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 Ellipsoides 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 $= \sqrt{n_b}$. 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

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 Landmark* 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 Sternwelt 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 Bleigefäß 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.

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

inneren Teile der Kamera von den äußeren elektrisch isoliert sind. Der zu untersuchende Eisendraht (0,3 mm Durchmesser; *Heraeus* vakuumgeschmolzenes Elektrolyteisen) wird in den Schucken D_1 und D_2 eingespannt. D_1 endet unten in einem Eisenstift, der in Quecksilber eintaucht, D_2 ist mit einer Achse verbunden, die durch das kleine Drehrad E in Rotation gehalten werden kann. Durch Anlegen einer niedrigen Wechselstromspannung auf die zentralen Teile der Kamera und auf das Bleigefäß kann der Draht zum Glühen gebracht werden. Um eine Erwärmung der Kamera zu verhindern, sind zwei zylindrische Messinggefäße C_1 und C_2 darin angebracht, die durch Wasser gekühlt werden. Um Oxydation der Probe vorzubeugen, wird die Kamera mit Wasserstoff gefüllt. Der in einer schwarzen Papierhülle eingeschlossene Film

Kamera für Aufnahmen nach Debye-Scherrer von Metalldrähten bei hohen Temperaturen.

wird um das obere Kühlgefäß C_2 festgespannt. In der Mitte der Hülle und des Films ist ein Loch gestanzt, so daß man durch B von außen her den Eisendraht beobachten kann. Seine Temperatur wurde mittels eines Holborn-Kurlbaumschen optischen Pyrometers bestimmt.

Es wurden Photogramme von Eisen bei 800° , 1100° und 1425° aufgenommen. Sie enthielten alle kontinuierliche und ganz deutliche Streifen. Die bei den niedrigeren Temperaturen erhaltenen Interferenzbilder bestätigten den früheren Befund, daß das Eisen innerhalb des sog. β -Intervalls genau denselben Bau wie das α -Eisen besitzt, d. h. raumzentriert kubisch ist, während das γ -Eisen ein flächenzentriert kubisches Gitter hat. Aus den bei 1425° aufgenommenen Photogrammen konnte geschlossen werden, daß in dem von 1401° bis zum Schmelzpunkt stabilen δ -Eisen die Atome wiederum wie im α -Eisen angeordnet sind. Die bei 901° (A_3) eintretende Umwandlung des Eisens geht also bei 1401° (A_4) zurück. Diese Tatsache steht mit den Angaben von Weiß und Foëx über die Veränderung der magnetischen Suszeptibilität des Eisens mit der Temperatur im besten Einklang.

Durch Untersuchung austenitischer Stähle verschiedenen Kohlenstoffgehalts konnte festgestellt wer-

den, daß der aufgelöste Kohlenstoff eine erweiternde Wirkung auf das γ -Eisengitter ausübt. Ein Kohlenstoffstahl (C: 1,98 %) hatte ein etwas größeres γ -Eisengitter, wenn er bei 1100° statt bei 1000° abgeschreckt wurde. Auch das α -Eisen im Martensit schien in derselben Weise vom Kohlenstoff beeinflusst zu sein. Die Interferenzstreifen des α -Eisens im Martensit waren aber sehr breit und diffus, weshalb es schwer war, die Lage ihrer Intensitätsmaxima genau zu bestimmen. Bezüglich der Dimensionen des fraglichen α -Eisengitters konnten deswegen keine zuverlässigen Ergebnisse erhalten werden.

Wie P. Scherrer (*Zsigmondys Kolloidchemie*, 3. Aufl., Leipzig 1920) gezeigt hat, ist eine Verbreiterung der Linien in einem Debye-Scherrer-Photogramm ein Anzeichen von Feinkörnigkeit des untersuchten Kristallpräparates. Der Martensit ist also ein feinkristallinisches Produkt. Durch Vergleich eines Photogramms von einem in normaler Weise gehärteten eutektischen Kohlenstoffstahl mit einem von Scherrer wiedergegebenen Interferenzbild eines äußerst feinkörnigen Goldkolloids konnte geschlossen werden, daß die homogenen Gitterbereiche des α -Eisens in diesem Stahl eine lineare Ausdehnung von nur etwa $20 \cdot \text{\AA}$ ($\text{\AA} = 10^{-8} \text{ cm}$) hatten. Die α -Eisenkriställchen umfassen demgemäß nur einige Hunderte von Atomen.

Zuletzt wurde auch ein Versuch gemacht, die Kristallstruktur des Zementits (Fe_3C) ausfindig zu machen. Aus Stahl (C: 1,25 %) und aus weißem Gußeisen isolierte Zementitpulverpräparate ergaben identische Photogramme. Sie enthielten eine Unzahl Linien, und es erwies sich als unmöglich, die Photogramme zu enträtseln.

Es wurde deswegen nach einer Ferrolegierung mit gut ausgebildeten Kristallen gesucht, die denselben Kristallbau wie Zementit besaß. Dadurch gelang es, festzustellen, daß die bekannten im Spiegeleisen oft anschießenden dünnen Kristallblättchen genau so wie der Zementit aufgebaut sind, d. h. daß dieselben nichts weiter als gut ausgebildete Zementitkristalle darstellen. Sie ergaben ein mit dem Zementitphotogramm identisches Interferenzbild.

Von einem derartigen Kristallblättchen wurde ein Lauephotogramm genommen, aus dem geschlossen werden konnte, daß der Zementit dem rhombischen System angehört. Das Achsenverhältnis war $0,670 : 0,755 : 1$, und die größte Achse betrug etwa $7 \text{ \AA}$. Die Angaben waren aber noch zu unsicher, um eine vollständige Deutung des Debye-Photogramms zu gestatten. Deshalb wurde das Blättchen, dessen Achsenrichtungen jetzt bekannt waren, in einer Debye-kamera exponiert, wobei es um eine der Achsen in Rotation gehalten wurde. Die Interferenzflecken längs der Mittellinie des Films müssen dann offenbar von Netzebenen herrühren, die mit der Rotationsachse parallel sind. Dieselben konnten dadurch ziemlich leicht identifiziert werden, und es gelang in dieser Weise die dem Debye-Photogramm entsprechende quadratische Formel aufzustellen.

Nach derselben enthält das Elementarparallelepiped des Zementits vier Moleküle Fe_3C . Seine Dimensionen sind $4,53$, $5,11$ und $6,77 \text{ \AA}$. Demgemäß muß das spez. Gewicht des Zementits $7,62$ betragen, was sehr gut mit dem aus der Veränderung des spez. Volumens der Kohlenstoffstähle mit dem Kohlenstoffgehalt berechneten Wert $7,59$ übereinstimmt.

Vollständigere Berichte über die Untersuchung werden bald in der Zeitschrift für physikalische Chemie und im Journal of the Iron and Steel Institute erscheinen. Arne Westgren und Gösta Phragmén.