sterne eine ausgedehnte Gashülle gebildet haben, sog. planetarische Nebel. Es ist möglich, dass ein massereicher roter Riese seine Atmosphäre abgestossen und den inneren Kern, der schon längst ein weisser Zwerg geworden war, freigelegt hat.

Die Freilegung des innersten Kerns eines Riesensterns scheint auch bei engen Doppelsternen vorzukommen. Der massereichere der beiden Sterne wächst zuerst zu einem Riesenstern aus. Überschreitet er eine gewisse Grenze, fliesst von ihm Masse auf den Begleiter. Übrig bleibt ein weisser Zwerg und andererseits ein neuer scheinbar jüngerer Stern, womit das Paradoxon, dass sehr häufig ein «alter» weisser Zwerg mit einem «jungen» Hauptstern vereinigt ist, auch aufgeklärt ist.

Was passiert aber mit Sternen von 10 und mehr Sonnenmassen? 1934 haben Zwicky und Baade vermutet, dass bei einer Supernovaexplosion, bei der eine enorme Energie frei wird, diese aus der Gravitationsenergie eines zurückbleibenden kontrahierenden Neutronensterns entsteht. Wenn die Sonne zu einem Neutronenstern zusammenschumpfen würde, d.h. wenn die freien Elektronen sich mit den Protonen im Kern vereinigen würden, hätte sie nur noch einen Radius von 10 km. Das Volumen wäre um das 10^{15} -fache kleiner und die Dichte um das 10^{15} -fache grösser geworden. Das Magnetfeld der Sonne von etwa 100 Gauss, das in der Materie eingefroren ist, würde dann 10^{12} Gauss betragen, eine unvorstellbar grosse Feldstärke, müsste doch ein Kraftwerk von 300 MW Leistung ein Jahr lang seine Energie liefern um nur in einem Volumen von 2 cm^3 dieses Feld aufzubauen.

1934 war die Hypothese der Neutronensterne noch durch keine Beobachtung gestützt. 1967 wurde jedoch eine Entdeckung gemacht, die diese Hypothese zu einer Realität werden liess. Miss Bell beobachtete an einem neuen Radioteleskop in Cambridge eine Radioquelle, die regelmässige Impulse im Abstand von 1.337 sec aussandte. Eine Zeitlang glaubte man an Signale ausserirdischer Zivilisationen und nannte diese Radioquellen – man hatte unterdessen weitere gefunden – LGM (little green men) oder Pulsare. Insbesondere fand man auch im Krebsnebel einen Pulsar, dessen Periode nur 0.033 sec betrug. Der Krebsnebel ist das Relikt einer Supernovaexplosion aus dem Jahre 1054. Der Pulsar im Krebsnebel konnte also sehr wohl der bei einer Supernova entstehende Neutronenstern sein, verlangten doch die Beobachtungen, dass die Radioquelle sehr klein sein musste. Die Impulse wurden auf eine rasche Rotation des Pulsars zurückgeführt, auf dessen Oberfläche einzelne Stellen Radiostrahlen aussenden, die wie das Licht eines Scheinwerfers periodisch den Empfänger streifen. Die Rotationsperiode vergrössert sich, wenn auch nur um Millionstel Sekunden pro Jahr. Die Rotationsenergie, die dabei verloren geht, genügt vollauf, um das Leuchten des Nebels, der den Pulsar umgibt, aufrechtzuerhalten. Er leuchtet nicht nur im sichtbaren, sondern auch im Radio- und im Röntgengebiet.

1960 wurde aus einer Aerobee-Rakete die Röntgenstrahlung der Sonnenkorona festgestellt. 1962 wurde Röntgenstrahlung von Quellen ausserhalb des Sonnensystems gefunden und 1970 wurde der Uhuru-Satellit in die Höhe geschickt, der über 160 diskrete Röntgenstrahler eruierte. Sie

wurden sehr oft mit Doppelsternen identifiziert. Als Erklärung wird der gegenüber dem vorher erwähnten Vorgang der Doppelsternentwicklung umgekehrte Prozess vermutet. Von einem Riesenstern fliesst die Materie auf den Begleiter, der ein Neutronenstern oder gar zu einem «schwarzen Loch» geworden ist, zurück. Die Materie wird beim Überfließen, wegen der grossen Gravitation des Begleiters, auf

