

UNSERE WELT

GRUPPE 2

ASTRONOMIE
UND ASTROPHYSIK

VON DER NATUR UND
IHREN GESETZEN

LICHT VON DEN STERNEN

VON WOLFGANG BUTTNER



DER KINDERBUCHVERLAG

BERLIN



LICHT VON DEN STERNEN

VON WOLFGANG BUTTNER



DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
I. Was den Raum zwischen den Sternen füllt	
Von der Leere und Durchsichtigkeit des Weltraumes	5
Von Kometenschweifen und kosmischen Nebeln	7
Wie der Stoff zwischen den Sternen erkannt wurde	8
Gas und Staub im Milchstraßensystem	13
Sternengesellschaften	17
II. Katastrophen im Weltall	
Ein Stern flammt auf	22
Ein Stern explodiert	24
Sterne in kritischem Zustand	29
Unruhige Sterne	33
Noch größere Katastrophen	36
Schlußwort	40

Titelbild: Der große Nebel im Sternbild des Orion. Der mittlere, hellste Teil ist stark überbelichtet, so daß die Fülle der Lichtabstufungen nicht erkennbar wird und die hellen Sterne des sog. „Trapezes“ nicht hervortreten.

Umschlagfoto: **Diedrich Wattenberg**

Fotos im Innenteil: **Diedrich Wattenberg** (6), **Wolfgang Büttner** (1). Illustrationen: **Albert Allwelt**

Alle Rechte vorbehalten

Copyright 1952 by Der Kinderbuchverlag Berlin

Lizenz-Nummer 304-376/140/51

Satz und Druck: (III/9/1) Sächsische Zeitung, Verlag und Druckerei, Dresden N 23, Riesaer Straße 32, 7361

Preis: 0,60 DM

Bestell-Nummer 13 517. 1.—20. Tausend 1952. Für Leser von etwa 15 Jahren an

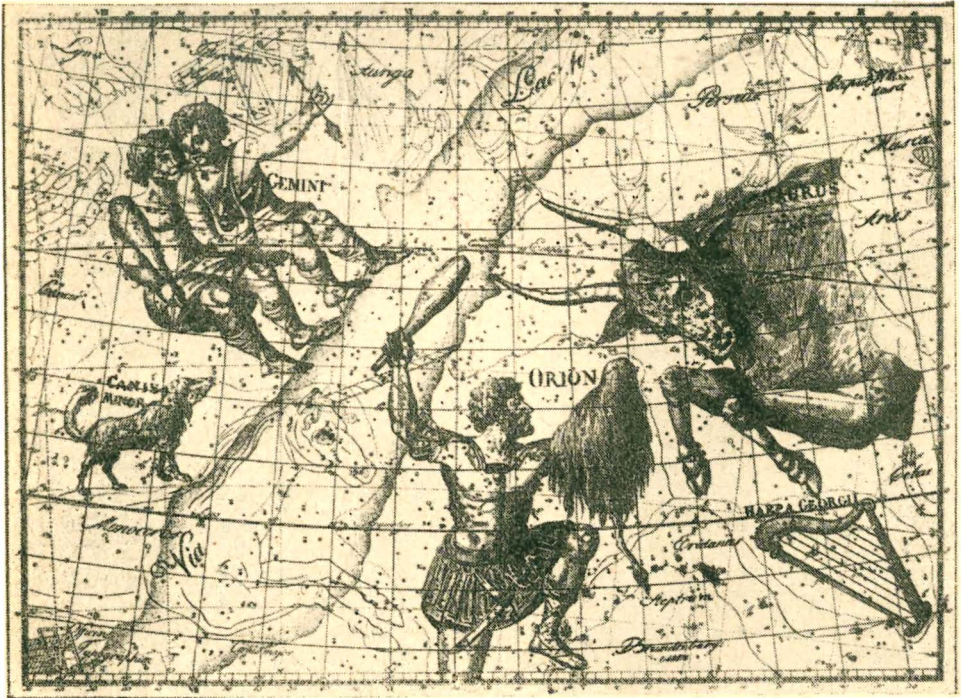
Einleitung

Jedem Menschen, der seine Augen zu gebrauchen weiß, kommt immer wieder zum Bewußtsein, wie unerschöpflich reich die Natur ist. Was gibt es doch alles zu schauen und zu entdecken in der weiten Welt um uns! Daß wir uns an all dieser Mannigfaltigkeit der Natur erfreuen können, verdanken wir der Sonne. Von ihr allein kommt das Licht, das uns die Dinge auf unserer Erde sichtbar macht.

Wenn wir zum gestirnten Himmel emporschauen, so ist wiederum das Licht der Bote, der uns von den Tausenden funkelnder Himmelslichter Kunde bringt. Der Mond, der Begleiter der Erde auf ihrer Wanderung um die Sonne, und die anderen Planeten, die die Sonne umkreisen, werden allein von der Sonne beleuchtet. Alles, was wir auf der Oberfläche oder in der Atmosphäre dieser uns verhältnismäßig nahen Himmelskörper beobachten, sehen wir im Lichte der Sonne. Auch die Kometen leuchten meist nur in zurückgeworfenem Sonnenlichte, bisweilen senden sie freilich auch eigenes Licht aus, jedoch nur unter der Einwirkung der Sonnenstrahlung. Die fernen Sterne aber, die wir jahraus, jahrein in der gleichen Anordnung, denselben „Bildern“ am Himmel erblicken, sind selbstleuchtende Körper, strahlende Glutgasbälle wie unsere Sonne. Wir sind also auf das Licht der Sonne nicht mehr angewiesen, wenn wir über die Vorgänge in den Tiefen des Weltalls Aufschluß erhalten wollen. Das Licht, das die Sterne selbst uns senden, erzählt uns ihre Geschichte. Es erreicht uns mit einer ungeheuren Geschwindigkeit: In jeder Sekunde kommt es dreihunderttausend Kilometer vorwärts, das ist das Siebeneinhalbfache des Erdfumfangs! Nichts gibt es im Weltall, das geschwinder wäre als das Licht. Aber der Weg von den Sternen zu uns und von Stern zu Stern ist so weit, daß es schon von der nächsten fremden Sonne reichlich vier Jahre, von vielen Sternen Jahrhunderte, von vielen anderen sogar Jahrtausende unterwegs ist. Die Übertragung einer Depesche geht auf der Erde überall augenblicklich vor sich, auch die größte irdische Entfernung wird von den elektrischen Wellen, die sich ja mit der Geschwindigkeit des Lichtes fortpflanzen, in geringen Bruchteilen einer Sekunde durchmessen. Aber selbst die nächsten „Fixsterne“ sind mehrere Lichtjahre entfernt! Ein Lichtjahr entspricht nahezu 10 Billionen Kilo-

metern, das ist eine Strecke, die sich kein Mensch vorstellen kann, bedeuten doch schon die 8 Lichtminuten oder 150 Millionen Kilometer von der Sonne zur Erde 180 Jahre Schnellzugfahrt! Wir haben in dem Heft „Wie Botschaften aus dem Weltall entziffert wurden“ berichtet, wie man einige „Lichtdepeschen“ aus dem Weltall mit den Mitteln der Wissenschaft untersuchte und was sie uns enthüllten. Wir erfuhren, daß die Bewegungen der Himmelskörper von demselben Gesetz regiert werden, nach dem auf der Erde zum Beispiel der Apfel vom Baume fällt und alle Körper von der Erde festgehalten werden, nämlich von dem Schwerkräfts- oder Gravitationsgesetz. Ferner wurde uns klar, daß auch die Strahlung der Gestirne denselben Gesetzmäßigkeiten unterworfen ist, die der Physiker aus dem Verhalten irdischer Lichtquellen unter verschiedenen Bedingungen abgeleitet hat. Die ausführlich erzählte Geschichte vom Begleiter des funkelnden Sirius ließ uns freilich erkennen, daß wohl dieselben Grundstoffe überall im Kosmos vorkommen, daß aber die Zustände, in denen sich diese Stoffe befinden, vor allem ihre Dichte und ihre Temperatur, mitunter ganz andere sind als bei uns. Wir erfuhren, daß im Innern des Siriusbegleiters die Materie so dicht zusammengepreßt ist, daß in einem Fingerhut mehr als zwei Zentner von ihr Platz finden könnten. Wir wissen, daß es im Weltall eine große Anzahl selbstleuchtender Gestirne gibt, die ähnlich hohe Dichten besitzen. Man nennt sie „weiße Zwerge“. Ihre Erforschung ist nicht nur für die Astronomie, sondern auch für die Atomphysik und für die Kosmogonie, die Lehre von der Entstehung der Weltkörper, von großer Bedeutung.

Das gilt in gleichem Maße auch von den Entdeckungsgeschichten, die in diesem Bändchen erzählt werden sollen. Wie uns die Geschichte vom Siriusbegleiter und seinen Verwandten mit den dichtesten Zusammenballungen der Materie im Weltall bekannt machte, so wollen wir nun als erstes von den größten Verdünnungen vernehmen, in denen Stoffliches im Universum vorkommt.



I. Was den Raum zwischen den Sternen füllt

1. Von der Leere und Durchsichtigkeit des Weltraumes

Es ist allgemein bekannt, daß man „luftleere“ Räume herstellen kann. Einen solchen luftleeren Raum haben wir zum Beispiel im Inneren einer Röntgenröhre. In Wirklichkeit handelt es sich dabei immer nur um eine mehr oder weniger starke Verdünnung der Luft in einem solchen Raum; denn ganz frei von ihr ist er in keinem Falle. Ein Kubikzentimeter Luft unter normalen Bedingungen enthält etwa 55 Trillionen Atome! Wir sind mit Recht stolz darauf, wenn wir es mit Hilfe der modernen Technik erreicht haben, ein Gefäß so weit auszupumpen, daß nur noch einige Milliarden Atome auf einen Kubikzenti-

meter kommen. Es ist aber klar, daß wir damit die Leere des Weltraumes noch nicht im entferntesten erreicht haben.

Diese Leere ist für die Astronomen äußerst wichtig; sie könnten nämlich ohne Zweifel ihren Beruf nicht ausüben, wenn der Raum zwischen den Gestirnen nicht so leer wäre.

Wir kennen alle die entscheidende Bedeutung der irdischen Lufthülle für das Leben. Der astronomischen Beobachtung aber bereitet die Atmosphäre sehr oft die ärgsten Schwierigkeiten.

Wir wollen hier nur eine Seite ihrer störenden Wirkung betrachten, nämlich die Schwächung des Lichtes der Gestirne.

Jeder, der einmal in klarer Nacht in freiem Gelände den Sternenhimmel einige Stunden lang beobachtet hat, wird bemerkt haben, wie uns dieselben Himmelslichter um so matter zu schimmern scheinen, je tiefer sie bei ihrem scheinbaren Tageslauf zum Gesichtskreis hinabsinken. Es ist ja auch eine altbekannte Tatsache, daß die Sonne in der Nähe des Horizontes ihre Strahlen zu verlieren scheint, so daß man sie anschauen kann, ohne geblendet zu werden. Diese Schwächung des Lichtes tritt auch bei ganz wolkenlosem Himmel ein, weil das Licht eines Gestirnes, das „tief“ steht, einen erheblich längeren Weg durch die Lufthülle zurückzulegen hat als die Lichtstrahlen, die von einem hoch am Firmamente leuchtenden Gestirne ausgehen. Könnten wir den Himmel von einem Weltkörper aus betrachten, der wie der Mond frei von jeglicher Atmosphäre wäre, so würden wir eine noch viel größere Anzahl von Sternen erkennen als bei uns selbst in den klarsten Nächten.

Wäre dagegen der Weltraum von einem Stoff erfüllt, der auch nur den milliardesten Teil der Dichte der irdischen Luft besäße, so hätten wir einen tiefschwarzen Himmel ohne jeden Stern über uns.

Das Licht auch der nächsten Fixsterne würde nämlich selbst dieses „Hochvakuum“ nicht zu durchdringen vermögen. Der Weg, den das Licht beim Durchqueren der irdischen Atmosphäre durchmißt, beträgt ja nur wenige hundert Kilometer, es ist aber auch von den nächsten sonnenähnlichen Gestirnen trotz seiner unfäßlichen Geschwindigkeit von 300 000 Kilometern in der Sekunde Jahre unterwegs!

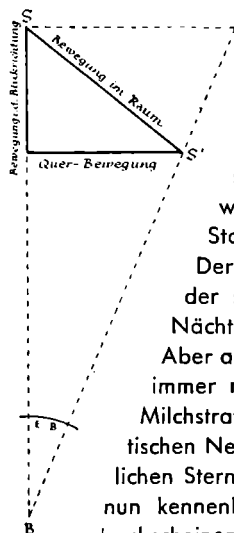
Wir könnten deshalb überhaupt keinen Fixstern wahrnehmen, wenn der Weltraum von einem Etwas erfüllt wäre, das auch nur im entferntesten mit der Luft, die wir atmen, verglichen werden könnte.

Ist der Weltraum nun aber wirklich vollkommen leer, ganz frei von jeglicher Materie? Nein, er ist es nicht.

Die Verdünnung des Stoffes zwischen den Sternen ist freilich so außerordentlich groß, daß wir, könnten wir darin schweben, mit unseren Sinnen diesen Stoff gar nicht wahrnehmen würden.

2. Von Kometenschweifen und kosmischen Nebeln

Wie dünn Materie im Raum verteilt sein kann, dafür geben uns die Kometen ein eindrucksvolles Zeugnis. Ihre Schweife bestehen aus so hauchfeinen Gasen, daß ein kompakter Weltkörper wie unsere Erde durch sie hindurchwandern könnte, ohne daß das geringste dabei zu beobachten, geschweige denn zu befürchten wäre. Ein Kometenschweif ist wohl ein sehr ausgedehntes Gebilde, das sich mitunter über viele Millionen Kilometer erstreckt. Die in ihm vorhandene Stoffmenge ist aber so gering und so außerordentlich fein verteilt, daß es einem massiven Planeten wie der Erde, wenn er durch diese Kometenmaterie hindurchwandert, weniger ausmacht als einem Elefanten, der auf seinem Wege durch ein ganz feines Spinnwebgewebe hindurch muß. Weil die dem Kometen entströmende Materie so leicht und flüchtig ist, kann sie von dem Kometenkern nicht festgehalten werden und wird durch den Druck des Sonnenlichtes in den Weltraum hinausgetrieben. Das hat zuerst der russische Physiker Lebedew vor etwa fünfzig Jahren nachgewiesen. Darum sieht man die Kometenschweife stets von der Sonne fortziehen.



Noch sehr viel dünner als in den Kometenschweifen ist die Materie in den „galaktischen“, das heißt zur Milchstraße gehörigen Nebeln verteilt. In der Nachbarschaft sehr lichtmächtiger und besonders heißer Sonnen wird solch hochfeiner, teils staubförmiger, teils gasförmiger Stoff durch die Strahlung der Sterne zum Leuchten gebracht. Der hellste dieser Lichtnebel ist der bekannte Orionnebel, der schon in mittelstarken Fernrohren in klaren mondlosen Nächten einen überaus schönen Anblick bietet.

