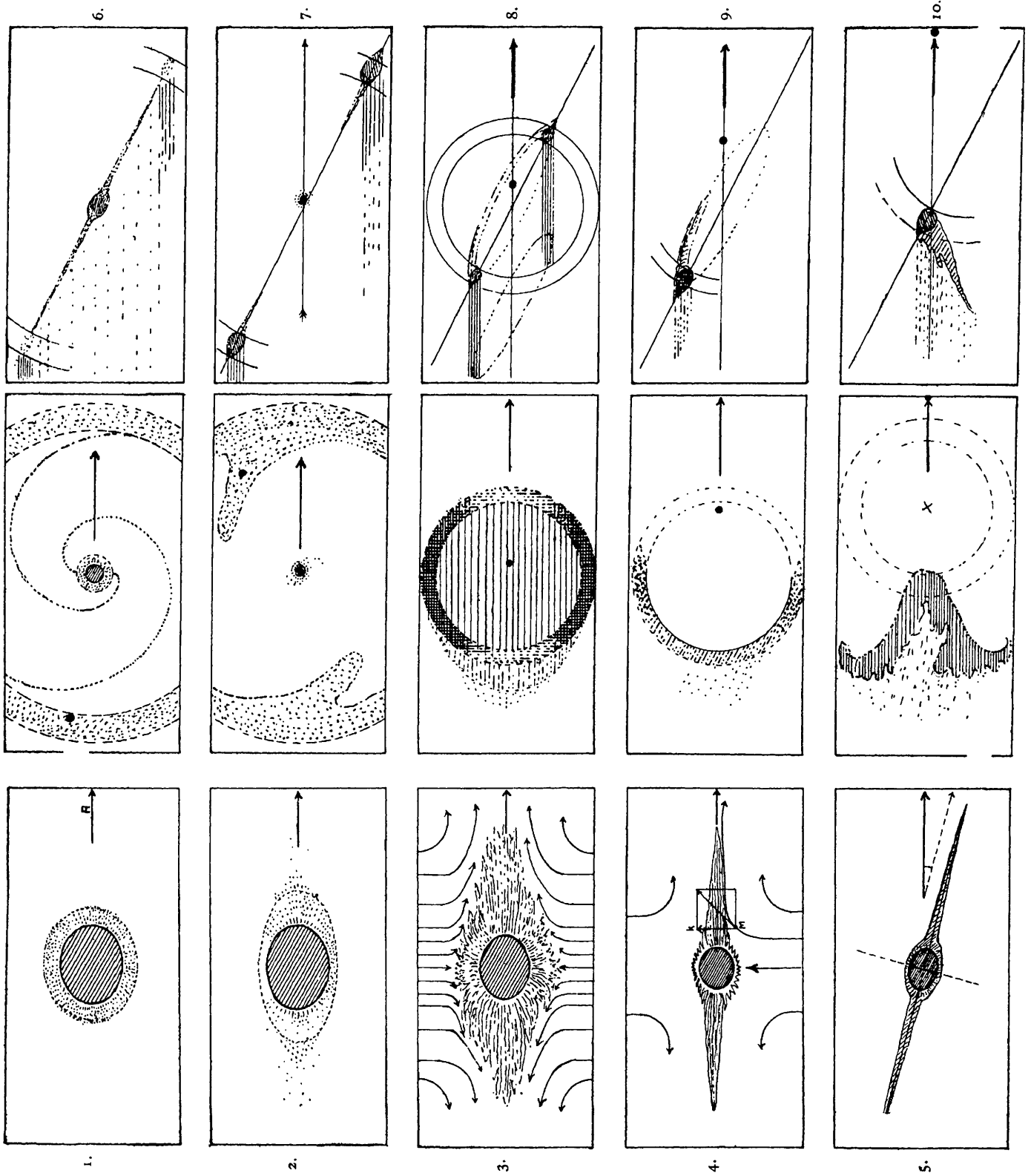


M. Valier. Die Gestalt der Nebelflecke.



ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Band 212.

Nr. 5066.

2.

Die Gestalt der Nebelflecke, insbesondere der Spiralnebel. Von *M. Valier*.

Mit Tafel 1 und 2.

Die wesentlichen Ergebnisse der bisherigen Versuche über die Frage der Gestaltung der Nebelflecke, welche sich von Haus aus nur auf die regelmäßigsten Gebilde der Spiralart beziehen, laufen auf den Nachweis hinaus, daß die Spiralarme sich den Windungen »logarithmischer« Spirallinien innerhalb der Messungsgenauigkeit anzuschließen scheinen.

Für die Erklärung der Entstehung solcher Gebilde werden zwei Möglichkeiten offen gelassen:

1. Man sieht in der Spirale des Nebelarmes die Bahn der materiellen Teile selbst; dann läßt sich die Entstehung der logarithmischen Spiralnatur unter der Voraussetzung einer mit dem Kubus der Entfernung abnehmenden Gravitation als der analoge Fall der parabolischen Bewegung nach dem *Newtonschen* Schweregesetze ableiten.

2. Man läßt die Materie in Trajektorien sich bewegen, welche mit dem Spiralarm gar nicht identisch oder ähnlich sind, sondern erklärt letzteren nur als den momentanen Ort der ihn bildenden Materie; dann ergibt sich die logarithmische Spirale leicht unter der Voraussetzung, daß die Nebelarmmaterie von dem sich drehenden Nebelzentrum dampfstrahlartig ausgestoßen wurde. Außer der sich auf diesem Wege zunächst ergebenden »archimedischen Spirale« läßt sich auch eine »logarithmische« erhalten, wenn man nur die den verschiedenen Richtungen entsprechenden Aushauchungsgeschwindigkeiten nicht als gleich groß annimmt.

Wenn nun bezüglich der mathematischen Möglichkeit der Darstellung gegen keinen dieser Erklärungsversuche etwas einzuwenden ist, so wird es doch Schwierigkeiten bereiten, entweder, wenn man der ersten Anschauung folgt, ein besonderes Gravitationsgesetz anzunehmen, oder, bei der zweiten Erklärungsart, zu begründen, warum der Aushauchungsvorgang gerade in der gewünschten Weise in den verschiedenen Richtungen verschiedene Stärken besessen habe, resp. die Intensität der Explosionen nach »einem gewissen Gesetze mit der Zeit abnimmt.«

Bedenkt man ferner, daß »schon eine flüchtige Betrachtung der photographischen Aufnahmen von Spiralnebeln«, wie *E. v. d. Pahlen* in AN 4503 ausführt, »genügt, um zu zeigen, daß von einem allgemeinen, für alle Spiralnebel gültigen Gesetze nicht die Rede sein kann, da die einzelnen Nebel dieser Kategorie vielfach in die Augen springende Unregelmäßigkeiten aufweisen«, wie Knicke, Spitzen in den Windungen, stellenweise sogar Unstetigkeiten, indem einzelne Kurvenstücke gleichsam abgetrennt und aus ihrer ursprünglichen Lage verschoben erscheinen, so kann uns der Stand der Frage kaum dem heute vorliegenden reichen Material über die strittigen Gebilde entsprechend erscheinen, und es mag sich lohnen, auf neue Weise und unter Heranziehung der inzwischen gewonnenen Erkenntnisfortschritte im kosmischen Geschehen den Versuch einer andern Lösung zu wagen.

