

UNIVERSITAS

Zeitschrift für Wissenschaft, Kunst und Literatur

INHALTSVERZEICHNIS

- Prof. Dr. Dr. h. c. Adolf Portmann, Basel:*
Der Mensch in der künstlichen Welt – Die Kunststoffwelt
und unser Leben heute 343
- Prof. Dr. Victor A. Ambarzumian, Erevan:*
Die Welt der großen Sternsysteme – Neue Erkenntnisse
der Kosmosforschung 349
- Prof. Dr. Drs. h. c. Erich Schneider, Kiel:*
Wirtschaftswachstum und Wirtschaftsordnung als entschei-
dende Probleme der Gegenwart 355
- Prof. Dr. Siegfried Heyden, Durham:*
Neue Ergebnisse der Krebsforschung – Umweltfaktoren
und Krebsentstehung 363
- Dr. Ingeborg Bachmann, Rom:*
Musik und Dichtung 375
- Prof. Dr. iur. Dr. med. h. c. Wilhelm Hallermann, Kiel:*
Aggressionsdelikte und Aggressionstäter in forensisch-
medizinischer Sicht 379
- Prof. Dr. Joachim Illies, Schlitz:*
Zoologie der Zukunftsentwicklung des Menschen 393
- Dr. med. Hs. R. Richter, Basel:*
Der Lärm und die Lärmbekämpfung in der heutigen Zivili-
sation 403
- Prof. Dr. Carl Georg Heise, Nußdorf/Inn:*
Erinnerungen an Edvard Munch 411
- Prof. Dr. Dr. h. c. Viktor E. Frankl, Wien:*
Die Flucht vor dem Alleinsein – in der Sicht der Psycho-
therapie 419
- Neue Literatur**
u. a. Rechts- und Staatswissenschaft / Umweltprobleme /
Literatur / Musik / Geschichte / Naturwissenschaften . . . 427
- Von den Hochschulen und Akademien**
u. a. Wachstumshormon synthetisch erzeugt – Eine Ent-
deckung mit weitreichenden Konsequenzen / Verschmutzung
der Meere 435
- Friedensarbeit der Kirche**
u. a. Perspektiven der Zweiten Entwicklungsdekade / Christ-
lich-islamische Begegnung 443
- Internationaler Kulturspiegel**
u. a. Pariser Impressionisten in Moskau / Internationales
Symposium über die Video-Bildplatte / Europäische Musik-
Festspiele 1971 / Filme unserer Zeit: „Soldier Blue“ . . . 447
-

PROF. DR. VICTOR A. AMBARZUMIAN, EREVAN

Präsident der Akademie der Wissenschaften und
Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums in Bjurakan

Die Welt der großen Sternsysteme – Neue Erkenntnisse der Kosmosforschung

Galaxien sind gigantische Sternsysteme, deren jedes Milliarden und bisweilen (im Falle von Überriesen-Galaxien) Hunderte von Milliarden Sterne enthält. Auch unser Milchstraßensystem kann man zur Zahl der Überriesen rechnen.

Schon lange weiß man, daß in den meisten Fällen bei ihnen die Sterndichte zur Mitte hin wächst. Außerdem werden bei vielen Galaxien im Zentrum selbst sternartige Verdichtungen sehr geringer Abmessungen beobachtet. Bisweilen sind sie auf Photographien deutlich zu sehen. Diese zentralen sternartigen Verdichtungen nennt man auch „Kerne“. So hebt sich der Kern der Galaxis Markarjan 10 wegen seiner gewaltigen Leuchtkraft deutlich ab. Bei einer Reihe von Galaxien kann man die Existenz eines Kernes aus direkten Merkmalen seiner Aktivität folgern. Zum Beispiel ist bekannt, daß im Kern der Galaxis M 82 vor etwa eineinhalb Millionen Jahren eine mächtige Explosion erfolgt ist. Als deren Folgeerscheinung beobachten wir die von jener Galaxis zu uns gelangende Radiostrahlung.