Aber auch der Orionnebel und andere Gas- und Staubnebel sind immer noch dichter als die Materie zwischen den Sternen des Milchstraßensystems, von der nun die Rede sein soll. Die galaktischen Nebel vermögen nämlich das Licht der hinter ihnen befindlichen Sterne noch merkbar zu schwächen. Der Stoff aber, den wir nun kennenlernen werden, läßt es vollkommen ungeschwächt hindurchscheinen.

Eigenbewegung der Sterne.

E-B — beobachtete Eigenbewegung des Sternes S in einer bestimmten Zeit im Winkelmaß. „Bewegung in der Blickrichtung“ ist der Betrag, um den in Billionen Kilometern oder Lichtjahren der Stern in der gleichen Zeit sich uns genähert hat. „Querbewegung“ ist die aus dem Winkelmaß in Längenmaß (Lichtjahre) umgerechnete Bewegung des Sterns in der gleichen Zeit senkrecht zur Blickrichtung. S-S ist die vom Stern tatsächlich im Weltraum durchlaufene Strecke.

3. Wie der Stoff zwischen den Sternen erkannt wurde

Durch die Erfindung der Spektralanalyse vor etwa hundert Jahren ist es möglich geworden, aus dem zerlegten Licht leuchtender Gase viele zuvor verborgene Tatsachen herauszulesen und dadurch unsere Kenntnisse über das Weltall ganz entscheidend zu erweitern. Durch die Spektralanalyse sind wir in der Lage, die Zusammensetzung eines Stoffes aus seinem Spektrum zu ermitteln. Das Spektrum ist ein buntes Farbenband mit Farbübergängen von Rot bis Violett, das jeder schon einmal in der Form eines Regenbogens am Himmel gesehen hat. Die Methode, aus dem Spektrum auf das Vorhandensein eines chemischen Elementes zu schließen, wurde schon von den deutschen Physikern Kirchhoff (1824—1887) und Bunsen (1811—1899) entwickelt. Die Untersuchung der Spektren der Himmelskörper hat aber noch weit mehr ans Tageslicht gebracht. Nicht nur über die physikalische Beschaffenheit unserer Sonne und der Sterne, sondern auch über ihre Bewegung im Weltraum gibt uns das im Spektralapparat zerlegte Licht Klarheit.

Man kennt heute die „Eigenbewegungen“ sehr vieler Sterne. Darunter versteht man die wegen der kolossalen Entfernung scheinbar äußerst langsam vor sich gehende Veränderung ihres Ortes an der gedachten festen Himmelskugel. Wenn wir aber auch diese Eigenbewegungen kennen, so wissen wir damit noch nichts über die wahre Bewegung der Sterne im Raum, denn es ist uns ja dadurch nur die Projektion dieser wahren Bewegung auf die Himmelskugel bekannt geworden. Wir müssen noch unbedingt wissen, wie sich der Stern in der Blickrichtung bewegt, ob und mit welcher Geschwindigkeit er auf uns zu kommt oder von uns fort eilt. Auch darüber gibt uns die Spektralanalyse Auskunft. Bewegt sich eine Lichtquelle mit beträchtlicher Geschwindigkeit auf uns zu, so erscheinen alle in ihrem Spektrum etwa vorhandenen Linien gegen die Lage derselben Linien eines Körpers, der seinen Abstand von uns nicht merklich ändert, nach dem violetten Ende hin verschoben. Entfernt sich dagegen ein leuchtender Körper von uns mit der gleichen Geschwindigkeit, so tritt eine Verschiebung aller Spektrallinien im gleichen Betrage, aber in umgekehrter Richtung, also nach dem roten Ende zu, ein. Hat man genaue Meßapparate zur Verfügung, so kann man aus dem Betrage der Linienverschiebung entweder nach dem violetten oder dem roten Ende des Spektrums hin unmittelbar ablesen, um wieviel Kilometer in der Sekunde das beobachtete Gestirn auf uns zu eilt oder sich von uns entfernt. Gelingt es dann noch, die Entfernung des Sternes von uns zu ermitteln, dann wissen wir genau, welches seine „Wanderstraße“ ist, auf der er in den Weiten der Universums dahinzieht (s. Zeichnung S. 7).

Haben wir nun über die Bahnen sehr vieler Sterne Aufschluß erlangt, so muß es uns nach und nach in immer steigendem Maße gelingen, Einblick in die große kosmische Ordnung im Weltall zu gewinnen. Zunächst handelt es sich

dabei um das Milchstraßensystem, in dem alle mit dem freien Auge und dem Fernrohr sichtbaren Sterne zu einer höheren Einheit zusammengeschlossen sind, die es zu erforschen gilt.

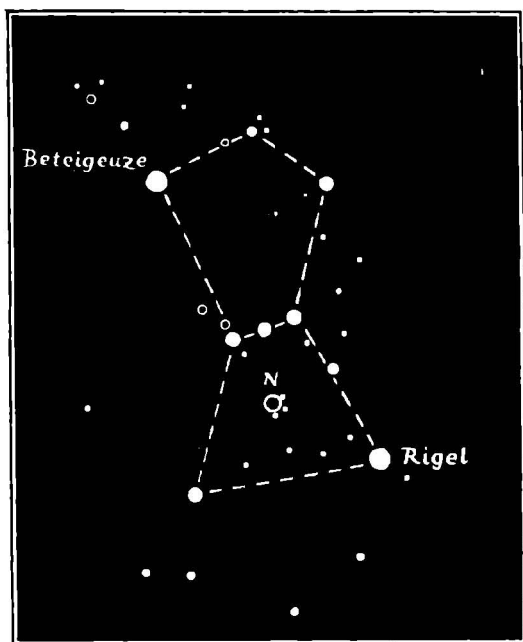
Es sind aber noch andere interessante Dinge durch die genaue Vermessung solcher Verschiebungen von Spektrallinien ans Tageslicht gebracht worden. Man fand nämlich, daß sich der Betrag der Verschiebung in vielen Fällen periodisch ändert. Es erweckt dann den Anschein, als komme der beobachtete Stern einmal auf uns zu, entferne sich dann wieder von uns, um sich uns sodann erneut zu nähern, und so immer fort in ganz regelmäßiger Folge. Sterne, die sich so verhalten, führen offenbar außer ihrem gleichmäßigen Fortwandern im Raume noch eine besondere periodisch verlaufende Bewegung aus. Sie sind ohne Zweifel Glieder eines Doppelsternsystems und kreisen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt.

Die Umlaufzeiten vieler solcher engen Sternpaare betragen nur wenige Tage oder gar nur wenige Stunden. Es ist sehr leicht einzusehen, daß wir niemals die Glieder eines so engen Doppelsternsystems im Fernrohr getrennt sehen können. Der Abstand der beiden einander umkreisenden Sterne ist ja in allen solchen Fällen wesentlich kleiner als der Abstand der Erde von der Sonne, demzufolge natürlich verschwindend klein im Vergleich zur Entfernung des Sternpaares von uns. Diese Entfernung ist in den meisten Fällen so groß, daß die Strecke von 150 Millionen Kilometern, die die Sonne von unserer Erde trennt, unter einem Winkel von nur 0,01 Bogensekunden oder noch weniger erscheint! Eine so winzige Distanz läßt aber auch bei stärkster Vergrößerung zwei Lichtpunkte nicht mehr getrennt erscheinen, erst recht also nicht die noch viel dichter beieinanderstehenden Lichtpunkte eines solchen Doppelsternsystems. Es ist klar, daß nur die Spektralanalyse die Doppelsternnatur dieser Objekte zu enthüllen vermochte. Durch sie wurde die Erkenntnis gewonnen, daß es viel, viel mehr Doppelsterne im Weltall gibt, als man früher trotz der immerhin schon recht stattlichen Zahl der im Gesichtsfeld des Fernrohres getrennt erscheinenden Sternpaare ahnen konnte.

Der Astronom nennt alle Doppelsterne, die wegen ihres geringen Abstandes nicht getrennt gesehen werden können und nur durch die periodischen Linienverschiebungen in ihren Spektren ihre Doppelsternnatur verraten, „spektroskopische Doppelsterne“, im Gegensatz zu den „visuellen Doppelsternen“, deren Glieder schon bei unmittelbarer Betrachtung im Fernrohr getrennt sichtbar sind. Sind die beiden Sonnen, die ein spektroskopisches Doppelsternsystem bilden, ungefähr gleich hell, so sind die Astronomen in vielen Fällen in der glücklichen Lage, von beiden das Spektrum untersuchen zu können. Dann sind sie imstande, sehr viel über die beiden Glieder des Sternsystems herauszubekommen. Sie können dann unter Umständen die Massen beider Sonnen, ihre wahren Leuchtkräfte, die Gestalt ihrer Bahn um den gemeinsamen Schwerpunkt und noch manches andere aus dem zusammengesetzten Sternspektrum herauslesen. In den meisten Fällen ist freilich nur ein Spektrum,

natürlich das der helleren der beiden Sonnen, sichtbar, weil der schwächere Partner von ihr überblendet wird. Dann kann man im allgemeinen wenig über die Größenverhältnisse und die Beschaffenheit der einander umkreisenden Sterne erfahren und muß sich mit der einfachen Feststellung ihrer Doppelsternnatur begnügen. In einzelnen Fällen aber ist es trotzdem möglich gewesen, auch durch die Untersuchung solcher Sternspektren sehr bemerkenswerte Entdeckungen zu machen.

Eine solche für die Weiterentwicklung der Wissenschaft bedeutungsvolle Entdeckung glückte dem Astronomen Hartmann am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam im Jahre 1904. Er beobachtete das Spektrum des nördlichsten der drei allgemein bekannten Gürtelsterne des Orion, der ihm bereits als spektroskopischer Doppelstern bekannt war. Man kann die Doppelsternnatur dieses Gestirns nur durch die periodische Änderung der Bewegung in der Blickrichtung erkennen. Die Periode der Linienverschiebung in seinem Spektrum beträgt 5 Tage 17 Stunden, das heißt, in dieser kurzen Zeit kreisen dort zwei Sonnen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt. Sie müssen also sehr nahe beieinander sein. Weiter verraten uns das Aussehen des Spektrums und die bläulichweiße Farbe des Sternlichtes, daß es sich um



Das Sternbild Orion.
Im Spektrum des rechten der drei Gürtelsterne entdeckte Hartmann die Spur des interstellaren Kalziums. N ist der Ort des Orionnebels.

zwei Sterne mit außerordentlich hoher Oberflächentemperatur handelt. Wie alle helleren Sterne, die das prächtige Wintersternbild Orion zusammensetzen — mit Ausnahme des hellen roten Schultersterne Betelgeuze —, gehören sie zu den heißesten Sternen, die wir kennen. Die Temperatur ihrer strahlenden Oberfläche liegt nahe bei 30 000 Grad, während die Oberflächentemperatur unserer Sonne bekanntlich rund 6000 Grad beträgt. Die Entfernung des engen Sternpaares von uns ist wie die aller helleren Sterne des Orion so groß, daß es unmöglich ist, sie unmittelbar zu messen. Auf Umwegen, die hier nicht beschrieben werden können, ist es trotzdem gelungen, ihren Abstand wenigstens größenordnungsmäßig zu bestimmen. Er beträgt über 600 Lichtjahre! Um einen Stern, der die gleiche Lichtmenge wie unsere Sonne in den Weltraum strahlt, aus einer so gewaltigen Entfernung noch wahrnehmen zu können, müßte man schon ein gutes Fernrohr mittlerer Stärke zur Hand nehmen. Neben den Orionsternen müßte sich ein solcher Stern als ein ganz, ganz winziges Lichtpünktchen ausnehmen. Genaue Helligkeitsmessungen zeigen im Vergleich mit der Entfernung, daß der hellere der beiden Glutbälle in unserem Doppelsternsystem über 2000mal lichtmächtiger als unsere Sonne ist.

Die Linien in den Spektren von Sternen mit so großer wahrer Leuchtkraft pflegen ungemein scharf zu sein, sie lassen deshalb leicht eine besonders genaue Vermessung zu. So konnte auch der Astronom Hartmann bei unserem Orionstern die periodische Änderung in der Lage der Linien außerordentlich exakt bestimmen.

Bei diesen Messungen fand er überraschenderweise, daß eine der vielen dunklen Linien in diesem Sternspektrum ihre Lage gar nicht ändert. Während alle anderen im Verlauf einer Umlaufperiode bald nach dem violetten, bald nach dem roten Ende des Spektrums hin verschoben erscheinen, verharrt diese eine Linie, die von Kalziumdampf hervorgebracht wird, immer an genau derselben Stelle des Regenbogenbandes. Der sie erzeugende Stoff ist also an der Bewegung der einander umkreisenden Gestirne völlig unbeteiligt. Dies erscheint um so sonderbarer, als es sich um eine wohlbekannte, im Spektrum der Sonne und fast aller Fixsterne beobachtete Linie handelt, die dort in demselben Betrage wie alle anderen Linien des gleichen Spektrums verschoben erscheint und nichts anderes verrät, als daß neben vielen anderen wohlbekannten Stoffen auch Kalzium in gasförmigem Zustande in der leuchtenden Sonnen- beziehungsweise Sternatmosphäre vorhanden ist. Bleibt diese Kalziumlinie nur im Spektrum dieses einen Doppelsterne unbewegt?

Nein, man fand bald danach in den Spektren zahlreicher anderer enger Doppelsterne mit sehr hoher Oberflächentemperatur die Kalziumlinie ebenfalls ruhend. Es liegt also keinesfalls eine Besonderheit von einem einzigen Stern vor, sondern offenbar kommt dieser Entdeckung eine allgemeine Bedeutung zu.

Der Entdecker Hartmann selbst gab alsbald die richtige Deutung des zuerst so geheimnisvoll anmutenden Tatbestandes:

In dem weiten Raum zwischen uns und den Sternen mit der unbewegten Spektrallinie befindet sich ungemein fein verteilter Kalziumdampf, der dem Sternenlicht auf seinem Wege zu uns seine Spur aufprägt!

Viele Astronomen schüttelten freilich zu dieser Erklärung anfangs noch ungläubig den Kopf und fragten:

Warum erscheint die Kalziumlinie nur in den Spektren der heißesten Sterne ruhend, während sie sich in den Spektren der Sterne, deren Oberflächentemperatur der unserer Sonne ähnlich oder noch niedriger ist, niemals anders als alle anderen Linien verhält?

Auf diesen Einwand wußte der Entdecker die richtige Antwort zu geben. Die normalen, in den Sternatmosphären erzeugten Kalziumlinien erscheinen sehr kräftig in allen Spektren von gelben und roten Sternen mit verhältnismäßig geringer Oberflächentemperatur, während sie in denen der heißesten Sonnen nur sehr schwach hervortreten. Es kann sich sehr wohl auch zwischen den weniger heißen Sternen und uns solch hauchdünnes Kalziumgas befinden. Wir werden aber seine Spur im Licht solcher Sterne niemals entdecken können, weil sie durch die breiten und kräftigen Linien des in den Atmosphären der weniger heißen Sonnen vorhandenen Kalziums vollkommen zugedeckt wird. Später hat man gefunden, daß auch andere Linien, die von Natrium, Kohlenstoff, Stickstoff und anderen Elementen herrühren, in den Spektren von Sternen, deren Atmosphären diese Linien selbst nicht stark hervortreten lassen, unbewegt erscheinen. Die zwischen uns und den Sternen im Weltraum in höchster Verdünnung ausgebreitete Materie besteht mithin nicht etwa nur aus Kalzium, sondern noch aus vielen anderen, auf Erden wohlbekannten Grundstoffen.

