

entspricht, die ihr eingeborene Asymmetrie aufgehoben und in ihr Gegenteil verkehrt werden würde. Ganz ähnlich ließen sich Überlegungen anstellen über die Einwirkung von Nerven, die eine Stelle bevorzugen, und dann natürlich jeweils von der Stelle aus, an welcher sie einwachsen, nach beiden Seiten fortschreitend wirken, so daß spiegelbildlich zu der Anfangsstelle orientierte Differenzierungen herauskommen.

Wir können hier erst in den größten Umrissen sehen, welche Aufklärungen weitere Experimente über die Entstehung der Doppelmäßbildungen und Verdoppelungen bringen werden. Aber es ist zweifellos, daß hier das Fundament gelegt ist, auf welchem weiter gebaut werden muß.

Ich möchte zum Schluß auf die normalen, nicht verdoppelten Gliedmaßen zurückkommen. Denken wir uns zwei Tetraeder in der Lage einer normalen rechten und linken Gliedmaße (Fig. 18), so ist hier eine Einwirkung seitens des Milieus in der Richtung der Pfeile sehr leicht möglich; man denke auch hier an das Einwachsen von Gefäßen oder Nerven, welche vom Rücken der Larve her aussprossen (axiale Organe als Ausgangspunkt), oder an die Rundung des Körpers, welche dorsal einen anderen Radius hat als ventral. Nur ein Faktor hat sicher keinen Einfluß, welcher auf den ersten Blick für wichtig gehalten werden könnte, nämlich die Schwerkraft. Die Embryonen liegen nämlich während der frühen Entwicklung meistens auf der Seite. Die Ausdrücke „dorsal“ und „ventral“ sind also als allgemeine Richtungsbezeichnungen im Sinne des üblichen Wirbeltierschemas, nicht als jeweilige Marken für die Orientierung im Raume zu verstehen.

Stimmen im allgemeinen die Probleme der Rechts- und Linksbestimmung bei normalen und superregenetischen Gliedmaßen für unsere Überlegungen überein, so ist doch auf einen Unterschied aufmerksam zu machen, der sich aus den bisherigen Ergebnissen der Experimente ergibt. Bei normalen Gliedmaßen, welche verpflanzt werden, hat sich die innere Polarität in kranio-kaudaler Richtung nicht aufheben lassen, d. h. der Buchstabe *K* im Schema der Fig. 18 bleibt an seinem Platz innerhalb der Anlage, auch wenn man sie beliebig dreht. Bei den Verdoppelungen jedoch vermag eine Gliedmaße auch in der Richtung der Pfeilspitze unserer Schemata (Fig. 7) auszuwachsen, also gerade entgegengesetzt zu der sonst fest vorgeschriebenen Richtung. Möglicherweise werden in diesen Fällen Fähigkeiten aktiv, welche auch die originale Gliedmaßenanlage hat, nur in früheren Stadien als denjenigen, in welchen der Experimentator bisher eingreifen konnte. Wäre es möglich, bei geeigneten Objekten die Gliedmaßenanlage in noch früheren Stadien als dem der Fig. 1a aufzufinden, so wäre auch in ihr vielleicht noch nicht unverrückbar festgelegt, was Vorn und Hinten werden soll. In späteren Stadien könnten solche sonst latente Kräfte meiner Meinung nach bei der Superregeneration, bei der alles gleichsam ganz von vorn anfängt,

wieder frei werden. Aber Rätsel wie dieses gibt es noch genug bei tierischen Pfropfungen. Freuen wir uns, daß es so viele Mittel gibt, sie zu lösen.

C. V. L. Charliers Untersuchungen über den Aufbau einer unendlichen Welt.

Von W. E. Bernheimer, Wien.

