ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.
Band 195. Nr. 4679. 23.

Über die Helligkeit der Plejadennebel. Von *E. Hertzsprung*.

Im Lowell Obs. Bull. Nr. 55 hat *V. M. Slipher* die interessante Entdeckung mitgeteilt, daß der Nebel um den Stern Merope der Plejaden ein kontinuierliches Spektrum gibt mit, soweit erkennbar, denselben dunklen Linien, wie sie Merope selbst aufweist. Demnach würde das Licht des Nebels reflektierte Strahlung des Zentralsterns sein. Diese Auffassung verlangt, daß die Flächenhelligkeit des Nebels erheblich geringer sei als die, welche einer vollkommen weißen diffusen Reflexion [1]) des Sternlichts entspricht. Um das zu prüfen, habe ich eine von Herrn Dr. *Münch* mit dem hiesigen Zeiß-Triplet (Öffnung 15 cm, Brennweite 150 cm) 2 mm intrafokal aufgenommene Plejadenplatte benutzt. Die Aufnahme geschah 1910 März 8 von $6^h 31^m$ bis $7^h 54^m$ Sternzeit Potsdam auf einer Lumièreplatte violetter Etikette. Unter dem *Hartmann*-Mikrophotometer wurden die Schwärzungen der Nebel an den unten angegebenen Stellen, wo sie gut sichtbar waren, gemessen und mit den Schwärzungen einiger der außerfokalen Sternbildchen von 0.2 mm = 28″ Durchmesser verglichen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Stern	p	s	Δm	$5 \log(s/14'')$	Diff.
Merope	90°	250″	$9^m.8$	$6^m.3$	$3^m.5$
»	120	180	9.9	5.6	4.3
Maja	270	80	8.1	3.9	4.2
»	330	90	8.7	4.1	4.6
»	290	190	10.4	5.7	4.7
Elektra	110	120	10.2	4.6	5.6

Die erste Spalte der Tabelle enthält den Namen des Zentralsterns, die zweite und dritte die Position der gemessenen Nebelstelle relativ zum Zentralstern. Die vierte Spalte gibt unter Δm an, um wieviel Sterngrößen schwächer als der Zentralstern der Stern ist, dessen extrafokales Bild von 14″ Radius dieselbe Schwärzung hat wie der Nebel an der betrachteten Stelle. Dabei wurde die Skala neuer unpublizierter photographischer Sterngrößen der Plejaden benutzt, welche hier von Dr. *Münch* bestimmt worden sind. In der fünften Spalte ist nach folgender Überlegung berechnet, wie groß Δm bei vollkommen weißer Reflexion wäre. Denkt man sich den Stern von einer Kugelschale umgeben, so empfängt diese alles vom Stern ausgehende Licht gleichmäßig über ihre ganze Fläche. Ist die Kugelschale innen vollkommen weiß, so sendet sie das Gesamtlicht des Sterns wieder gleichmäßig diffus zurück. Entfernt man nun die, von uns aus gesehen, vordere Hälfte der reflektierenden Kugelschale, so präsentiert sich die hintere Hälfte als gleichmäßig leuchtende Scheibe vom Radius, s, der Kugel und zwar von der Flächenhelligkeit eines vollkommen weißen Körpers, welcher in dem Abstande s vom Stern senkrecht beleuchtet wird. Es ist also gleichgültig, ob man die vollkommen weiße reflektierende Kugelschale vom Radius s'' abphotographiert oder den Zentralstern so weit aus dem Fokus aufnimmt, daß die von ihm erzeugte Scheibe denselben Radius s'' erhält. Die Größe und Flächenhelligkeit des Bildes auf der Platte wird in beiden Fällen dieselbe. Der Radius der außerfokalen Bilder war aber auf der oben verwendeten Aufnahme der Plejaden nicht s'', sondern 14″. Es wird also auf dieser Aufnahme ein Stern der Lichtstärke $(14''/s)^2$ des Zentralsterns dieselbe Flächenhelligkeit geben wie der Zentralstern auf einen Kreis vom Radius s'' ausgebreitet, oder wie die vollkommen weiße reflektierende Kugelschale vom Radius s. Das Verhältnis $(14''/s)^2$ entspricht $5 \log(s/14'')$ Sterngrößen, und um soviel schwächer als der Zentralstern müßte der Stern sein, welcher auf einen Kreis vom Radius 14″ ausgebreitet die Flächenhelligkeit der Nebel gibt, falls diese vollkommen weiß wären. Das sind sie nun nicht. Es genügt das außerfokale Bild eines Sternes, der um mehr als $5 \log(s/14'')$ schwächer als der Zentralstern ist, um die Flächenhelligkeit des Nebels zu erreichen. Die Differenz zwischen Berechnung, $5 \log(s/14'')$, und Beobachtung, Δm, gibt ein Maß für die Reflexionsfähigkeit des Nebels. Diese Differenz ist in der letzten Spalte der Tabelle angegeben [2]), und sie zeigt, daß die Flächenhelligkeit der Plejadennebel an ihren hellsten Stellen um etwa 4 bis 5 Sterngrößen schwächer ist, als sie bei vollkommen weißer Reflexion des Lichtes des Zentralsterns sein würde.