Wasserstoff, das leichteste aller Elemente, dessen Atome am einfachsten gebaut sind, macht sich nicht durch ruhende dunkle Linien in Sternspektren bemerkbar, obwohl es sonst im Kosmos allgegenwärtig ist und sowohl in den strahlenden Schichten der Sterne als auch in den hellen Gasnebeln von der Art des Orionnebels als häufigster Grundstoff überall angetroffen wird. Die Atomphysiker haben aber zeigen können, daß der Wasserstoff unter so enorm niedrigem Druck in den Tiefen des Weltraumes, fern von heißen und lichtmächtigen Sternen, deren Strahlung ihn zum Eigenleuchten veranlassen könnte, nicht imstande ist, seine Spur dem durch ihn hindurcheilenden Sternenlicht aufzuprägen. Die Überlegungen der Physiker haben sogar zu dem Schluß geführt, daß auch in der in dem weiten Raum zwischen den Fixsternen ausgebreiteten Materie der Wasserstoff in Wahrheit stärker als alle anderen Elemente vertreten ist.

4. Gas und Staub im Milchstraßensystem

Eine sehr bedeutungsvolle Beobachtungstatsache erbrachte einige Jahre nach der Entdeckung der „interstellaren“, das heißt der zwischen den Sternen befindlichen Materie den Beweis für die Richtigkeit der Deutung, die der Entdecker Hartmann gegeben hatte. Es zeigte sich, daß die ruhenden Linien in den Spektren sehr weit entfernter Sterne wesentlich kräftiger auftreten als in denen der uns näheren. Ja, umfassende und sehr schwierige Untersuchungen der Astronomen haben sogar ergeben, daß die Beziehung zwischen Linienstärke und Entfernung in manchen Himmelsgebieten so eindeutig ist, daß man aus der Intensität der ruhenden Linien im Spektrum eines Sternes eine Entfernung wenigstens der Größenordnung nach bestimmen kann.

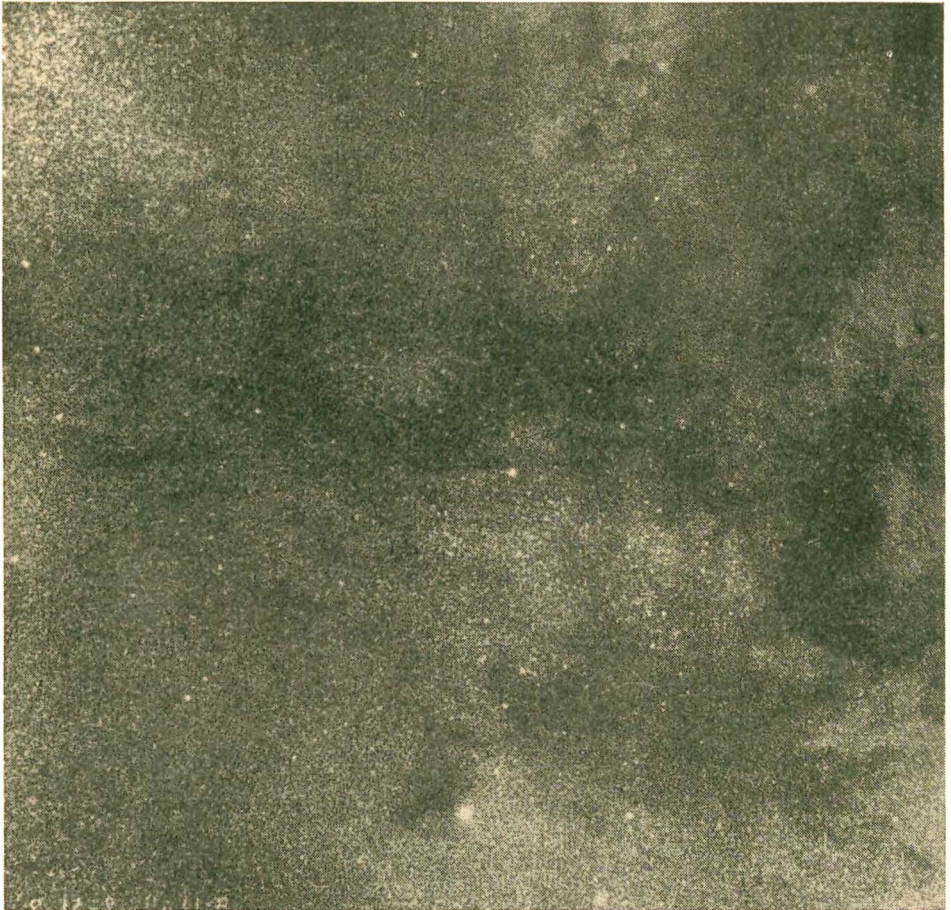
Beispielsweise gibt es im Sternbild des Perseus eine beträchtliche Anzahl von Sternen mit extrem hoher Oberflächentemperatur. Es ist also zu erwarten, daß man ebenso wie im zerlegten Licht der Orionsterne auch in ihrem Spektrum die Spur der interstellaren Materie leicht nachweisen können. Als man die Spektren der Perseussterne daraufhin gründlich untersuchte, fand man, daß in manchen die ruhende Kalziumlinie nur mit Mühe zu entdecken war, während sie in anderen zu den auffälligsten des ganzen Regenbogenbandes gehörte. Dieser Befund trennt die Schar der heißen Sterne des Perseus ganz scharf in zwei Gruppen, zwischen denen es keine Übergänge gibt.

Die Vertreter beider Gruppen unterscheiden sich aber noch in anderer Hinsicht voneinander: Die mit der schwachen Spur des interstellaren Kalziums zeigen eine zwar langsame, aber mit den Mitteln der modernen Himmelfotografie doch deutlich feststellbare gleichgerichtete Eigenbewegung unter den anderen Sternen. Sie bilden, wie durch eine genaue Messung ihrer Bewegung in der Blickrichtung bestätigt wurde, eine der zahlreichen Wandergemeinschaften im Milchstraßensystem. Die Sterne mit den starken ruhenden Linien lassen hingegen überhaupt keine Veränderung ihres Ortes unter den zahllosen schwächeren und schwächsten Sternen erkennen. Man könnte sie für wirklich unbewegt halten, wenn nicht die Ausmessung ihrer Spektren erkennen ließe, daß sie in der Blickrichtung mit einer für Fixsterne durchaus normalen Geschwindigkeit im Raume vorwärtseilen. Es ist nun leicht einzusehen: Die merklich bewegten Perseussterne mit der schwachen Spur des interstellaren Kalziums sind die uns näheren; die scheinbar stillstehenden Sterne mit den starken ruhenden Linien gehören einem weit entfernten Hintergrunde an. Das Licht dieser fernen Hintergrundsterne ist weit über 1000 Jahre zu uns unterwegs. Es hat also einen viel weiteren Weg durch den Weltraum und damit auch durch die im Weltraum ausgebreitete Materie zurückgelegt als das der „nur“ etwa 400 Lichtjahre entfernten, nur scheinbar schneller bewegten Sonnen des „Vordergrundes“. Darum müssen alle Erkennungs-

zeichen, die die Atome des Kalziums und der anderen im Raum zwischen den Sternen vorhandenen Gase in ihrer unvorstellbar feinen Verteilung dem Sternenlichte mitgeben, in den Spektren der entfernteren Gruppe viel deutlicher als in denen der näheren in Erscheinung treten. Ähnliches konnte auch in einigen anderen Sterngebieten beobachtet werden. Freilich ist nicht überall die Beziehung zwischen Entfernung und Stärke der unbewegten Linien so eindeutig. Es scheint, als sei die Dichte der interstellaren Materie nicht in allen Teilen des Milchstraßensystems gleich. Aber auch dort, wo die gasförmige Materie verhältnismäßig dicht ist, vermag sie nicht die geringste allgemeine Schwächung des sie durchquerenden Sternlichtes zustande zu bringen. Die Gase sind nirgends auch nur annähernd dicht genug, um sich anders als durch einzelne dunkle Linien im Spektrum ferner Sterne zu erkennen zu geben.

Dadurch unterscheidet sich der gasförmige Stoff aufs stärkste von dem im Milchstraßensystem gleichfalls weit verbreiteten „kosmischen Staub“. Das Licht der Sterne, das diesen kosmischen Staub, der in manchen Teilen der Milchstraße in Gestalt ausgedehnter „Dunkelwolken“ in Erscheinung tritt, durchleitet, erfährt zum Teil eine sehr erhebliche Abschwächung. Außerdem wird das Sternenlicht beim Durchgang durch diese aus winzigen festen Partikeln bestehende Materie gerötet, weil durch die Teilchen die kurzwelligeren, also die blauen und violetten Strahlen wesentlich stärker zerstreut und verschluckt werden als die langwelligeren roten. Auch der kosmische Staub im Raum zwischen den Sternen der Milchstraße ist von millionenfach geringerer Dichte als die Materie in jedem in einem Laboratorium hergestellten „Hochvakuum“. Staubbörmige Materie kann aber, auch wenn sie noch so fein verteilt ist, bei einer Ausdehnung über viele Lichtjahresweiten, wie sie alle Dunkelwolken in der Milchstraße besitzen, den Glanz der hinter ihr strahlenden Sterne recht auffällig verdunkeln. Die vielen dunklen Flecke im Lichtbande der Milchstraße, die man treffend „Kohlensäcke“ genannt hat, sind ein eindrucksvolles Zeugnis dafür. Gäbe es keine aus festen, winzigen Teilchen bestehenden Staubbörmchen im interstellaren Raum, so würde die Milchstraße ohne Zweifel in viel stärkerem Glanze und vor allem viel gleichförmiger hell erscheinen. Vor allem ist es die Kleinheit der Teilchen, die eine verhältnismäßig starke lichtverschluckende Wirkung der zum Milchstraßensystem gehörigen „Dunkelnebel“ hervorbringt. Wahrscheinlich haben die einzelnen Stäubchen, aus denen die „Dunkelmaterie“ zusammengesetzt ist, im Durchschnitt einen Durchmesser von weniger als einem tausendstel Millimeter, was etwa der Länge der Lichtquellen gleichkommt. Wenn aber gasförmiger Stoff so ungeheuer dünn im Raum verteilt ist, dann vermag er im Gegensatz zu staubbörmiger Materie von gleich geringer Dichte selbst über Strecken von Hunderten von Lichtjahren keine Lichtschwächungen mehr hervorzurufen. Deshalb verrät sich die interstellare gasförmige Materie im allgemeinen nur durch die unbewegten dunklen Linien in den Spektren ferner heißer Sterne.

Komplizierte Überlegungen haben ergeben, daß in dem Raum zwischen den Sternen der Milchstraße durchschnittlich nur zwei bis drei Dutzend Atome auf den Kubikzentimeter kommen. Das scheint uns auf den ersten Blick gar nicht einmal so erstaunlich wenig zu sein. Erinnern wir uns aber: Ein Kubikzentimeter irdischer Luft enthält 55 Trillionen (Millionen mal Millionen mal Millionen) Atome! Stellen wir uns die Dinge im All so stark vergrößert vor, daß



Ein Ausschnitt aus der Milchstraße im Sternbild Schlangenträger. Die ausgedehnten dunklen Wolken rühren von kosmischem Staub her, der das Licht der hinter ihm befindlichen Sterne abschirmt.

die Atome den Umfang einer Stecknadelkuppe von einem Millimeter Durchmesser annehmen, so würde sie in der Materie, die den Raum zwischen den Sternen der Milchstraße erfüllt, einen durchschnittlichen gegenseitigen Abstand von über 100 Kilometern haben. Verkleinern wir aber umgekehrt in unserer Vorstellung alle Dinge im All so weit, daß statt der Atome Sterne von der Größe unserer Sonne zu Stecknadelkuppen würden, so betrüge ihr durchschnittlicher gegenseitiger Abstand in dem Gebiet des Milchstraßensystems, in dem wir zu Hause sind, etwa 50 Kilometer! Im Bereich des Größten wie im Bereich des Kleinsten finden wir in der Welt die wägbare Masse, wenn wir irdische Maßstäbe anlegen, nur äußerst spärlich im Raume verteilt.

Nun aber steht vor uns die Frage nach dem Ursprung der Materie zwischen den Sternen. Hier tauchen noch Probleme auf, deren Lösung die Menschheit dereinst einen sehr großen Schritt in der Naturerkenntnis vorwärtsbringen wird. Seit der Orionnebel und andere helle Nebelwolken in unserem Milchstraßensystem als zum Teil selbstleuchtende Gasmassen erkannt waren, hat man oft in ihnen die „Urmaterie“ zu erkennen geglaubt, aus der sich vor vielen Jahrmillionen alle Weltkörper, also auch die Sonne und unsere Erde, geformt haben. Als die weit verbreitete staubförmige „Dunkelmaterie“, die in der Nähe lichtmächtiger Sterne auch als heller Nebel in Erscheinung treten kann, näher untersucht worden war, brachte man auch sie mit dem Entstehen der Himmelskörper in Zusammenhang. Manche Forscher sahen in dem kosmischen Staub das Material, aus dem sich die Fixsterne samt ihren Planeten gebildet haben. Die Entdeckung der anscheinend im gesamten Milchstraßensystem verbreiteten, nur durch die ruhenden Linien in Sternspektren erkennbaren gasförmigen Materie hat zunächst das Problem der Kosmogonie (der Lehre von der Entstehung der Weltkörper) weiter kompliziert. Man hat jetzt ganz klar erkannt, in welcher Mannigfaltigkeit interstellare Materie vorkommt. Am meisten Kopfzerbrechen macht sowohl den Physikern als auch den Astronomen die Tatsache, daß weder die hellen Gasnebel von der Art des Orionnebels noch die allgemein verbreitete interstellare Materie ausschließlich aus Wasserstoff besteht, sondern daß neben diesem leichtesten aller Grundstoffe auch eine ganze Reihe anderer Elemente im Raum zwischen den Sternen anzutreffen ist. Bekanntlich haben die Atome des Wasserstoffs den einfachsten Aufbau. Sie bestehen nur aus einem einfach positiv geladenen Kern, der von einem einzigen negativ geladenen Elektron umkreist wird. In den Atomen der anderen Grundstoffe kreisen um so mehr Elektronen, je schwerer sie sind. Vor allem aber sind ihre Kerne im Gegensatz zu dem des Wasserstoffatoms aus verschiedenartigen „Elementarteilchen“ zusammengesetzte Gebilde. Der Kern des Wasserstoffatoms, von den Atomphysikern „Proton“ genannt, ist ein solches Elementarteilchen, also ein Baustein aller „höheren“ Atome.