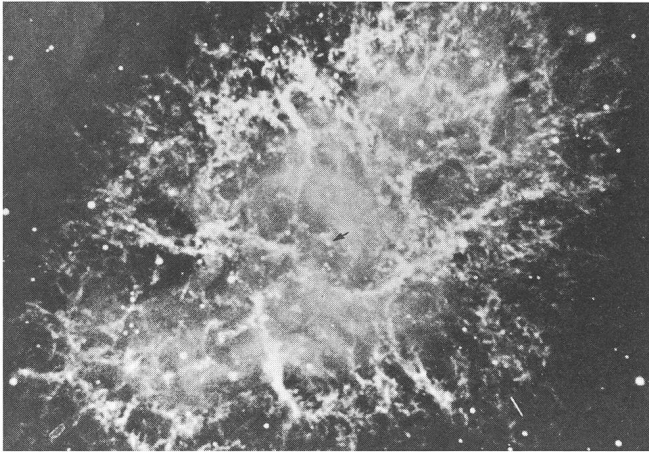


Abb. 3: Der Krebsnebel im Stier, der Pfeil deutet auf den Pulsar, der bei der Explosion im Jahre 1054 übriggeblieben ist.

eine grosse Geschwindigkeit beschleunigt. Beim Auftreffen auf den Begleiter wird eine Temperatur von Millionen von Grad und damit Röntgenstrahlung erzeugt. Der Ausdruck: schwarzes Loch, ist vielleicht etwas missverständlich. Das Objekt ist ja eher das Gegenteil eines Loches. Das Gemeinsame mit einem Loch besteht darin, dass Materie und Strahlung in das Objekt hineinfallen, aber nicht mehr entweichen kann und für uns dieses Objekt unsichtbar ist. Ob schwarze Löcher tatsächlich existieren, ist bis heute noch keineswegs gesichert.

Die Milchstrasse

Von der Milchstrasse war in den dreissiger Jahren bekannt, dass ihr Zentrum weitab von der Sonne in Richtung des Sternbildes Schützen in einer Entfernung von 30 000 Lichtjahren liegt. In den zwanziger Jahren haben Lindblad und Oort die Rotationstheorie der Milchstrasse aufgestellt. 1930 stellte Trümpler die allgemein verbreitete interstellare Materie neben den schon bekannten Dunkelwolken und leuchtenden Gasnebeln fest. 1945 hat van de Hulst die 21 cm-Linie des Wasserstoffs vorausgesagt, die dann 1951 auch nachgewiesen werden konnte. Mit dieser Linie wurde eine genauere Struktur der Milchstrasse erforscht und gezeigt, dass auch in der Milchstrasse zum mindesten der Wasserstoff spiralartig angeordnet ist. Die Spiralstruktur wurde auch von Becker mit Hilfe der Ortsbestimmung galaktischer offener Sternhaufen nachgewiesen.

Die Versuche, die Spiralstruktur der Milchstrasse und der Galaxien theoretisch zu erklären, sind zahlreich. 1964 haben zwei Chinesen, Lin und Shu, die sog. Dichtewellentheorie aufgestellt, die bis heute unwiderlegt blieb.

Die Entdeckung interstellarer Moleküle in der Milchstrasse ist ein weiteres fundamentales Ergebnis der letzten 50 Jahre. Das erste interstellare Molekül (CH) wurde durch Absorption im sichtbaren Spektrum 1937 entdeckt. In der Folge kamen weitere zweiatomige Moleküle dazu. Sie soll-

ten sich aber auch im Radiowellengebiet in Absorption und ev. Emission zeigen. 1963 wurde in diesem Gebiet das Hydroxyl-Radikal OH gefunden. Zuerst glaubte man, dass mehr als zweiatomige Moleküle keinen Bestand haben könnten; doch 1968 entdeckte man Ammoniak und darauf in kurzer Folge immer weitere Moleküle von Formaldehyd bis zu einzelnen Alkoholen. Diese organischen Moleküle gaben natürlich Anlass zu Spekulationen über die Entstehung des Lebens. Doch ist zu sagen: es ist noch ein weiter Weg von diesen einfachen Molekülen bis zu lebender Materie.

Einzelne Emissionen von OH und H₂O sind sehr intensiv und stammen aus so kleinen Gebieten, dass sie nur Sternen zugeordnet werden können. Wäre ihre Strahlung thermischen Ursprungs, so müssten sie eine Temperatur von 10¹²-10¹⁵ Grad besitzen. Die Anregung für diese Strahlung ist jedoch nicht thermisch und wird durch Infrarotstrahler (entstehende Sterne?) verursacht. Es sind sog. Maser (Abkürzung für: Microwave amplification by stimulated emission of radiation), ein äusserst interessanter Effekt, der noch ungelöste Fragen aufwirft.