Dieses Resultat ist mit der Auffassung von *Slipher* wohl in Einklang zu bringen.

Ohne Kenntnis der Parallaxe der Plejaden und der Größe der Nebelteilchen kann man ja über die Masse der Nebel nicht viel sagen. Jedoch wird es von Interesse sein, zu sehen, wie weit man bei plausiblen Annahmen eine Kugel von der Größe der Sonne zerstäuben müßte, um eine Nebelwolke, ähnlich einer der in den Plejaden gefundenen, zu erzeugen.

Wir wollen für die Größe der Nebelwolke 50″ Halbmesser annehmen. Nach obiger Tabelle wurde in einem Falle gefunden, daß die Flächenhelligkeit der Nebel nur um $3^m.5$ (entsprechend $^1/_{25}$) schwächer ist als die einer senkrecht be-

[1]) Darunter verstehe ich eine Reflexion, welche beliebiges auffallendes Licht ohne Verlust zurückwirft und zwar so, daß das reflektierende Flächenelement, von allen Richtungen aus gesehen, dieselbe scheinbare Flächenhelligkeit zeigt.

[2]) Setzt man die mittlere Sterngröße der obigen Zentralsterne, Merope, Maja und Elektra, gleich 4^m, so ist die mittlere photographische Flächenhelligkeit der betrachteten Nebel gleich der eines Sternes der Größe $4^m + 9^m.5 = 13^m.5$ auf einen Kreis vom Radius 14″ ausgebreitet. Die photographische Sterngröße der Sonne beträgt etwa -26^m und ihr scheinbarer Radius etwa 1000″. Die Differenz in Sterngrößen zwischen den beiden Flächenhelligkeiten, Sonne und Nebel, beträgt demnach $13^m.5 + 26^m + 5 \log(14/1000) = 30^m.2$, einem Verhältnis von 10^{12} entsprechend. Das sind so ungefähr die extremsten Flächenhelligkeiten, mit denen wir es in der Photographie zu tun haben.

leuchteten vollkommen weißen reflektierenden Fläche. Da dieser Wert, 3^m5, unter den in der Tabelle enthaltenen der kleinste ist, wird er die größte Dichte der Nebel ergeben, und wir werden ihn deshalb der folgenden Berechnung zugrunde legen. Denkt man sich zunächst den Nebel bestehend aus kleinen Flächenteilchen, die vollkommen weiß und vom Zentralstern senkrecht beleuchtet sind, so folgt, daß diese Teilchen $^1/_{25}$ der Fläche, auf der sich der Nebel ausbreitet, bedecken. Nimmt man an, daß die wirklichen etwa kugelförmigen und unvollkommen reflektierenden Nebelteilchen nur $^1/_{10}$ soviel reflektieren, so wird eine Bedeckung von $^{10}/_{25} = 0.4$ der Fläche zur Erzeugung der nötigen Helligkeit gefordert. Nimmt man ferner für die Parallaxe der Plejaden den plausiblen Wert $0\overset{''}{.}01$ an [1]), so würde unsere Sonne dorthin gebracht als Scheibe von $0\overset{''}{.}00005$ Radius erscheinen. Setzt man endlich die Zahl der Nebelteilchen auf der betrachteten Fläche von 50″ Halbmesser gleich N und die Radien der Sonne und der Teilchen bezw. gleich R und r, so hat man, wenn in Bogensekunden gerechnet wird:

$$Nr^3 = R^3 = (0.00005)^3 \quad \text{und} \quad Nr^2 = 0.4 \times 50^2 = 1000.$$

Aus diesen beiden Gleichungen zusammen ergibt sich:

$$r = (0.00005)^3/1000 = 125'' \times 10^{-18}$$

oder, da die Parallaxe zu $0\overset{''}{.}01$ angenommen ist,

$$125 \times 10^{-16} \text{ Erdbahnradien} = 2 \text{ mm.}$$

Da noch kleinere Teilchen eine gewöhnliche Reflexion des Lichts geben, so wird es möglich sein, sich sogar die Masse aller Plejadennebel zusammengenommen als der Größenordnung nach mit der unserer Sonne vergleichbar zu denken.

Zur Frage der Extinktion des Lichtes im Weltraum durch solche Staubnebel sei daran erinnert, daß nur wenige Sterne so intensive Nebelumgebungen zeigen, wie die Mitglieder der Plejaden. Man ist deshalb zu der Annahme berechtigt, daß die Plejaden sich in einer Nebelwolke befinden, die ihnen eigen ist, und deren Dichte über die normale Stauberfüllung des Raumes hinausgeht.