Der Gedankengang des Verfassers ist dabei der folgende:

1. Spiralnebel, wie auch die übrigen Nebelformen des Himmels sind nicht bloß geometrische »Gebilde«, sondern wirkliche, materiell vorhandene kosmische Systeme. Sie können daher erst dann als gestaltlich erklärt erachtet werden, wenn nicht nur ihre figurale Übereinstimmung mit diesen oder jenen »mathematischen Kurven« dargetan ist, sondern wenn auch jene technischen Möglichkeiten aufgezeigt werden, welche die Anordnung ihres materiellen Inhaltes längs der beobachteten Kurvenzüge hervorbringen. Eine Theorie der »Gestalt der Nebelflecke, insbesondere der Spiralnebel« hat also nicht nur eine figurale Auflösung der Aufgabe, sondern auch die plausible Darstellung der kosmisch-technischen Ursachen zu geben, welche die betreffenden Figuren hervorbringen.

2. Da man kaum eine Grenze zwischen den »regelmäßigen« und »unregelmäßigen« Formen streng angeben kann, weil man bei vielen der schon ziemlich entstellten Gebilde sich der Empfindung nicht verschließen kann, daß sie einer zugrundeliegenden Regel nur durch besondere Zusammenwirkungen entfremdet wurden, hat man nicht bei einer abgesonderten Betrachtung der schönsten, ausgebildetsten Spiralnebel stehen zu bleiben, sondern von vornherein auch alle jene Formen, die noch eine generelle Ordnung in sich zu enthalten scheinen, in die Betrachtung mit einzubeziehen, mit vorläufigem Ausschlusse nur derjenigen Gebilde, die zunächst jeder Erklärung ganz zu spotten scheinen. — Im anderen Falle läuft man Gefahr, für die relativ einfach darstellbaren schönsten Exemplare der Gattung eine entsprechend einfache Ursache zu finden. Statt in diesen vollkommenen Gebilden die Regel und in den unregelmäßigen Gebilden die Ausnahme zu sehen, ist es ebensogut möglich, daß das tatsächliche Verhältnis das umgekehrte ist; daß die regulären Nebelflecke nur bei einem besonderen Verhältnisse der beteiligten mannigfachen Kraftwirkungen sich auszubilden vermögen (wie etwa gut entwickelte Krystalle gegen unvollkommene), während in einem Gebilde von kaum erkennbarer Regelmäßigkeit vielleicht der Normalfall vorliegt. Die Seltenheit vollkommener und die Häufigkeit unregelmäßiger Gebilde stände damit in vollem Einklange.

3. Es ist a priori klar, daß wir in den Nebelgebilden des Himmels eine Entwicklungsform im kosmischen Geschehen vor uns haben, genau so, wie der Spektraltypus eine Stufe im kosmischen Leben vorstellt. Die Theorie der Nebelgestaltung hat also von vornherein auf diesen Tatbestand Bedacht zu nehmen und darf nicht figurale und technische Lösungen des abgesonderten Nebelproblems für richtig ansehen, welche sich nicht in einen Entwicklungsgedanken fügen.

Indem wir nun an das Problem selbst herantreten,

haben wir uns zunächst mit dem vorliegenden Tatsachenmaterial vertraut zu machen.

1. Anzahl.

Die Zahl der himmlischen Nebelflecke geht in das dritte Tausend, die Zahl derjenigen, deren Form halbwegs einem Gesetze zu folgen scheint, hoch in Hunderte, die der einigermaßen gut ausgeprägten und als »Spiralnebel« erkannten Gebilde etwas über Hundert, wogegen ganz reine, nahezu vollkommene Bildungen nur, je nach Auffassung, in 3 bis 5 oder 10 Exemplaren erblickt werden können.

Eine einigermaßen brauchbare statistische Zusammenstellung steht dem Verfasser leider nicht zur Verfügung.

2. Eigenbewegung im Raume.

Es ist in letzter Zeit gelungen, für einige Nebelgebilde eine Radialbewegung festzustellen. Anscheinend ohne Zusammenhang mit dem Grade der Regelmäßigkeit der Ausbildung des untersuchten Exemplares ergibt sich eine sehr große Geschwindigkeit im positiven oder negativen Sinne, welche die bei Sternen gewohnten Zahlen oft bedeutend übersteigt. — Daß bisher diese Messungen nur für wenige Nebel mit Erfolg durchgeführt werden konnten und für die Großzahl der Nebelgebilde noch keine translatorischen Geschwindigkeiten nachgewiesen sind, ist kein Grund, diese große Eigengeschwindigkeit im Raume nicht allen Nebelflecken zuzuschreiben. — Soweit dem Verfasser Material vorliegt, scheint es, als ob ferner die gemessenen translatorischen Geschwindigkeiten vielleicht nicht ganz unabhängig von der Gattung, welcher das untersuchte Gebilde innerhalb seiner Klasse zugehört, wäre. Tatsache jedenfalls ist, daß auch die Nebelflecke, mehr noch wie die Fixsterne, derartig große translatorische Geschwindigkeiten im Raume zeigen, daß zu ihrer Erklärung die Gravitation als Ursache nicht ausreicht.

3. Rotation.

Ebenso haben uns die neuesten Forschungen zahlenmäßige Angaben über eine Rotation in den Spiralnebeln gebracht, und zwar dergestalt, daß ein nach dem *Newton*-schen Gesetze erfolgender Umlauf um das Zentrum nicht annehmbar erscheint, da das Gesetz der Änderung der Umlaufgeschwindigkeiten vom Nebelzentrum gegen den Außenrand linear und nicht quadratisch zu sein scheint.

4. Allgemeine Form.

Nach dieser lassen sich unterscheiden: Spiralnebel, Ringnebel, andersgestaltete, auch anscheinend ganz unregelmäßige Gebilde.

A) Nebel mit Spiralarmen. Unter ihnen gibt es ein-, zwei- und mehrarmige. Die Figur der Arme schließt sich bei den regelmäßigeren mehr oder weniger einer logarithmischen (und nicht einer archimedischen) Spirale an. Bei den unregelmäßigeren kommen Spitzen, Zacken, fehlende Armstücke, einzelne, gleichsam verschobene Partien als hauptsächlichste Abweichungen von dem anscheinend zugrundeliegenden Gesetze vor. Die Arme sind knotig, ungleich dick und dicht. Bei den verschiedenen Exemplaren sehen wir unter sehr verschiedener Neigung auf das Gebilde. Manche erblicken wir fast im Grundriß, einzelne mehr oder weniger schräg, einige fast genau von der Schmalseite oder Kante. Bei diesen (z. B. H. V. 24 in Coma Beren., Taf. 1, Fig. 1) erkennt man, daß die Spiralnebel sehr flache Gebilde sind,

vergleichbar einem Schwungrade, als dessen Speichen die Spiralarme, als dessen Nabe der dickere, durchaus heller als die Radscheibe leuchtende Zentralknoten anzusehen wäre. Die Gebilde haben also durchaus nicht jene sehr abgeplattete, linsenförmige Gestalt, welche durch ein Rotationsellipsoid von sehr verschiedenen Achsen dargestellt werden könnte, sondern die oben beschriebene, deutlich in den abgeplatteten Nabeknoten und die flach gewalzte Scheibe trennbare Gliederung. Bei H. V. 24 sieht man auch deutlich den Scheibenrand als dunkeln Strich vor der hellen Nabe vorüberziehen. — Bei einigen Exemplaren (z. B. dem großen Spiralnebel in den Jagdhunden) erkennt man endlich in einzelnen Teilen, z. B. in dem Nebelknoten am Ende des einen Spiralarmes, die eigentümliche Bildung der »Schlepp«, d. h. des faserigen Ausfließens der Nebelmaterie in der einen Richtung, während der andere (vordere) Rand des Nebelknotens scharf begrenzt ist (vergleichbar mit den fliegenden Haaren eines Mädchens, welches gegen starken Wind geht). Ein weiteres Beispiel ist der Spiralnebel im Gr. Bären in RA. $10^h 12^m$, Dekl. $+41^\circ 57'$ (Taf. 1, Fig. 2).

