

Ideen des exakten Wissens

Wissenschaft und Technik in der Sowjetunion

Autorensonderdruck

Herausgegeben in Verbindung mit der Akademie der Wissenschaften der UdSSR

599	Wassili Parin	Physiologische Belastbarkeit bei Weltraumflügen
605	Alexei Pokrowski	Krankheit und Ernährung
611	Georgi Gorschkow	Bewegungen der Erdkruste
615	Viktor Ambarzumjan	Die Tiefen der Galaxien
627	Juri Chodak	Geologie der Planeten
637	Sergei Kapiza	Elektrodynamik und Elektronik in der modernen Technik
643	Sergei Michailow	Selbststeuerung des Blutdrucks im Gehirn

Zeitschriftenschau, Aktuelle Informationen, Bücher

dva

In Zusammenarbeit mit der Presseagentur Nowosti (APN)
Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart

Oktober

10|69

Die Tiefen der Galaxien

Noch vor dreißig Jahren erschien uns das Weltall als eine harmonische und ausgeglichene Welt fast unbeweglicher und unveränderlicher Sterne. Heute jedoch haben die Entdeckungen der Astronomie jenen Vorhang aufgehoben, der uns die Szene der stürmischen Tätigkeit jener selben Sterne verbarg, und zu einem Einblick in jene grandiosen Prozesse verholfen, die in den Kernen der Galaxien und den Quasaren ablaufen.

Viktor Ambarzumjan

Zu den aktuellen Problemen der modernen Astronomie gehört das Problem der „Population“ des Weltalls. Noch vor zehn bis zwölf Jahren sah das Bild der Struktur des Weltalls ziemlich einfach aus: „Kosmischer Staub“ – ganz kleine Meteore und Meteoriten –, dann die kleinen und großen Planeten, die um Sterne kreisen, und schließlich die Sterne selbst, die eine hundert- und millionenfach größere Masse als die Erde besitzen. Neue Instrumente und Forschungsmethoden haben jedoch im letzten Jahrzehnt zu einer Reihe von fundamentalen Entdeckungen geführt, die viele früher anscheinend unerschütterliche Hypothesen über die Prozesse in den Tiefen des Alls zu überprüfen zwangen.

So wurde offenbar, daß die Wissenschaft auf eine völlig neue Existenzform der Materie in den Kernen der Galaxien gestoßen ist. Die Galaxien sind riesige Sternsysteme, von denen jedes Milliarden Sterne enthält und die Super-giganten unter ihnen Hunderte Milliarden Sterne umfassen. Als wichtige Besonderheit haben die Galaxien in der Regel dichtere Zentralteile; sie nehmen an Helligkeit und Dichte zum Zentrum zu. Bei vielen Galaxien wurde auch entdeckt, daß direkt in ihrem Zentrum diskrete sternartige Verdichtungen von sehr kleinen Abmessungen bestehen. In den meisten Fällen sind diese Gebilde auf den Photographien nicht wahrzunehmen, da man wegen der er-

forderlichen langen Belichtungszeiten stets im Zentralteil überbelichtete Aufnahmen erhält, in denen diese diskreten Verdichtungen im Zentralteil nicht zu sehen sind. Bei richtiger Belichtung jedoch sind die Kerne der Galaxien durchaus unterscheidbar.

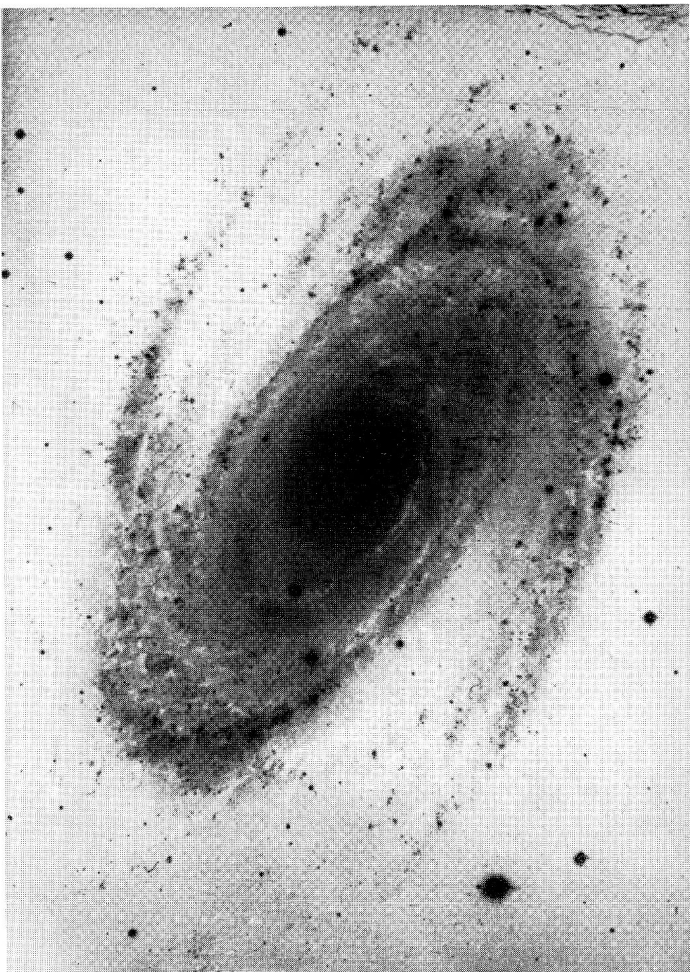
Es sind aber auch Fälle bekannt, bei denen der Kern in einer ganzen Reihe von Galaxien nicht zu sehen ist und man auf seine Existenz nur nach direkten Merkmalen seiner Aktivität schließen kann. Zum Beispiel können wir den Kern unserer Galaxis optisch nicht beobachten, sondern nur dank einer bemerkbaren Radioausstrahlung als vorhanden annehmen. Manchmal geht auch die Ausstrahlung eines Kerns im Hintergrund einer dichten Sternwolke verloren.

Die Kerne galten lange Zeit hindurch als ganz gewöhnliche und nicht besonders beachtenswerte Teile der Galaxien. Die Spektralforschungen jener Jahre ließen annehmen, daß jeder Kern eine eigenartige Sternanhäufung sei, die in den Zentralteil der Galaxis getaucht ist. In den Galaxien sind als kollektive Gebilde offene und Kugelsternhaufen anzutreffen. Daher ist es natürlich, daß sogar noch in den vierziger Jahren die Meinung verbreitet war, daß die Kerne der Galaxien vollständig aus Sternen bestehen. Der amerikanische Astronom *Seyfert* hat wohl als erster mit seinen Beobachtungen diese Mei-

nung erschüttert, obwohl seine 1943 veröffentlichten Untersuchungen der Spektren jener Sterne, die sich durch ihre Leuchtkraft vom Hintergrund der zentralen Teile der Galaxien stark abheben, fast unbemerkt geblieben sind.

Er entdeckte acht Galaxien, bei denen die Wasserstoff-Emissionslinien sehr hell und viel breiter als üblich sind, was Gasströmungen im Kern verriet, die Geschwindigkeiten von 1000 km/s und mitunter sogar 3000 km/s haben. Diese Ströme müssen vom Kern ausgehen, wobei sie seine Anziehungskraft innerhalb von mehreren Dutzend Jahrtausenden überwinden. Ihr Vorhandensein im Kern zeugt davon, daß in diesen Kernen Körper vorhanden sind, die derartige Gasströme ausstrahlen. Gründlichere Forschungen ausländischer und sowjetischer Astronomen zeigten, daß es sich um die Existenz von einzelnen diskre-

Die blaue Galaxis M 81 aus der Liste Markarjans, der Objekte dieser Art nach dem Merkmal eines intensiven ultravioletten Kontinuums im Spektrum des Galaxiskerns zusammenstellte.



ten Wolken im Kern handelt, die mit großen Geschwindigkeiten aus dem Kern fliegen.

Feinere Forschungen, die sich auf andere Galaxien mit nicht so hellen Sternen beziehen, zeigten, daß wir auch dort ein Entweichen der Gase aus dem Kern in den umgebenden Raum der Galaxis beobachten, obwohl es nicht so intensiv ist. Die Entdeckung der obenerwähnten Eigenschaften der *Seyfert*-Galaxien legte schon damals den Schluß nahe, daß die Kerne der Galaxien zum Unterschied von den Sternen und den gewöhnlichen Sterngruppen eine eigentümliche, für uns qualitativ neue Form der Aktivität besitzen können. Ein derartiger Schluß wurde jedoch nicht gezogen, da er damals zu kühn erschien.