Während vieler Jahrzehnte haben wir die Kerne als ganz gewöhnliche Strukturelemente von Galaxien angesehen und verhältnismäßig wenig erforscht. Es waren nur einige Fakten hinsichtlich der physischen Natur der Kerne bekannt, die durchaus keinen Anlaß boten, ihnen jene fundamentale Rolle zuzuschreiben, die sie in Wirklichkeit spielen. Da sich die Spektren vieler Kerne wenig von den Spektren der zentralen Gebiete ihrer Umgebung unterscheiden, glaubte man insbesondere, daß es sich um eigenartige Sternhaufen handle, die in den Zentralteil einer Galaxis eingetaucht seien.

Der amerikanische Astronom Seyfert hat 1943 eine Untersuchung von Spektren einiger solcher Kerne veröffentlicht, die sich durch ihre Helligkeit scharf abhoben. Die große Breite der Spektrallinien des Wasserstoffs besagt, daß in den Kernen solcher Galaxien Gasströmungen mit Geschwindigkeiten der Größenordnung 1000 km/s und darüber vorkommen. Diese Gase müssen seit einigen zehntausend Jahren aus dem Kern heraustreten, wobei sie dessen Anziehungskraft überwinden. Man kann darauf folgern, daß es in den Kernen Körper gibt, die mächtige Gasströme ausstoßen.

Eine Reihe feinerer Untersuchungen von Galaxien mit weniger hellen Kernen zeigte, daß wir auch dort das Ausströmen von Gasen beobachten, wenn auch nicht so heftig. Der gleiche Vorgang spielt sich in unserem galaktischen System ab. Diese Tatsachen besagen, daß in den Kernen von Galaxien, anders als bei Sternen und gewöhnlichen Sterngruppen, eine für uns qualitativ neue Form von Aktivität herrschen kann.

Von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung der Vorstellungen über die Aktivität galaktischer Kerne war indessen die im Jahr 1952 erfolgte Entdeckung von Radiogalaxien, d. h. von Galaxien, die eine besonders intensive Radiostrahlung aussenden. In Bjurakan suchte man durch Analyse von Beobachtungsdaten dafür eine Erklärung. Es wurde klar, daß im Kern jeder Radiogalaxis eine übermächtige Explosion erfolgt ist, deren Energie kolossale Beträge erreicht. Indem sie dem Verständnis der Natur der Radiogalaxien näherkamen, gelangten die Astronomen zur Erforschung der großartigsten energetischen Prozesse im Weltall.

Beobachtungen einer der nächstgelegenen Radiogalaxien, Virgo A, ergab, daß dort ein unmittelbar aus dem Kern hervorquellender Strom mit einzelnen Verdichtungen beobachtet wird, von denen jede ein Gebilde der Größenordnung einer kleinen Galaxis darstellt, aber nicht aus Sternen besteht, sondern aus Elektronen hoher Energie.

Dieser Umstand hat uns veranlaßt, andere Fälle zu suchen, wo aus dem Kern einer Riesengalaxis ein Strom ausgeworfen wird. Die Suche war erfolgreich. Als Beispiel erwähnen wir die Galaxis NGC 3561, in der ein Strom unmittelbar aus dem Kern kommt und sich in große Entfernung erstreckt. Am Ende des Stromes wurde eine Verdichtung entdeckt, die eigentlich eine Galaxis mäßiger Leuchtkraft darstellt. Die Spektren dieses Auswurfs und des Kernes stimmen überein; es kann gar kein Zweifel bestehen, daß wir die Teilung des Kernes einer Galaxis in zwei Teile beobachten.

Allmählich bildete sich die Vorstellung, daß infolge von Explosionen größten Ausmaßes aus den Kernen von Galaxien kompakte Objekte von blauer Farbe und verhältnismäßig geringer Leuchtkraft ausgeworfen werden können. Weiter wurde deutlich, daß wir es mit mindestens drei Formen von Kernaktivität zu tun haben. Die erste ist die Aussendung von Gasströmen, die zweite der Auswurf blauer Systeme und die dritte sind Explosionen, die zur Umwandlung der Galaxis in eine Radiogalaxis führen. Alle diese Vorgänge haben einen so großen Maßstab, daß sich zweifelsfrei die Möglichkeit eines bedeutenden Einflusses des Kernes auf die Entwicklung der Galaxis im ganzen ergab.

