

Die Probe, entsprechend etwa 150 Milliäquivalenten Gesamt- $\text{CO}_2$ , wird bei  $0^\circ$  in 3%igem Ammoniak auf 250 cm<sup>3</sup> gelöst. Die Ausgangskonzentrationen an Carbonat und Carbamat halten sich hierbei bei  $0^\circ$  bis etwa 5 h unverändert. 50 cm<sup>3</sup> dieser Lösung werden in eine eiskalte Mischung (im Becherglas) von

50 cm <sup>3</sup> 20%iger $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Lösung	20 cm <sup>3</sup> 2 n- $\text{CaCl}_2$ -Lösung
25 cm <sup>3</sup> 20%iger Ammoniak	55 cm <sup>3</sup> Wasser

unter lebhaftem Umrühren einpipettiert.  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  h wird bei  $0^\circ$  weitergerührt; man läßt dann  $\frac{1}{4}$  h bei  $0^\circ$  absitzen und saugt durch

einen zuvor gekühlten Porzellantiegel A2, wäscht fünfmal mit eiskaltem Wasser und fünfmal heiß nach und unterwirft den Niederschlag der Vortitration und titrimetrischen Bestimmung in der bereits oben beschriebenen Weise. Gegebenenfalls wird eine mittlere oder in einem Parallelversuch bestimmte Korrektur für mitgefälltes Carbamat von der Carbonat-Bestimmung abgezogen.

Ich danke Herrn Dr. D'Ans für die fördernde Anteilnahme an diesen Untersuchungen. [A. 40.]

## VERSAMMLUNGSBERICHTE

### Universität Berlin.

Gastvorlesung am 26. April 1939.

V. B. Strömgren, Kopenhagen: „Die Materie im interstellaren Raum“<sup>1)</sup>.

Wenn im folgenden vom „interstellaren Raum“ gesprochen wird, so ist damit der Raum gemeint, den unser Milchstraßensystem einnimmt, also ein annähernd linsenförmiges Gebilde mit einer kleinen Achse von etwa 4000 parsec und einem 10mal so großen Durchmesser. Dieser Raum ist im wesentlichen leer, man denke nur an den Abstand unserer Sonne von dem nächsten der uns benachbarten Fixsterne. Außer den Sternen befindet sich aber in ihm auch noch Materie in anderer Form (Gas oder „Staub“), und darüber soll hier berichtet werden.

Über Art und Menge dieser Materie erhalten wir auf verschiedene Weise Nachricht: durch die Absorption des Lichtes der Sterne, durch eigene Lichtemission dieser Materie und durch ihre Gravitationswirkungen. Die Schwierigkeiten der Untersuchung liegen in der außerordentlich geringen Dichte dieser Materie und in der Trennung ihrer Gravitationswirkungen von der der Sterne sowie darin, daß unsere Fernrohre uns ja kein räumliches Bild, sondern immer nur eine Projektion der räumlichen Vorgänge auf die Himmelskugel liefern.

Zunächst geht Vortr. genauer auf die erste Erscheinung ein, deren Entdeckung im Verlauf ihrer weiteren Untersuchung einen einwandfreien Schluß auf das Vorhandensein von interstellarer Materie zuläßt: Die Spektren der Doppelsterne. Solche „Doppelsterne“ erkennen wir daran, daß die Linien ihres Spektrums zeitlich in einem bestimmten Rhythmus im Spektrum hin- und herpendeln (Dopplereffekt bei der schnellen Umdrehung zweier benachbarter Sterne umeinander). Bei der Untersuchung der Spektren solcher Doppelsterne wurde nämlich eine Linie gefunden, die an dieser Pendelbewegung nicht teilnahm. Eine endgültige Sicherstellung der schon früher gegebenen Deutung, daß diese „stationäre“ Linie ihre Ursache in wolkenförmiger, absorbierender Materie zwischen diesen Sternen und der Erde hat, wurde jedoch erst 1920 und in den darauffolgenden Jahren erreicht. Es schien nämlich dieser Deutung zu widersprechen, daß diese stationäre Nebellinie dem einfach ionisierten und nicht dem neutralen Calcium zugehört. Nun ist aber die Temperatur eines kleinen Teilchens im interstellaren Raum zwar nicht  $0^\circ$  abs., weil es sich infolge der Sternstrahlung etwas erwärmt, sie beträgt aber, auf dieser Grundlage berechnet, nur wenige Grade, so daß eine Ionisierung von Calcium thermisch nicht zu verstehen ist. Erst Eddington wies 1926 darauf hin, daß wegen der stark ionisierenden Wirkung der Sternstrahlung, besonders aber wegen der geringen Dichte dieser Wolkenmaterie, die die Ionisation fördert, gerade nur Materie im ionisierten Zustand zu erwarten ist. Unter Zugrundelegung der durch Abschätzung aus den Ionisierungsprozessen gewonnenen Geschwindigkeiten von Elektronen und Ionen läßt sich eine „Temperatur“ (kein thermodynamisches Gleichgewicht!) definieren, die etwa 10000° beträgt, also zur Erklärung der gefundenen Erscheinungen vollkommen ausreicht. Später wurde diese Linie dann auch noch am Spektrum sehr heißer Sterne beobachtet, auf denen ihrer Temperatur nach sicher kein einfacher, sondern nur zweifach ionisiertes Calcium vorhanden sein kann, ebenfalls ein Beweis