Die Entdeckung der Radiogalaxien, also der Galaxien, die eine außergewöhnlich starke Radiostrahlung aussenden, war für die Entwicklung der Vorstellungen von der Aktivität der Galaxien von ausschlaggebender Bedeutung.

Gleich die ersten Ergebnisse ihrer Erforschung zeigten, daß die Galaxien, die uns heute als Radiogalaxien erscheinen, die Radiostrahlung nur relativ kurze Zeit, höchstens einige Millionen Jahre, aussenden können, was tatsächlich im Vergleich zu der allgemeinen Lebensdauer der Galaxien sehr wenig ist. Derartige Galaxien erleben gleichsam eine Radiostrahlungsruption, die einige Millionen Jahre dauert, wonach die Radiostrahlung stark abnimmt. Es stellte sich heraus, daß riesige Wolken von energiereichen Teilchen in einer gewöhnlichen Galaxis auftauchen müssen, damit sie sich in eine Radiogalaxis verwandelt.

Für die Bildung dieser Wolken muß jedoch eine Energie verbraucht werden, die die phantastische Zahl von 10^{60} erg (!) erreicht. Diese Energie liegt in der gleichen Größenordnung wie die kinetische Gesamtenergie aller Sterne einer großen Galaxis.

Die Beobachtungen einer der nächsten Radiogalaxien, der Galaxis Virgo A, zeigten, daß dort ein direkt aus dem Kern strömender Strahl mit einzelnen Verdichtungen zu beobachten ist, von denen jede einzelne im Grunde genommen der Größe einer kleinen Galaxis entspricht, aber nicht aus Sternen, sondern aus energiereichen Elektronen besteht, die sich in Magnetfeldern bewegen.

Danach begannen wir andere Fälle von Auswürfen aus dem Kern einer gigantischen Galaxis zu suchen. Da ist zum Beispiel die Galaxis NGC 3561, bei der ein Strahl unmittelbar aus dem Kern entweicht und sich über weite Entfernungen hinzieht. Die Verdichtung am Ende des Strahls stellt im Grunde genommen eine Galaxis von mäßiger Leuchtkraft dar, wenngleich ihr Licht viel schwächer ist als das der Supergalaxis, aus der sie stammt. Diese Verdichtung hat eine intensive blaue Farbe wie auch viele andere Objekte dieses Typs, die später entdeckt wurden. Das Verdichtungsspektrum wurde von den amerikanischen Astronomen *Zwicky* und erst vor kurzem von *Stockton*

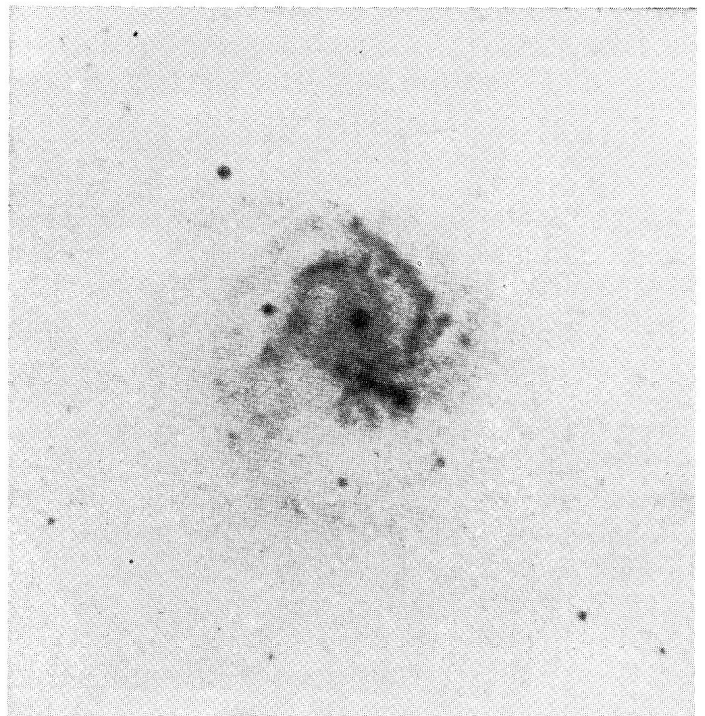
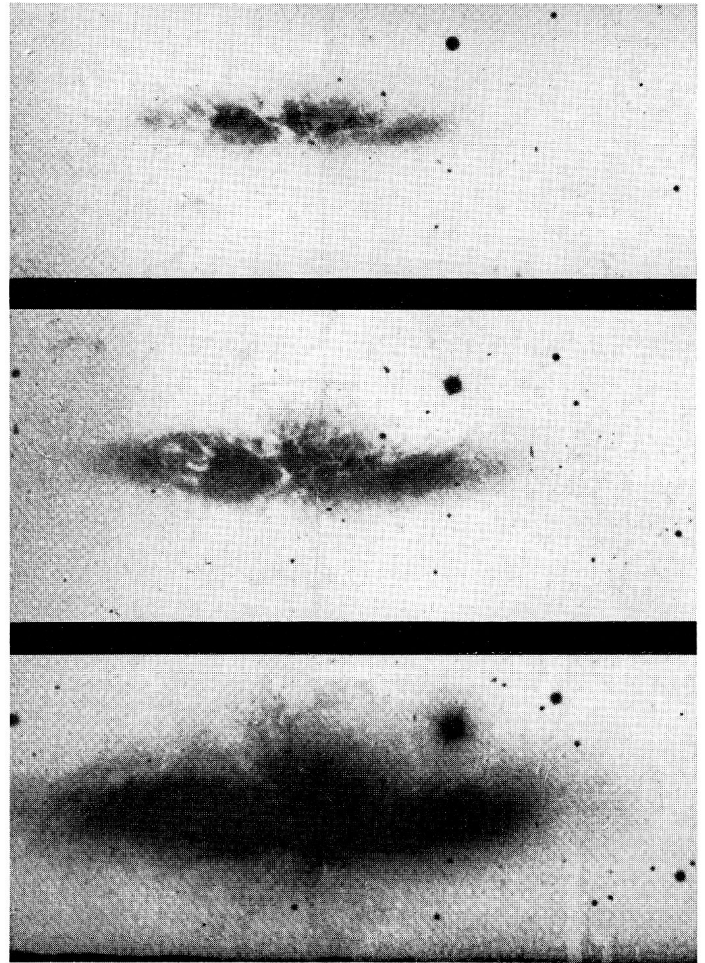
Einen Eindruck von der Schwierigkeit, den Kern einer Galaxis auch photographisch festzuhalten, geben diese Bilder von der blauen Galaxis M 82. Die obere Aufnahme wurde mit Höchstbelichtung festgehalten.

untersucht. Wie es sich erwies, unterscheidet sich die Verdichtung von den anderen Galaxien stark dadurch, daß ein beträchtlicher Teil ihrer Ausstrahlung in der einen ionisierten Sauerstofflinie von 3727\AA enthalten ist. Am verblüffendsten ist dabei, daß das Spektrum des Auswurfs und das des Kerns der Galaxis, aus der er ausgestoßen wurde, hinsichtlich ihrer Hauptbesonderheit, der hellen Emissionslinien, völlig gleichartig sind. Daher kann es überhaupt keinen Zweifel daran geben, daß dies tatsächlich ein Auswurf oder mit anderen Worten eine Spaltung des Kerns der Galaxis in zwei Teile ist.