Über die Parallaxe der Plejaden.

Der oben benutzte Wert, $0\overset{''}{.}01$, für die Parallaxe der Plejaden bedarf der näheren Motivierung.

Zur Abschätzung dieser Parallaxe lassen sich folgende drei Wege einschlagen. Nur die beiden ersten geben zurzeit einen Anhalt für den gesuchten Wert, während es für die Durchführung des dritten noch an genügend genauen Beobachtungen fehlt.

1. Aus der Größe der Komponente der Eigenbewegung eines Sternes in der Richtung nach dem Sonnenantiapex kann man seine Parallaxe unter der Voraussetzung berechnen, daß der Stern im Raum in Ruhe ist. Der mittl. Fehler der so berechneten Parallaxe beträgt $\pm pV/\sin\lambda$, wo p die wirkliche Parallaxe, V die Wurzel aus dem mittleren Quadrate der Pekuliargeschwindigkeiten in Einheiten der Sonnengeschwindigkeit von 20 km/sec und λ der Winkelabstand des Sternes vom Sonnenapex ist. Für die Plejaden beträgt λ etwa 116°, woraus $\sin\lambda = 0.90$.

Die mittlere Eigenbewegung von 12 Plejadensternen beträgt nach *Boss* $0\overset{''}{.}053$ jährlich in der Richtung nach 158° und die mittlere Radialgeschwindigkeit für 6 Plejadensterne nach *Frost* und *Adams* $+10 \pm 2$ km/sec (m. F. des Mittels). Der Sonnenantiapex liegt in der Richtung nach 147° und die Komponente der Sonnenbewegung $-20\cos\lambda$ km/sec beträgt am Orte der Plejaden $+9$ km/sec.

Da nun die helleren Sterne der Plejadengruppe Heliumsterne sind, ist zu erwarten, daß die Pekuliargeschwindigkeit der Gruppe klein ist. In der Tat weicht die Richtung der Eigenbewegung nur um $158° - 147° = 11°$ von der Richtung nach dem Antiapex ab und die Radialgeschwindigkeit ist nur um 1 ± 2 km/sec von der Komponente der Sonnenbewegung verschieden. Aus der Größe der Komponente der Eigenbewegung in der Richtung nach dem Antiapex berechnet sich die Parallaxe zu $+0\overset{''}{.}014$. Nach dem vorstehenden ist zu erwarten, daß der m. F. dieses Wertes nur einen Bruchteil von $0\overset{''}{.}014$ ausmachen wird.

2. Die Spektren der helleren Plejaden gehen von B5 bei der Sterngröße 3^m bis A0 bei der Sterngröße 7^m. Nach den absoluten Helligkeiten, welche für Sterne von gleichen Spektren anderweitig gefunden sind, darf man erwarten, daß die Mitglieder der Plejaden, welche die scheinbare Größe 6^m zeigen, auf eine Parallaxe von 1″ gebracht, die Größe -5^m haben würden. Das gibt die Parallaxe der Gruppe zu $0\overset{''}{.}0063$, was mit dem von mir früher (Zeitschr. f. wiss. Photographie **5**, 106, Fußnote 37; 1907) auf demselben Wege geschätzten Wert $0\overset{''}{.}0085 \pm 0\overset{''}{.}002$ gut übereinstimmt. Die gleiche Überlegung führt neuerdings Herrn *H. N. Russell* (Proc. of the Americ. Philos. Soc. Philadelphia, **51**, 575; 1912) ebenfalls auf den Wert $0\overset{''}{.}0063 \pm 0\overset{''}{.}001$.

3. Nach der in A. N. 4543 beschriebenen Methode kann man Doppelsterne mit eben merklicher Bahnbewegung benutzen, um ihre Parallaxe abzuschätzen. Leider habe ich nur einen solchen Doppelstern, welcher mit den Plejaden gemeinschaftliche Eigenbewegung besitzt, nämlich Bessel 9 oder β 536 (βGC 1856 AB) gefunden, und es liegen davon nur spärliche Messungen vor, die sich recht schlecht miteinander vertragen. Der Doppelstern wurde von *Barnard* 1893 Sept. 17 vollkommen rund gesehen (A. J. 447), eine Beobachtung, die zur Annahme eines Unterschiedes im Positionswinkel von 180° zwischen den Messungen vor und nach diesem Datum einlädt, wodurch alles in Einklang kommen würde. Allein der Helligkeitsunterschied zwischen den beiden Komponenten (im Mittel zu etwa 0^m5 geschätzt) scheint diese Annahme kaum zu erlauben. — In bezug auf die Geschichte von Atlas, Σ 453, βGC 1887, sei noch auf *Lewis'* Bearbeitung der Σ-Sterne (Mem. Roy. Astr. Soc. **56**) hingewiesen.

Potsdam, 1913 Juli 3.

E. Hertzsprung.

[1]) Vergl. die nachfolgende Notiz.