B) Ringnebel. Ihre Anzahl ist gering. Ihr vorzüglichster Vertreter in der Leier zeigt sich keineswegs als etwa gleichmäßig helles, zentrisches und gleichdickes Ringgebilde, sondern zwei gegenüberliegende Quadranten sind im Vergleich zu den zwei andern sehr fadenscheinig. Der eine dieser schwachen Quadranten ist gegen außen gut begrenzt, der andere dagegen zeigt wieder die Schleppbildung und das Ausfransen der Gasmaterie. Das Innere des Ringnebels, in dessen Zentrum ein Stern der 14.5^{ten} Größe sich befindet, ist nicht leer, sondern von einem feinen Schleier der Nebelmaterie überzogen. Andere Vertreter, z. B. NGC 1514, sind nicht eben allzu ähnlich. — Endlich scheint es Übergangsformen zwischen Ring- und Spiralnebeln zu geben, so den einarmigen NGC 1068, bei welchem die Armspirale sich einem fixen Ringe von bestimmtem Radius anzuschmiegen scheint.

C) Besonders geformte, eventuell ganz unregelmäßige Nebel (Taf. I, Fig. 3, 4).

Hält man sich diese Tatsachen vor Augen, so muß man von vornherein zu der Anschauung kommen, daß hier in jedem Falle das Resultat mehrerer heterogener Triebkräfte vorliegen muß, denn anders wäre die große Verschiedenheit im Detail bei der unverkennbaren Zusammengehörigkeit der ganzen Klasse dieser Gebilde nicht zu erklären. Von den einleitend erwähnten zwei Erklärungen müssen wir die erste, die Spiralarme als wirkliche Fallbahnen ansehende, ablehnen wegen der früher genannten Schwierigkeiten. Wir müssen also im Prinzip uns der zweiten Erklärungsart zuneigen, welche in der Spiralarmmaterie ein zentrifugales Element erblickt und diese Materie nach den Prinzipien des »pyrotechnischen Feuerrades« oder der Dampfdruckturbinen nach außen schleudern läßt. Nur werden wir diese unzureichende Annahme durch Hinzufügung neuer Triebkräfte erweitern müssen, und zwar werden wir uns, wie man gleich sehen wird, mit Erfolg 1) des Lichtdruckes, 2) des Kreiselpumpenprinzips und des Kreisgesetzes und 3) des Widerstandes eines Mediums im nicht leeren Raume erinnern dürfen.

1. Fall. Von einem in Rotation befindlichen punktförmigen Zentrum werde ein gleichmäßig starker Dampfstrahl in den absolut leeren Raum mit ebenmäßiger Aus-

stoßungsgeschwindigkeit ausgeblasen. Folge: Es entsteht ein gleichmäßiger, kontinuierlicher Arm einer archimedischen Spirale A , die in alle Zeit erhalten bleibt, da alle Massenelemente in ihren Radien als Trajektorien um stets gleiche Beträge nach außen vorrücken, mit einer dem Verhältnisse $\varrho : 2\pi$ entsprechenden Ganghöhe, wobei ϱ die radiale Geschwindigkeit in der Richtung des Radiusvektor bedeutet. (Taf. 1, Fig. 5. Kurve A , obere Nebenfigur Kurven A', A'', A''').

2. Fall. Von einem in Rotation befindlichen Körper von beträchtlichem Durchmesser d werde ein gleichmäßig starker Dampfstrahl in den absolut leeren Raum mit ebenmäßiger Geschwindigkeit ausgestoßen. Folge: Es entsteht eine der archimedischen Spirale zugeordnete und mit ihr durch das Verhältnis der Ausblasungsgeschwindigkeit zur Rotationsgeschwindigkeit an der Oberfläche des Körpers verbundene Spirallinie, die stets vollkommen außerhalb ihrer archimedischen »Leitspirale« A gelegen ist und, je größer die Rotationsgeschwindigkeit (Tangentialgeschwindigkeit) τ gegen die Ausstoßungsgeschwindigkeit ϱ (in der Trajektorie) ist, um so mehr von derselben abweicht, weil das vom Oberflächenpunkte ausgestoßene Dampfstrahlelement auf der Resultierenden des Parallelogrammes der Geschwindigkeiten fliegt. Ließen wir theoretisch das Strahlelement kein τ mitempfangen, so entstünde die archimedische Leitspirale A selbst, geben wir aber dem τ einen variablen Wert bei konstantem ϱ , so sehen wir, je größer τ gegen ϱ wird, eine Spiralschar B (Tafel 1, Figur 5) entstehen, die immer vertikaler aus dem »Eruptionsschlot« heraussteigt, bis endlich bei $\tau = \varrho$ die Tangente des Spiralarms im Oberflächenpunkte O selbst senkrecht steht. Wird τ größer als ϱ , so bekommen wir vornübergekippte Spiralen, bei $\tau = 2\varrho$ eine, deren Tangente im Oberflächenpunkte gegen den Radiusvektor 135° geneigt ist. Die Form des ersten Spiralstückes vom Eruptionsschlot aus bis etwa zu $\frac{1}{2}\pi$ ist so charakteristisch, daß der Zusammenhang zwischen der Vornüberkipfung und dem Verhältnisse $\tau : \varrho$ es gestatten würde, das Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten zueinander aus Messungen des Gebildes abzuleiten, sofern sich unter den himmlischen Objekten solche finden sollten, auf deren Mittelstück dieser Fall 2 anwendbar wäre.

3. Fall. Wie vorhin, nur sei die Geschwindigkeit, mit welcher der Dampfstrahl ausgestoßen wird, nach einem Gesetze beschleunigt. Folge: Es entsteht eine C -Spirale, die, solange das ursprüngliche Verhältnis beim Beginne der Dampfausstoßung $\tau : \varrho$ kleiner oder gleich $1 : 1$ war, vollkommen außerhalb der unter sonst gleichen Umständen nach Fall 2 entstehenden B -Spirale gelegen ist. Im Falle aber $\tau : \varrho$ größer war als $1 : 1$, wenn also die zugehörige B -Spirale eine vornübergekippte war, überschneiden sich beide Spiralen nahe dem Punkte, wo die Tangente der B -Spirale radial steht. Die eigentümliche charakteristische Form dieser Spirale, die sich mehr an den Umhüllungskreis U anschmiegt, und namentlich ihres innersten Stückes, würde auch diese Feststellung, ob beschleunigtes ϱ vorliegt, nachweisbar gestalten. — Natürlich könnte eine solche Beschleunigung nicht lange andauern, da ja sonst bald unzulässig hohe Geschwindigkeiten erheischt würden.