Ein neuer Abschnitt in diesen Untersuchungen ist mit der Arbeit des Korrespondierenden Mitgliedes der Akademie der Wissenschaften der Armenischen SSR, B. E. Markarjan, verknüpft. Bekanntlich besteht ein recht enger Zusammenhang zwischen der Farbe und dem Typ einer Galaxis. Markarjan stellte fest, daß diese Abhängigkeit zuweilen gestört ist. Mit anderen Worten: manche Galaxien haben eine Farbe, die durchaus nicht für ihren Typ charakteristisch ist. Es wurde klar, daß sie irgendeine zusätzliche Strahlung aussenden, die wir in Bjurakan als „nichtstellar“ oder „nichtthermisch“ bezeichnen. Es wurde beschlossen, im Bereich der Radiowellen nach dieser nichtthermischen Strahlung zu suchen. Entsprechende Beobachtungen führte der Radioastronom Tovmasjan an den zwei größten Radioteleskopen Australiens aus. Mehr als die Hälfte der von ihm untersuchten Objekte haben eine nichtthermische Radiostrahlung, die von dem Zentralgebiet um den Kern ausgeht. Damit war eine neue Erscheinungsform von Kernaktivität entdeckt, die bis dahin nur durch die blaue Farbe des Kernes im Bereich um den Kern herum zum Ausdruck gekommen war.

Es muß gesagt werden, daß nur für eine kleine Anzahl von Galaxien Farbenindizes bestimmt wurden. Bis vor kurzem ging die Gewinnung dieser Daten äußerst langsam voran, weil jede Galaxis einzeln mit einem Spaltspektrograph oder photoelektrischem Photometer beobachtet wurde, was viele Arbeitsstunden an den größten Teleskopen erforderte. Die Lage hat sich geändert, als die Leningrader optisch-mechanische Vereinigung metergroße Objektivprismen für das große Teleskop des Bjurakaner Observatoriums anfertigte. Dank diesen Prismen wurde es möglich, gleichzeitig Spektren einer großen Anzahl von Sternen und Galaxien zu erhalten, die sich auf einem beträchtlichen Teilstück des Himmels befinden. Die auf diese Weise ausgewählten Galaxien konnten dann



Spiralnebel M 81 und zwei weitere extragalaktische Objekte.
Der Nebel ist etwa sieben Millionen Lichtjahre entfernt.

gewissermaßen weitergegeben werden zur weiteren Untersuchung mit Spaltspektrographen hoher Dispersion. So entstanden Verzeichnisse von Galaxien mit ultraviolettem Spektrum – sogenannter Markarjan-Galaxien.

In Zusammenarbeit mit amerikanischen Astronomen hat S. Chatschikjan, ein Mitarbeiter unseres Observatoriums, viele Markarjan-Galaxien mit Hilfe von Spaltspektrographen an den größten Teleskopen der USA untersucht. Es ergab sich, daß alle diese Galaxien, mit seltenen Ausnahmen, helle Emissionslinien haben. Insbesondere gelang es ihm, unter den Markarjan-Galaxien vier Objekte vom Seyfert-Typ zu entdecken. Zum Vergleich bemerken wir, daß im Laufe der 25 Jahre, die seit der Publikation von Seyferts Arbeit vergangen sind, zu seinen ursprünglichen acht Objekten im ganzen nur drei hinzugekommen sind.

Bei rund der Hälfte der Markarjan-Galaxien ist sowohl die ultraviolette, wie die Strahlung in Emissionslinien in einem kleinen kernnahen Gebiete konzentriert. Ungefähr die Hälfte stellt kompakte Gebilde dar und erinnert an Quasare. Indessen ist die Leuchtkraft eines großen Teils dieser Objekte bedeutend niedriger als die mittlere Leuchtkraft der uns bekannten Quasare.