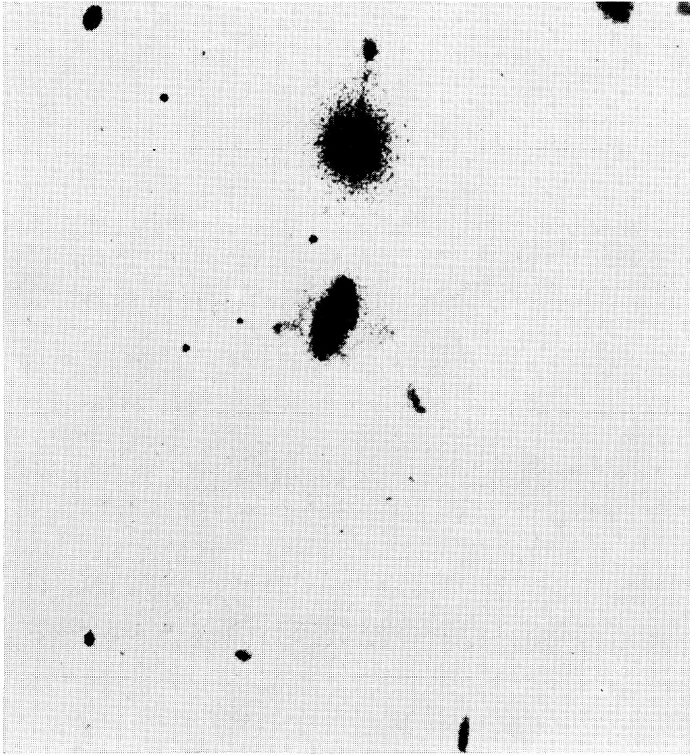
Wir wissen noch nicht, ob derartige Auswürfe nur aus Gasen bestehen oder ob sie auch dichtere Körper enthalten. Vielleicht ist dies ein dichter Körper, aus dem sich Sterne bilden können und eine echte Galaxis hervorgehen kann. In der Mitte des Strahls der Galaxis NGC 3561 gibt es sternartige oder, wie man jetzt zu sagen pflegt, quasistellare Objekte von blauer Farbe mit hellen Linien im Spektrum, die man auch als einzelne Auswürfe betrachten kann. Auch der große Auswurf selbst hat in seinem hellen Teil sehr kleine Winkelabmessungen.

So entstand allmählich die Vorstellung, daß aus den Kernen der Galaxien kompakte oder ganz quasistellare Objekte von blauer Farbe mit einer relativ geringen Leuchtkraft ausgestoßen werden können. Es wurde offenbar, daß wir es mindestens mit drei Aktivitätsformen der Kerne zu tun haben: mit der Gasausströmung, mit dem Ausstoß von blauen Verdichtungen und mit Explosionen, die zur Verwandlung der Galaxis in eine Radiogalaxis führen. Alle Erscheinungen sind von so großem Ausmaß, daß sie keinen Zweifel an der Möglichkeit einer großen Einwirkung des Kerns auf die Entwicklung der Galaxis im ganzen beließen.

Natürlich veranlaßte die Entdeckung einer derart großen Menge von anomalen Erscheinungen in den Galaxien die Astronomen, nach ihrer gemeinsamen Ursache zu suchen. 1955 wurde diese Aufgabe auch an der Sternwarte Bjurakan gestellt. Drei Jahre später, auf der Solvay-Konferenz in Brüssel, konnte ich mitteilen, daß in den Kernen einiger



Die Galaxis NGC 4303.



Einen Eindruck von der Mächtigkeit eines „Auswurfs“ aus dem Kern einer Galaxis gibt dieses Bild der Galaxis NGC 3561. In der Mitte des Strahls, dessen Verdichtung am Ende bläulich gefärbt ist, gibt es quasistellare Objekte.

Die Spektren der Galaxien Markarian-3 (oben) und Markarian-1. Die Zahlen bedeuten hier – wie auch in den Bildern rechts – die Wellenlängen der Spektrallinien in Angström.

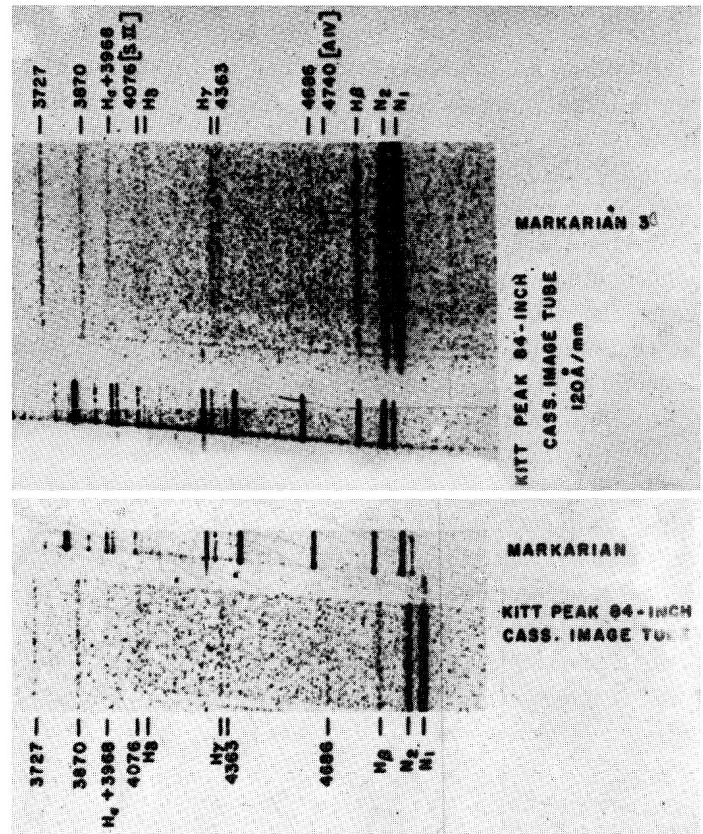
Galaxien von Zeit zu Zeit gigantische Explosionen stattfinden und sich eine bis dahin ruhige Galaxis infolgedessen in eine Radiogalaxis verwandeln kann. Es wurde nicht ausgeschlossen, daß aus dem Kern einer großen Galaxis eine ganze blaue Galaxis ausgestoßen werden kann. Dieser Schluß, der für viele Teilnehmer der Konferenz unerwartet war, widersprach den traditionellen Vorstellungen, daß die Kerne der Galaxien aus einer gewöhnlichen (friedlichen) Stern-„Population“ bestehen, die zu derartigen kolossalen Explosionen unfähig sei. Der natürliche Schluß, zu dem man damals in Bjurakan gekommen war, bestand darin, daß in den Kernen einiger Galaxien aktive und höchstwahrscheinlich supermassive Körper existieren müssen, die explodieren und eine riesige Menge von Stoff und Energie freisetzen können. Die Menge des dabei frei-

werdenden Stoffes kann viele Millionen Sternmassen über-treffen.

Man muß zugeben, daß nur wenige Teilnehmer der Konfe-renz von den so ungewöhnlichen Eigenschaften der Kerne der Galaxien überzeugt waren, obwohl alle einsahen, daß die alten Vorstellungen auf unüberwindliche Schwierig-keiten stoßen. Aber schon auf dem XI. Kongreß der Inter-nationalen Astronomischen Union 1961 in Berkeley wurde die Auffassung der Astronomen von Bjurakan über die Explosionen in den Kernen der Galaxien als eine natür-liche Erklärung der Radiogalaxien und verwandter Erschei-nungen behandelt.

Das Jahr 1963 brachte der Wissenschaft eine wichtige Ent-deckung. Der amerikanische Astronom Sandage stellte fest, daß in der uns relativ nahen Galaxis M 82 riesige Gas-strömungen zu beobachten sind, die vor ungefähr eineinhalb Millionen Jahren aus dem Kern geschleudert wurden und sich jetzt nach verschiedenen Seiten entfernen. Dies war schon eine direkte Bestätigung der Auffassung von der Eruptionstätigkeit der Kerne, die in Bjurakan aufgestellt worden war.

Danach wurde entdeckt, daß viele kosmische Radioquellen, die von uns beobachtet werden, keine Radiogalaxien im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes sind, sondern eher sehr kompakte Gebilde darstellen, die sich auf Photographien überhaupt nicht von den Sternen unterscheiden.



Zuerst drängte sich der Vergleich dieser Radioquellen mit den Kernen der Galaxien auf, die nicht selten gleichfalls sehr kompakt und in vielen Fällen auf den Photographien fast gar nicht von einem Stern zu unterscheiden sind. Diese neuen Objekte sind jedoch keine Kerne einer Galaxis im vollen Sinne dieses Wortes, da ein riesiges Sternsystem um jedes derartige Objekt fehlt.