Wenn wir nun in der interstellaren Materie wirklich den „Urstoff“ vor uns hätten, so könnte er nach unseren gegenwärtigen naturwissenschaftlichen

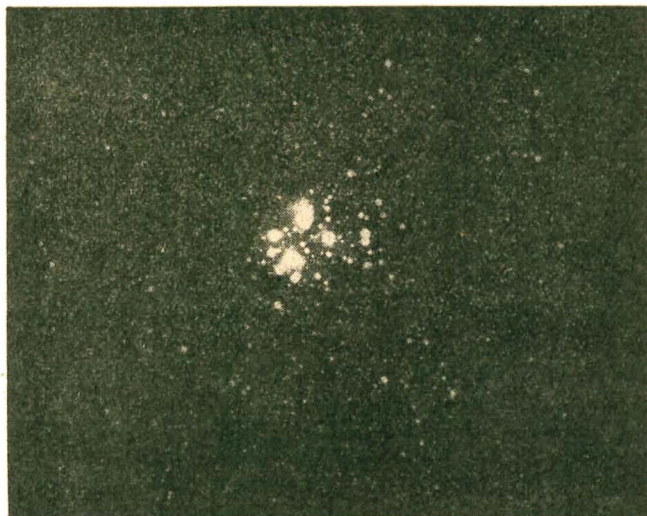
Kenntnissen nur aus dem Element mit den einfachsten Atomen, dem Wasserstoff, bestehen. Jeder denkende Mensch, der das Naturgeschehen als einen Prozeß unaufhörlich fortschreitender Entwicklung von einfachen zu komplizierteren Formen erkannt hat, kann es sich gar nicht anders vorstellen, als daß sich irgendwann und irgendwo einmal die Atomkerne der Elemente aus den Kernen des Wasserstoffatoms und den anderen Elementarteilchen zusammengefügt haben. Mit sehr großer Wahrscheinlichkeit kann man heute annehmen, daß im Innern der Sonne und der meisten anderen Fixsterne fortwährend aus Wasserstoff das nächsteinfachste Element, das Helium, gebildet wird und daß wir in dieser Umbildung der Atome die so lange vergeblich gesuchte Quelle der schon seit Hunderten von Jahrillionen in fast gleicher Stärke ausgestrahlten Sonnenenergie zu suchen haben. Ob aber weitere Grundstoffe, zum Beispiel Sauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff oder gar Eisen und andere Metalle, die ja sämtlich auf der Sonne und auf den meisten der daraufhin untersuchten Sterne nachgewiesen sind, im Sonneninnern aufgebaut werden, erscheint noch durchaus zweifelhaft. Viele Physiker meinen, daß die von den Astronomen errechnete Temperatur von knapp 20 Millionen Grad im Mittelpunkt der Sonne dazu nicht ausreicht. Auf keinen Fall aber können sich nach dem heutigen Stande unseres Wissens in den grenzenlosen Weiten des Raumes zwischen den Sternen die Wasserstoffatome in Atome höherer Elemente verwandelt haben. Man war also offenbar auf der falschen Fährte, als man in den hellen und dunklen Nebeln der Milchstraße oder in der interstellaren gasförmigen Materie den Rest des „Urbaustoffes“ der Weltkörper erkannt zu haben glaubte. Das wird auch aus anderen Forschungsergebnissen der jüngsten Zeit deutlich. Es häufen sich nämlich die Anzeichen dafür, daß der Orionnebel und viele andere von Sternen beleuchtete beziehungsweise durch die Strahlung von Sternen zum Selbstleuchten veranlaßte Gas- und Staubmassen der Milchstraße nichts weiter sind als Sternmaterie, die fortwährend von den in ihrem Bereich befindlichen Riesen Sonnen mit extrem hoher Oberflächentemperatur ausgeschleudert wird.

5. Sternengesellschaften

Diese aus exakten Beobachtungen gewonnene Erkenntnis hat nun manche Forscher zu dem Schluß verleitet, daß die Weltkörper überhaupt aus keiner gegenwärtig noch im Weltall vorhandenen Form der Materie hervorgegangen sein könnten, daß mithin in der Gegenwart keine Sterne mehr entstünden. Sie folgerten weiter, daß alle Sterne vor einigen Jahrilliarden praktisch gleichzeitig entstanden seien, und zwar entweder aus einer ganz

unbekannten Urform der Materie oder gar durch einen einmaligen „Schöpfungsakt“ aus dem „Nichts“. Daß diese Schlüsse voreilig gezogen waren, haben neueste Forschungsergebnisse sowjetischer Astronomen, vor allem des Stalinpreisträgers Prof. Ambarzumjan, klar gezeigt. Wir können hier auf diese interessanten und wertvollen Forschungsergebnisse nicht näher eingehen, weil zu ihrem vollen Verständnis ein umfassendes astronomisches Wissen erforderlich ist. Nur andeutungsweise kann gezeigt werden, um was es sich handelt.

An einigen Stellen des Himmels sehen wir Sterne dichtgedrängt beieinanderstehen. Wir nennen solche Gebilde „Sternhaufen“. Der bekannteste unter ihnen ist das Siebengestirn, die Plejaden. Das unbewaffnete Auge nimmt von den Plejadensternen freilich im allgemeinen nur sechs, wenn es ganz besonders scharf ist, auch sieben oder acht, unter besonders günstigen Bedingungen selbst neun wahr. Schon ein verhältnismäßig kleines Fernrohr aber zeigt uns, daß es in Wirklichkeit fast 200 sind. Es ist offenkundig, daß die Sterne eines solchen Haufens nicht zufällig beieinanderstehen, sondern daß sie eine wirkliche Gemeinschaft bilden. Es gibt aber Sterne, die keine sichtbare Ansammlung bilden und die dennoch in Wahrheit zusammengehören. Es ist beispielsweise schon seit langem bekannt, daß fünf von den sieben hellen Sternen des Großen Wagens, dem auffälligsten Teil des Sternbildes Großer Bär, Glieder einer solchen Wandergemeinschaft sind. Sie verraten ihre Zusammengehörigkeit durch gleichgerichtete Bewegung unter den anderen Sternen. In



Die Plejaden. Bei längerer Belichtung treten die Nebelschleier deutlich hervor, die den gesamten Sternhaufen einhüllen. Die staubförmige Nebelmaterie wird von den hellen Plejadensternen beleuchtet.

neuerer Zeit hat sich herausgestellt, daß der Gemeinschaft der „Bärensterne“ noch eine Reihe anderer Sterne angehört, die zum Teil an ganz anderen Stellen des Himmels zu finden sind. So sind überraschenderweise der hellfunkelnde Stern Sirius, ferner Gemma, der hellste Stern im bekannten Bilde der Krone, und andere Sterne in verschiedenen Sternbildern als Mitglieder dieser Sternengesellschaft erkannt worden. Die Sterne, die zu einer solchen Gesellschaft gehören, sind über einen sehr weiten Raum verstreut. Ihr gegenseitiger Abstand ist im Durchschnitt größer als der durchschnittliche Abstand von einem Fixstern zum nächsten.

Die sowjetischen Forscher haben nun diesen „Sternassoziationen“, wie sie solche mehr oder weniger weit im Raum verstreuten Sternengesellschaften nennen, ihre besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Sie haben dabei Tatbestände ans Licht gebracht, die für die weitere Erforschung des Milchstraßensystems und für unser Wissen von der „Lebensgeschichte“ der Sterne und der Entwicklung im Universum sehr bedeutungsvoll sind.

Professor Ambarzumjan machte die Entdeckung, daß bestimmte Arten von Sternen, die sonst höchst selten vorkommen, in manchen Sternassoziationen gehäuft auftreten. Es handelt sich vor allem um die Sterne mit besonders hohen Oberflächentemperaturen von 30 000 Grad und mehr und um Sterne, die von einer enorm ausgedehnten, leuchtenden Atmosphäre umgeben sind, die sich durch das Auftreten von hellen Linien in ihrem Spektrum verrät. Unter den Sternen mit hellen Linien im Spektrum, also mit ungewöhnlich ausgedehnten Atmosphären, gibt es viele, die ihre Lichtstärke in völlig unberechenbarer Weise verändern. Die meisten unter diesen unregelmäßig veränderlichen, übrigens dem bloßen Auge sämtlich unsichtbaren Sternen sind bemerkenswerterweise in den hellen Nebeln der Milchstraße oder in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft anzutreffen. Im Bereich des Orionnebels sind allein über 200 solcher merkwürdigen, unregelmäßig veränderlichen Sterne gefunden worden. Die sowjetischen Astronomen fanden, daß alle Vertreter solcher seltenen Sterntypen, wenn sie in einer bestimmten Himmelsgegend gehäuft auftreten, Mitglieder einer Sternassoziation sind. Weil sie jedoch einen so großen Abstand voneinander haben, befindet sich in dem von den Gliedern einer Sternassoziation eingenommenen Raume immer eine größere Anzahl „fremder“ Sterne, die nicht zur Assoziation gehören. Das aber hat zur Folge, daß sich durch die Massenanziehung von seiten der anderen Sterne die Bahnen der einzelnen Mitglieder nach und nach so verändern, daß sie schließlich nicht mehr in einer Richtung durch den Weltraum wandern. Die Sternengesellschaft wird sich im Laufe einiger weniger Jahrmillionen so weit in den Raum hinein zerstreut haben, daß sie als solche zu existieren aufgehört hat. Die „Lebensdauer“ der Sternassoziationen erscheint verhältnismäßig sehr kurz, wenn man sie mit der anderer Sternsysteme, zum Beispiel der dichteren Sternhaufen, vergleicht. Rechnet man nun in die Vergangenheit zurück, so kommt man zu dem Ergebnis, daß vor einer bestimmten Zeit die Sterne

einer Assoziation so dicht beieinander gewesen sind, daß sie praktisch in einer Masse vereinigt waren. Das bedeutet, daß sie in dieser Zeit erst ins Dasein traten. Ambarzumjan hat für eine Anzahl der von ihm näher untersuchten Sterngemeinschaften die Zeit berechnet, die seit ihrer Entstehung vergangen sein muß. Er fand, daß einige unter ihnen höchstens zehn, einige andere, und zwar solche, die extrem heiße Sterne zu ihren Mitgliedern zählen, höchstens drei Millionen Jahre alt sein können. Das ist, mit alltäglichem Maßstab gemessen, natürlich eine sehr lange Zeit. Sie ist aber kurz im Vergleich zu der Zeit, die zum Beispiel seit der Entstehung unserer Erde zweifellos verflossen ist. Wissen wir doch, daß schon vor mehr als einer Milliarde Jahren pflanzliches und auch tierisches Leben auf der Erde vorhanden gewesen ist. Die Erde selbst und erst recht die Sonne müssen noch beträchtlich älter sein. Auch die große Mehrzahl der nicht in Sternhaufen oder Wandergemeinschaften vereinigten Sterne ist ohne Zweifel sehr viel älter als die Mitglieder der Sternassoziationen.

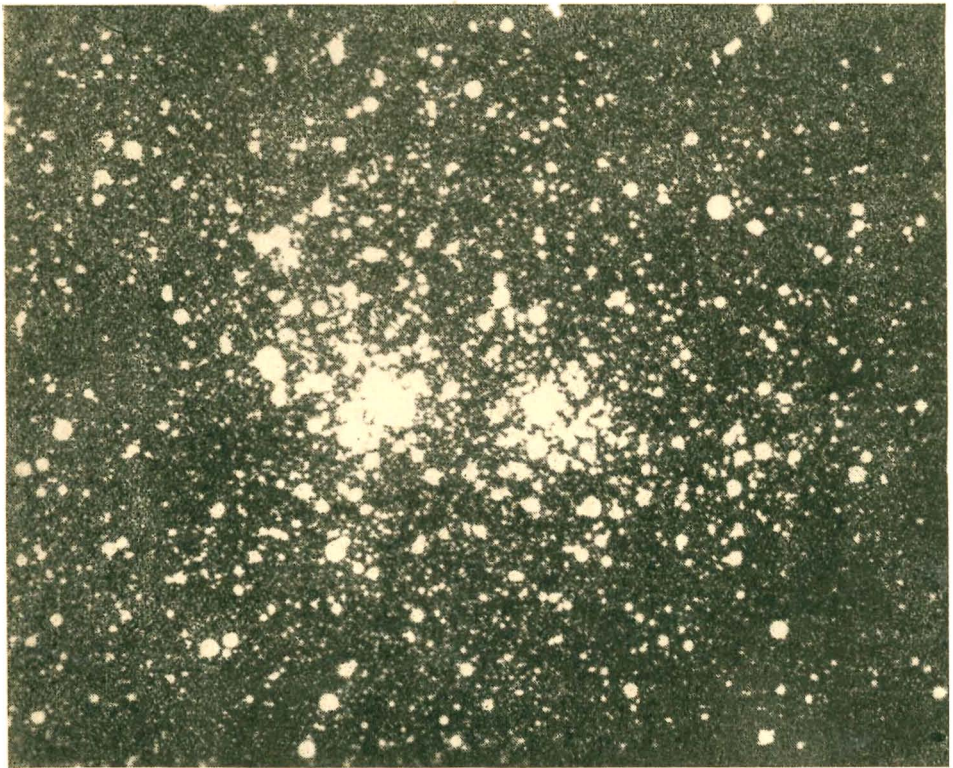
Aus der erst von den sowjetischen Astronomen erkannten Tatsache, daß die Zahl der Sternengesellschaften außerordentlich groß ist, zieht Ambarzumjan den bedeutungsvollen Schluß, daß auch in der Gegenwart noch laufend Sterne im Milchstraßensystem „geboren“ werden. Daran kann kein Zweifel sein, daß die Glieder einer Sternengesellschaft aus einem einzigen Entwicklungsprozeß gemeinsam hervorgegangen sind. Für ein verhältnismäßig jungendliches Alter dieser Sterne spricht auch, daß so viele von ihnen abnorm hohe Atmosphären besitzen, die sie laufend von sich fortstoßen und aus ihrem Innern immer wieder ergänzen und neu aufbauen. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß einige echte Sternhaufen im weiten Umkreis von Hunderten von Lichtjahren von Sternen besonders seltener Typen umgeben sind. Wie Ambarzumjan und andere sowjetische Forscher zeigen konnten, sind alle diese Sterne Glieder ein und derselben Sternengesellschaft. So sind beispielsweise die beiden dicht beieinanderstehenden, im Fernrohr zugleich im Gesichtsfeld erscheinenden prachtvollen Sternhaufen im Bilde des Perseus, nicht weit von dem bekannten großen „W“ der Cassiopeia, von einem Kranz von rötlich leuchtenden Riesensternen von ganz besonders gewaltiger Ausdehnung umgeben. Diese „Übergiganten“, die eine geringere Oberflächentemperatur als unsere Sonne besitzen, sind so groß, daß ein erheblicher Teil unseres Sonnensystems in ihrem Glutgasleib Platz finden könnte. Sie bilden mit einigen anderen, im Gegensatz zu ihnen sehr heißen Sternen eine einzige, gewaltige Sternassoziation. Die beiden Sternhaufen stellen den Kern dieser Sternengesellschaft dar.