Die Aktivität des Kernes von Milchstraßen und von Quasaren kommt durch Abgabe gewaltiger Energiebeträge zum Ausdruck – oft kurzzeitig, in Form von Explosionen und Eruptionen ungeheurer Verdichtungen und Wolken von Gasen, deren Massen die der Sonne millionenfach übertreffen.

Verständlicherweise erhob sich nach der Entdeckung dieser Erscheinungen alsbald die Frage nach den Quellen der gewaltigen Energiemengen und der Substanz, die infolge der Kernaktivität freigesetzt werden. Es ergab sich, daß alle betrachteten aktiven Prozesse in den Kernen von Galaxien mit dem Übergang von Materie aus einem dichteren in einen verdünnteren Zustand zusammenhängen.

Alle klassischen Vorstellungen von der Entstehung kosmischer Körper und Systeme gingen von der Annahme aus, daß sich Materie kondensiert, daß sich dichte Körper aus dünnen Gasmassen bilden. Für die Verfechter dieser klassischen Anschauungen waren die neuen Fakten über die Aktivität der Kerne von Galaxien höchst überraschend. Sie bezeugten doch, daß ein Prozeß in umgekehrter Richtung abläuft. Eben darum suchten die meisten Vertreter dieser Richtung in der ersten Etappe, das heißt bis zum Beginn der sechziger Jahre, die Tatsachen zu ignorieren, die sich auf die Aktivität der galaktischen Kerne bezogen.

Zur Erklärung dieser ungewöhnlichen Erscheinungen kann man heute annehmen, daß es in jedem aktiven Kern einen übermassiven Körper gibt, der sein Herzstück darstellt. Die Kernaktivität ist das Ergebnis der Tätigkeit dieses übermassiven Körpers. Seine Masse kann gleich hunderten von Millionen oder sogar Milliarden Sonnenmassen sein. Es besteht Grund für die Annahme, daß selbst die Existenz einer Galaxis um den Kern herum das Resultat der Aktivität eines solchen übermassiven Körpers ist. Nicht der Kern hat sich in der bereits existierenden Galaxis gebildet, sondern die Galaxis entstand als Ergebnis der Aktivität des Kernes. Der Umstand, daß die Arme der Spiralgalaxien aus den Kernen heraustreten, steht auch in voller Harmonie mit dieser Hypothese.

Die hier in allgemeinen Zügen dargelegte Hypothese ist noch keine irgendwie ganz folgerichtige Theorie. Sie gestattete aber, eine gewaltige Menge von Fakten zu vereinigen, viele neue Daten voranzusehen und, als wichtigstes, sie zeigte, daß die bisher bestehenden Vorstellungen von der Kondensation der Galaxien ein Vorurteil sind.

Nehmen wir diese Hypothese an, so müssen wir den Schluß ziehen, daß der Kern einer Galaxis, der im Laufe seines Lebens gewaltige Massen an Substanz verliert, eine Explosion und bisweilen sogar Teilung durchmacht, sich stark verändern und vielleicht auch verschwinden muß. Indessen ist noch viel Arbeit erforderlich, bis es gelingen wird, die Gesetze der Zustandsänderungen eines Kernes aufzustellen.

Im Zuge der modernen Entwicklung der Astronomie, die immer stärkere optische und Radioteleskope anwendet, hat sich das Weltall in unseren Vorstellungen völlig geändert. Noch vor dreißig Jahren stellte es sich dar als eine ruhige und sogar feierliche Welt im Gleichgewicht befindlicher unbeweglicher Sterne. Heute beobachten wir eine stürmische Aktivität derselben Sterne, welche grandiose Eruptionen erleben und sich rasch entwickeln. Die Entdeckung von Radionebeln und Radiogalaxien hat uns zu der Vorstellung rascher Veränderungen in noch viel größerem Maßstab geführt. Heute sprechen wir über großartige Prozesse, die in den Kernen von Galaxien und Quasaren vor sich gehen. Nach den neuen Vorstellungen der Astronomen ist das Weltall eine sich schnell und tief verändernde Welt. Neue Teleskope, wie sie in der UdSSR entstehen, werden uns noch tiefer in das Wesen dieser Vorgänge eindringen lassen.