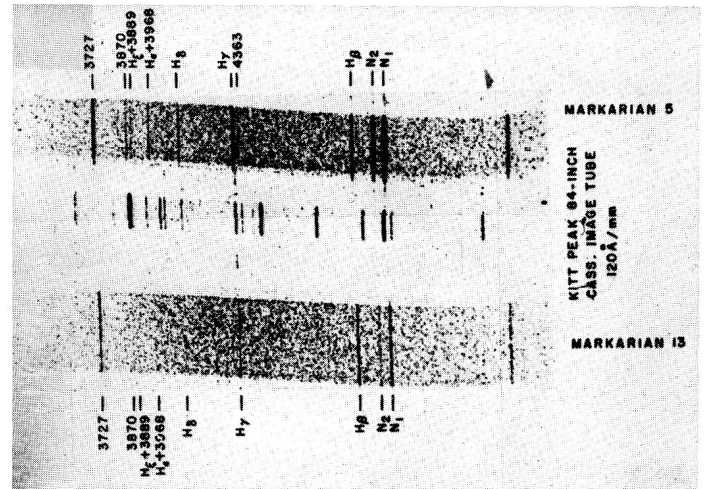
Die neuentdeckten Objekte der Radiostrahlung wurden quasistellare Radioquellen oder Quasare genannt. Jeder Quasar strahlt mehr Energie als eine gigantische Galaxis aus und ist von verdünnten Wolken stark ionisierter Gase umgeben. Diese Wolken sind wahrscheinlich unlängst aus dem Quasarkern ausgestoßen worden. Deshalb erscheinen die Quasare von Anfang an den Astronomen als sehr massive Körper, die imstande sind, große Mengen von Stoff und Energie auszustoßen.

Somit ergab sich, daß die Aktivität der Kerne, auf die erstmalig in Bjurakan verwiesen wurde, auch in den Quasaren vorhanden ist, aber in viel grandioseren Ausmaßen.

Eine neue Etappe in diesen Forschungen ist mit der Arbeit des Mitarbeiters der Sternwarte Bjurakan, des Korrespondierenden Mitglieds der Akademie der Wissenschaften der Armenischen Sowjetrepublik, *Markarjan*, verknüpft. Ihm fiel auf, daß einige Galaxien eine tiefer blaue Farbe haben, als sie ihrem morphologischen Typ entspräche. Wie es sich erwies, ist diese Abweichung der Farbe der Galaxis von der Norm größer, wenn wir die Farbe der summarischen Ausstrahlung des Kerns in dem kernnahen Gebiet betrachten.

Daraus wurde der gesetzmäßige Schluß gezogen, daß eine anomale Kurzwellenstrahlung von den Kerngebieten dieser Galaxien ausgeht.

Wir wissen, daß sich an der Peripherie der Spiralgalaxien,

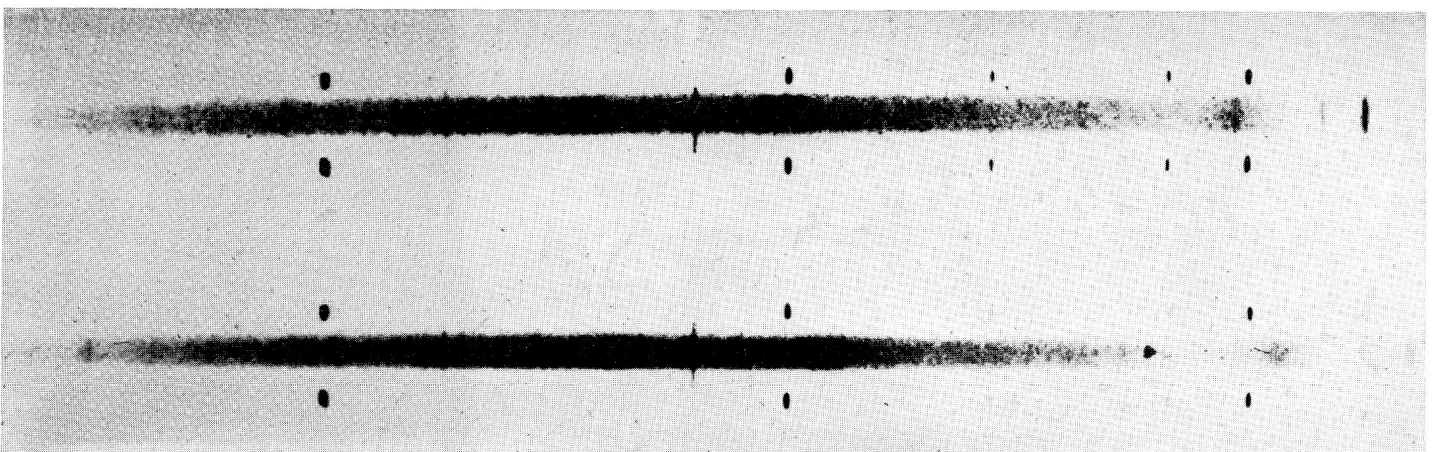


Die Spektren der Galaxien Markarjan-5 (oben) und Markarjan-13.

in den Spiralarmen, viele Assoziationen von blauen Sternen befinden, die eine integrale blaue Farbe haben. Die erwähnte tiefere Blaufärbung der Zentralteile der Galaxien kann jedoch nicht durch diese normale blaue Ausstrahlung der Sternassoziationen verursacht sein. Die blaue Farbe der Zentralteile der Galaxien muß vielmehr durch eine zusätzliche Ursache bewirkt werden, die vermutlich wiederum mit der Tätigkeit des Kerns in Verbindung steht.

So wurde offenbar, daß wir es mit einer zusätzlichen Ausstrahlung zu tun haben, die wir in Bjurakan als „instellar“ oder „nicht-thermisch“ bezeichneten. Wir beschlossen, vor

Die Spektren der Galaxien Markarjan-9 (oben) und Markarjan-10.



alle die von *Markarjan* hervorgehobenen Objekte zu untersuchen, um eine nicht-thermische Radiostrahlung zu finden. Die entsprechenden Beobachtungen wurden von unserem Radioastronomen *Towmasjan* in verschiedenen Wellenbereichen mit den zwei größten australischen Radioteleskopen durchgeführt.

Wie es sich herausstellte, hat mehr als die Hälfte der Objekte aus der Liste von *Markarjan* eine Radiostrahlung, die aus dem kernnahen Zentralgebiet stammt. Man muß darauf hinweisen, daß diese Objekte keine Radiogalaxien, sondern viel schwächere Radioquellen sind, die jedoch eine starke nicht-thermische Ausstrahlung von einem kleinen Zentralgebiet der optischen Galaxis haben. Parallele Untersuchungen der Radiostrahlung von anderen, hauptsächlich Spiralgalaxien, die eine normale Farbe haben, zeigten, daß es auch unter ihnen Objekte mit einer Radiostrahlung vom zentralen Gebiet aus gibt. Der Prozentsatz derartiger Objekte unter den normalen Galaxien ist freilich um ein Vielfaches geringer.

Somit wurde eine neue Erscheinung der Kernaktivität entdeckt, die in der blauen Farbe des Kerns und des kernnahen Gebiets zum Ausdruck kommt. Sofort erhob sich die Frage, ob es im Weltall nicht auch andere Galaxien gibt, deren Kerngebiete eine derartige oder eine intensivere blaue Farbe oder ein anomales Spektrum haben. Zu diesem Zweck mußten die Forschungen auf ein viel größeres Gebiet des Weltraums ausgedehnt werden.

Zu diesem Zeitpunkt wurden in Leningrad die größten Objektivprismen der Welt für das große *Schmidt*-Meter-Teleskop der Sternwarte Bjurakan fertiggestellt. Mit diesen Prismen kann man mit geringer Dispersion gleichzeitig viele Spektren von Sternen und Galaxien erhalten, die sich auf einem ziemlich großen Feld, auf einer Fläche von nahezu 20 Quadratgrad befinden. Auf einem derartigen Bild können wir gleich auf einmal unter den Hunderten oder Tausenden Galaxien (das gleiche gilt auch für die Sterne) jene auswählen, deren Spektren diese oder jene uns interessierende Eigenschaft besitzen. Eine derartige Eigenschaft war in diesem Fall das intensive ultraviolette Kontinuum. Allmählich entstanden so die Listen der blauen Galaxien von *Markarjan*, oder genauer gesagt der Galaxien mit ultraviolettem Kontinuum.