Die Fortschritte der Astrophysik in den letzten Jahrzehnten haben eine solche Fülle neuen Materials gebracht, daß der Versuch, an das uralte Problem der Schaffung eines Weltbildes heranzugehen, nunmehr gestützt auf reichere Erfahrungstatsachen und mit dem Rüstzeug der Mathematik versehen, immer größeren Reiz gewann. *Seeligers* berühmte Untersuchungen über die räumliche Verteilung der Sterne¹⁾ haben diese moderne Epoche der Stellarastronomie eingeleitet und seither sind zahlreiche Forscher mit Energie an dieses Problem herangegangen. Insbesondere *Shapleys* Überlegungen, die in dieser Zeitschrift *A. Kopff*²⁾ in übersichtlicher Weise entwickelt hat, sind da von großer Bedeutung.

Eine wichtige Frage, die als eine primäre die Frage nach der Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt zurückstellte, ist die Frage nach der Stellung der Spiralnebel zu unserem Systeme der Milchstraße. Die Grenzen unseres Systems sind durch die Untersuchungen *Shapleys*, der die kugelförmigen Sternhaufen in Entfernungen bis zu 200 000 Lichtjahren mit einbezieht, in außerordentlicher Weise hinausgerückt worden. Die Spiralnebel würden als weitere Mitglieder des Systems die Dimensionen noch mehr vergrößern. Rechnen wir aber die Spiralnebel zu den selbständigen Systemen, dem unseren gleichgeordnet, dann wird mit einem Schlage unser Weltbild von Grund aus verändert, die Dimensionen ins Gigantische erweitert. Sei nun das System der Nebel wieder nur ein einzelnes Mitglied eines neuen übergeordneten Systems, so sind wir bereits am Wege der gedanklichen Einstellung auf das unendliche Weltbild mit Systemen von unbegrenzt wachsender Größenordnung, ein Gedankengang, der auf *Lambert* zurückzuführen ist.

Die Frage, ob die Spiralnebel selbständige Systeme sind, ist heute noch ungeklärt. Die Ansichten sind streng geschieden. Erfahrungstatsachen, wie die außerordentlich hohen Radialgeschwindigkeiten, die gefundenen Rotationsbewegungen einiger Spiralen erhalten verschiedene Deutungen, je nach den Anschauungen, die die Forscher vertreten.

C. V. L. Charlier hat sich dafür ausgesprochen, daß die Spiralen, wie es sich schon *Kant* gedacht hatte, ferne Milchstraßen seien, und schon vor Jahren in Weiterführung dieses Gedankens

¹⁾ Referat *Bottlinger*, N. W. Heft 41, 1919; Referat *Kientle*, N. W. Heft 50, 1921.

²⁾ Naturwissenschaften Heft 39, 1921.

und in Verallgemeinerung der Idee *Lamberts* die Hypothesen, die zu einer Anschauung von einer unendlichen Welt führen, diskutiert. In einer vor kurzem erschienenen Arbeit³⁾ hat nun *Charlier* neuerlich darauf zurückgegriffen und die seinerzeitigen Entwicklungen auf Grund der inzwischen so zahlreiche erfolgten neuen astrophysikalischen Beobachtungen weiter ausgestaltet. Es ist auch für die Physiker bedeutsam, zu erfahren, wie sich *Charlier* den Aufbau dieser nach seiner Anschauung unendlichen Welt denkt. Insbesondere verdient der erste Versuch, ein Bild von der Gestalt des Systems der Spiralnebel zu erhalten, jenes Systems, dem auch unsere Milchstraßenwelt als Mitglied zuzurechnen wäre, höchstes Interesse.

Der *Lambertsche* Gedanke war in Kürze: Das erste System ist der Planet mit seinem Satelliten, das zweite die Sonne als Zentrum mit ihren Planeten; mehrere Sonnen kreisen um einen dunklen Körper mit großer Masse, das ist das 3. System des Sternhaufens; viele Sternhaufen kreisen wieder um ein neues unsichtbares großes Massenzentrum, das ist die Milchstraße als 4. System, diese wieder um ein nächst höheres usw. Das Gravitationsgesetz hält alle Systeme zusammen. In moderner Abänderung hat *Charlier* statt der unzulänglichen und unbegründeten Anschauung von dem dunklen Zentralkörper mit seinen Planeten als Gruppeneinheit unser Milchstraßensystem gewählt, im übrigen den Gedanken *Lamberts* von den Systemen wachsender Ordnung beibehalten.