4. Fall. Wie im Falle 2, nur sei die Geschwindigkeit, mit welcher der Dampfstrahl ausgestoßen wird, nach einem Gesetze verzögert. In diesem Falle erhalten wir eine Spiralschar D ,

welche zwar stets außerhalb der archimedischen Leitspirale A , aber innerhalb der B -Spirale liegen, mit der sie sich nur, wenn $\tau : \varrho$ im Anbeginne größer als $1 : 1$ war (vornübergekippte B -Spirale), nahe dem Kurvenpunkte schneiden, in welchem die Tangente radial steht. Bei geeigneter Wahl der Verzögerung der Ausstoßungsgeschwindigkeit durch ein bestimmtes rechnerisch festzulegendes Gesetz, gelingt es, die archimedische Grundspirale zu einer logarithmischen L -Spirallinie zu deformieren.

5. Fall. Wie im Falle 2, nur sei die Geschwindigkeit, mit welcher der Dampfstrahl ausgestoßen wird, nach Willkür variabel, wobei wir die Abweichungen als Differenzen gegen eine mittlere Geschwindigkeit von konstantem Betrage (Fall 2) betrachten wollen, + bei Beschleunigung, — bei Verzögerung. Folge: Wir erhalten an Stelle der zugehörigen B -Spirale einen aufgelagerten zickzackigen Spirallinienzug, der bei $\varrho > \text{normal}$ sich nach außen, bei $\varrho < \text{normal}$ nach innen knickt. Wäre an Stelle einer konstanten mittleren Geschwindigkeit eine Geschwindigkeit mit mittlerer Beschleunigung oder Verzögerung zu setzen, sodaß die unstetigen Differenzen als Aus- und Einknickungen einer solchen C , D - oder L -Spirale sich darstellen, so kann auch eine gestörte logarithmische Spirale ihre Erklärung damit finden.

6. Fall. Die Ausstoßung des Dampfstrahles erfolge nicht gleichmäßig stark, sondern quantitativ variabel, eventuell intermittierend. Folge: Unbeschadet der nach Fall 1 bis 5 sich ergebenden Gestalt erscheint der Spiralarms ungleich stark, knotig und intermittierend. Im Falle 5 können bei geeignetem Zusammentreffen scheinbar isolierte Armstücke und verschobene Armfragmente geschaffen werden.

7. Fall. Sonst wie im Falle 2, 3, 4, 5, 6. Es wird angenommen, daß die materiellen Teilchen der Spiralarmsmaterie durchweg diejenige Größe besitzen, daß der Lichtdruck auf sie im mehrfachen Betrage der Schwerkraft wirkt, sodaß während des ganzen Vorganges jedes Massenelementchen nicht nur seine ursprüngliche Expansionsgeschwindigkeit τ beibehält, sondern, geschoben durch den zentrifugalen Druck des Lichtes l , eine Beschleunigung erlangt. Die Beschleunigung durch den Lichtdruck wird wieder eine Funktion der Entfernung sein, am größten in der Nähe des Zentrums, gegen Null abnehmend im Unendlichen. Sie könnte theoretisch das Körperchen maximal bis zur eigenen Geschwindigkeit des Lichtes beschleunigen. In konzentrischen Kreisen herrschen dann gleiche Geschwindigkeiten. Folge: Kombiniert mit Fall 2, 3 und 4 kann die archimedische Grundspirale zu einer Spirallinie deformiert werden, welche in ihren inneren Windungen den logarithmischen Spiralen täuschend ähnlich sieht und erst weiter draußen, wo die Beschleunigung gegen die Null absinkt, davon merklich und schließlich viel abweicht. Kombiniert mit Fall 5 entsteht eine verzerrte ein- und ausgeknickte gegebenfalls in ihrer Grundform logarithmische Spirale.

8. Fall. Der Raum sei nicht absolut leer, vielmehr mit feinst verteilten Gas- oder staubförmigen Massen mehr oder minder dicht erfüllt. Es wird dann die Intensität des Lichtes und auch der Lichtdruck schon in einer endlichen Entfernung infolge Absorption vollkommen und nicht nur asymptotisch Null. Folge: Die zentrifugale Geschwindigkeit der Spiralarmsmaterie, die in den Fällen 1 bis 6 stets gleich

blieb und im Fall 7 durch den Lichtdruck beschleunigt wurde, wird jetzt in einem gewissen Radius R von endlicher Größe vom Zentrum aus gezählt gleich Null. Kombiniert mit Fall 2 sehen wir die Spiralarme sich an einen äußeren umhüllenden Ring heranlegen und von innen aus (wenn etwa die Erzeugung neuer Dämpfe im Zentrum aufhört) in diesen Ring sich gleichsam hinein auflösen, so zwar, daß der letzte Rest des Spiralarms als Henkel in das Innere des Ringnebels hereinhängt. Da in der Kombination mit Fall 2 oder 2+7 die Entfernung, in welcher infolge Mediumswiderstandes die Massenelemente des Dampfstromes zum Stehen kommen, für alle Richtungen sehr nahe die gleiche sein muß, müßte ein Ringnebel von geringem Durchmesser und regelmäßiger kreisförmiger Gestalt entstehen. Kombiniert dagegen mit Fall 3 und 4 muß sich der Ringnebel breiter, eventuell schichtweise und mit verschiedenem Durchmesser der betreffenden Ringreihe aufbauen. Kombiniert mit Fall 5 oder 5+7 kann der Ringnebel auch eine recht unregelmäßige Gestalt, sehr verschiedene Ringquerschnitte in verschiedenen Quadranten aufweisen, also im Grundrisse vom Kreise abweichen, verschieden breit, verschieden tief und verschieden dicht (Massenknoten) sein.

9. Fall. Von einem in Rotation befindlichen Körper von beträchtlichem Durchmesser werde an allen Punkten ein Dampfstrahl ausgeworfen, d. h. der ganze Körper blähe sich förmlich in einer Hülle von Dampf. Die Kreiselpumpenwirkung trete dazu. Diese besteht in einer achsialen Saug- und einer radialen Ausschleuderungswirkung auf das gasförmige Medium, in welchem die drehende Bewegung vor sich geht. Folgen: Auf Grund seiner Rotation besitzt das Zentrum selbst schon die Gestalt eines stark abgeplatteten Rotationsellipsoides. Insbesondere am Äquator, wo die Aushauchung von der Zentrifugalschleuderwirkung der Rotation selbst unterstützt wird, wird sich also der erzeugte Dampf wie eine »Haut« oder dickfleischige »Krempe« hinauschieben wollen. Der in Rotation befindliche Zentralkörper wirkt aber nun wie eine Kreiselpumpe auf die den umgebenden Raum erfüllende Gesamtmaterie, saugt sie an seinen Polen an und schleudert sie an seinem Äquator radial hinaus. Dadurch entsteht bald ein »Passat« in der Weltraumerfüllung. Die Raumerfüllung gerät in Mitwirbelung, in eine gewisse Zirkulation, die bewirkt, daß an den Polen zyklonisch immer neue Weltstoffmengen angesaugt werden, längs des rotationsellipsoidischen Zentralkörpers gegen den Äquator herausrutschen, um vom Rande radial hinausgeworfen zu werden. Es wird dadurch der Eigendampf des Zentralkörpers, welcher auch im Überfluß der Dampferzeugung nach Außen drängt und äquatorialradial nach Außen strebt, zwischen diesen beiden Wirbelströmen genau so zu einer Platte ausgewalzt, wie ein Töpfer eine Lehmkugel auf seiner Drehscheibe zu einer Platte ausformen kann, wenn er mit beiden Innenhandflächen zugreift und unter Drehen der Drehscheibe die Masse zu einer »Krempe« herausstreckt. Wir erhalten durch diesen Prozeß ein Gebilde wie ein Rad mit dicker rotationselliptischer Nabe und dünner voller Radscheibe ohne Felge.