Diese Beobachtungen zeigten *Markarjan*, daß die Galaxien mit intensivem ultraviolettem Kontinuum im Spektrum des Zentralteils zum Unterschied von den normalen Galaxien häufig helle Emissionslinien haben. Die Astronomen von Bjurakan konnten aufgrund einer Vereinbarung die Spektrographen an den größten amerikanischen Reflektor-Teleskopen für eine gründlichere Untersuchung der *Markarjan*-Galaxien benutzen. Diese Aufgabe übernahm der Mitarbeiter *Chatschikjan* von unserer Sternwarte, der in Zusammenarbeit mit amerikanischen Astronomen diese Auf-

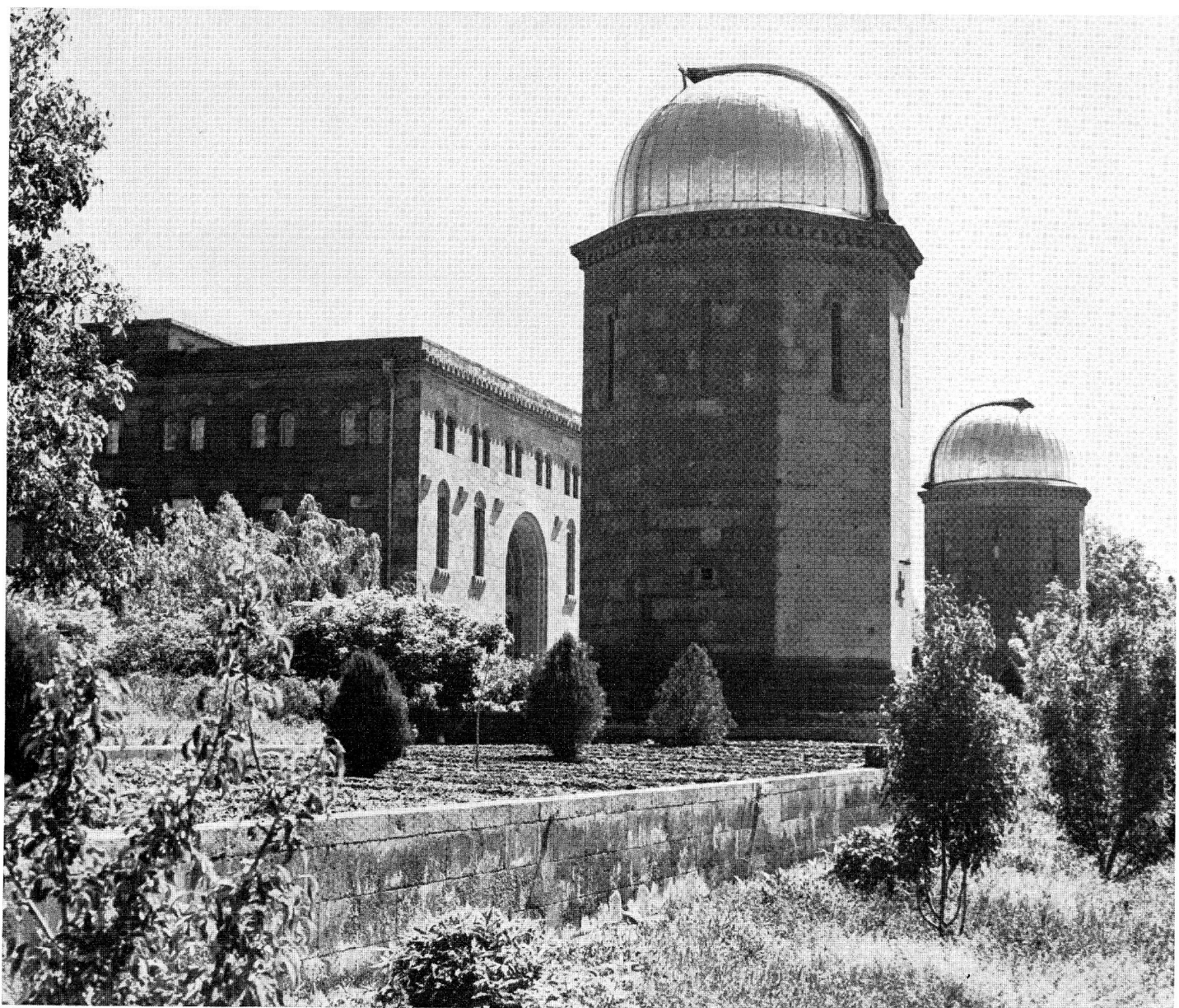
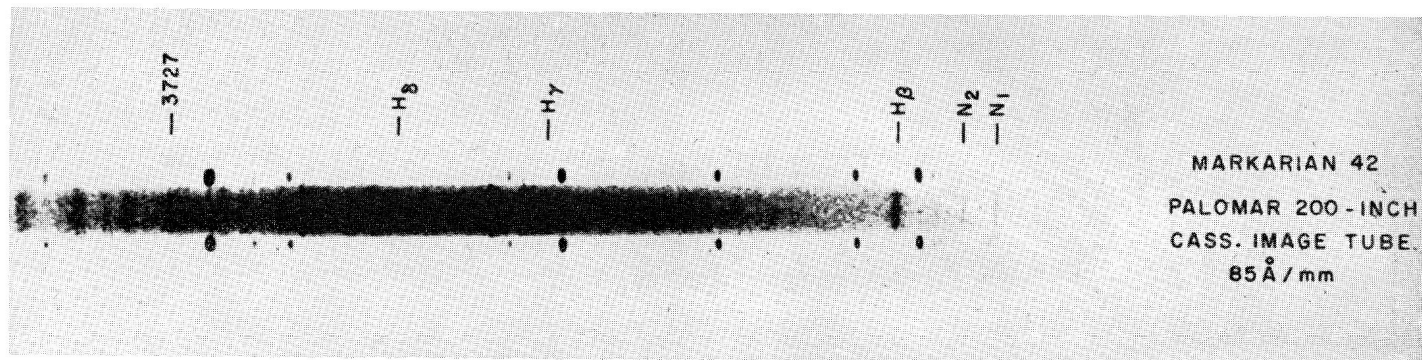
gabe erfolgreich meisterte. Wie es sich erwies, gibt es unter den von *Markarjan* entdeckten Galaxien eine große Anzahl höchst interessanter Objekte.

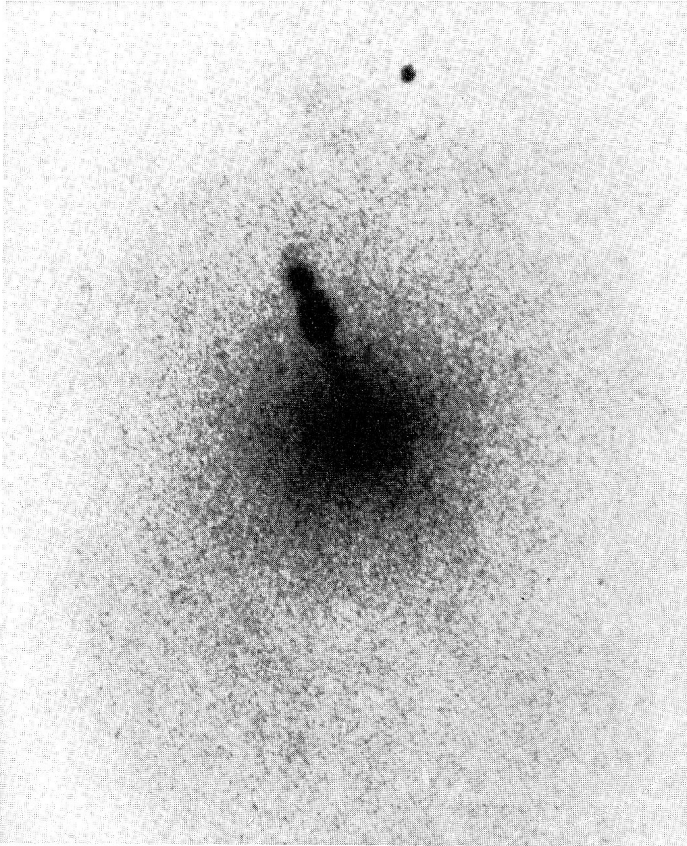
Ich möchte vor allem hervorheben, daß die Listen der *Markarjan*-Galaxien nach dem Merkmal des vorhandenen intensiven ultravioletten Kontinuums in ihren Kernen zusammengestellt wurden. Die Beobachtungen mit Spalt-spektrographen, die fast ein halbes Hundert der *Markarjan*-Galaxien erfaßten, zeigten jedoch, daß sie alle mit seltenen Ausnahmen sehr helle Emissionslinien haben. Das erste Beispiel dafür ist die Galaxis *Markarjan-1*. Auf dem Spektrogramm sind die hellen verbotenen Linien des zweimal ionisierten Sauerstoffs zu sehen. Beachtenswert ist auch



Die Sternwarte Bjurakan mit den beiden Beobachtungstürmen (rechts). Oben ein armenisches Astrolabium aus der Sammlung dieses Observatoriums. Es wurde im 17. Jahrhundert von Gukas Wanandezzi angefertigt.