Wir beginnen mit unserem System. Es enthalte N_1 -Sterne. Ihre Gesamtheit bilde das Milchstraßensystem G_1 , dessen Halbmesser sei R_1 . Unserem System gleichgeordnete Milchstraßensysteme (Spiralnebel) G_1 gebe es in der Anzahl N_2 . Die Gesamtheit aller dieser G_1 bilde das System zweiter Ordnung G_2 mit dem Halbmesser $R_2 \cdot N_1$ solcher Milchstraßenwelten G_2 bilden ein System dritter Ordnung G_3 und so weiter.

Die Gestalt jedes Systems ist zwecks einfacher mathematischer Behandlung als sphärisch angenommen. (Die Form von Ellipsoiden würde ähnliche aber kompliziertere Entwicklungen geben.) Das Problem, das sich *Charlier* gestellt hat, besteht darin,

die Abstände $2 \varrho_i$ zweier benachbarter Mitglieder der Systeme G_i einerseits, wie die Halbmesser R_i der verschiedenen G_i andererseits, so zu wählen und mit der Anzahl der Mitglieder N_i von G_i derart in Verbindung zu bringen, daß die Widersprüche, die sich aus der Annahme einer unendlichen Welt ergeben würden, verschwinden.

Charlier zieht zwei Haupteinwendungen heran. *Seeliger* bemerkt: Das Newtonsche Gesetz, auf eine unendliche Welt angewendet, führt

zu unlöslichen Widersprüchen, wenn die im Raum verteilte Totalmasse als unendlich angesehen würde. *Olbers* bemerkt: Gibt es im ganzen unendlichen Raume leuchtende Sonnen, so ist ihre Masse, gleichgültig wie die Sonnen selbst auch verteilt wären, unendlich und der ganze Himmel muß so hell sein wie die Sonne. Die mathematische Behandlung zeigt, daß bei geeigneter Wahl der R_i die Widersprüche verschwinden und zeigt das bemerkenswerte Ergebnis, daß beide Bemerkungen zu derselben ausschlaggebenden Beziehung führen, nämlich zu der Ungleichung

$$\frac{R_i}{R_{i-1}} > \sqrt{N_i}.$$

Bei der Wahl einer unendlichen Welt bleibt sowohl die Gesamtleuchtkraft der Welt, wie die Gesamtanziehungskraft endlich, wenn nur vorstehende Ungleichung erfüllt ist, d. h. der Halbmesser eines Systems größer ist, als die Quadratwurzel aus der Anzahl der Mitglieder dieses Systems, multipliziert mit dem Halbmesser des Systems der nächst niedrigen Ordnung. Desgleichen gilt unter der Annahme der Gleichheit aller N_i die Beziehung:

$$\frac{\varrho_i}{\varrho_{i-1}} > \sqrt{N_i}$$

Die Diskussion der Bewegung eines Sterns innerhalb unseres galaktischen Systems führt auf eine periodische Bahn. Die Periode ist proportional der Quadratwurzel aus der galaktischen Dichte. Als besonders bemerkenswertes Resultat erhält *Charlier*, daß die Periode, nach der ein Stern wieder in seine ursprüngliche Stellung zurückkehrt, — unabhängig von der Gestalt der Bahn — für alle Sterne innerhalb des Systems die gleiche ist. Die Periode ist also auch die Periode des gesamten galaktischen Systems G_1 . Nimmt man in diesem System erster Ordnung — freilich unter der Annahme gleicher Masse aller Gestirne — die Dichte zu 10^9 Sterne in einer Kugel von 1000 Siriometer⁴⁾ Radius (unser R_1), so gelangt man zu einer Periode von 1 000 000 000 Jahren. Dies wäre also die Zeit, nach der unsere Milchstraßenwelt wieder dieselbe Gestalt angenommen hätte.