dafür, daß diese Linie einer außerhalb dieser Sterne befindlichen Materie zuzuschreiben ist. Schließlich wurde auch die Frage geklärt, warum wir gerade die Linien des Calciums sehen: Linien einfach ionisierter Stoffe können von uns nur an solchen Stellen wahrgenommen werden, wo die Lufthülle der Erde nicht absorbiert; entsprechende Linien des Natriums und einiger anderer Elemente, die danach auftreten müßten, wurden schließlich ebenfalls aufgefunden (vgl. den Schluß dieses Vortrages).

Während bisher von der Absorptionswirkung sog. dunkler Materiewolken die Rede war, werden nun an Hand verschiedener Aufnahmen auch die „leuchtenden“ Materiewolken genauer besprochen, deren Studium gleichfalls wichtige Aufschlüsse über ihre Natur ergeben hat. Diese Materie ist nicht selbstleuchtend im üblichen Sinne, sondern reflektiert nur das Sternlicht (kontinuierliches Spektrum mit Absorptionslinien). Der kontinuierliche Übergang einer leuchtenden Wolke in eine dunkle mit zunehmender Entfernung von einem Stern beweist, daß es sich in beiden Fällen um Materieanhäufungen gleicher Art handelt, nur zeigt eine leuchtende Wolke stets einen höheren Grad der Materieverdichtung, der um mehrere Zehnerpotenzen über den i. allg. an dunklen Wolken beobachteten liegt. Aus der Art der Lichtreflexion kann man die Größe der Partikel in solchen Wolken zu etwa  $10^{-4}$  mm bestimmen, gasförmig können diese Nebel jedenfalls nicht sein.

Außerordentlich wichtig, aber ebenso schwierig und auch heute noch nicht restlos geklärt ist die Frage, ob sich außerhalb der besprochenen wolkenförmigen Materieverdichtungen im interstellaren Raum sonst noch Materie befindet oder nicht. Neben anderem legt der Vergleich der außergalaktischen Nebel (Spiralnebel<sup>2)</sup> mit unserem eigenen Milchstraßensystem sowie die Notwendigkeit starker zentraler Gravitationswirkungen es nahe, auch für unser eigenes Milchstraßensystem ein starkes leuchtendes Zentrum anzunehmen. Daß wir es nicht sehen, kann seinen Grund nur im Vorhandensein einer stark absorbierenden Materiewolke haben. Die ungefähren Größenverhältnisse des mutmaßlich vorhandenen leuchtenden Zentrums unseres Milchstraßensystems im Vergleich zur Größe des gesamten Milchstraßensystems und zur Lage der Sonne werden in einem schematischen Bild erläutert.

Zum Schluß geht Vortr. nochmals genauer auf die Frage nach der Art der Materie in den interstellaren Wolken ein. In den letzten Jahren wurden außer Ca auch Na, Ti und andere Elemente, schließlich auch H und O nachgewiesen. Aus den spektralen Intensitäten können wir auf die rel. Dichten schließen und mit Hilfe der Größe der erfüllten Räume auch die Gesamtmasse der wolkenförmigen Materie bestimmen: Die Masse der wolkenförmigen Materie ist wahrscheinlich größer als die Masse der Sterne zusammengekommen (auch der Schluß auf die Massen aus der Gravitationswirkung stimmt damit überein), wir stehen also offenbar noch im Anfang der Entwicklung bezüglich der Zusammenballung der Materie zu Sternen. Schon jetzt kann man ferner aussagen, daß die Häufigkeit der verschiedenen Elemente in der wolkenförmigen Materie und in den Sternen größtenteils gleich ist. Hieraus muß man schließen, daß schon die „Urmaterie“, aus der sich ein Stern verdichtet, schwere Elemente enthält. Der Aufbau der schweren Elemente muß also in einem viel früheren Stadium der Materie stattgefunden haben, z. B. nach dem Vorschlag von v. Weizsäcker in einem Riesenstern<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. P. ten Bruggencate, diese Ztschr. 51, 926 [1938].

<sup>2)</sup> Vgl. Weizsäcker, ebenda 52, 43 [1939].

<sup>1)</sup> Vgl. Schoenberg, diese Ztschr. 49, 848 [1936].