Das Spektrum der Galaxis Markarian-42.

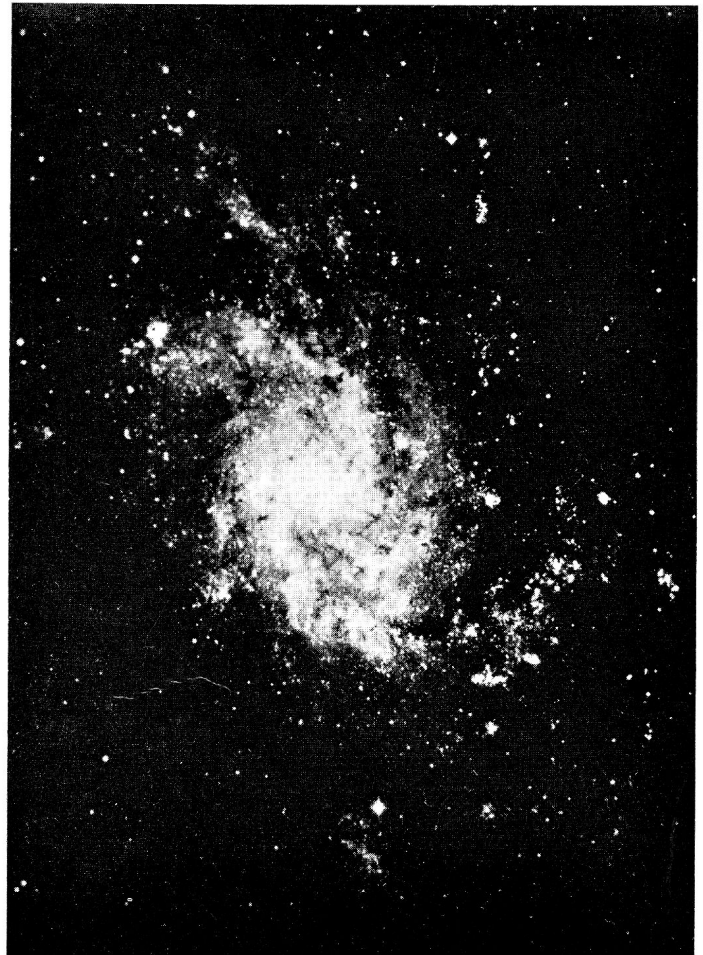




Die inzwischen fast „berühmt“ gewordene Radiogalaxis Virgo A. Auf der Aufnahme ist deutlich der aus dem Kern kommende Strahl zu sehen, dessen Verdichtungen von der Größenordnung einer mittelgroßen Galaxis sind.

Rechts: Die Galaxis Markarjan-100.

Unten: Die Galaxis Markarjan-33.



das Spektrum der Galaxis Markarjan-3, wo diese verbotenen Linien viel breiter als die Wasserstofflinien sind. Das gleiche Bild sehen wir auch im Spektrum der Galaxis Markarjan-5. Aber schon im Spektrum Markarjan-13 gleicht sich die Lage; dort hat die Wasserstofflinie H_{β} die gleiche Breite wie die verbotenen Linien.

Eine ganz andere Situation zeigt sich in den Spektren der Galaxien Markarjan-9, -10 und -42. Freilich gibt es auch hier intensive Emissionslinien, dort sind aber die Wasserstofflinien sehr verbreitert, während die verbotenen Linien der Sauerstoffionen eng bleiben. Das bildet übrigens auch eine höchst wichtige Charakteristik der Spektren der *Seyfert*-Galaxien. Wie schon erwähnt, bewegen sich die Gaswolken in ihren Kernen mit Geschwindigkeiten von Tausenden Kilometern pro Stunde. Auf dem Bild der Galaxis Markarjan-10 sticht der Galaxis-Kern als besonders intensives Objekt hervor.

Wenden wir uns jetzt der Galaxis Markarjan-9 zu. Hier liefert der Kern den größten Teil des Lichtes der Galaxis. Somit besitzen die neuentdeckten Galaxien auch dieses kennzeichnende Merkmal der *Seyfert*-Galaxien. Im Grunde



genommen gelang es *Chatschikjan*, unter den *Markarjan*-Galaxien vier Objekte vom *Seyfert*-Typ zu entdecken. Zum Vergleich wollen wir darauf verweisen, daß in den 25 Jahren seit der Veröffentlichung der Arbeit von *Seyfert* seinen ursprünglichen acht Objekten dieses Typs nur drei hinzugefügt wurden. Dabei wurde einstweilen nicht einmal ein Viertel der von *Markarjan* entdeckten Galaxien mit ultraviolettem Kontinuum gründlich untersucht.

Nahezu die Hälfte der *Markarjan*-Galaxien besitzt jene Eigenschaft, daß die Ausstrahlung des ultravioletten Kontinuums wie auch die Ausstrahlung in den Emissionslinien in einem kleinen kernnahen Gebiet konzentriert ist. In diesem Sinne sind sie kompakte Objekte und erinnern an die obenerwähnten quasistellaren Objekte.

Die Leuchtkraft aller dieser Objekte ist aber viel geringer als die durchschnittliche Leuchtkraft aller uns bekannten Quasare (die mindestens 200mal stärker ist), wenn sie auch viel höher ist als die Leuchtkraft der schon oben erwähnten kompakten Auswürfe aus der Galaxis NGC 3561.

Wenn man nur die Galaxien 9, 10 und 42 aus der Liste von *Markarjan* und nur eine kompakte Galaxis aus der

Liste von *Zwicky* betrachtet, so ist die Leuchtkraft ihrer Kerne mit der integralen Leuchtkraft der gigantischen und supergigantischen Galaxien durchaus vergleichbar. Somit kommen die Kerne der neuen Galaxien vom Typ *Seyfert*, die von *Chatschikjan* entdeckt wurden, in vielen ihrer Eigenschaften den quasistellaren Objekten nahe. Andererseits zeigten jene Objekte, bei denen die Beobachter eine Radiostrahlung suchten, keine wahrnehmbare Strömung einer derartigen Ausstrahlung. Daraus geht hervor, daß diese Objekte trotz ihrer nur etwas schwächeren optischen Leuchtkraft eine viel schwächere Radiostrahlungsintensität als die Quasare haben.

Wie betont werden muß, führte der amerikanische Astrophysiker *Sandage* schon 1965 gemeinsam mit seinen Mitarbeitern Beobachtungsdaten an, die eine Existenz von extragalaktischen quasistellaren Objekten mit hoher Leuchtkraft bezeugen, welche sich von den Quasaren nur dadurch unterscheiden, daß sie keine intensive Radiostrahlung aufweisen.

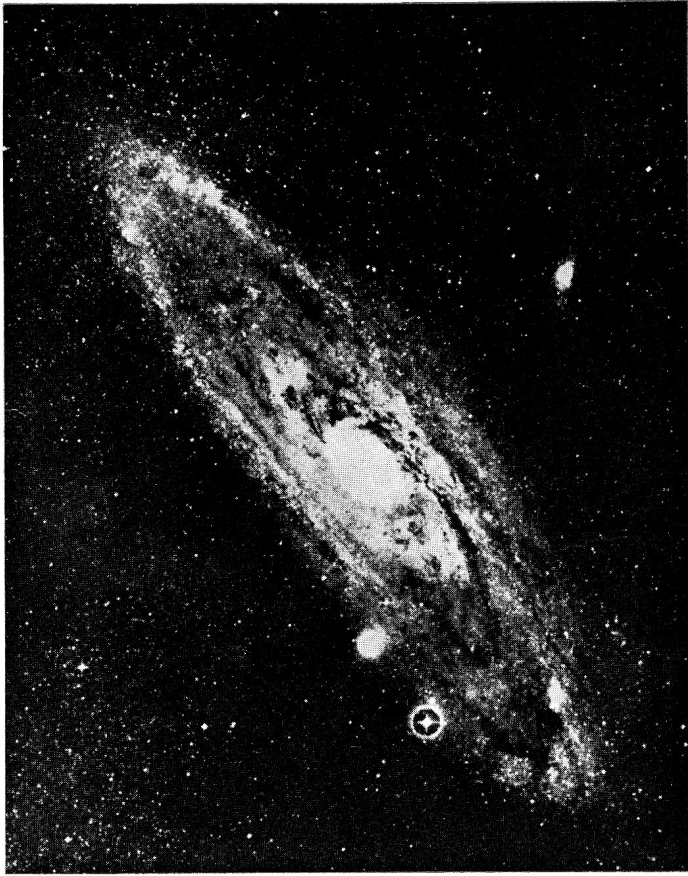
Sandage sprach damals die Ansicht aus, daß es ungefähr fünfhundertmal mehr derartiger quasistellarer optischer Quellen als Quasare gibt. Unsere Analyse der Argumente von *Sandage* zeigte, daß es derartige sozusagen optische Quasare zwar gibt, er aber ihre Menge stark überschätzt hat. Unlängst erschien eine neue Arbeit von *Sandage* zu dieser Frage. Sie zeigt, daß seine anfängliche Einschätzung um das Fünffache zu hoch war und man folglich grob damit rechnen kann, daß es ungefähr hundertmal mehr optische quasistellare Objekte als Quasare gibt.