Nun geht *Charlier* einen Schritt weiter vom System erster Ordnung der Fixsterne zum System zweiter Ordnung G_2 , dem Systeme der Spiralnebel. Nach dem *Olbers-Seeliger-Kriterium* wird $R_2 > \sqrt{N_2} \cdot R_1$ angesetzt. Nach Schätzungen von *Curtis* und *Perrines* ist die Zahl der Spiralnebel

⁴⁾ 1000 Siriometer = 15 825 Lichtjahre. In der Astronomie bestehen leider gegenwärtig verschiedene Entfernungseinheiten nebeneinander. In letzter Zeit gewinnt der Parsec, vielfach auch Sternweite genannt, immer größere Verbreitung. Dies entspricht einer Parallaxe von 1"0. In älteren Arbeiten findet sich auch die der Parallaxe 0"1 entsprechende Distanz von 10 Parsec. 1 Parsec = 3,26 Lichtjahre. *Charliers* Siriometer, die in der oben zu besprechenden Arbeit verwendete Einheit, ist einer Parallaxe von 0"206 entsprechend und = 4,8543 Parsec, oder gleich 15,825 Lichtjahre. Nicht zu verwechseln mit der von *Seeliger* eingeführten Siriusweite, die einer Parallaxe von 0"2 entspricht. Eine Siriusweite = 5 Parsec, oder gleich 16,30 Lichtjahre.

³⁾ C. V. L. Charlier, How an infinite world may be built up. Stockholm 1922. Arkiv för Mat., Astr. och Fys., utgivet av K. Svenska Vetenskapsakademien Band 16, Nr. 22; Meddelande från Lunds Astronomiska Observatorium Nr. 98.

ca. 1 Million, also $N_2 = 10^6$. Demnach $R_2 > 1000 R_1$. Sei R_1 wie oben 1000 Siriometer oder 15 825 Lichtjahre, so folgt für R_2 ein Wert größer als 15 825 000 Lichtjahre. Charlier nimmt nun an, daß N_2 größer als der geschätzte Wert sei, indem er N_i , die Anzahl der Mitglieder jedes Systemes, gleich setzt, also auch den Wert N_1 von 10^9 , den wir schon früher einmal verwendet haben. Man erhält dann $R_2 > \sqrt{10^9} \cdot R_1$, oder der Halbmesser des Systems der Spiralnebel muß größer sein als rund 490 Millionen Lichtjahre.

Auf analoge Weise liefert die Beziehung $q_i > \sqrt{N_i} q_{i-1}$ einen Wert für den Abstand $2 q_2$ zweier benachbarter Glieder des Systems G_2 . Angenommen $2 q_1$ im Milchstraßensystem sei gleich 2 Siriometer (31,7 Lichtjahre), so bekommt man $2 q_2 = 1$ Million Lichtjahre. $2 q_2$ ist aber gleichbedeutend mit dem Abstand des nächsten Spiralnebels von uns. — Auf anderem Wege gelangt Charlier zum gleichen Ergebnis. Er findet unter der Annahme $N_2 = 10^6$ als Höchstwert für den Winkeldurchmesser des unserem System nächstgelegenen Systems G_1 den Betrag von $5^{\circ},73$, bei einer Wahl von $N_2 = 10^9$ den Betrag von $1^{\circ},81$. Tatsächlich hat der Andromedanebel (die uns nächste Spirale) einen Winkeldurchmesser von $1^{\circ},8$. Wieder unter der Annahme der Gleichartigkeit aller Systeme G_1 ($R_1 = 1000$ Siriometer) erhält Charlier, diesmal auf Grund des von der Franklin-Adams-Karte erhaltenen Wertes $1^{\circ},8$, eine mit der früher ermittelten übereinstimmende Entfernung von einer Million Lichtjahren. — Dies gäbe eine Parallaxe von $0^{\circ}000\,0032$. Es sei hier hingewiesen auf die höchst bemerkenswerte Übereinstimmung dieses Wertes mit dem von K. Lundmark⁵⁾ ebenfalls für den Andromedanebel gefundenen im Ausmaße von $0^{\circ}000\,0051$ mit dem m. F. $\pm 0^{\circ}000\,0018$. Lundmark ist von einer ganz anders gearteten Annahme ausgegangen. Sein Wert ergibt sich aus der Gleichsetzung des Maximums der absoluten Größe (Helligkeit) von 11 im Andromedanebel aufgeflamnten neuen Sternen mit dem Maximum der absoluten Größe der neuen Sterne mit bekannter Parallaxe in der Milchstraße. Seither ist die Anzahl der bekanntgewordenen neuen Sterne im Andromedanebel auf 20 angewachsen. Luplau-Janssen und Haarh haben nun kürzlich⁶⁾ dieses neue Material in ähnlicher Weise bearbeitet und eine Parallaxe von $0^{\circ}000\,019$ gefunden. Sie haben sich auch außerdem noch einer anderen Methode bedient. Dieselbe besteht in der Annahme, daß die Dispersion der neuen Sterne in der Milchstraßenebene gleich sei der Dispersion der Novae des Andromedanebels in der Ebene seiner Längsachse. 33 galaktische neue Sterne ergäben eine mittlere Dispersion von ca. 4200 Lichtjahren, die 20 Novae im Andromedanebel eine scheinbare von ca. 260". Daraus ergibt sich eine Parallaxe

