von Diphtheriebazillen durch Einspritzung in Meerschweinchen in solche Formen umzuwandeln, die sich von Pseudodiphtheriebazillen nicht unterscheiden lassen. Dieser Übergang erfolgte erst allmählich, oft waren mehrere Meerschweinchenpassagen notwendig, und es verdient hervorgehoben zu werden, daß sich neben solchen Variationen, die aller typischen Diphtheriemerkmale entkleidet waren, auch andere vorfanden, denen bloß das eine oder das andere fehlte, die Extreme waren also mit anderen Worten durch zahlreiche Zwischenstufen verknüpft. Die Veränderungen waren zum Teil reversibel, zum Teil aber dauernd. So konnte ein Stamm, der einmal seine Pathogenität verloren hatte, nie mehr in den virulenten Zustand zurückversetzt werden. Diese Befunde machen es wahrscheinlich, daß tatsächlich die bei Rekonvaleszenten auftretenden Pseudodiphtheriebazillen Abkömmlinge von echten Diphtherieerregern sind, und daß beide Formen systematisch zusammengehören.

P. Stark, Leipzig.

Astronomische Mitteilungen.

A spektroskopische method of determing stellar parallaxes und Application of a spektroskopische method of determing stellar distances to stars of measured parallax, von Walther S. Adams. Communications to the National Academy of Sciences Nr. 24, 25. Das in der Stellastronomie so außerordentlich wichtige Parallaxenproblem und noch manche andere Frage astronomischer und physikalischer Natur können durch die Ergebnisse dieser Untersuchungen von Adams auf dem Mount Wilson Solar Observatory eine neue Belebung erhoffen. Ihr wesentlicher Inhalt ist folgender:

Es ist schon seit langem bekannt, daß Sterne gleichen Spektralcharakters von sehr verschiedener Absolut-helligkeit sein können. Ein typischer Fall sind α Tauri und 61 Cygni. Die scheinbare Helligkeit des ersten ist 1.^m1, die des zweiten 5.^m6, die Parallaxe des ersten beträgt aber nur 0,07, des zweiten dagegen 0,31. Würde man also α Tauri und 61 Cygni sich in die gleiche Entfernung versetzt denken, die einem Werte der Parallaxe von 0,1 entspräche (die scheinbare Größe eines Sternes in dieser Einheitsdistanz nennt man seine absolute Größe), so wäre α Tauri von der Größe 0.^m4 und 61 Cygni nur 8.^m0. Das heißt soviel als: die Leuchtkraft von α Tauri ist ungefähr 1100-mal so groß als die von 61 Cygni. Beide haben das Spektrum K₅. Man wird vermuten, daß α Tauri ein viel gewaltigerer Körper ist als 61 Cygni und daß infolgedessen diejenigen Linien in beider Spektren, welche von den physikalischen Bedingungen der Lichtemission stark beeinflusst werden, in beiden Spektren systematische Unterschiede aufweisen werden. In der Tat zeigt sich bei zwei Linien in ihrem Spektrum ein solcher Unterschied besonders auffällig. Die Calciumlinie 4455 Å ist bei 61 Cygni stark, dagegen bei α Tauri schwach ausgeprägt. Diese Linie zeigt auch in den Sonnenflecken ein besonderes Verhalten und wächst an Intensität mit Abnahme der Temperatur. Andererseits ist die Strontiumlinie 4216 Å eine bei den hohen Temperaturen im Funkenspektrum stark ausgeprägte Linie und ist auch im Spektrum von α Tauri kräftig, dagegen im Spektrum von 61 Cygni schwach entwickelt. Außer solchen Linien treten wiederum andere auf, die offenbar unempfindlich gegenüber den äußeren Bedingungen bei der Lichtemission sind, da sie bei solchen Sternpaaren wie α Tauri und 61 Cygni keine Intensitätsunterschiede zeigen.