Im Grunde genommen lassen sich die einen und die anderen in eine gemeinsame Klasse der blauen quasistellaren Objekte zusammenfassen, von denen ein kleiner Teil eine intensive Radiostrahlung aussendet.

Somit wird auch nach diesem Merkmal eine Ähnlichkeit zwischen den aktiven Kernen der Galaxien und den quasistellaren blauen Objekten festgestellt.

Wie betont werden muß, wurde in *Bjurakan* bei einer Durchmusterung der 1968 veröffentlichten Liste der quasistellaren blauen Objekte von *Sandage* entdeckt, daß eines von ihnen – B 340 – im Grunde genommen eine schon früher von *Markarjan* entdeckte blaue Galaxis ist. Insofern dies eine Galaxis und kein quasistellares Objekt ist, durfte es nicht in die *Sandage*-Liste aufgenommen werden. Wir waren sehr befriedigt, als wir auf eine Anmerkung von *Sandage* zu dieser Liste stießen, in welcher er darauf verweist, daß das Objekt wahrscheinlich nicht ganz punktförmig (stellar) ist, sondern eher eine Galaxis darstellt.

Entgegengesetzte Fälle, daß quasistellare Objekte unbeachtet in die Listen von *Markarjan* aufgenommen worden wären, wurden nicht entdeckt. Beachtenswert ist, daß es sich in beiden Fällen um sehr schwierige Beobachtungen von sehr schwachen Objekten handelt und die Gewinnung



Die Galaxis Markarian-31.

ihrer Spektren an der Grenze der Möglichkeiten unserer Teleskope liegt. Daher ist eine derartige Übereinstimmung der Ergebnisse, die mit ganz verschiedenen Instrumenten erzielt wurden, eine verheißungsvolle Tatsache.

Somit zeichnet sich folgendes Schema der allgemeinen Klassifizierung der extragalaktischen Objekte nach dem Grad ihrer Kompaktheit und nach der Leuchtkraft der Kerne ab:

1. Galaxien mit normalen Kernen ohne Merkmale einer beträchtlichen Aktivität der Kerne,
2. Galaxien mit aktiven (erregten) Kernen, unter denen man die *Seyfert*-Galaxien als Objekte mit sehr aktiven Kernen hervorheben kann,
3. die blauen quasistellaren Objekte, zu denen auch die Quasare gehören.

Dabei kann man in jeder dieser Gruppen Objekte mit mehr oder minder intensiver Radiostrahlung finden.

Die Aktivität der Kerne der Galaxien und Quasare drückt sich, wie schon erwähnt, in der Freisetzung gewaltiger Energiemengen aus.

Verständlicherweise erhob sich gleich mit der Entdeckung dieser Erscheinungen die Frage nach ihren Ursachen, nach den Quellen der riesigen Energie- und Stoffmengen, die durch die Aktivität des Kerns freigesetzt werden.

Dabei wurde auch beachtet, daß alle beobachteten aktiven Prozesse in den Kernen mit einer Streuung der in geringem Umfang ausgestoßenen Energie, mit einer Streuung des Stoffs und mit dem Übergang des Stoffs aus einem dichteren Zustand in einen verdünnten Zustand in Verbindung stehen.

Andererseits gingen alle klassischen Vorstellungen über den Ursprung und die Evolution der kosmischen Körper und kosmischen Systeme von der Voraussetzung der Verdichtung des Stoffs, von der Bildung dichter Körper aus verdünnten Gasmassen aus. Für die Anhänger derartiger klassischer Anschauungen war die Flut der neuen Tatsachen über die Aktivität der Kerne der Galaxien, wie auch die Zeugnisse zugunsten dessen, daß diese Aktivität eine wesentliche Rolle für die Evolution jeder Galaxis im ganzen spielt, eine große Überraschung und sogar Unannehmlichkeit, da sie von einer Entwicklung in der entgegengesetzten Richtung zeugt. Eben deshalb versuchten die meisten Vertreter dieser Richtung in der ersten Etappe der Erforschung dieser Erscheinungen, also bis zu Beginn der sechziger Jahre, diese Tatsachen zu leugnen oder wenigstens zu ignorieren.

Die Hypothese, die in der Sternwarte Bjurakan gleichzeitig mit den allerersten Vorstellungen von der Aktivität der Kerne der Galaxien aufkam, läuft darauf hinaus, daß die bei den Explosionen ausgestoßene Materie von Anfang an im Kern war und zum Bestand eines supermassiven hypothetischen Körpers gehörte, der den Kernrumpf bildet. Dieser Hypothese zufolge zeichnet sich der Kern auch vor den anderen kompakten Sterngruppen, zum Beispiel vor den Sternhaufen, dadurch aus, daß er einen derartigen sehr massiven und ziemlich dichten Körper enthält. Die Aktivität des Kerns ist ein Ergebnis der Tätigkeit dieses supermassiven Körpers. Die Masse dieses Körpers kann so groß wie 100 Millionen oder sogar Milliarden Sonnenmassen sein. Vorausgesetzt, daß ein derartiger Körper im Kern lange existieren kann, bildet die Häufigkeit sowohl der Auswürfe von Radiostrahlenwolken als auch von Gasverdichtungen in Form von kleinen blauen Galaxien keine Schwierigkeit.

Diese Hypothese erhebt Anspruch auf eine breitere Anwendung, da sie voraussetzt, daß die Existenz selbst der Galaxis um den Kern herum abermals das Ergebnis der Aktivität eines derartigen supermassiven Körpers ist. Nicht der Kern hat sich in einer schon vorhandenen Galaxis gebildet, sondern die Galaxis ist infolge der Aktivität des Kerns entstanden. Die Bildung der aus dem Zentralkern herausgestoßenen radiostrahlenden Wolken bildet von diesem

Standpunkt aus nur ein Beispiel der kosmogonischen Aktivität der Kerne.

Diese in groben Umrissen dargelegte Hypothese hat natürlich auch ihre Schwierigkeiten. Wir geben zu, daß sie sich erst dann in eine richtige Theorie verwandeln lassen wird, nachdem man einige neue Ideen und Korrekturen hinzufügt. Sie gestattet aber, eine gewaltige Menge von Tatsachen zusammenzufassen, viele neue Tatsachen vorauszu sehen, und sie verwies nicht zuletzt auf die Voreingenommenheit der früher herrschenden Vorstellungen von der Verdichtung der Galaxien aus einem intergalaktischen diffusen Stoff.

Daraus müssen wir den Schluß ziehen, daß der Kern einer Galaxis, der im Laufe seines Lebens riesige Stoffmassen verliert, Explosionen und manchmal sogar eine Zersplitterung durchmacht, sich mit der Zeit stark verändern muß. Die Voraussetzung hat auch nichts Unnatürliches an sich, wenn der ursprüngliche Kern in einer gewissen Etappe vollständig verschwindet. Tatsächlich besitzen einige Galaxien überhaupt keine Kerne. Freilich kann man in einigen Fällen annehmen, daß der Kern infolge der weiten Entfernung der Galaxis unsichtbar ist. In anderen Fällen aber, zum Beispiel bei den Satelliten unserer Galaxis, den Magellanschen Wolken, also bei uns sehr nahegelegenen Galaxien, kann man das Fehlen der Kerne als eine feststehende Tatsache betrachten.

Die Beobachtungen zeigen, daß das Wesen des Kerns und die Struktur des kernnahen Gebiets nicht durch solche mehr oder minder in der Zeit unveränderliche kennzeichnende Merkmale der Galaxien wie die Masse und das Drehmoment bestimmt werden. Diese Daten stimmen ausgezeichnet mit den Annahmen überein, daß der Kern gewaltige Veränderungen in der Zeit durchmacht.