von $0^{\circ}000\,001$ oder eine Distanz von ca. 3 Millionen Lichtjahren, womit im wesentlichen eine Bestätigung der Ergebnisse Lundmarks und Charliers gegeben ist.

Charlier versucht auch einen überschlagswert für die Helligkeit der einzelnen G_i zu gewinnen. Unter der freilich recht unsicheren Annahme einer mittleren absoluten Helligkeit eines Sterns unseres Systemes von 7^m , ergibt sich eine scheinbare Helligkeit des uns nächsten Spiralnebels zu $4^{m},5$ (in guter Übereinstimmung mit der Größenordnung des Andromedanebels).

Desgleichen werden Grenzwerte für die entferntesten Spiralnebel gegeben. Als Höchstwert für den Winkeldurchmesser ergibt sich (unter der Annahme $R_1 = 10^3$, $N_2 = 10^6$) $3',44$; bei $R_1 = 10^9$ und $N_2 = 10^9$, $\alpha = 0',11$. Die kleinsten gemessenen Winkeldurchmesser sind nun nach der auch in dieser Zeitschrift besprochenen neuen Lick-Arbeit Publ. XIII, 0',2, daraus ergibt sich — aus analogen Überlegungen, wie oben für die Distanz der nächsten Spirale — für den entferntesten G_1 des Systems G_2 der Wert von 544 Millionen Lichtjahren, in guter Übereinstimmung mit dem früher theoretisch gefundenen $R_2 > 490$ Millionen Lichtjahre. Die scheinbare Gesamthelligkeit des entferntesten Spiralnebels wird 15^m , auch hier wieder im Einklange mit den Lick-Resultaten von 1918. Charlier weist nachdrücklich darauf hin, daß wir also in absehbarer Zeit eine photographische Festlegung aller Spiralnebel erwarten können, und so über eine Karte verfügen, die uns ein Bild der Verteilung der G_1 , somit ein Bild des Systems zweiter Ordnung G_2 verschafft, bevor wir noch eine genaue Karte aller Sterne unseres eigenen Milchstraßensystems besitzen werden!