Die sowjetischen Astronomen vertreten mit aller Entschiedenheit die Ansicht, daß noch in der Gegenwart an verschiedenen Orten im Weltall Sonnen ins Dasein treten, jedoch niemals als voneinander unabhängige Einzelwesen, sondern als Glieder einer Gemeinschaft. Erst wenn sie sich nach einigen Millionen Jahren unter die anderen, älteren Sterne der Milchstraße

zerstreut haben, erscheinen sie als Einzelsterne, die nichts mehr miteinander zu tun haben.

Über die Beschaffenheit der Materie, aus der die Sterne hervorgingen, und den physikalischen Zustand, in dem sie sich befand, wissen wir heute noch nichts Sicheres. Wir wissen auch noch nicht, ob wir in einer der zahlreichen Formen, in der Materie zwischen den Sternen vorkommt, solchen Stoff vor uns haben, aus dem Sonnen hervorgehen können. Kein Astronom aber zweifelt daran, daß die interstellare Materie in der Entwicklungsgeschichte der Sternsysteme eine wichtige, wenn auch noch unbekannte Rolle spielt. Und sie

Die beiden Perseussternhaufen. Hunderte von Überriesensternen hoher Temperatur in mehr als 3000 Lichtjahren Entfernung bilden den Kern einer riesigen Sternassoziation.



zweifeln auch nicht daran, daß es den forschenden Menschen in nicht allzu ferner Zeit gelingen wird, auch dieses „Welträtsel“ zu lösen. Gerade die Untersuchungen der sowjetischen Forscher haben mit aller Deutlichkeit gezeigt, daß die Welt auch im Größten für den Menschen grundsätzlich erkennbar ist, daß der fortschreitenden Erkenntnis der Natur durch den Menschen keine Grenzen gesetzt sind. So werden auch alle jetzt noch rätselhaft erscheinenden Vorgänge in der Sternenwelt ihre Erklärung finden. Das gilt auch für das Aufflammen der „Neuen Sterne“ am Himmel, von denen im Folgenden einiges mitgeteilt werden soll.

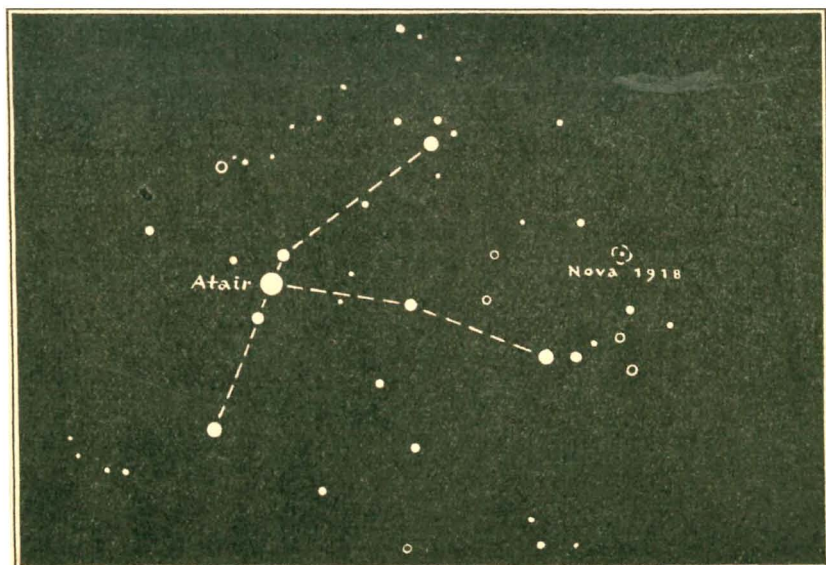
II. Katastrophen im Weltall

1. Ein Stern flammt auf!

Es ist eine für jeden Astronomen und jeden Sternfreund aufregende Geschichte: Ein Stern, der bisher so lichtschwach war, daß er nur in größeren Fernrohren gesehen werden konnte, wird plötzlich, im Verlauf von mehreren Stunden, zu einem hellfunkelnden Gestirn, das jedem, der den Himmel kennt, auffallen und größtes Erstaunen einflößen muß. Die Presse, der Rundfunk verkünden: Ein neuer Stern, eine „Nova“, ist erschienen!

Es ist in Wirklichkeit kein neuer Stern; er war schon vorher da, aber weil er nur eines von Millionen winziger Lichtpünktchen war, ist er bisher auch der Aufmerksamkeit der Astronomen entgangen. Nun, da er so unerwartet hell am Himmel strahlt, erregt er bei allen Forschern und Freunden der Wissenschaft das stärkste Interesse. Und das mit vollem Recht! Denn die „Lichtdepesche“, die uns hier erreicht, bringt Kunde von einer Katastrophe in Weltallferne, die sich vor Jahrhunderten, vielleicht sogar vor mehr als einem Jahrtausend, zugetragen hat. Trotzdem ist das Ereignis für uns so interessant, als wenn es in der Gegenwart eingetreten wäre.

Es ist nicht nur einmal geschehen, daß ein Stern aufflammte zu gigantischer Höhe der Leuchtkraft. In diesem Jahrhundert sind schon fünf „Novae“, die dem freien Auge gut sichtbar wurden, aufgeleuchtet; insgesamt sind in den letzten 300 Jahren 110 „Neue Sterne“ beobachtet worden. Sie bleiben nicht lange auffällige Erscheinungen. Ihr Glanz nimmt rasch wieder ab, nach einigen Monaten sind sie bereits dem bloßen Auge entschwunden, und schließlich geht ihre Leuchtkraft, dann freilich langsamer, wieder auf die so geringe Ausgangshelligkeit zurück. Den Verlauf eines solchen Himmelsereignisses



Sternbild „Adler“ mit dem Ort der „Nova“, die am 8. Juni 1918 aufflammte

soll uns die Geschichte des hellsten der in den letzten drei Jahrhunderten erschienenen „Neuen Sterne“ deutlich machen. Die anderen Novae wichen wohl in den Einzelheiten vom Verhalten dieses Gestirnes und auch voneinander zum Teil nicht unerheblich ab, in den großen Zügen stimmten sie jedoch fast alle überein.

Am Abend des 8. Juni 1918 erblickten viele Sternfreunde zu ihrem größten Erstaunen einen auffallend hellen Stern im westlichen Teil des Sternbildes Adler, den nie ein Mensch zuvor dort gesehen hatte. Dennoch weiß man genau, daß dieser Stern schon vorher an der gleichen Stelle des Himmels gestanden hat, denn man konnte ihn auf früher gewonnenen Aufnahmen derselben Himmelsgegend nachträglich wieder finden. Seine Helligkeit war von der elften Größe, das heißt, er war gerade noch einem Fernrohr mittlerer Stärke erreichbar. In den Abendstunden des 8. Juni 1918 strahlte er aber fast so hell wie der bekannte Hauptstern des Sternbildes Leier, die Wega. Am nächsten Abend, also am 9. Juni, hatte die Stärke seines Glanzes bereits den Gipfel erreicht. Die Nova strahlte jetzt heller als alle mit ihr gleichzeitig sichtbaren Gestirne, denn sie war nur noch um ein geringes schwächer als der Sirius, der sich bekanntlich in Sommernächten nicht

am Himmel zeigt, und die hellen Planeten Venus und Jupiter befanden sich zu dieser Zeit auch nicht über dem Gesichtskreise.

Schon an den folgenden Tagen nahm der Glanz des neuen Sternes wieder merklich ab. Dieser Abstieg der Helligkeit setzte sich über einen Zeitraum von 20 Tagen in fast gleichem Tempo fort, dann sank die Lichtstärke der Nova viel langsamer und unter teils unregelmäßigen, teils periodischen Schwankungen. Im April 1919 wurde sie für das freie Auge unsichtbar. Zwei Jahre später war ihre Leuchtkraft so weit gesunken, daß sie nicht mehr sehr viel heller erschien als in der Zeit vor ihrem großen Abenteuer. Es dauerte jedoch noch weitere 10 Jahre, bis der neue Stern seine Ausgangshelligkeit wieder ganz erreicht hatte.

2. Ein Stern explodiert!

Um den Versuch zu wagen, diese aufregende „Lichtdepesche“ aus den Tiefen des Alls zu entziffern, mußte natürlich das in solchen Fällen nie versagende Hilfsmittel der Physiker und Astronomen, die Spektralanalyse, herangezogen werden. Leider hatte die Nova Aquilae (das heißt „neuer Stern im Adler“) so wenig wie ihre Vorgänger und ihre Nachfolger ihr Erscheinen vorher angemeldet. Das Aufflammen war bei dieser Nova wie bei den meisten ihrer Verwandten ungeheuer schnell erfolgt. Im Verlauf von weniger als zwei Tagen hatte sie ihre Leuchtkraft um mehr als das 50 000fache gesteigert! So ist es als ein besonderer Glücksumstand zu betrachten, daß zufällig eine Aufnahme aus einer Zeit lange vor ihrem Aufflammen erhalten ist, die die Spektren aller Sterne der näheren Umgebung der Nova Aquila und somit auch ihr Spektrum selbst zeigt! In diesem einen, leider nur in diesem einen Falle, wissen wir also, wie das Spektrum einer Nova vor ihrem Erscheinen ausgesehen hat. Es war das Spektrum eines weißen Sternes mit einer Oberflächentemperatur von etwa 9000 Grad. Die Nova war also vor ihrem Ausbruch nicht so heiß wie etwa der Sirius, aber bedeutend heißer als unsere Sonne. Aus der freilich nur recht unsicher bestimmten Entfernung von etwa 700 Lichtjahren ist zu schließen, daß sie in dem der Katastrophe vorangegangenen Ruhezustande eine erheblich geringere wahre Leuchtkraft besessen hat als die meisten „normalen“ Sterne mit gleicher Oberflächentemperatur. Sie wird nicht viel mehr Licht als unsere Sonne ausgestrahlt haben. Wenn zwei Sterne gleiche Oberflächentemperatur, aber verschiedene wahre Leuchtkraft besitzen, dann muß ihre strahlende Oberfläche verschieden groß sein. Der hellere Stern ist in jedem Falle größer als der schwächer leuchtende von gleicher Farbe und gleichem Spektrum. Die Nova Aquilae war also zweifel-

los bedeutend kleiner als ein „normaler“ Stern gleicher Temperatur, und sie war auch etwas kleiner als unsere Sonne. Ihr Durchmesser wird knapp eine Million Kilometer betragen haben. (Der Sonnendurchmesser beträgt bekanntlich 1,4 Millionen Kilometer.)

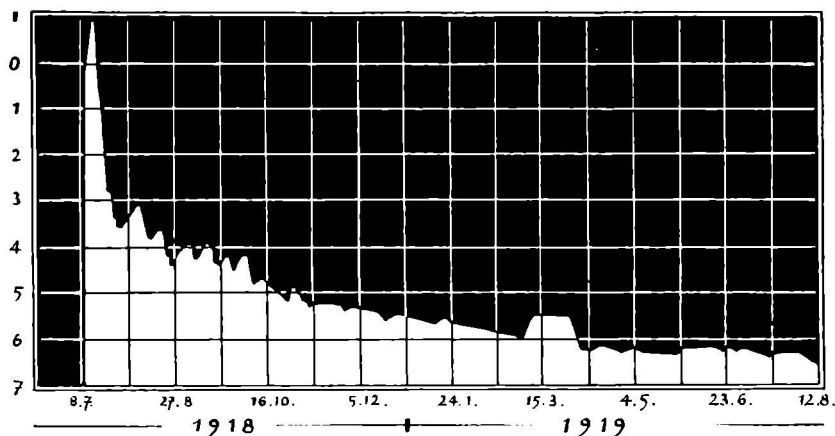
Noch am Abend des 8. Juni 1918, also einen Tag vor dem Maximum des Glanzes, wurde das Spektrum der Nova genau untersucht. Es zeigte sich ein Regenbogenband mit dunklen Linien, wie es bei den meisten Sternen zu beobachten ist. Außerdem waren aber auch helle Linien festzustellen, die gewissermaßen als Begleiter der dunklen auftraten. In der folgenden Nacht, als die Nova ihren höchsten Glanz entfaltete, waren diese hellen Begleitlinien fast völlig verschwunden. In seinen Einzelheiten glich jetzt das von der Nova erzeugte Regenbogenband den Spektren heißer Sterne mit besonders großer wahrer Leuchtkraft. Im besonderen war es dem Spektrum des Deneb ungemein ähnlich. Deneb ist der hellste Stern in dem bekannten, von der Milchstraße durchzogenen Bilde des Schwans, das den Himmel der Sommer- und Herbstnächte ziert. Er ist in Wahrheit ein über 600 Lichtjahre, also fast ebensoweit wie die Nova Aquilae, entfernter Glutball von etwa 10 000 Grad Oberflächentemperatur, der gut 10 000mal soviel Licht wie unsere Sonne in den Weltraum hinausstrahlt! Die Nova muß also, da sie den Deneb in dieser Nacht noch um das Sechsfache an Glanz übertraf, unserer Sonne rund 60 000mal an Strahlungsfülle überlegen gewesen sein. Schon diese Tatsache kündigt uns, daß mit diesem Stern Gewaltiges vorgegangen ist — vor langer Zeit allerdings, wahrscheinlich im 13. Jahrhundert, also zur Zeit der Kreuzzüge. Nichts ist geschwinder als das Licht, und dennoch erreichte es uns erst im Jahre 1918, weil der Weg gar so lang war!

Das Spektrum unserer Nova zeigte aber noch eine sehr wesentliche Besonderheit: Alle Linien waren ganz beträchtlich nach dem violetten Ende des Regenbogenbandes hin verschoben. Wir wissen, wie man solchen Tatbestand zu deuten hat: Die Lichtquelle, also in unserem Falle der Stern, kommt mit großer Geschwindigkeit auf uns zu. Nun beobachteten die Astronomen aber noch etwas ganz besonders Merkwürdiges: Die Annäherungsgeschwindigkeit vergrößerte sich noch fortwährend weiter! Betrug sie am 9. Juni etwa 800 Kilometer in der Sekunde, so stieg sie an den folgenden Tagen auf über 1500 Sekundenkilometer an. Am 12. Juni wurde sogar eine Annäherungsgeschwindigkeit von fast 2000 Kilometern pro Sekunde gemessen! Auch in den späteren Stadien der Entwicklung blieb die Geschwindigkeit, mit der die Nova auf uns zuzueilen schien, groß und schwankte in ihrem Betrag ständig, wenngleich die drei Tage nach dem größten Glanze festgestellte Höchstgeschwindigkeit nicht mehr erreicht wurde.