10. Fall. Dasselbe, nur an Stelle der allseitigen Aushauchung seien bloß am Äquator des Zentralkörpers eine, zwei oder einige Stellen, von welchen Dampfstrahlen ausgestoßen werden. Die Kreiselpumpenwirkung trete dazu. Folgen: Dieselben, nur erhalten wir nicht ein Rad mit Voll-

scheibe, sondern mit Speichen, die nichts anderes als Spiralarme sein können, und ohne Felge. Wenn die Dampfstrahlentwicklung lange genug dauert, sodaß die zuerst ausgestoßenen Massen schon die maximale Entfernung R , wo ihre zentrifugale Geschwindigkeit Null wird, erreicht haben und also ein Ringnebel vorliegt, dessen erzeugende Spiralarme noch bis zum Zentrum hereinreichen, hätte das Rad auch noch eine Felge.

11. Fall. Die translatorische Bewegung des ganzen Systems durch einen nicht absolut leeren Raum trete zu dem Bisherigen noch hinzu. Folgen: Wenn tatsächlich die Nebel aus einer gasförmig, flüssig oder fest gedachten eigentümlichen Agglomeration von kleinen Elementpünktchen von solcher Größenordnung bestehen, daß sie dem Lichtdrucke Chancen zu seiner Wirksamkeit bieten, so muß der Widerstand des Mediums im Ringnebelstadium, mehr aber noch im Spiralnebelstadium, ein Zurückbleiben der kleinern Massenelemente, die den Widerstand stärker empfinden müssen als die gröberen, erzeugen. Sie werden in der Richtung der Bewegung wie eine ausgefrante »Schleppe« nachhinken, bis sie sich in immer feinerer Verdünnung verlieren. Aus solchen Schleppen könnte man die Bewegungsrichtung der Nebel erkennen.

12. Fall. Das Kreiselgesetz trete zu dem Vorigen hinzu. Es trachtet eine flach geworfene rotierende Scheibe (Diskus) immer normal gegen die Flugrichtung zu stellen, resp. die Rotationsachse in die Apexrichtung zu legen. Einseitigem Druck auf einen Wulstpunkt des Kreiselsrades aber weicht die Achse normal dazu seitlich aus. Folgen: Das Gesetz bewirkt, daß die (Spiral-) Nebelscheibe im allgemeinen nicht als flach geworfener Diskus (mit ihrem Apex in der Hauptebene), sondern als mehr oder minder schräg angestellte Kreiselscheibe dem Zielpunkte ihrer translatorischen Bahn zustrebt. Da der »Äthersturm« nach Fall 11 aber stets vom Apexpunkt herzukommen scheint, müssen die rückbleibenden Elemente der »Schleppe« in den Apexparallelen zurücksinken. Ein flach geworfener Ringnebel müßte sich also im Innern seines Ringes mit einem Schleier aus dem Vorderquadranten zurückgesunkener Materie zu überziehen scheinen, ein ziemlich schräg angestellter dagegen die Rückbleiber in der Schar der Apexparallelen zurückweichen lassen, sodaß sie einen elliptischen Schlauch bilden.

Nachdem wir so die aus der Kombination unserer Ursachen sich ergebenden möglichen Wirkungen erkannt haben, wollen wir ihre Erklärungskraft an den Nebelformen versuchen, indem wir als technische Grundnotwendigkeiten nur, und zwar in allen Fällen einheitlich und ohne Ausnahme voraussetzen:

1. einen nicht absolut leeren Weltraum,
2. eine beträchtliche translatorische Geschwindigkeit der Massen,
3. eine Rotation von solchem Betrage, daß ihre Folgen für das Gebilde nicht vernachlässigt werden können,
4. die Wirkung des Lichtdrucks, des Kreiselpumpengesetzes und des Kreiselachsengesetzes,
5. eine durch irgendwelche Ursachen bewirkte entweder allseitige oder hauptsächlich äquatorial, oder am Äquator auf einzelne wenige, vielleicht nur einen Punkt beschränkte dampfstrahlartige Ausspeisung einer Materie entweder ziemlich kontinuierlich oder stark intermittierend, entweder mit fast gleichmäßiger Geschwindigkeit oder mit stark (eventuell sehr willkürlich) wechselnder Expansionskraft.

Im Anbeginne, d. h. in jenem Momente, von welchem ab wir die Beschreibung des Entwicklungsganges einsetzen lassen, hätten wir eine den obigen Bedingungen entsprechende Zentralmasse, bezüglich welcher, solange wir nur den Aufriß betrachten, es zunächst gleichgültig bleibt, wieviele Oberflächenpunkte »speien«. Zunächst werden wahrscheinlich alle Oberflächenpunkte aushauchen (Taf. 2, Fig. 1 = Stadium 1). Infolge der Rotation plattet sich das Gebilde der Dampfhülle immer mehr ab, die Aushauchungsprodukte fließen mehr am Äquator als an den Polen ab (Stadium 2), die polaren Dampfstrahlen werden also kürzer und auseinandergebogen, gegen den Äquator als Mittelebene auseinandergedrückt, während die äquatorialen Aushauchungen verstärkt, ihre Strahlen verlängert erscheinen, kurz wir erhalten im Stadium 3 das getreue Bild einer Sonnenkorona-Aufnahme (wobei unsere Erklärungsweise nach Ursache und Wirkung genau so auf die Sonne paßt und also auch dieses Phänomen als Beleg der Theorie als der im Prinzip wesensgleiche Vorgang, ja als Rest des einstigen viel gewaltigeren Prozesses angesehen werden kann und muß). Inzwischen hat, je abgeplatteter, also je radähnlicher unser Gebilde durch den Entwicklungsgang Stadium 1 bis 3 erst geworden ist, langsam auch die Kreiselumpenwirkung mit eingesetzt und nimmt das umgebende Medium zuerst langsam, dann immer mehr mit. Versuche im Laboratorium ergeben ja auch für das Kreiselumpenrad, daß es erst nach einer Weile auf seine volle Leistung kommt, wenn das umgebende Medium schon in die »notwendige Zirkulation« gekommen ist, sodaß die Heranschaffung des achsial benötigten Mediums, welches den Saugraum (in welchem Unterdruck herrscht) ausfüllen soll, schon von fernher eingeleitet ist, was wir im Stadium 3 und 4 (Taf. 2) durch Pfeile andeuten.

In Erinnerung an unsere frühere Darstellung kann es uns nicht schwer fallen, die weitere Entwicklung der Dinge unter dem Einflusse des beiderseitig zirkulierenden, mit einer Komponente (Stadium 4) gegen die Äquatorebene drückenden Mediums eine in das Stadium 5 und 6 ausgewalzte Radscheibe entstehen zu sehen, während die »Nabe« oder die Zentralmasse notwendig ihre alte Form des abgeplatteten Grund-Rotationsellipsoides nicht aufzugeben braucht, ja behalten muß.