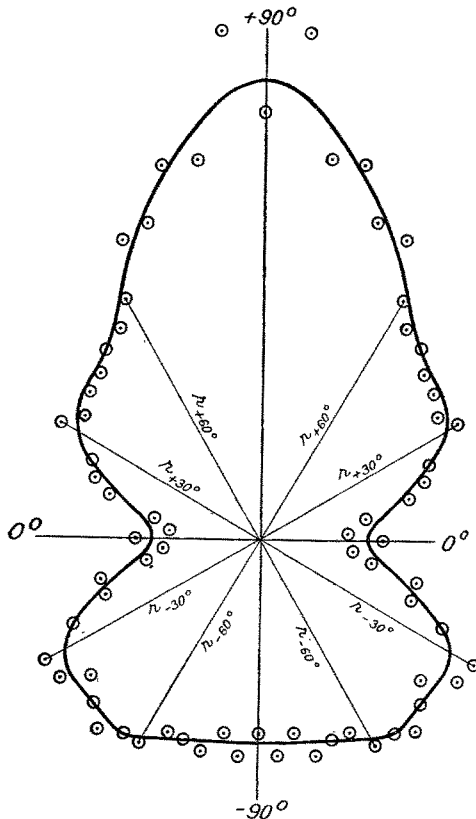
Um aber schon jetzt einen ungefähren Überblick zu erhalten, wurde auf der Sternwarte in Lund die galaktische Verteilung von 11 475 Spiralnebeln aus dem Dreyer-Katalog untersucht und bildlich dargestellt. Es zeigte sich die bekannte Erscheinung der scheinbaren Anhäufung dieser Objekte am Milchstraßenpole (insbesondere Nordpole). So kam in der Nähe der Milchstraße 1 Spirale auf 25 Quadratgrade, am Nordpole aber 50mal so viel. In der Milchstraße selbst, zwischen $\pm 2^{\circ}5$ gal. Breite ist die Anzahl wieder etwas größer als in der Minimalzone. Die Nebel sind in deutlicher Analogie mit den Sternen in unserem System in einzelnen Wolkengruppen angehäuft. Es handelte sich nun darum, einen Schritt weiter zu gehen und den Versuch zu machen, ein Bild der Gestalt des Systems G_2 zu erhalten. Nimmt man an, daß die G_1 , absolut genommen, gleichmäßig im Raume verteilt seien, dann ist der Radiusvektor nach den Grenzen des Systems G_2 proportional der dritten Wurzel aus den N in den verschiedenen Richtungen. Das Ergebnis der Rechnung liefert nebenstehende Figur. Das wäre also die Gestalt des unserer Milchstraßenwelt übergeordneten Systems G_2 . Ins Auge springend ist die Einschnürung in der Richtung der Milchstraße. Charlier hält sie durch in der Milchstraßenebene

⁵⁾ Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar Band 60, Nr. 8. — Siehe auch Referat Guthnick in dieser Zeitschrift 1920, Heft 9.

⁶⁾ Astronomische Nachrichten 215, 285.

angehäufte kosmische Nebel bedingt⁷⁾. Die auffallende Lage des Systems, dessen große Achse gerade senkrecht von der Ebene der Milchstraße geschnitten wird, erscheint *Charlier* wohl auch eigentümlich, aber doch nicht unmöglich.

Zusammenfassend ergeben die *Charlierschen* Überlegungen: Die unendliche Welt ist aus sphärisch (oder auch ellipsoidisch) angeordneten



Gestalt des Nebels 2. Ordnung nach *Charlier*, unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Spiralnebel im Raume. (Ohne diese Voraussetzung, also bei Realität der scheinbaren Konzentration, ergäbe sich für das System statt des Ellipsoids eine sphärische Form. Ist n_b die statistisch ermittelte Anzahl der Spiralen pro Quadratgrad, gesehen in der Richtung nach $\pm 60^\circ$ galaktischer Breite, so ist der Abstand r_b zur Grenze des Systems in dieser Richtung $= \sqrt[3]{n_b}$. Die kleinen Ringe stellen die Endpunkte der von 5° zu 5° gezogenen Radiovektoren dar. In der Figur sind als Beispiele $r+30^\circ$, $r+60^\circ$, $r-30^\circ$, $r-60^\circ$ voll ausgezeichnet.

Spiralsystemen aufgebaut, deren eines unsere Milchstraßenwelt ist. Die Gesamtheit dieser Systeme bildet ein sphär. (ellips.) System zweiter Ordnung. Dieses ist wieder ein Mitglied eines Systems 3. Ordnung und so weiter. Die Halbmesser der Systeme zweier Größenordnungen folgen der Beziehung: $R_i > \sqrt{N_i} \cdot R_{i-1}$, wobei N_i die Anzahl der Mitglieder des Systems G_i bedeutet. Der Abstand zweier benachbarter Mitglieder des Systems zweiter Ordnung ist ca. 1 Million, der Durchmesser des Systems größer als 1 Milliarde Lichtjahre angesetzt. Das diesem

⁷⁾ Vgl. hier die Annahmen *Hagens*, N. W. 1921, S. 938.