Nun, es kann natürlich in Wirklichkeit nicht so sein, daß ein Stern mit tausend und mehr Kilometern in der Sekunde, dazu noch mit wechselndem Tempo, uns entgegensaut! Wir müssen diese Beobachtungstatsache anders deuten. Zweifellos sehen wir die Lichtquelle wirklich mit der exakt gemessenen

Geschwindigkeit herankommen. Aber diese Lichtquelle ist ja die strahlende Oberfläche des Glutballs. Kann es da nicht sein, daß der Stern seine äußeren Schichten rings um sich hinausstößt in den Weltraum? Gewiß, so ist es! Mit unvergleichlicher Gewalt schleudert die Nova ihre äußeren Glutgas-hüllen von sich, bläst sie hinaus in das All. Wir aber müssen dabei den Eindruck gewinnen, daß sich der ganze Glutball in rasendem Tempo aufbläht und „platzt“. Aus der Beobachtung ergibt sich ja unmittelbar, daß er binnen kürzester Zeit seine strahlende Oberfläche um mehrere 100mal vergrößert. Wir können also mit gewissem Rechte sagen: Eine Nova ist eine explodierende Sonne!

Als die Helligkeit der Nova Aquilae wieder abzusinken begann, ging eine große Veränderung mit ihr vor. Ihre Farbe, die bisher bläulichweiß gewesen war, wurde nun rötlich, aber so, daß sie in der Tönung überhaupt keinem anderen Sterne glich! Das Spektrum wandelte sich ganz und gar. Der farbige Untergrund trat jetzt ganz zurück hinter intensiv hell aufleuchtenden Linien des Wasserstoffs und verschiedener Metalle, namentlich des Eisens. Die rote Linie des Wasserstoffes, die besonders hell hervortrat, verursachte in der Hauptsache die eigentümliche Färbung des Lichtes der Nova. Die hellen Linien, die ebenfalls stark nach dem violetten Ende hin verschoben waren, wurden zweifellos durch die vom Stern während des Ausbruches fortgeblasenen Gasmassen erzeugt. Diese Gase hatten sich mittlerweile rasch in den Weltraum zerstreut und waren nun schon sehr viel dünner als die Materie in einer Hochvakuumröhre.



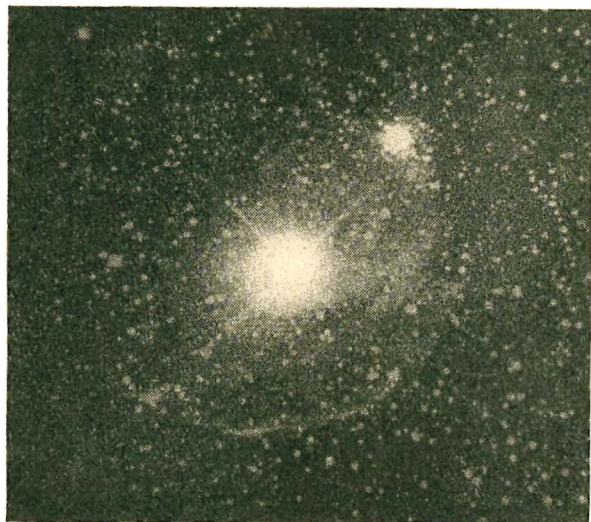
Lichtkurve der Nova Aquilae. Man sieht das enorm jähe Ansteigen der Helligkeit und das langsame, unter Schwankungen sich vollziehende Abklingen.

Wenige Wochen später war das Bild wiederum total verändert. Zu den hellen, jetzt aber verblaßten Linien waren ganz andere getreten, die immer heller wurden und schließlich das Bild des Spektrums vollständig beherrschten. Das waren dieselben hellen Linien, die für das Spektrum vieler leuchtender Nebel im Milchstraßensystem, zum Beispiel für den Orionnebel, charakteristisch sind. Diese Nebel leuchten in einem geheimnisvoll anmutenden bläulichgrünen Lichte. Bis vor etwa 20 Jahren wußte kein Mensch, welchem Element dieses seltsame Licht zuzuschreiben ist. Soviel wußte man freilich gewiß, daß das „Nebellicht“ nur ausgesandt wird, wenn sich der erzeugende Grundstoff im Zustande einer für uns vollkommen unnachahmbaren Verdünnung befindet. Der Orionnebel ist nicht glühend; er ist wohl zum Teil selbstleuchtend, aber nicht infolge einer hohen Temperatur, wie das bei der Sonne und allen Fixsternen der Fall ist. So sind auch die von einer Nova ausgeschleuderten Gasmassen nicht durch große Hitze selbstleuchtend geworden, vielmehr hat die Strahlung des explodierenden Sternes sie zu einem „kalten“ Eigenleuchten veranlaßt.

Heute ist das Rätsel des Nebelleuchtens gelöst. Es ist in der Hauptsache hochverdünnter Sauerstoff, der in den Nebeln der Milchstraße und in der von den Novae ausgestoßenen Materie das bisher so rätselhafte Licht ausstrahlt. Die Atome des Sauerstoffes werden in den kosmischen Nebeln durch äußerst intensive, hauptsächlich ultraviolette Strahlung über 20 000 Grad heißer Sternoberflächen dazu gebracht, Licht auszustrahlen. Es ist ein kaltes Licht, das sie hervorbringen, den schönen Leuchterscheinungen verwandt, die in den stark luftverdünnten Geißlerschen Röhren auftreten. Die hinausgetriebenen äußeren Schichten der Novae erhalten ihre Fähigkeit zu leuchten jetzt im Zustande extremer Verdünnung nur durch die Strahlung, die von den tiefer liegenden, ungemein heißen Glutmassen des explodierten Sternes ausgeht. Sie umgeben den ganzen Sternleib gewissermaßen als eine weit ausgedehnte Nebelhülle, die an der Umdrehung des Glutballes um seine eigene Achse keinen Anteil mehr hat.

Die Temperatur unserer Nova Aquilae, deren Licht man durch den hauchdünnen weit ausgedehnten Nebel hindurchschimmern sah, war in der Tat ungemein hoch. Sie war sogar noch höher als die Temperatur der heißen Orionsterne, deren Strahlungsgewalt der Orionnebel sein Leuchten verdankt. Sie wird mindestens 40 000 Grad betragen haben. Es dauerte gar nicht lange, so konnte man um den „Neuen Stern“ einen schwach leuchtenden Nebel unmittelbar im Fernrohr erkennen. Die Untersuchung der nun in jeder klaren Nacht und an den verschiedensten Sternwarten hergestellten Aufnahmen ergab, daß sich diese Nebelhülle um die Nova tatsächlich fortwährend ausdehnte. Jetzt war kein Zweifel mehr möglich, daß dort wirklich Gasmassen von dem Stern ausgeschleudert worden waren und sich mit großer Geschwindigkeit in den weiten interstellaren Raum hinein zerstreuten.

Der Nebel um die Nova Aquilae ist einige Jahre später wieder verschwunden, nachdem er zuvor bei immer wachsender Ausdehnung fortschreitend lichtschwächer geworden war. Unser Bild zeigt einen Nebel, der in der nächsten Umgebung der im Jahre 1901 im Sternbilde des Perseus aufgeflamten Nova sichtbar wurde und sein Aussehen rasch veränderte. Mit diesem Nebel hat es aber eine ganz andere Bewandnis: Dort war äußerst fein verteilter kosmischer Staub zwar schon immer vorhanden, aber stets unsichtbar geblieben, weil sich kein besonders heißer und lichtstarker Stern in seiner Nachbarschaft befand. Als aber die Nova aufgeleuchtet war, sah man kurze Zeit, nachdem sie ihren höchsten Glanz erreicht hatte, selbst mit kleineren Instrumenten deutlich die Nebelmaterie. Das Licht des explodierten Sterns beleuchtete sie gleich einem gigantischen Scheinwerfer. Da die Staubmassen sehr weit ausgedehnt sind, leuchteten ihre Teile nicht alle gleichzeitig auf, sondern man sah das Leuchten nach und nach auf verschiedene Partien des Nebels übergreifen. Auch das Licht bei seiner unübertroffenen Geschwindigkeit brauchte Jahre, um den ganzen dünnen Nebel zu durchqueren. Aus der Geschwindigkeit, mit der sich, von der Erde aus gesehen, der leuchtende Nebel auszubreiten schien, konnte man unmittelbar auf die Entfernung der Nova schließen, da ja die Geschwindigkeit des Lichtes bekannt ist. Sie ergab sich zu 1500 Lichtjahren, was auch mit anderen Beobachtungen größenordnungsmäßig in Einklang steht. Einige Jahre nach dem Abklingen der Novakatastrophe wurde dann die



Der kosmische Nebel, der nur eine Zeitlang sichtbar war, solange ihn das Licht der Nova Persei 1901 beleuchtete.

ganze Nebelmaterie wieder unsichtbar und ist es bis heute geblieben. Der Scheinwerfer ist ja nicht mehr in Tätigkeit, der sie für kurze Zeit beleuchtet hat! Übrigens hat auch die Nova Persei in einem späteren Stadium ihrer Entwicklung selbst einen Nebel durch die von ihr ausgestoßenen Gasmassen hervorgebracht, genauso wie es später an der Nova Aquilae und anderen „Neuen Sternen“ beobachtet wurde.

Die Oberflächentemperatur der Nova Aquilae ist ebenso wie die aller „Neuen Sterne“, die daraufhin untersucht werden konnten, auch nachdem sie anscheinend wieder völlig zur Ruhe gekommen ist, auf der gleichen enormen Höhe geblieben. Die Novae gleichen in ihrem Endstadium in dieser Hinsicht dem Typ der allerheißesten Sterne, die nach ihren Entdeckern „Wolf-Rayet-Sterne“ genannt werden. Sie unterscheiden sich aber von diesen selten anzutreffenden, extrem heißen Sternen durch eine viel geringere wahre Leuchtkraft. Sie sind also sicher viel kleiner und wahrscheinlich auch bedeutend dichter. Von allen Novae wissen wir, daß sie nach ihrem Aufblitzen nicht viel mehr und auch bestimmt nicht viel weniger Licht ausstrahlen als vorher. Ist wirklich die Temperatur ihrer strahlenden Oberfläche bedeutend höher als vor dem Ausbruch, wie es bei der Nova Aquilae bestimmt der Fall war, so folgt daraus, daß sie kleiner geworden sind nach ihrer Explosion. Die den Sternkörper aufbauende Materie hat sich auf einen engeren Raum zusammengezogen.

3. Sterne in kritischem Zustand

Es drängt sich uns jetzt die Frage auf: Was ist mit dem Stern geschehen, was ist die Ursache der gewaltigen Katastrophe? Diese Frage interessiert uns brennend, obwohl das Geschehen sich in so großer Entfernung von uns abspielte. Nicht nur der Astronom, auch der Physiker, ja überhaupt jeder Naturwissenschaftler möchte wissen, was mit den scheinbar explodierenden Sternen in Wahrheit vor sich geht. Denn es leuchtet ein: Wenn wir Klarheit über solche Revolutionen in Weltallferne erlangt haben werden, wenn uns bekannt sein wird, was in einer strahlenden Gaskugel von der Art unserer Sonne zu einer Explosion so gewaltigen Ausmaßes führen kann, dann wird die Naturerkenntnis einen wichtigen Schritt vorangekommen sein. Alle Zweige der Naturforschung, am meisten vielleicht die Atomphysik, werden von dieser Erkenntnis reichen Gewinn haben, und dieser Gewinn wird sich, wie jeder andere wesentliche Fortschritt in der Wissenschaft, früher oder später auch auf die Technik, auf die Beherrschung der Natur durch den Menschen

auswirken. Wie stark das allgemein menschliche Interesse an der Lösung des „Novaproblems“ ist, wird uns deutlich, wenn wir uns die Frage vorlegen, ob auch unsere Sonne einmal in solch ein Katastrophenstadium treten kann. Was mit der Sonne geschieht, das geht uns Bewohner eines ihrer Planeten unmittelbar an. In den letzten 1,5 Milliarden Jahren ist die Strahlung der Sonne zwar hin und wieder Schwankungen unterworfen gewesen, im großen und ganzen aber doch in gleichbleibender Stärke auf die Erde gefallen. Dadurch ist es möglich geworden, daß das irdische Leben sich von den primitivsten Formen bis zur Höhe des bewußt die Natur zu seinen Gunsten umgestaltenden Menschen entwickeln konnte. Wir dürfen freilich überzeugt sein, daß die Menschheit in künftigen Jahrhunderten oder Jahrtausenden in der Erschließung der Atomkernenergie soweit vorangekommen sein wird, daß sie einem allmählichen Nachlassen der Sonnenstrahlung, das freilich nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens keineswegs zu erwarten ist, erfolgreich begegnen könnte. Wohl aber würde uns die Möglichkeit beunruhigen, daß durch eine plötzliche vieltausendfache Steigerung der Strahlungsgewalt der Sonne einmal alles Leben auf der Erde vernichtet werden könnte.

Schließlich begreifen wir, daß wir auch über das alle denkenden Menschen seit jeher tief bewegende Problem des Werdens und Vergehens im Universum, der Entwicklungsgeschichte der Gestirne, wesentlich besser Bescheid wissen werden, wenn wir eine Antwort auf die Frage gefunden haben, was ein Novaausbruch für den Stern selbst in seiner Entwicklung bedeutet.

Sagen wir es gleich: Des Rätsels Lösung ist noch nicht gefunden! Wohl aber hat uns die fortschreitende Entwicklung sowohl der Sternphysik als auch der Atomphysik in den letzten Jahrzehnten der Lösung offensichtlich näher gebracht. Erinnern wir uns, was die Beobachtung, die in der Astronomie allein die Grundlage für jede Theorie bilden kann, ergeben hat! Ein Stern, dessen strahlende Oberfläche etwas heißer als die Sonnenoberfläche ist, steigert binnen einiger Stunden oder Tage seine Leuchtkraft etwa auf das 50 000fache. Seine Temperatur steigt dabei verhältnismäßig wenig an. Daraus müssen wir den Schluß ziehen, daß die Ursache der plötzlichen Glanzentfaltung zum größten Teil in einer enorm rasch erfolgenden Ausdehnung des Sternkörpers zu suchen ist. Die Spektrallinien zeigen durch ihre Verschiebung nach dem violetten Ende des Spektrums eine Ausdehnung der oberflächennahen Schichten um tausend bis zweitausend Kilometer in der Sekunde an.

Die Kräfte, die dieses plötzliche gigantische Aufblähen, die mit rasender Geschwindigkeit vor sich gehende Ausstoßung der äußeren Schichten bewirken, können nur im Innern des Sternes frei geworden sein. Mit Gewißheit können wir behaupten: Weder ein Zusammenstoß noch ein anderer mechanischer Vorgang von außen vermag eine Novakatastrophe auszulösen; es ist vielmehr eine Revolution tief im Innern des Sternleibes, die sie verursacht. Noch vor wenigen Jahrzehnten dachte man ernsthaft an einen Zusammen-

stoß zweier großer Weltkörper, der sich am Ort der Nova zugetragen haben sollte. Eine einfache Überlegung kann uns von der Haltlosigkeit dieser Annahme überzeugen. Denken wir daran, wie weit die Fixsterne durchschnittlich voneinander entfernt sind! Stecknadelkuppen im mittleren Abstand von 50 Kilometern geben ein der Wirklichkeit entsprechendes Modell! Selbst wenn sich die Stecknadelköpfe, also die Sonnen im Milchstraßensystem, vollkommen regellos im Raume tummeln würden, was sie bestimmt nicht tun, wären Zusammenstöße so außerordentlich unwahrscheinlich, daß zwischen zwei solchen Ereignissen durchschnittlich eine längere Zeit verstreichen müßte als seit der Entstehung der Erde vergangen ist! Es werden aber gegenwärtig im Durchschnitt zwei Novae jährlich beobachtet. Diese stellen wiederum nur einen geringen Bruchteil der im Milchstraßensystem in jedem Jahr aufleuchtenden „neuen Sterne“ dar. Wir müssen daher Zusammenstöße von Sternen als Ursache von Novaerscheinungen als völlig ausgeschlossen abtun.

