

von φ in zwei Gruppen (100° , 190°) zerfallen, und zweitens ergeben die Untersuchungen von *Ehrenfeucht* (A. N. 148.277), daß die systematischen Fehler *Struves* in der Nähe des Zenits rasch abnehmen, sodaß die Messungen von α Aurigae voraussichtlich zu kleine Werte liefern werden.

In der folgenden Tabelle sind die Messungen von α Aurigae zusammengestellt. Die Ausgangswerte sind: $t_0 = 1854.22$, $p = 147^\circ 18.4$, $s = 168.247$ (nach *O. Struve*), $\mu_A = -0.0863$, $\mu_D = +0.4148$ (*Comstock*).

Messungen von α Aurigae.

	p	s	$p-p_0$	$s-s_0$	ϑ
1851.13	$147^\circ 26'$	169.87	$-2'$	$+0.40$	$8^h 24^m$
51.27	$147 17$	169.60	-11	$+0.19$	$9 10$
52.19	$147 24$	169.14	-1	$+0.10$	$6 21$
53.18	$147 18$	168.20	-4	-0.46	$7 30$
53.22	$147 11$	168.17	-11	-0.47	$8 20$
53.25	$147 21$	168.46	0	-0.17	$10 21$
53.26	$147 19$	168.63	-3	0.00	$8 25$
53.30	$147 10$	168.13	-11	-0.48	$10 39$
53.69	$147 33$	168.16	$+13$	-0.33	$23 21$
53.71	$147 26$	168.40	$+6$	-0.04	$23 5$
53.74	$147 33$	168.40	$+13$	-0.03	$23 30$
53.76	$147 23$	168.83	$+4$	$+0.40$	$23 0$
53.83	$147 42$	168.53	$+22$	$+0.13$	$0 34$
53.86	$147 12$	168.86	-7	$+0.47$	$3 24$
53.90	$147 17$	168.84	-3	$+0.47$	$0 40$
53.99	$147 15$	168.37	-4	$+0.04$	$1 3$
54.16	$147 12$	168.07	-6	-0.20	$6 49$
54.19	$147 13$	168.14	-5	-0.11	$6 45$
54.28	$147 14$	168.25	-4	$+0.03$	$10 26$
54.67	$147 18$	168.30	$+1$	$+0.23$	$1 30$

Hörsholm-Rungsted, April 1914.

	p	s	$p-p_0$	$s-s_0$	ϑ
1854.79	$147^\circ 32'$	167.67	$+15'$	-0.35	$2^h 0^m$
54.89	$147 19$	168.28	$+3$	$+0.30$	$23 38$
55.14	$147 14$	168.22	-2	$+0.34$	$6 26$
55.16	$147 16$	168.10	0	$+0.22$	$7 9$
55.21	$147 3$	167.89	-13	$+0.03$	$8 15$
55.22	$147 8$	167.79	-7	-0.06	$8 54$
55.25	$147 6$	168.15	-9	$+0.31$	$8 55$
55.29	$147 4$	167.87	-11	$+0.04$	$10 9$
55.32	$147 10$	167.65	-5	-0.16	$11 4$

Die Mittelwerte sind:

ϑ	Beob.	ϑ	Beob.
$23^h 2^m + 5'$	$+0.18$	$7^h 20^m - 2'$	-0.12
$23 30 + 10$	-0.02	$8 21 - 7$	-0.01
$0 37 + 10$	$+0.30$	$9 0 - 9$	$+0.15$
$2 0 + 1$	$+0.10$	$10 24 - 7$	-0.14
$6 35 - 3$	$+0.03$	$11 4 - 5$	-0.16

In den Distanzen von α Aurigae läßt sich wegen der Ungenauigkeit der Messungen keine Gesetzmäßigkeit nachweisen; in den Positionswinkeln ist dagegen eine Abnahme um $18'$ (0.88) unverkennbar. Diese Abnahme entspricht einem positiven v -Wert von rund $1''$, und die Messungen von α Aurigae bestätigen somit die aus den Messungen von α Tauri gezogenen Schlüsse.

Aus den Messungen von α Tauri und α Aurigae geht jedenfalls hervor, daß die Messungen von *O. Struve* mit ungewöhnlich großen systematischen Fehlern behaftet sind, die bei hellen Sternen eine systematische Verschiebung der Begleiter von $1''$ gegen Norden hervorrufen können, sodaß die Pulkowaer Messungen für Untersuchungen über »star drifts« bei lichtschwachen Sternen völlig ungeeignet sind.

H. E. Lau.

Bemerkungen zu *P. Harzers* Abhandlung »Über die Mitführung des Lichtes in Glas und die Aberration« (A. N. 4748). Von *A. Einstein*.