Adams hat darum versucht, aus dem systematischen Verhalten der beiden Linien Ca 4455 und Sr 4216 Kriterien für die absolute Helligkeit der Sterne im Bereiche der späten Spektralklassen von F₀ bis M (es sind dies die Sterne mit scharf ausgeprägten Metalllinien bis zu denen mit Oxydbanden, d. h. die gelben und roten Sterne) abzuleiten. Und zwar vergleicht er die Intensitäten folgender drei Linienpaare:

- a) 4216 Sr mit 4250 Fe,
- b) 4455 Ca „ 4462 Fe, Mn,
- c) 4455 Ca „ 4495 Fe.

Die gemessenen Unterschiede Δ trägt er sodann für eine größere Zahl von Sternen, bei denen gute Parallaxenbestimmungen vorliegen, so daß ihre absoluten Größen berechnet werden können, als Ordinaten zu den absoluten Größen M als Abszissen auf und findet innerhalb der Spektraltypen von F bis K eine lineare Beziehung. Für die Linienpaare b) und c) ist schon für K₅ bis M die Beziehung keine lineare mehr. Eine Ausgleichung aus etwa 60 Sternen liefert die Koeffizienten der linearen Beziehungen

$$M = a \cdot \Delta + \beta;$$

und zwar wurde die Ausgleichung getrennt für fünf Spektralgruppen:

$$F_0-F_6, F_7-G_7, G_8-K_4, K_5-K_9, M$$

durchgeführt. Mit Hilfe dieser Relationen und der Gleichung:

$$M = m + 5 + 5 \log \pi,$$

welche die Parallaxe π aus der absoluten Helligkeit M (in Größenklassen) und der scheinbaren Größe m zu berechnen gestattet, wurden sodann für weitere etwa 60 Sterne aus den gemessenen Intensitätsunterschieden Δ der Linienpaare die Parallaxen berechnet und mit den durch andere Beobachtungsmethoden gemessenen verglichen. Die Übereinstimmung ist bis auf einige noch nicht aufgeklärte Fälle eine überraschend gute. Es seien nur einige Fälle hier wiedergegeben:

	Größe	Sp.	Parallaxe	
			berechnet	beobachtet
α Can. min. .	0.5	F ₃	+ 0,36	+ 0,32
10 Urs. maj.	4.1	F ₆	0,11	0,09
10 Tauri . .	4.4	F ₈	0,07	0,07
χ Herculis .	4.6	F ₈	0,09	0,10
ϵ Eridani . .	3.8	K ₃	0,27	0,31
δ Eridani . .	3.7	G ₉	0,05	0,19 ¹⁾
γ Cephei . .	3.4	K ₂	0,03	0,07
Pi 14. ^h 212 .	5.8	K ₆	0,19	0,17
W.B.16. h906	9.1	M _b	0,21	0,27

Diese Methode liefert also einen einfachen Weg, um unmittelbar aus dem Spektrum eines Sterns seine Parallaxe ableiten zu können; es wäre ein ganz gewaltiger Fortschritt, wenn sich diese Methode quantitativ streng begründen und auf alle Spektralklassen ausdehnen ließe, denn sie befreit uns von dem Zwang, uns eine genügend breite Basis zur Entfernungsmessung bei den Sternen zu schaffen, was bei den riesenhaften Entfernungen, um die es sich hierbei handelt, außerordentliche Schwierigkeiten bereitet. Sie macht allerdings dafür den Umweg über die absolute Größe der Sterne und läßt vorerst noch die Frage offen, welche physikalische Bewandnis es mit diesen Intensitätsunterschieden bei den verschiedenen Sternen hat. Diese Frage ist schon an und für sich sehr wichtig und die Möglichkeit, die absolute Größe der Sterne aus ihren Spektren zu bestimmen, auch für andere Probleme als das Parallaxenproblem von höchstem Interesse.

¹⁾ einzige große Abweichung.