Auch die noch vor kurzem weit verbreitete Ansicht, das Eindringen eines Sternes in eine der ziemlich zahlreichen kosmischen Staubwolken der Milchstraße könne zu seinem Aufflammen als Nova führen, hat sich als nicht haltbar erwiesen. Die staubförmige Materie ist auch in den auffälligsten „Dunkelwolken“ so dünn verteilt, daß sie niemals einen derart tiefgreifenden Einfluß auf ein sie durchziehendes Glutgestirn auszuüben vermag.

Was aber die wahre Ursache der Novakatastrophen ist, wird uns gewiß in nicht sehr ferner Zeit die so stürmisch fortschreitende Atomphysik lehren. Darüber kann schon heute kein Zweifel mehr bestehen, daß es allein die in den Kernen der Atome gebundenen Energien sind, die bei einem solchen Ereignis frei werden und die Explosion des Sternes hervorbringen.

Besteht nun die Möglichkeit, daß auch unsere Sonne einmal ein solches „Abenteuer“ erlebt? Müßten wir diese Frage bejahen, so könnten wir befürchten, daß dem irdischen Leben dereinst ein gewaltsames Ende zuteil werden wird. Wenn die Sonne uns plötzlich ihre Strahlenfülle in 10 000- oder gar 100 000facher Stärke zusenden würde, dann wäre für alle Lebewesen, zum mindesten auf dem Festlande, das Ende gekommen. Dadurch, daß die Sonne sich aufblähen und ihre oberflächennahen Gasschichten fortblasen würde, könnte das Unheil nur vergrößert werden. Schon zwei bis höchstens drei Tage nach dem Ausbruch würden diese Gasmassen auch bereits unseren Planeten umhüllen! Sie befänden sich dann freilich schon im Zustande außerordentlicher Verdünnung, ihre Temperatur würde aber noch mindestens 20 000 Grad betragen. Das Innere der Erde würde wahrscheinlich kaum in Mitleidenschaft gezogen werden, an der Oberfläche unseres Planeten aber würden die Vorgänge hinreichen, um dem Tier- und Pflanzenleben auf dem Festland ein jähes Ende zu bereiten.

Die Erdgeschichte lehrt uns, daß während des gesamten, sich über mehr als eine Jahrmilliarde erstreckenden Zeitraumes, in dem die Entwicklung der Pflanzen und Tiere vor sich ging, ein solches Ereignis bestimmt nicht statt-

gefunden hat. Niemals ist die fortschreitende Aufwärtsentwicklung von der Amöbe bis zum Menschen durch eine solche, die ganze Erdoberfläche verheerende Katastrophe unterbrochen worden.

Auf der anderen Seite ist es eine sicher erkannte Tatsache, daß Novaerscheinungen nicht die großen Seltenheiten sind, für die man sie früher allgemein gehalten hat. Wenn schon in dem unserer Beobachtungskunst gegenwärtig zugänglichen Bereich des Milchstraßensystems durchschnittlich zwei Novae im Jahre aufleuchten, so werden es nach unseren heutigen Kenntnissen über die Sternenwelt im gesamten System der Milchstraße jährlich 20 bis 25 sein.

Es liegt daher der Gedanke nahe, daß die meisten Sterne im Laufe ihrer über Hunderte von Jahrmlionen sich erstreckenden Entwicklung einmal als Nova in Erscheinung treten können. Wir werden aber gleich sehen, daß für eine solche Annahme heute keinerlei Veranlassung mehr besteht.

Es ist nämlich sehr wahrscheinlich, daß eine von der „Norm“ abweichende physikalische Beschaffenheit die Voraussetzung dafür ist, daß ein Stern eine Novakatastrophe durchmachen kann. Gerade für diese Möglichkeit sprechen die neueren Beobachtungsatsachen.

Sicher wissen wir, daß alle Novae nach ihrem Aufleuchten viel weniger Licht ausstrahlen als andere Sterne von gleich hoher Oberflächentemperatur. Sie sind also im Zustande nach ihrer Explosion viel kleiner als andere heiße Sterne und besitzen eine viel höhere Dichte. Sie erinnern uns an die „weißen Zwerge“ von der Art des Siriusbegleiters. So dicht wie diese sind die zur Ruhe gekommenen Novae freilich nicht, sie nehmen gewissermaßen eine Mittelstellung ein zwischen den „normalen Sternen“ und den „weißen Zwergen“. Wenn auch die Nova Aquilae von 1918 die einzige ist, deren Spektrum vor ihrem Ausbruch photographiert wurde, so weiß man doch auch von einigen anderen „Neuen Sternen“ gewiß, daß sie bereits vor ihrem Aufblammen eine geringere wahre Leuchtkraft als die Sonne hatten, obwohl sie bedeutend heißer waren. Es besteht deshalb guter Grund zu der Annahme, daß auch in dem Stadium der scheinbaren Ruhe, das dem Ausbruch vorausgeht, jede Nova bereits wesentlich kleiner und dichter ist als andere, gleich heiße Sterne. Wahrscheinlich hat sich jeder „Neue Stern“ vor seiner Explosion eine geraume Zeit in einem kritischen Zustand befunden. Dieser kritische Zustand kann nur die Folge von besonderen Temperatur- und Druckverhältnissen im Innern des Sterns gewesen sein.

Wenn sich nun aber wirklich im Milchstraßensystem alljährlich mindestens 20 Novakatastrophen ereignen, dann muß die Zahl der durch besondere physikalische Beschaffenheit für Novaausbrüche in Frage kommenden Sonnen etwa ebensogroß sein wie die der „ungefährdeten“.

4. Unruhige Sterne

Ein ganz neues Licht auf das Problem wirft die erst in neuester Zeit bekannt gewordene Tatsache, daß es Sterne gibt, die schon mehr als einmal als Nova aufgeleuchtet sind. Fünf Sterne kennen wir bereits, die in den letzten hundert Jahren zweimal aufflammten. So erschien erst in jüngster Vergangenheit, im Jahre 1946, im Sternbild der Krone eine Nova, die genau 80 Jahre früher bereits aufgeleuchtet war und damals die gleiche Helligkeit erreicht hatte. Zwei weitere Sterne haben sogar schon drei Novaausbrüche im letzten Jahrhundert hinter sich!

Liegt da nicht der Gedanke nahe, daß auch alle anderen Novae schon früher ein oder auch mehrere Male als „Neue Sterne“ erschienen sind? Vielleicht standen sie alle in ferner Vergangenheit wiederholt für kurze Zeit als hellfunkelnde Gestirne am Himmel, ohne daß von ihren Erscheinungen irgend etwas der Nachwelt überliefert worden ist. Wenn dem so ist, muß die Zeit zwischen zwei Ausbrüchen bei den nur in einer Erscheinung beobachteten Novae um ein hohes Vielfaches länger sein als bei den „wiederkehrenden“. Zwei Beobachtungsstatsachen sprechen für diese Vermutung: Die wiederkehrenden Novae unterscheiden sich einmal durch einen weniger starken Helligkeitsanstieg vom Normallicht zum Maximum von den bisher nur in einer Erscheinung beobachteten. Zum anderen erreichen die von ihnen ausgeschleuderten Gasmassen keine so hohe Geschwindigkeit wie die von den „echten“ Novae ausgeblasenen. Es hat den Anschein, als ob ein Ausbruch mit um so größerer Heftigkeit erfolgt, je länger die Zeit der „Ruhe“ war, die ihm voranging.

Seit etwa 30 Jahren kennt man nun eine merkwürdige Art von Sternen unregelmäßig veränderlicher Helligkeit, die uns durch ihr Verhalten wertvolle Fingerzeige zum besseren Verständnis der Vorgänge bei einem Novaausbruch geben. Man nennt diese merkwürdigen Sterne nach einem ihrer Vertreter, der im Sternbild Zwillinge zu finden ist, „U-Geminorum-Sterne“ (lat. gemini = Zwillinge; U Geminorum = Stern „U“ in den Zwillingen). Es handelt sich um Sterne, die für gewöhnlich so lichtschwach sind, daß sie nur in starken Fernrohren sichtbar werden. In Abständen von einigen Wochen oder Monaten, völlig regellos und unberechenbar, steigt ihr Glanz plötzlich auf das 10- bis 100fache an, um dann langsamer wieder zu der sehr geringen Ausgangshelligkeit abzusinken. Es sind gewissermaßen Novaausbrüche in sehr stark verkleinertem Maßstab, die diese Sterne vorführen. So willkürlich der Helligkeitswechsel sich zu vollziehen scheint, eine wichtige Gesetzmäßigkeit konnte durch eine gründliche Auswertung der Lichtkurven dieser seltenen Sterne doch herausgefunden werden: Die Helligkeit steigt zu einem um so höheren Maximum an, je längere Zeit seit dem vorhergehenden Aufleuchten verstrichen ist. Diese schon im Jahre 1934 von den sowjetischen Astronomen

Kukarkin und Parenago erkannte und gründlich untersuchte Beziehung zwischen der Länge einer Ruhepause und der Höhe des folgenden Helligkeitsanstieges läßt klar eine gewisse Verwandtschaft zwischen den U-Geminorum-Veränderlichen und den „Neuen Sternen“ erkennen. Man kann ja ausrechnen, zu welcher Höhe der Glanz eines solchen „Veränderlichen“ auf Grund der gefundenen Gesetzmäßigkeit ansteigen würde, wenn eine sehr lange Pause von beispielsweise 10 000 Jahren vorangegangen wäre. Man wird finden, daß dann ein regelrechter Novausbruch erfolgen würde. Dies wird noch durch ein weiteres wichtiges Forschungsergebnis der sowjetischen Astronomen deutlich. Es interessierte sie, wie groß diese unruhigen Sterne in Wirklichkeit sind. Bisher war man allgemein der Ansicht, daß sie, wie sonst fast alle Sterne mit veränderlicher Leuchtkraft, Riesen oder sogar „Über-giganten“ sind, der Sonne um ein Vielfaches an Ausdehnung überlegen. Die sowjetischen Forscher konnten durch eine auf Umwegen erlangte größenordnungsmäßige Kenntnis ihrer Entfernung zeigen, daß es sich im Gegenteil um ausgesprochene „Zwerge“ handelt, die bedeutend weniger Licht als unsere Sonne ausstrahlen. Deshalb bleiben sie auch dann für das bloße Auge unsichtbar, wenn sie bei einem verhältnismäßig starken Ausbruch das Maximum ihrer Helligkeit erreicht haben. Da sie aber trotzdem, wie die sowjetischen Gelehrten weiter erkannten, heißer sind als unsere Sonne, jeder Quadratmeter ihrer Oberfläche also sehr stark strahlt, so ergibt sich ohne weiteres, daß sie einen verhältnismäßig kleinen Umfang und beachtlich hohe Dichte besitzen. Die U-Geminorum-Sterne stehen ebenso wie die Novae vor und nach ihrem Ausbruch zwischen den sonnenähnlichen Sternen und den „weißen Zwergen“.

Während des Helligkeitsanstiegs vergrößern sie ihren Durchmesser auf knapp das Doppelte. Ihre Oberflächenschichten dehnen sich mit einer Geschwindigkeit von etwa drei Kilometern in der Sekunde aus. Bei den in geschichtlicher Zeit nur einmal aufgeflammt „echten“ Novae erreicht die Ausdehnungsgeschwindigkeit also mindestens einen 500mal höheren Betrag, und ihr Durchmesser vergrößert sich um rund das 200fache! Ein Novausbruch vollzieht sich also zweifellos mit sehr viel größerer Heftigkeit als die Eruption der U-Geminorum-Sterne. Es liegen aber doch beiden Erscheinungen wahrscheinlich verwandte, wenn auch in ganz verschiedener Stärke wirkende Ursachen zugrunde. In allen Fällen, ob wir es nun mit U-Geminorum-Sternen mit wiederkehrenden oder mit den „echten“ Novae zu tun haben, handelt es sich um Glutgestirne, die sich in einem Krisenzustande befinden. Es ist gleichsam, als würde der Leib dieser Sonnen von Fieberanfällen geschüttelt, die bei den U-Geminorum-Veränderlichen verhältnismäßig schwach sind und sich oft wiederholen, bei den Novae dagegen in sehr großen Zeitabständen, aber mit rasender Gewalt auftreten. Es sind ausnahmslos Sterne, die sich in ihrer physikalischen Beschaffenheit grundlegend von der Sonne und der großen Mehrzahl der bekannten Sterne

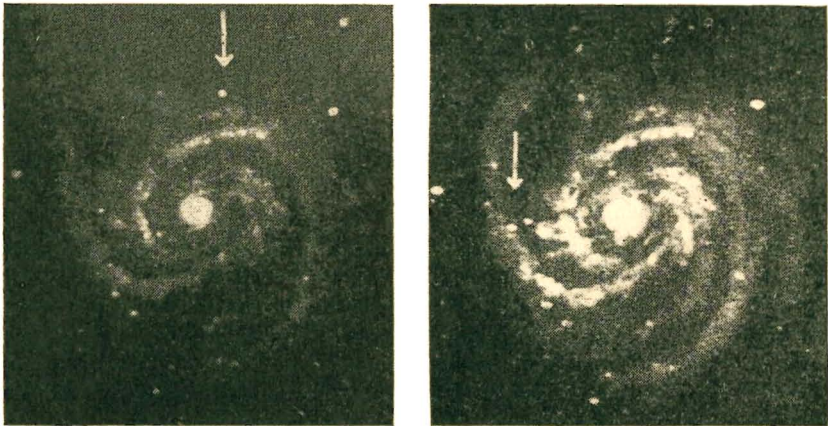
unterscheiden. Sie befinden sich in einem ganz anderen Stadium der Entwicklung, oder sie sind sogar schon unter abweichenden Bedingungen mit einer abweichenden Zusammensetzung entstanden, so daß sie eine andere Entwicklungsgeschichte haben müssen. Jedenfalls ist das Novastadium nur Sternen vorbehalten, deren Materie auf viel engerem Raum als die Materie der Sonne und der ihr verwandten Sterne zusammengepreßt ist. In den nächsten Jahrmillionen wird die Sonne also bestimmt nicht von der „Nova-krise“ bedroht sein, und wir Erdbewohner brauchen gewiß nicht das Ende durch eine Explosion unseres Tagesgestirnes zu befürchten. Wenn solche Theorien in den imperialistischen Ländern so weit verbreitet werden, so nur deshalb, um unter den Menschen eine Weltuntergangsstimmung zu erzeugen, die sie gleichgültig machen und somit den Widerstand der Völker gegen die Anwendung der Atomwaffe lähmen soll.