Die Galaxien

Schon Wright, Lambert und Kant haben in den schwachen Nebelflecken Milchstrassensysteme, wie das unrige, vermutet, und Humboldt hat sie Welteninseln genannt, doch erst 1925 hat Hubble mit Hilfe der Cepheiden im Andromedanebel und im Spiralnebel im Dreieck nachgewiesen, dass diese Objekte nichts anderes sein können als ferne Sternsysteme. Allerdings waren anscheinend diese Nebel wesentlich kleiner als unsere Milchstrasse. 1952 konnte Baade zeigen, dass man bei der Entfernungsbestimmung von falschen Voraussetzungen ausgegangen war, und dass man im allgemeinen die Distanzen etwa verdoppeln müsse, womit auch die Diskrepanz zwischen unserer Milchstrasse und den Galaxien beseitigt war.

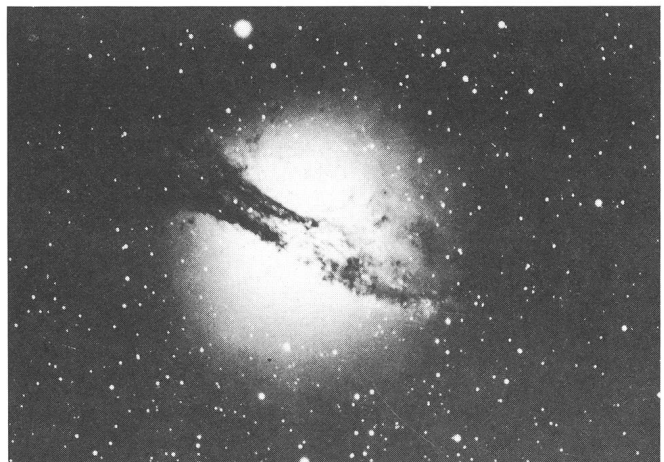


Abb. 4: Radiogalaxie im Centaurus (Centaurus A).

1946 entdeckte Hey die erste diskrete Radioquelle (ausser der Sonne) in Richtung des Sternbildes Schwan, und 1949 haben Bolton, Stanley und Slee drei Radioquellen mit dem Krebsnebel, dem Nebel Messier 87 in der Jungfrau und einem Spiralnebel, Centaurus A identifizieren können. 1943 hatte Seyfert schon auf aussergewöhnliche Spektren von einzelnen Galaxien aufmerksam gemacht, die nicht allein durch thermische Emission erklärt werden konnten und auf eine ausserordentliche Aktivität vor allem im Kern dieser

Galaxien schliessen liessen. Eine geradezu dramatische Entwicklung auf diesem Gebiet begann 1962, als der Mond die Radioquelle 3C273 bedeckte und man feststellte, dass sie nahezu punktförmig sein müsse. Und noch erstaunlicher war die Messung der Radialgeschwindigkeit dieser Quelle durch Maarten Schmidt von 50 000 km/sec. Wird diese kosmologisch gedeutet, so kommt man auf eine Distanz von 500 Megaparsec oder 1500 Lichtjahren.

Diese Objekte wurden wegen ihres quasistellaren Aussehens «Quasare» (quasi-stellar radio sources) genannt und mussten unsere Milchstrasse schon im optischen Bereich um das 10 000fache, im Radiobereich aber um das Millionenfache übertreffen. Es wurden Quasare mit Radialgeschwindigkeiten bis zu 90% der Lichtgeschwindigkeit entdeckt, und es ist verständlich, dass Zweifel an der kosmologischen Deutung dieser Geschwindigkeiten und der damit verbundenen enormen Energieausstrahlung auftraten. Es scheint jedoch, dass sich die Quasare in grosser Entfernung häufen. Das würde bedeuten, dass sie vor Milliarden von Jahren – wir sehen sie ja in ihrem damaligen Zustand – häufiger waren und in ihrer frühesten Jugend gesehen werden, in der sie wesentlich aktiver waren als heute.