Über die Dynamik der Sternhaufen. Eine ganze Reihe von Arbeiten verschiedener Astronomen, die allgemeines Interesse beanspruchen können, befassen sich mit der Massenverteilung in den kugelförmigen Sternhaufen und der Frage der Anwendbarkeit der Gesetze der kinetischen Gastheorie auf die Dynamik der Sternhaufen. Über dieses Problem wird zurzeit in England und den nordischen Ländern von den Astronomen *Eddington*, *Jeans*, *Plummer*, *Strömberg*, *v. Zeipel* eifrig gearbeitet.

Von jeher war der Anreiz vorhanden, auf die Erscheinungen im Sternuniversum die Gesetze der kinetischen Gastheorie anzuwenden, da man leicht versucht ist, die Vorgänge in einer Sternwolke nur als Vergrößerung entsprechender Vorgänge in einer Gasmasse anzusehen. Auf die Zustände in der Gesamtheit der Sterne der *Milchstraße* haben jedoch diese Gedanken kein Licht zu werfen vermocht, da die Art der festgestellten Sternströme und die ganz außerordentlich geringe Dichte dieses „Stern-gases“ neue Verhältnisse schaffen, die in der kinetischen Gastheorie nicht angetroffen werden, zumal außerdem noch das Sternuniversum einen stationären Zustand anscheinend noch nicht erreicht hat. Anders liegen die Dinge bei den *kugelförmigen Sternhaufen*. Ihre Gestalt deutet darauf hin, daß Sternströme in ihnen auf die Struktur keinen wesentlichen Einfluß ausüben, denn die kugelförmige Anordnung der Sterne ist die notwendige Bedingung für stabile Verhältnisse, wenn keine Sternströme vorhanden sind, andernfalls sind auch Gleichgewichtsfiguren wie z. B. der Saturnsring möglich (*Jeans*, Month. Not. 76). Ferner ist in solchen Sternhaufen wohl sicherlich das Verhältnis der Abstände der einzelnen Sterne voneinander zur Gesamtausdehnung des Haufens von anderer Größenordnung als die entsprechenden Werte in der *Milchstraße*, so daß, falls ausgesprochene Sternströme anfangs vorhanden waren, dieselben infolge der Zusammenstöße bald abgeklungen sein werden.

Die Untersuchungen von *Plummer* und *v. Zeipel* haben nun das überraschende Resultat gezeitigt, daß die Massenverteilung in den verschiedenen kugelförmigen Sternhaufen der gleichen Gesetzmäßigkeit folgt, und zwar derjenigen einer Gasmasse im adiabatischen Gleichgewichtszustande, wenn als Verhältnis der spezifischen Wärmen $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ der Wert 1,2 gesetzt wird. Dieser Wert von γ wird in der Tat von den verschiedenen Sternhaufen innerhalb enger Grenzen gewahrt. Nur im Zentrum und an der Peripherie der Haufen offenbaren sich merkliche Abweichungen von dieser, durch die Formel

$$\rho = (\rho^2 + r^2)^{-5/2}$$

(ρ = Massendichte, r = Entfernung vom Zentrum) wiedergegebenen Verteilung.

In der kinetischen Gastheorie spielt diese Formel eine wichtige Rolle; sie gibt die Dichteverteilung in einer Gaskugel von endlicher Gesamtmasse aber unendlicher Ausdehnung wieder. Die Theorie gibt außerdem die Mittel an die Hand, aus der zentralen Dichte die Gesamtmasse abzuleiten. Die Abzählungen in den kugelförmigen Sternhaufen liefern also, außer der Dichteverteilung als Funktion des Abstandes vom Mittelpunkt, in der Gesamtzahl der Sterne, die nachweislich zum Haufen gehören, ein Maß für die Gesamtmasse des betrachteten Gebildes. Dabei werden alle

Sterne als gleich groß vorausgesetzt, was zulässig erscheint, insofern die Dichteverteilung für die verschiedenen hellen Mitglieder des Sternhaufens nicht verschieden ausfällt. Für die *Gesamtzahl* der Sterne im Haufen N. G. C. 362 liefern z. B. die Abzählungen $N_\infty = 1058$, die Theorie dagegen $N_\infty = 1015$ und für den Sternhaufen N. G. C. 5986 $N_\infty = 460$ gegen 431 der Theorie. Nicht minder gut ist die Darstellung des Dichteverlaufs innerhalb des Haufens durch die obige Formel.