Man hat abzuschätzen versucht, wie groß die während eines Novaausbruches ausgeblasene Stoffmenge im Vergleich zur Gesamtmasse des Sternes ist. Es hat sich gezeigt, daß sie nicht mehr als ein Tausendstel der Sternmasse ausmacht, vielleicht noch weniger. Das ist freilich immer noch über 10mal soviel Materie, als die ganze Erde enthält. Trotzdem wird der Stern bei einem einzigen Ausbruch keinen für ihn merklichen Massenverlust und auch keine wesentliche Veränderung seiner räumlichen Ausdehnung und seiner Dichte erleiden. Wenn der Glutball aber mehrmals den tausendsten oder auch nur den zehntausendsten Teil seiner Masse in Gestalt gasförmiger Materie in den Weltraum hinausbläst, so muß dann schließlich doch eine tiefergreifende Veränderung mit ihm vorgehen.

Man stellt sich heute die Sache meist so vor: Nach jeder Novakatastrophe zieht sich der Stern auf ein engeres Raumgebiet zusammen, er wird also ein wenig dichter. Haben sich die Novaexplosionen dann einige hundert Male wiederholt, so hat er sich in einen regelrechten „weißen Zwerg“ verwandelt. Dann ist er endgültig aus der Krise herausgekommen und kann nun bestimmt einige hundert Millionen Jahre in diesem Zustand unvergleichlich hoher Dichte verharren. „Weiße Zwerge“ sind in der Umgebung unseres Sonnensystems so häufig anzutreffen, daß man sie als ein ganz normales Stadium der Entwicklung sehr vieler Sterne ansehen muß. Die meisten Astronomen sind der Ansicht, daß es das Endstadium ist. Damit ist freilich keinesfalls gesagt, daß der Stern in dieser Endphase der übersehbaren Entwicklung sich völlig ruhig verhielte. Neueste Untersuchungen haben es im Gegenteil wahrscheinlich gemacht, daß die „weißen Zwerge“ von Magnetfeldern umgeben sind, die das erdmagnetische Feld millionenfach an Stärke übertreffen. Dies zeigt das Freiwerden gewaltiger, in den Atomkernen gebundener Energiemengen gerade in diesen Sternen an, und der sowjetische Physiker Terletzki sieht in diesen Energien die Quelle der durchdringenden „Höhenstrahlungen“, deren Ursprung bisher allen Forschern ein Rätsel war.

5. Noch größere Katastrophen

Man sollte meinen, die Vorgänge, die sich beim Aufflammen einer Nova abspielen, müßten die gewaltigsten Revolutionen sein, die sich im Weltall ereignen können. Seit einiger Zeit weiß man aber, daß dem nicht so ist. Wir haben von Katastrophen in den allerfernsten Objekten, die unseren Fernrohren noch zugänglich sind, in den Spiralnebeln erfahren, gegen die sogar die Novaerscheinungen fast verblassen! Die Spiralnebel sind völlig



Zwei Aufnahmen ein und desselben Spiralnebels (1901 und 1914). Jede Aufnahme zeigt einen Stern, der auf der anderen fehlt. Im gleichen Spiralnebel leuchtete also bereits zweimal eine „Supernova“ auf.

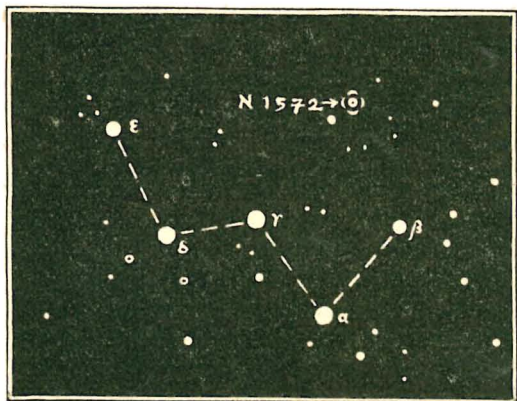
wesensverschieden von den kosmischen Nebelmassen in unserem Milchstraßensystem, mit denen wir uns in diesem Heft beschäftigt haben. Sie sind als Welteninseln erkannt worden, die sich weit außerhalb der Milchstraßenvelt befinden. In ihrem neblig verwaschenen Licht erblicken wir den vereinten Schimmer der vielen Millionen leuchtender Sonnen, aus denen diese Welteninseln bestehen. Die meisten von ihnen sind so weit von uns entfernt, daß wir mehrere Millionen Jahre in die Vergangenheit zurückblicken, wenn wir sie im Fernrohr betrachten, da das Licht von ihnen trotz seiner Geschwindigkeit so lange unterwegs war. Die größten unter ihnen haben eine wahre Ausdehnung, die mit der des Milchstraßensystems durchaus vergleichbar ist. Die Milchstraßenvelt mit ihren mindestens 100 Milliarden Sternen ist also nicht etwa das gesamte Weltall, sondern nur eine Welteninsel, eine von

den ganz großen zwar, aber doch nur eine unter vielen Millionen anderen, die spärlich verstreut in den Tiefen des Weltraumes anzutreffen sind.

Der uns am nächsten stehende große Spiralnebel ist der berühmte Andromedanebel, von dem auch das bloße Auge bereits einen schwachen Schimmer in klarer mondloser Nacht wahrnehmen kann. Durch ständige photographische Überwachung hat man gefunden, daß in dieser dem Milchstraßensystem benachbarten großen Welteninsel alljährlich mehrere neue Sterne aufleuchten. Bis heute sind bereits über 120 Novae mit Sicherheit in ihrem Bereich festgestellt worden. Die Novae des Andromedanebels unterscheiden sich von denen unseres Milchstraßensystems in keiner Weise, obwohl das Licht von ihnen zu uns 700 000 Jahre unterwegs war.

Einmal aber, im Jahre 1572, wurde im Andromedanebel ein neuer Stern sichtbar, der alle vor ihm und nach ihm erschienenen um weit mehr als das 1000fache an Helligkeit übertraf! Diese Nova wurde so hell, daß sie trotz der riesigen Entfernung von 700 000 Lichtjahren schon im primitivsten Opernglas gesehen werden konnte. Sie muß also, als sie vor 700 000 Jahren aufflamte, in ihrem größten Glanz reichlich 100 Millionen mal soviel Licht als unsere Sonne ausgestrahlt haben! Diese Riesennova ist nicht die einzige ihrer Art geblieben. Es sind seitdem in einer ganzen Reihe anderer, noch fernerer Spiralnebel Novae beobachtet worden, die gleichfalls rund 100-millionenfache Sonnenleuchtkraft erreicht haben! Übergänge zwischen den normalen Novae und diesen Erscheinungen in den fernsten Sterngemeinschaften des Universums sind bisher nicht bekannt geworden. Man hat daher allen Grund, sie als eine besondere Art von Himmelsereignissen zu betrachten. Man nennt sie treffend „Supernovae“, weil offenkundig ist, daß ihnen gegenüber selbst die bisher behandelten Novakatastrophen verhältnismäßig unbedeutend erscheinen müssen.

Das Sternbild der Cassiopeia mit dem Ort, an dem 1572 die von Tycho Brahe beschriebene „Supernova“ erschien.



Zweimal in geschichtlicher Zeit hat das Licht Kunde gebracht von Supernovakatastrophen auch in unserem Milchstraßensystem. Die erste Supernova in der Milchstraße, von der wir sicher wissen, erschien im November des Jahres 1572. Damals sah der berühmte dänische Forscher Tycho Brahe eines Abends einen Stern im Bilde der Cassiopeia, der alle Lichter des Himmels weit an Glanz übertraf und nie zuvor dort gesehen worden war. Allen Sternkundigen ging es wohl so wie Tycho Brahe; sie trauten ihren Augen nicht. Mehrere Tage lang strahlte das prächtige Gestirn in vollstem Glanze, so hell wie die Venus zu Zeiten ihrer größten Helligkeit! Es wurde dann schwächer und schwächer, blieb aber bis zum März 1574 dem freien Auge erreichbar. Dann verschwand es und ward nie mehr gesehen. Fernrohre, mit denen man den Stern noch weiter hätte verfolgen können, gab es ja damals noch nicht. Es läßt sich beweisen, daß an der Stelle des Himmels, an der die Supernova erschien, heute kein Stern steht, der mit mittelstarken Teleskopen noch sichtbar wäre. Ähnlich verhielt es sich mit der zweiten Supernova, die nur 32 Jahre später, also 1604, in der Milchstraße aufstrahlte, und zwar im südlichen Teil des Bildes Schlangenträger, und die von dem großen Forscher Johannes Kepler eingehend beobachtet und beschrieben wurde. Auch von ihr ist heute keine Spur mehr zu entdecken. Aus diesem Grunde müssen wir annehmen, daß beide Supernovae heute weniger als den zehnmillionsten Teil der Lichtmenge ausstrahlen, die sie zur Zeit ihrer höchsten Glanzentfaltung aussandten! Auch daraus kann man ersehen, daß es sich bei ihnen um einen noch viel, viel gewaltigeren „Explosionsvorgang“ handelte als bei den „gewöhnlichen“ Novae.



Der „Krebsnebel“ im Sternbild des Stiers. Viele Astronomen sehen in diesem sich rasch ausdehnenden Nebel den Rest von einer nach alten chinesischen Quellen im Jahre 1054 aufgeflammten „Supernova“.

Das Wesen eines so ungeheuerlichen Vorganges ist uns noch unbekannt, denn wir beginnen ihn erst zu studieren, da es ja zu der Zeit der Nova Cassiopeiae Tycho Brahes und der von Kepler beschriebenen Supernova noch keine Spektralanalyse gab. Die in den Spiralnebeln aufgeflamten Supernovae sind aber infolge der ungeheuren Entfernung auch in der Phase ihres größten Glanzes so lichtschwach, daß ihr Spektrum nur in den allerstärksten Fernrohren der Gegenwart untersucht werden kann. Ganz sicher wird ein Stern, der einen Supernovaausbruch durchmacht, durch diese Revolution plötzlich in eine völlig andere Daseinsform gewaltsam versetzt. Zweifellos wird hier der gesamte Sternkörper in Mitleidenschaft gezogen, nicht nur die äußeren Schichten. Supernovaerscheinungen sind dementsprechend auch einige tausendmal seltener als Erscheinungen gewöhnlicher Novae. Vielleicht wird bei einem Supernovaausbruch die Verwandlung eines Sternes, der durch besondere physikalische Beschaffenheit in den von uns behandelten Krisenzustand gelangt ist, in einen „weißen Zwerg“ auf einen Schlag zuwege gebracht, während sonst erst eine große Anzahl Novakatastrophen dazu führen. Vielleicht wird sogar der ganze Stern auseinandergesprengt durch die plötzlich frei gewordene Atomkernenergie.

Endgültige Klarheit werden wir über dieses die gesamte Naturwissenschaft beschäftigende Problem wohl erst dann erhalten, wenn wieder einmal eine Supernova in unserem Milchstraßensystem aufleuchtet, deren Spektrum dann einer eingehenden Untersuchung unterzogen werden kann.

Schlußwort

Wenn wir am Ende unserer kurzen Betrachtungen auf den Weg zurückblicken, auf dem wir miteinander gewandert sind, so wird uns klar zum Bewußtsein kommen, daß die Astronomie keineswegs eine welt- und lebensfremde Wissenschaft ist. Es wird uns klar geworden sein, daß Atomphysik und Sternphysik eng miteinander verbunden sind und ihre Ergebnisse oft durch die enge Zusammenarbeit der Astronomen mit den Physikern zustande kommen. Die fortschreitende Erforschung des Wesens und der Entwicklung der Sterne bringt uns in der Erkenntnis der Welt des Allerkleinsten ebenso vorwärts, wie die fortschreitende Erforschung der Atome von entscheidender Bedeutung ist für jeden weiteren Fortschritt in der Erkenntnis der Sterne. Wenn die Menschheit in unseren Tagen darangehen kann, sich auch den in den Kernen der Atome schlummernden, außerordentlich großen Energievorrat dienstbar zu machen, so ist dies zu einem nicht geringen Teil auch der Arbeit der Astronomen mit zu verdanken. Die Astrophysik erforscht ja das Verhalten der Materie unter den verschiedensten, auf der Erde nicht vorkommenden Druck- und Temperaturverhältnissen, im Innern und in den äußeren Schichten der Sterne sowie in den Weiten des „interstellaren“ Raumes. Sie erfährt dabei von Umwandlungsprozessen der Materie unter ganz verschiedenen Bedingungen, deren Kenntnis eine sehr wertvolle Ergänzung zu den Ergebnissen der Laboratoriumsversuche darstellt. Es gehört zum Wesen der sich aufwärtsentwickelnden Menschheit, daß sie unablässig danach strebt, die Wahrheit über das Weltall zu erkennen. Und alle wissenschaftlichen Erfahrungen beweisen uns, daß sie sich erkennen läßt. Die Erkenntnis der Natur und ihrer Gesetze aber gibt der Menschheit die Möglichkeit, sie sich zu ihrer eigenen Höherentwicklung in immer größerem Umfang dienstbar zu machen. Sie versetzt die Menschen in die Lage, in immer größerem Umfange die Natur zu beherrschen und das Leben eines jeden reicher und glücklicher zu machen, wenn eine Gesellschaftsordnung verwirklicht sein wird, die allen Menschen Anteil am gesellschaftlichen Reichtum sichert. Das Voranschreiten auf dem Wege der Naturerkenntnis ist mühevoll, aber schön und immer voller Reize. Es gleicht einer Gebirgswanderung in der Morgenfrühe: Der Pfad ist beschwerlich, um uns wallen die Nebel des Tales. Aber aufwärts steigen wir, und die Nebel zerreißen, und wir sehen das Licht der steigenden Sonne auf den Gipfel fallen, der vor uns liegt. Wir fassen frohen Mut, wir grüßen den jungen Tag.



UNSERE WELT

GRUPPE 1

Märchen und Geschichten

Fahrten und Abenteuer

Menschen und Tiere

Singen und Musizieren

Aus fernen Ländern

Dichtung und Wahrheit

Unsere Schule

Bilder und Bauten

Wir diskutieren

Für die gerechte Sache

Zeitgenossen erzählen

Der Vorhang geht auf

Spiel und Sport

Unsere Heimat

GRUPPE 2

Mathematik

Physik und Geophysik

Chemie

Biologie

Geographie und Geologie

Astronomie und Astrophysik

Aus der Geschichte
der Naturwissenschaften

GRUPPE 3

Wie wir uns nähren und kleiden

In Werkstatt und Betrieb

Mit Werkzeug und Maschine

Wir bauen Häuser, Dörfer, Städte

Auf Wegen, Straßen, Brücken

Wie der Mensch die Erde verändert

Aus der Geschichte
der Arbeit und Technik