Beachten wir ferner, daß sowohl, wenn die ausgestoßene Materie als selbstleuchtend, als auch, wenn sie als nur beleuchtet angenommen wird, die Flächenintensität der Scheibe vom Zentrum gegen den Rand hin abnehmen muß. In ersten Falle muß die Abkühlung der Masse gegen den Rand fortgeschrittener sein, einmal, weil die Energienachfuhr vom Zentrum sich draußen weniger fühlbar macht, zweitens, weil der umgebende kalte Raum mehr zur Geltung kommt, drittens, weil das Gebilde eine nach dem Rande zu konisch dünner werdende Krempe ist und einen Innenwärmeverrat (aufgespeicherte Wärmeenergie) nicht zurückzuhalten vermag. Im zweiten Falle aber, wenn man die Masse für kondensierten, kalten Dampf hält, der nur im reflektierten Lichte des durchscheinenden Zentrallichts leuchtet, ist es gleichfalls selbstverständlich, daß die Flächenhelligkeit vom Zentrum nach außen abnimmt.

Damit ist der Aufriß der Spiralnebel, als deren am Himmel sichtbarer Vertreter H.V. 24 Comae Ber. (Taf. 1, Fig. 1) gilt, mitsamt dem vor der Nabe vorüberziehenden dunkeln

Strich (dem minder leuchtenden Randsaum der Radscheibe) vollkommen erklärt.

Während die geschilderte Aufrißentwicklung für alle Fälle gilt und bei einarmigen wie mehrarmigen Spiralnebeln das gleiche Bild, von der Krempe gesehen, entstehen muß, hängt der Grundriß des Gebildes von der Zahl der exhalierenden Meridiane des Zentralkörpers und von der wechselnden Quantität und Intensität des explosionsartig ausgespienen Nebels ab. Nach den Erörterungen für die Fälle 1-7 macht die Erklärung der logarithmischen regulären Spirale, wie auch die der Zacken und Spitzen und die Abtrennung einzelner unvollständiger Armstücke, Verschiebungen solcher, des Auftretens von Knoten und intermittierenden Stellen keine Schwierigkeiten mehr. Der Grundriß eines Nebels spiraliger Natur zusamt seinen Abweichungen von der reinen Form ist hiermit an sich erklärt.

Wir wollen nun, unter Berücksichtigung des Falles 8, in der Entwicklungsgeschichte weiter fortfahren, und zwar in Doppelfiguren (Taf. 2, Fig. 6-10), jeweils Grundriß und Aufriß eines idealen Spiralnebeln darstellend, indem wir zugleich die Wirkung des Kreiselgesetzes, welches die Scheibe normal zum Apex zu stellen sucht (siehe den Pfeil zum Apex in den Stadien 1-5) berücksichtigen. Die Nabe stellt immer mehr ihre Aushauchung ein und zieht sich auf einen fixsternartigen, punktförmigen leuchtenden, jedenfalls noch von einer hohen Atmosphäre umhüllten, zunächst wohl etwas nebelfransigen »Stern« zusammen (Stadium 6-7), während sich die letzten Spiralarme allmählich in den »umhüllenden Ring« hinauslegen, also aus dem Spiralnebel ein Ringnebel wird, für welches Stadium wir nach uns zugänglichen Darstellungen z. B. NGC 1068 als Beleg anführen können. Da die Aushauchung je nach dem Alter unter einer verschieden fortgeschrittenen Neigung der Radscheibe gegen den Apex stattgefunden hat, die Ausstoßungsgeschwindigkeiten gleichfalls verschiedene waren, kann ein etagenmäßig geschichteter Ringnebel von verschiedener Schichteigenschaft und Reifgröße entstehen, was z. B. die rätselhaften spektroskopischen Ergebnisse über den Ringnebel in der Leier nach Prof. *Wolf* vollkommen plausibel machen würde. (Es wurde gefunden, daß das photographische Bild des Ringes im Lichte verschiedener Spektrallinien sich sehr verschieden groß abbildet — vom einfachen bis zum doppelten — und daß die Innenscheibe des Rades, welche mit mattem Schleier überzogen ist, ein anderes spektrales Verhalten zeigt wie die Ringmaterie, sodaß man von zwei Stoffen schrieb, welche sich nicht vertragen.)

Die translatorische Geschwindigkeit und der Widerstand des Mediums muß nun schon im Spiralnebelstadium, sobald sich die Radscheibe einigermaßen gegen die Flugrichtung zum Apex aufgestellt hatte, eine »Schleppe« der feinsten Nebелеlemente im Sinne dieser Bewegung nach »rückwärts« (relativ zur Hauptmasse) erzeugen. Auch für diese Schleppe haben wir bei den Spiralnebeln Belegstücke. Abgesehen von geringeren — aber auch recht auffälligen — Andeutungen beim großen Spiralnebel in den Jagdhunden zeigen viele Aufnahmen des Spiralnebeln im Gr. Bären in RA. $10^h 12^m$ und Dekl. $+41^\circ 57'$ eine ausgeprägte Schleppe. Hat sich endlich der Spiralnebel vollkommen in einen Ringnebel verwandelt, so kommt es jetzt sehr darauf an, wie groß die Neigung der Ringebene gegen die Apexrichtung ist (Stadium 8). War die

Rotationsgröße des Systems von Anbeginn eine relativ geringe, so konnte auch eine recht heftige Aufstellung im Sinne des Kreiselachsengesetzes nicht stattfinden. Kleinere, rascher umlaufende Gebilde werden einer ausgiebigeren Aufstellung unterliegen, während große, träge Systeme auch mit geringerer translatorischer Geschwindigkeit der Kreiselkraft weniger nachgeben.

Ist der Ringnebel ziemlich flach geworfen, so überzieht er sich mit einem fast ebenen Schleier, genau genommen (siehe Aufriß im Stadium 8) bilden die Trajektorien der Rückbleiber die Mantellinien eines sehr flachgequetschten schrägen Zylinders. Dieser Fall wird uns durch den Ringnebel in der Leier belegt, auf welchen wir fast normal draufsehen. Dabei reicht die Fransenlänge des vom vorderen Quadranten gelieferten »unteren« Teiles des Zylindermantels offenbar gerade hin, um die Innenfläche zu überziehen, wobei die Projektion von selbst die durch Überdecken der seitlichen Quadranten über die sich unter ihnen perspektivisch raffenden Zylindererzeugenden hervorgerufene Lichtverstärkung der seitlichen Quadranten gegenüber den fadenscheinigen Vorder- und Hinterquadranten erklärt. Die zurücksinkenden Feinelemente aus dem rückwärtigen Quadranten aber bilden die »Schleppe« desselben, in Wahrheit das von außen gesehene Stück des Zylindermantels, das von diesem nachfolgenden Teile des Ringes seinen Ursprung nimmt. In diesem Sinne verstehen wir den Dumbbell-Nebel (Taf. 1, Fig. 3). Dieser ist zu vergleichen mit einem Faß, dem der Boden fehlt. Unsere in Strichmanier auf Tafel 1 gegebene Zeichnung ist entsprechend schraffiert, um diese neuartige Vorstellung zu erleichtern. Aus hinreichender Entfernung betrachtet, gibt sie den Lichteft negativ wieder, welchen die besten Photographien dieses Nebels gewähren. Der hellere Teil des Nebels kommt sonach einfach dadurch und dort zustande, wo wir die Vorder- und Rückenwand des Faßkörpers sich übereinander projizieren sehen. Man denke sich einfach ein Faß ohne Böden aus leuchtender Nebelmaterie von schrägübereck betrachtet.