Kosmologie

Wir sind damit in das Gebiet der Kosmologie geraten. 1929 hat Hubble sein berühmtes Gesetz von der linearen Ab-

hängigkeit der Rotverschiebung der Spektrallinien von Galaxien und deren Entfernung aufgestellt. Die sich daraus ergebende Konsequenz, dass die Materie früher dicht beieinander gewesen sein musste und mit einem Urknall explodierte, konnte durch die sog. «steady-state»-Theorie von Bondi, Gold und Hoyle 1948 umgangen werden. Doch waren schon immer Zweifel an ihr aufgetaucht, und die Entdeckung der 3°K-Hintergrundstrahlung im Weltall durch Penzias und Wilson im Jahre 1965 hat ihr wohl den Todesstoss versetzt. Diese Hintergrundstrahlung kann nämlich sehr gut erklärt werden, als abgekühlte Strahlung, die beim sog. «Big bang» eine viel höhere Temperatur hatte, und die Gamow schon 1956 vorausgesagt hatte.

Überblickt man noch einmal all diese Fortschritte in der Astronomie der letzten 50 Jahre, so braucht man wohl füglich den Vergleich mit allen andern Naturwissenschaften nicht zu scheuen. Unser astronomisches Wissen hat sich in diesen Jahren vervielfacht.

Überarbeitete Abschiedsvorlesung von Prof. Dr. MAX SCHÜRER, gehalten am 30. Juni 1980 in Bern.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. Max Schürer, Thunstrasse 48, 3005 Bern.

Das ZKP2 aus Jena

Eine Nova am Himmel der Planetariumsprojektoren

L'article suivant décrit le petit planétarium ZKP nouvellement développé de la VEB Carl Zeiss de Jena et le présente. Les possibilités de représentation et leur utilité y sont démontrées.

Im Jahre 1952 wurde in Jena, dem Geburtsort der Planetarien, speziell für die astronomische Ausbildung an einer Seefahrtsschule ein Kleinplanetarium (ZKP1) zur Serienreife entwickelt, das einige Jahre vorher in wenigen Exemplaren für nautische Ausbildung entstanden war. Der erfolgreiche Einsatz brachte eine überraschend grosse Nachfrage und führte zu einer Fertigung von 255 Geräten für Kuppeln von 6 m und 8 m Durchmesser. In 35 Ländern der Erde leisten sie seither einen anerkannten Beitrag sowohl zur populären Demonstration von Himmelserscheinungen als auch zur Unterrichtung in Astronomie. Gleichzeitig konnten die 20jährigen Erfahrungen im praktischen Einsatz genutzt werden für eine Weiterentwicklung des Kleinplanetariums zu dem neuen Gerätetyp ZKP2. Die Bezeichnung «Klein» bezieht sich allerdings inzwischen nur noch auf die Geräte- und Kuppelmasse, während es hinsichtlich der Darstellungsmöglichkeiten und gemessen am internationalen Stand bereits in den Bereich der Mittelplanetarien gehört.

Gegenüber dem bisherigen, in astronomischen Kreisen zu einem festen Begriff gewordenen ZKP1 lässt sich die

Weiterentwicklung zum ZKP2 durch die Realisierung der folgenden sieben Neuerungen charakterisieren:

1. Die bereits äusserlich erkennbare Angleichung an die Form der grossen Gerätetypen, insbesondere die Projektion des Sternenhimmels durch zwei getrennte Fixsternkugeln, ermöglicht die Darstellung des Himmelsanblickes für jeden beliebigen Ort der Erde. Die dabei für die Fixsterne verwendete Helligkeitsstufung liefert den anerkannt naturgetreuen Eindruck des Sternenhimmels wie bei den grossen Planetarien aus Jena. Die Verwendung der äusserst geringen Öffnungen bis herab zu 10 µm Durchmesser in den Metallfolien für die Darstellung der Sterne wird beispielsweise in einem Artikel in «Sky and Telescope» als besondere Attraktion hervorgehoben.
2. Eine für die Darstellungsmöglichkeiten sehr weitreichende Neuerung ist die Realisierung der geozentrischen Bewegung von Sonne, Mond und Planeten, d.h. die Existenz der sogenannten Jahresbewegung. Trotz der sehr geringen Ausmasse des Gerätes (die Zentren der beiden Fixsternkugeln liegen nur 45 cm von der Geräte-mitte entfernt) sind diese geozentrischen Bewegungen mit allen Feinheiten wie die Neigung der Planetenbahnen, die automatische Darstellung der Mondphasen,