Viel Arbeit steht noch bevor, bis es gelingen wird, die Gesetzmäßigkeiten der Veränderung des Zustandes des Kerns vom quasistellaren blauen Objekt bis zum vollständigen Verschwinden des Kerns zu ermitteln.

Die Veränderungen, die sich in der letzten Zeit in der Astronomie vollzogen haben, sind grandios. Noch vor 30 Jahren erschien uns das Weltall als eine ruhige und sogar feierliche Welt fast unveränderlicher, unbeweglicher Sterne. Heute beobachten wir eine stürmische Tätigkeit jener selben Sterne, die grandiose Eruptionen erleben, rasch evolvieren und häufig in sehr aktiver Wechselwirkung miteinander stehen. Die Entdeckung der Radionebel und Radiogalaxien hat zu Vorstellungen von raschen Veränderungen in noch größerem Maßstab geführt. Heute besprechen wir die grandiosen Prozesse, die in den Kernen der Galaxien und in den Quasaren ablaufen. In den neuen Vorstellungen der Astronomen stellt das Weltall eine sich rasch und tief verändernde Welt dar, in der die überaus reichen und mannigfaltigen Lebensprozesse der kosmischen Körper

ablaufen. Ich habe bewußt das Wort „Lebensprozesse“ verwendet, um die Kompliziertheit, Eigenart und gleichzeitig auch Autonomie vieler Entwicklungsprozesse zu unterstreichen, die wir untersuchen. Die neuen Instrumente, die heute entwickelt werden, werden uns gestatten, noch tiefer in das innerste Wesen dieser Prozesse vorzudringen.

Viktor Ambarzumjan, geboren 1908, ist Akademienmitglied, Präsident der Armenischen Akademie der Wissenschaften, Astrophysiker. 1928 absolvierte er die Physikalisch-Mathematische Fakultät der Leningrader Staatlichen Universität. 1939 wurde er zum Korrespondierenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften und 1953 zum Ordentlichen Mitglied der Akademie gewählt. Seit 1943 wirkt er in Jerewan, wo er seit 1947 der Akademie der Wissenschaften der Armenischen Sowjetrepublik vorsteht. Seit 1946 leitet er die Astrophysikalische Sternwarte Bjurakan. In den Jahren 1961–1964 war er Präsident der Internationalen Astronomischen Union. Seit 1968 ist er Präsident des Internationalen Rates der wissenschaftlichen Verbände. *V. Ambarzumjan* ist Autor zahlreicher Arbeiten über Astrophysik, mathematische Theorie der Lichtstreuung, Probleme des Ursprungs und Entwicklung der Galaxien, über Sternassoziationen usw.

V. Ambarzumjan: Probleme der Evolution des Weltalls. Jerewan 1968.

I. Schklovski: Die Supernovae. Moskau 1966.

F. Hoyle: Galaxien, Kerne, Quasare. Moskau 1968.

B. Markarjan: Galaxien mit ultravioletterem Kontinuum. In: *Astrophysika* (1967), Heft 3.

kurz notiert...

Fünfzigjähriges Jubiläum der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften

Die Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR, das Hauptzentrum der wissenschaftlichen Tätigkeit der Ukraine, feierte ihr fünfzigjähriges Bestehen.

Die Ukrainische Akademie der Wissenschaften nahm tätigen Anteil an der Entwicklung der wichtigsten Zweige der Wissenschaft; Wissenschaftler der Akademie haben erstmalig im Lande eine Kernspaltung durchgeführt, sie gewannen Schweres Wasser, führten in die Medizin wirkungsvolle Präparate ein, fanden neue Metallverbindungen.

Heute hat die Akademie der Wissenschaften 69 wissenschaftliche Forschungsstellen, die sich mit Perspektivuntersuchungen beschäftigen. Das Kollektiv der Akademie zählt 259 Akademiemitglieder und Korrespondierende Mitglieder und über 3500 Doktoren und Kandidaten der Wissenschaften.

In den ersten Jahren ihres Bestehens waren die Institute der Akademie hauptsächlich in Charkow und in Kiew konzentriert, jetzt sind ihre wissenschaftliche Stellen über das ganze Gebiet der Republik verbreitet: in Dnjepropetrowsk, Donezk, Odessa, Sewastopol, Lwow. Wenn in der Gründungsperiode der Akademie hauptsächlich Forschungen auf dem Gebiet der Geschichte, der Sprachwissenschaften, der Archäologie gemacht wurden, so begannen mit den Jahren die Naturwissenschaften und die Technischen Wissenschaften sich zu entwickeln.

In der Ukraine entstanden einige hervorragende wissenschaftliche Schulen. Die Mathematik wurde zum Gebiet, in dem die Erfolge der ukrainischen Wissenschaftler in der Weltwissenschaft allgemein anerkannt wurden. Die Arbeiten des Akademiemitgliedes *N. N. Bogoljubow* und des Akademiemitgliedes *J. A. Mitropolski* auf dem Gebiet der nichtlinearen Differentialgleichungen und der nichtlinearen Schwingungen werden als Grundlage in vielen theoretischen und angewandten Gebieten der Physik, Mechanik und der Technik nutzbringend verwendet.

Eng verbunden mit dem Institut für Mathematik ist das Institut für Kybernetik der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR, das vom Akademiemitglied *W. M. Gluschkow* geleitet wird. Hier wurden Arbeiten für den Einsatz von Rechenmaschinen in der Industrie durch-

geführt. Im Institut wurden in verhältnismäßig kurzer Zeit sehr wichtige Ergebnisse in der Theorie der Digitalrechenautomaten erzielt. Viele elektronische Rechenmaschinen, angefangen von der Kleinmaschine „Prominnja“ und der Maschine „Mir“ für Ingenieur- und Projekt-Konstruktionsberechnungen bis zur Maschine „Dnjepr-2“ zur Steuerung von Betriebsprozessen, wurden von Wissenschaftlern des Instituts entwickelt.

In der Entwicklung der Kernphysik haben Wissenschaftler des Instituts für Physik und des Physikalisch-Technischen Institutes der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR einen wesentlichen Beitrag geleistet.

In der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR entstanden hervorragende und schöpferische Schulen von Physikern und Fachleuten der Werkstoffkunde. Die Werkstoffkunde ist in Zentren wie dem *E.-O.-Paton*-Institut für Elektroschweißen, Institut für Probleme der Werkstoffkunde, Institut für Probleme der Gießereikunde vertreten. Im *L.-W.-Pissarszewski*-Institut für Physikalische Chemie wurde erstmalig in der UdSSR Schweres Wasser gewonnen. Hier wurden ebenso erstmalig in der UdSSR künstliche Zeolithe (molekulare Netze) synthetisiert, die in der Tiefentrocknung der Luft und zur Gewinnung besonders reiner Monomere verwendet werden. Gegenwärtig arbeitet man unter Leitung von Akademiemitglied *A. L. Brodski* auf dem Gebiet stabiler Isotope, freier Radikale, der Katalyse der Photochemie und der Strahlungschemie.

Sowjetische und ausländische Biologen kennen die Arbeiten der großen Wissenschaftler in der Botanik, Zoologie, Parasitologie, Entomologie und Genetik. In der Biochemie des Nervensystems (Neurochemie) fanden die Arbeiten des Akademiemitgliedes *A. W. Palladin* Weltanerkennung.

Als wichtiges Zentrum des Landes auf dem Gebiete der Physiologie und der pathologischen Physiologie ist das *A.-A.-Bogomolez*-Institut für Physiologie anerkannt. Seine Wissenschaftler waren Wegbereiter in der Ausarbeitung der physikalisch-chemischen Theorie der elektrischen Reizereger im lebenden Gewebe, in der Ausarbeitung origineller Methoden des Studiums der höheren Nerventätigkeit, der Aufklärung der Übertragungsprinzipien und der Verarbeitung der Information in den einzelnen Gliedern des Zentralnervensystems, in der Erarbeitung prinzipiell neuer Daten für die Wechselbeziehungen des zentralen und des endokrinen Systems.

Grundlegend sind Arbeiten für die Physiologie der Pflanzen, die von *P. A. Wlassjuk* und seinen Schülern ausgeführt worden sind.

Die Institute der Akademie festigen immer mehr die schöpferische Zusammenarbeit mit den Arbeitenden in den Betrieben: In den letzten drei Jahren haben die Institute der Akademie die Ergebnisse ihrer Arbeiten in 7000 Betrieben in die Praxis umgesetzt.