Um die gedankliche Verbindung der Spiralnebel mit den Ringnebeln weiter zu festigen, haben wir uns endlich noch des Sterns zu erinnern, der nach Aufhören der Gasdampfausbrüche etwa in der Zeit der Umwandlung des Spiralnebels zu einem Ringnebel im Zentrum desselben und in der Ringebene übrig geblieben ist.

Ziehen wir in Betracht, daß dieser Stern aus einem ungleich kompakteren Materiale besteht als die Spiralarne oder der Ringnebel, so müssen wir von vornherein gewärtigen, daß er eine bessere Durchschlagkraft durch das den Raum erfüllende Medium erweisen wird als jene lockeren Gebilde. Im Falle wir es also mit einem flach geworfenen Ringnebel zu tun hätten, würde dieser Stern im weiteren Verlaufe der translatorischen Bewegung des Ringes relativ voraneilen, eigentlich der Ring gegen ihn zurückbleiben, wie die Schleppe wieder gegen den Hauptring zurückbleibt. Wir würden also den Stern je später um so exzentrischer im Ringe liegend finden, und zwar um so näher am vorderen Quadranten, je älter der Ring schon ist, wobei der Stern in der Ebene des Ringes verbliebe. Nun wissen wir aber, daß wir bei jedem dieser Nebelsysteme eine größere oder kleinere Neigung gegen die Flugrichtung annehmen müssen. Der Stern wird daher nicht nur gegen den vordersten Ringpunkt vorrücken, sondern sich auch

im Sinne der Apexrichtung »über die Ebene des Ringgebildes erheben«, wie dies in den Aufrißzeichnungen im Stadium 7, 8 und 9 deutlich wird. Auch zum Beleg dieser Behauptung gibt es am Himmel treffliche Beispiele. So erklärt sich der Nebel NGC 4565, welchen *W. Meyer* einen »linsenförmigen Nebel mit Kanal« nennt, als ein Ringnebel, der ganz von der Krempe gesehen ist, und zwar so, daß uns die seitlichen helleren Quadranten als vorn und rückwärtsliegend erscheinen; während die fadenscheinigen Vorder- und Hinterquadranten im Sinne der Apexbewegung für uns gesehen am rechten und linken Ende der Spindel liegen. Der seitlich etwas gegen den vorderen Quadranten zu exzentrische, über die Ringebene beträchtlich erhabene Stern ist der ehemalige Zentralstern des jungen Systems. Ähnlich steht es mit NGC 4627, 4631, einem linsenförmigen, zugleich spiralig gewundenen Nebel, nahe dessen Spindelmitte seitlich ein typischer Stern steht, der gewiß der ehemalige Zentralstern ist und somit zum Nebel gehört. Dieser typische Stern fehlt auch im vorderen Boden des Dumbbell-fasses nicht; es erscheint vielmehr auch dort fast zentrisch ein sehr schwaches Sternchen.

Aber nicht nur dieser bisher kaum gestaltlich erklärte Nebel fügt sich in unsere Reihe, auch der anscheinend jedem Versuche spottende, Cirrusfasern ähnliche Nebel im Schwan (siehe Taf. 1, Fig. 4) erweist sich darstellbar. Wir brauchen nur unseren Entwicklungsgang weiter zu verfolgen. Ist infolge des Materialverlustes der vordere Quadrant eines Ringnebels schon völlig aufgelöst, so springt der Ring an dieser Stelle auf. Die seitlichen Quadranten mögen nun unter dem Aufhören der Ringkohäsion mehr und mehr auseinanderweichen, und die Materie zieht sich auf den rückwärtigen Ringhalbkreis zurück, von dessen Antiapexpunkt der schon sehr spärliche Schleier als eine kaum zu erkennende Schleppe nachhängt. So ist der Nebel im Schwan nichts anderes als unser Stadium 9. Auch der verräterische Zentralstern fehlt nicht. Alle Aufnahmen des Nebelgebildes zeigen (s. Taf. 1) einen Stern in einer Lage, die man räumlich recht wohl aufprojizieren kann und die diesen Körper beträchtlich über die ehemalige Ringebene (des rekonstruierten Gebildes) erhaben und nach vorn zu apexseitig exzentrisch erscheinen läßt, also durchaus an jener Stelle ihn vorfindet, wo er nach unserer Anschauung hingekommen sein muß.

Gehen wir endlich noch einen letzten Schritt weiter, so sehen wir den Halbringrest sich noch, wie eine Armspange mit Scharnier, auseinanderbiegen und über den Gegenpunkt zurückgestülpt werden, unser Stadium 10, welches uns in Grundriß und Aufriß den spärlichen Rest eines einst schönen Nebelringes (punktiert rekonstruiert) zeigt. Der Stern, welcher dereinst sein Zentrum regierte, ist längst im Sinne des Apexpfeiles vorangeeilt und heute schwer zu identifizieren. Das entstandene Bild sieht aber dem sogenannten Omega-Nebel durchaus ähnlich, dessen Erklärung hiermit gegeben wäre. Können wir bei ihm auch nicht uns auf den geflüchteten Zentralstern berufen, so bleibt doch immerhin ein verräterisches Kennzeichen übrig, die Schleppe, die auf allen guten Aufnahmen dieses Nebelgebildes deutlich und im richtigen Sinne hervortritt. Während der eine Rand der Nebelbögen scharf begrenzt ist — »Luvseite« des Ätherwindes —, sind die Nebelmassen auf der anderen Seite sehr schlecht begrenzt, fransen aus und gehen in einen Schleier, eben die typische »Schleppe« über.

Was endlich den Orionnebel anbetrifft, so würde er, wenn die Darstellung von *Barnard* sich als zutreffend erweist, nach welcher der Nebel bei θ nur das Zentrum (Zentralsterngebiet) eines riesigen den ganzen Orion umschlingelnden einzigen Spiralarmes ist, der zwischen θ und ζ Orionis allerdings unterbrochen ist, bei ζ in Form eines Zipfels wieder erscheint, dann wieder ein Stückweit nur rekonstruiert werden kann, bis er sich dann von ρ Orionis an gegen Rigel wieder auffinden und 270° weit in riesiger Spiralwindung verfolgen

läßt, keine Erklärungsschwierigkeiten bieten. Auch bei ihm läßt sich eine Luv- und Leeseite deutlich unterscheiden.

Als der Erklärung vorläufig unzugänglich erweist sich z. B. der Crab-Nebel im Stier, der kometenartige Nebel NGC 2261, sowie einige andere absonderliche Formen. Es ist jedoch zu erhoffen, daß aus mehreren, mit verschiedenen Expositionszeiten erhaltenen Aufnahmen auch die räumliche Struktur dieser Gebilde erfaßt werden kann.

Bozen, 1920 Januar.

M. Valier.

Beobachtungen von Meteoren 1919. Von Josef Sedláček.

Neuschloß: $\lambda = 1^\text{h} 1^\text{m} 51^\text{s}$ östl. v. Greenwich, $\varphi = +46^\circ 55' 9''$, Seehöhe 315 m.