Dieser Tatsache gegenüber kann man nun zwei verschiedene Standpunkte einnehmen. Entweder man faßt die gute Darstellung der Massenverteilung in den kugelförmigen Sternhaufen durch die Formel der Gastheorie als Beleg dafür auf, daß es in der Tat einen Sinn hat, diese Gesetze auch auf solche Gebilde auszudehnen. Dann muß man konsequenterweise der

Größe $\gamma = 1 + \frac{1}{n}$ ($n = 5$), dem Verhältnis der spezifischen Wärmen, eine physikalische Bedeutung auch innerhalb dieser Gebilde zusprechen können. Oder aber, was mir auch das Richtige scheint, man faßt den obigen Umstand als einen Fall auf, wie solche öfters in den theoretischen Naturwissenschaften sich finden, daß nämlich die gleiche mathematische Theorie verschiedene Anwendungen zuläßt, wobei die in den Formeln auftretenden Größen Träger verschiedener physikalischer Dinge sind. Diesen letzten Standpunkt vertritt in erster Linie *Eddington* (Month. Not. 76, 1916) und er hat die ersten Schritte getan, um Klarheit in die hier vorliegenden Zusammenhänge zu bringen. Den ersten Standpunkt vertreten *Plummer* und *v. Zeipel* (Month. Not. 7176).

In der Tat könnte man versucht sein, die Größe $\gamma = 1 + \frac{1}{n}$ ($n = 5$) als das Verhältnis der spezifischen Wärmen in der Gaskugel aufzufassen, aus welcher der Sternhaufen entstanden ist, falls überhaupt eine Gaskugel die Ausgangsstufe dieser Gebilde ist. Es ist aber unmöglich, sich vorzustellen, daß die Massenverteilung von der Gaskugel bis zum Sternhaufen unveränderlich durch die ganze Entwicklung hindurch geblieben sein sollte, da sich ja die Sterne nicht plötzlich auskristallisiert haben können. Näher liegt es schon, dem einzelnen Stern die Eigenschaften eines Gasmoleküls zu verleihen. Dann gerät man aber in große Schwierigkeiten, will man das Auftreten eines adiabatischen Gleichgewichtszustandes deuten und dem einzelnen „Sternmolekül“ diejenigen Freiheitsgrade erteilen, daß ein Verhältnis der spezifischen Wärmen $\gamma = 1.2$ resultiert. Dem Werte $\gamma = 1 + \frac{1}{n}$ ($n = 5$) muß vielmehr eine allgemeinere Bedeutung zukommen, als ihm die kinetische Gastheorie erteilt. Dafür spricht in der Tat der Umstand, daß der Wert $n = 5$ der Grenzwert ist, für welchen bei *unendlicher* Ausdehnung der Gaskugel noch ein *endlicher* Betrag für die Gesamtmasse möglich ist. Es hat demnach den Anschein, als streben auch die Sternhaufen nach einem Zustande möglicher Massenzerstreuung bei endlicher Gesamtmasse. Man wird also darauf ausgehen müssen, die Dynamik solcher kugelförmigen Sternhaufen unabhängig zu entwickeln, wozu die ersten Ansätze von *Eddington*, *Jeans* und *Strömberg* vorliegen. Erfreulich wäre es, wenn auch in Deutschland Interesse und Mitarbeit an diesen Problemen der Astronomie erwüchse.

E. Freundlich, Berlin-Neubabelsberg.