G_2 nächst benachbarte gleichgeordnete System G_2 der *Charlierschen* Welt läge bereits außerhalb des Bereiches unserer Beobachtungsmöglichkeiten. Die Dimensionen unseres Milchstraßensystems sind bei *Charlier* verhältnismäßig niedrig angenommen⁸⁾. Nimmt man *Shapleys* Wert von $2 R_1 = 300\,000$ Lichtjahren⁹⁾, so würde sich der Durchmesser des Systems der Spiralnebel auf 10 Milliarden erweitern. Ohne auf die Systeme dritter Ordnung einzugehen, würde schon der erste Wert den von *Kopff*¹⁰⁾ angegebenen Betrag von 100 Millionen Lichtjahren für die Maximalentfernung im geschlossenen Raume übersteigen.

Läßt man die Frage nach den Dimensionen des Spiralnebelsystems noch offen, so erscheint vor allem die gute Übereinstimmung der Bestimmungen der Entfernung zum Andromedanebel von *Charlier*, *de Lundmark* und *Luplau-Janssen* bedeutungsvoll. So erhält dieser Wert ein breiteres Fundament und wir können der durch *Shapley* von 40 000 auf 300 000 Lichtjahre ausgeweiteten Sternenwelt eine neuerliche Erstreckung auf mindestens 1 Million Lichtjahre geben.

Metallographische Mitteilungen.

Röntgenkristallographische Untersuchungen an Eisen und Stahl. Die vor etwa einem halben Jahre in dieser Zeitschrift kurz referierten Untersuchungen über den Bau der Eisenmodifikationen und der im Stahl auftretenden Konstituenten haben wir im letzten Jahre fortgesetzt.

Auch in diesen letzten Versuchen wurde die Röntgenstrahlung in einer Siegbahnschen Metallröhre erzeugt. Diese wurde aber diesmal nicht wie früher mittels einer Molekularpumpe, sondern durch ein Aggregat Quecksilberpumpen vom Volmertypus (Chemische Werke, Berlin) evakuiert. Eine besondere Kühlung des Quecksilberdampfes erwies sich als unnötig. Um einen geeigneten Druck in der Röhre konstant zu erhalten, wurde derselben durch eine halbmeterlange Kapillare (Durchmesser etwa 0,2 mm) aus einer passend evakuierten Flasche kontinuierlich Luft zugeführt. Es gelang in dieser Weise die Spannung konstant zu erhalten, und die Röhre konnte ohne allzu lästige Aufsicht beliebig lange ohne Unterbrechung in Betrieb gehalten werden.

Bei der früheren Untersuchung enthielt das Debye-photogramm des γ -Eisens wegen der spontanen Kornvergrößerung des erhitzten Metalls keine kontinuierlichen Streifen, sondern nur einige wenige zerstreute Punkte. Um vollständigere Interferenzbilder erhalten zu können, wurde die für Hochtemperaturaufnahmen benutzte Kamera derart abgeändert, daß der glühende Eisendraht während der Exposition in Rotation gehalten werden konnte.

Fig. 1 stellt einen Querschnitt der Kamera dar. Sie besteht aus einem zylindrischen Bleigeäß mit Einfallstube *A* (2 mm Durchmesser) und Austrittsöffnung *B*. Die letztere ist mit einem Deckgläschen geschlossen. Der Deckel ist aus Ebonit, wodurch die

⁸⁾ Stehen aber in Übereinstimmung mit den Anschauungen von *Curtis*. (Bulletin of the National Research Council Part. 2 — 1921.)

⁹⁾ *Shapley*, „The scale of the universe“. (Bull. of the Nat. Res. Council.)

¹⁰⁾ Naturwissenschaften 1921, Heft 39.