Unter »Bemerkungen« bedeutet: \odot = stationär oder fast stationär, S = Schweif, D = Sichtbarkeitsdauer, s = schnelle, ss = sehr schnelle, m = mittlere, l = langsame, sl = sehr langsame Geschwindigkeit, w = weiß, bl = bläulich, r = rot, rl = rötlich, o = orange, h = hell, sh = sehr hell.

1919	m. Z. Neuschloß	Anfang α δ	Ende α δ	Gr.	Bemerk.	1919	m. Z. Neuschloß	Anfang α δ	Ende α δ	Gr.	Bemerk.
Febr. 24	8 ^h 42 ^m 11 ^s	81° + 7°	76° + 5°	3	S, m, w, Do ⁵	Aug. 20	8 ^h 46 ^m 12 ^s	309° - 8°	305° - 15°	4	S, s, w, Do ⁵
März 3	8 44 9	53 - 4	55 - 7	2	S, l, w, Do ⁵	20	9 20 19	258 - 23	258 - 27	2	S, sl, rl, D1 ^s
3	9 21 39	69 - 13	65 - 16	2	S, sl, rl, D2 ^s	20	9 44 25	355 + 44	5 + 42	3	S, s, w, Do ⁵
3	9 36 17	145 + 26	162 + 27	1	S, sl, r, D4 ^s	20	9 50 46	67 + 58	91 + 62	h	S, m, w, D2 ^s
23	8 38 45	177 + 17	181 + 19	2	S, l, w, Do ⁵	20	10 7 48	29 + 42	24 + 33	2	S, l, w, D2 ^s
April 24	8 42 15	230 + 23	236 + 23	3	S, sl, w, D2 ^s	20	10 19 51	347 + 45	349 + 43	3	m, w
25	9 34 25	185 + 8	146 + 5	2	S, s, w, D1 ^s	20	10 48 14	345 + 42	350 + 40	4	s, w
Mai 22	9 46 55	191 + 43	190 + 50	h	1	24	9 18 0	171 + 64	180 + 56	4	S, m, w, Do ⁵
25	10 38 40	183 - 3	185 - 12	3	S, m, w, D1 ^s	Sept. 1	9 54 40	33 + 37	358 + 18	h	S, s, w, D1 ^s
31	10 31 1	233 + 26	235 + 24	3	m, w	1	10 17 1	358 + 17	354 + 12	4	S, s, w, Do ⁵
31	11 12 2	202 + 68	185 + 60	4	S, ss, w, Do ⁵	2	10 11 1	219 + 36	225 + 25	4	S, ss, w, Do ⁵
Juni 17	9 49 33	200 + 38	192 + 35	3	S, s, w, Do ⁵	3	11 2 4	345 - 16	344 - 24	3	S, ss, w, Do ⁵
18	10 17 6	240 + 4	256 + 8	1	S, sl, r, D4 ^s	3	11 7 36	313 + 15	309 + 12	2	S, m, w, Do ⁵
19	9 39 37	191 + 38	191 + 38	2	\odot , o, D1 ^s	3	11 13 22	358 + 23	2 + 24	2	S, sl, rl, D3 ^s
19	10 2 0	234 + 15	220 + 14	3	S, ss, w, Do ⁵	3	11 20 12	346 + 22	339 + 15	4	S, ss, w, Do ⁵
19	10 30 31	310 + 24	317 + 28	2	S, m, rl, Do ⁵	3	11 25 55	341 + 30	341 + 27	3	S, m, w
22	9 53 20	240 + 4	242 - 3	3	S, s, w, Do ⁵	3	11 28 15	15 + 14	1 + 13	2	S, m, w, D2 ^s
22	10 18 10	236 + 12	238 + 6	3	S, s, w, Do ⁵	3	11 41 36	345 + 27	347 + 24	3	S, s, w
Juli 19	10 11 2	320 + 47	329 + 43	2	S, m, w, D1 ^s	3	11 52 25	341 + 29	340 + 26	4	S, ss, w
19	10 24 38	338 + 31	336 + 25	4	S, ss, w	3	12 18 16	0 + 28	354 + 27	h	S, l, w, h, D2 ^s
19	10 37 59	260 - 17	259 - 24	2	S, s, w, Do ⁵	3	12 19 14	77 + 46	76 + 52	2	S, l, w, Do ⁵
19	11 1 2	301 - 12	302 - 20	h	S, l, bl, D2 ^s	3	12 47 46	11 + 45	15 + 36	2	S, s, w, Do ⁵
22	10 32 44	290 + 3	292 0	3	S, s, w	3	13 4 24	28 + 38	32 + 42	3	S, m, w, Do ⁵
22	10 37 47	240 + 18	233 + 18	2	S, m, w, D1 ^s	3	13 9 39	72 + 28	78 + 28	2	S, m, w, Do ⁵
22	11 8 50	257 + 24	248 + 12	2	S, ss, w, D1 ^s	16	10 12 2	292 + 31	296 + 12	1	S, ss, w, Do ⁵
27	10 33 13	218 + 82	160 + 60	3	S, ss, w, D1 ^s	16	10 32 20	278 + 38	267 + 34	2	S, m, w, D1 ^s
27	10 47 52	215 + 54	207 + 51	2	S, l, w, D1 ^s	16	10 35 15	281 + 26	276 + 25	3	2
27	11 15 17	313 + 54	315 + 60	3	S, l, w, Do ⁵	17	8 50 0	281 + 15	276 + 9	3	S, m, w, Do ⁵
27	11 22 18	319 + 34	323 + 40	h	S, l, w, h, D2 ^s	17	9 37 34	208 + 58	202 + 56	h	S, m, w, Do ⁵
27	11 30 3	359 + 28	3 + 32	3	S, ss, w	17	10 6 35	185 + 71	180 + 67	h	S, m, w, Do ⁵
27	11 45 32	299 - 15	299 - 15	h	\odot , bl, D4 ^s	17	10 13 30	315 + 57	309 + 55	h	S, l, w, D1 ^s
Aug. 1	9 51 53	249 + 4	251 + 1	2	S, ss, w	18	8 52 37	221 + 66	222 + 54	4	3
16	9 4 12	322 + 35	339 + 17	4	S, ss, w, D1 ^s	18	9 1 10	225 + 58	213 + 54	h	S, l, w, h, D1 ^s
16	9 30 0	285 + 20	294 + 17	2	S, m, w, Do ⁵	18	9 17 21	253 + 41	252 + 38	3	S, m, w, Do ⁵
18	9 11 42	247 + 63	249 + 64	4	m, w	23	9 23 12	306 + 53	295 + 54	3	S, s, w, Do ⁵
18	9 17 40	215 + 42	217 + 39	2	s, rl	23	9 58 52	10 + 27	15 + 25	2	S, m, w, Do ⁵
18	9 45 20	270 + 66	272 + 67	1	l, rl, Do ⁵	24	8 32 8	12 + 64	28 + 86	2	S, m, w, D1 ^s
18	10 1 15	267 + 27	258 + 33	3	S, m, w, D2 ^s	24	9 32 18	260 + 8	257 + 3	h	S, l, o, D1 ^s
18	10 12 27	8 + 3	11 - 5	h	S, sl, o, D3 ^s	24	9 52 10	25 + 16	25 + 16	h	\odot , w, D1 ^s
19	9 3 42	270 + 19	255 + 14	h	S, s, w, D2 ^s	24	9 59 59	28 + 39	30 + 41	1	4