Die im Titel genannte Abhandlung bedarf nach meiner Ansicht in zwei wesentlichen Punkten der Berichtigung. Herr *Harzer* sagt: »Nach der elektromagnetischen Lichttheorie und auch nach dem *Einsteinschen* Relativitätsprinzip wird aber der Wert von k (Mitführungskoeffizient) für Licht von der im ruhenden Mittel gemessenen Wellenlänge λ durch die Formel

$$k = 1 - 1/n^2 - (\lambda/n) (dn/d\lambda)$$

bestimmt, bei der die Aberration von der Bewegung der Mittel, wenn schon in nur geringem Grade, abhängig wird.« Hierzu bemerke ich folgendes:

1. Aus der zitierten Bemerkung scheint die Meinung zu sprechen, daß nach der Relativitätstheorie eine Abhängigkeit des Aberrationswinkels von der Natur der Substanz zu erwarten sei, die von dem Lichte im Beobachtungsfernrohr durchsetzt wird. Eine solche Abhängigkeit kann aber schon nach dem Grundgedanken der Relativitätstheorie nicht existieren. Dies erhellt sogleich, wenn man den ganzen Vorgang auf ein Koordinatensystem bezieht, relativ zu dem das Fernrohr sich in Ruhe befindet; denn abgesehen von der

Erzeugung des Lichtes läßt sich dann der ganze Vorgang mit Hilfe der Optik ruhender Körper vollständig übersehen.

2. Die obige Formel für k ist nach der Relativitätstheorie keineswegs allgemein gültig; dieselbe hat vielmehr nur in einem bei dem *Fizeauschen* Versuch realisierten Spezialfall Gültigkeit, nicht aber in dem von *Harress* realisierten Spezialfalle. Dies soll im folgenden erläutert werden. Bezeichnet V die Lichtgeschwindigkeit im Körper vom Standpunkte des nicht mitbewegten Beobachters, V' die Lichtgeschwindigkeit im Körper vom Standpunkt des mitbewegten Beobachters, v die (gleich gerichtete) Geschwindigkeit des Körpers, so gilt nach der Relativitätstheorie (in erster Annäherung) stets

$$V = V' + (1 - 1/n^2)v. \quad (1)$$

Die Lichtgeschwindigkeit V' relativ zum Medium entspricht daher derjenigen Frequenz ν' , welche dem Lichte in bezug auf ein mit dem Medium bewegtes Koordinatensystem zukommt.

Ist V' von ν' unabhängig, d. h. kann die Dispersion vernachlässigt werden, so ist V' einfach gleich der Licht-

geschwindigkeit im Medium. Dann unterliegt es keinem Zweifel, daß man als »Mitführungskoeffizienten« k die Größe $(1 - 1/n^2)$ anzusehen hat.

Ist aber V' von ν' abhängig, so hat die angegebene Formel für V für sich allein betrachtet noch keinen bestimmten Sinn. Denn man müßte für ihre Anwendung erst wissen, wie groß die Lichtfrequenz ν' mit Bezug auf das Medium ist. Stellt man sich die Aufgabe, dies ν' in Abhängigkeit von der auf das nicht mitbewegte System bezogenen Frequenz ν des angewandten Lichtes zu ermitteln, so erhält man ein von Fall zu Fall verschiedenes Resultat, wie sogleich gezeigt werden soll. Es ergibt sich infolgedessen, daß V durch die Frequenz des Lichtes (vom Standpunkte des nicht mitbewegten Beobachters), die Natur des bewegten Körpers und dessen Bewegungsgeschwindigkeit v überhaupt noch gar nicht bestimmt ist, sondern daß V auch noch davon abhängt, wie das Licht in den Körper eingeführt wird.

1. Fall.

Das Licht wird einem in Translationsbewegung befindlichen Körper in derselben Richtung zugeführt, in der es nachher den Körper durchsetzt. Hier gilt in erster Annäherung



$$\nu' = \nu(1 - v/c)$$

wie man aus dem auf das Licht vor seinem Eintritte in den Körper angewandten *Dopplerschen* Prinzip sofort erkennt. Also

$$\begin{aligned} V'(\nu') &= V'(\nu) - \nu(v/c) (dV'/d\nu) \\ &= V'(\nu) - (\lambda/n^2) (dn/d\lambda) \nu. \end{aligned}$$

Statt (1) ergibt sich also

$$V = V'(\nu) + [1 - 1/n^2 - (\lambda/n^2)(dn/d\lambda)] \nu. \quad (1a)$$

Man kann also in gewissem Sinne die Größe

$$k = 1 - 1/n^2 - (\lambda/n^2)(dn/d\lambda)$$

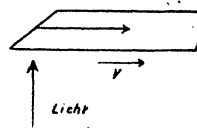
in diesem Falle als den »Mitführungskoeffizienten« bezeichnen.

2. Fall.

Das Licht wird dem Körper in einer Richtung zuge-

Berlin-Dahlem, 1914 Juli 18.

führt, die senkrecht auf der Richtung steht, in der es nachher den Körper durchsetzt. Hier gilt in erster Näherung



$$\nu' = \nu \quad \text{also} \quad V = V'(\nu) + (1 - 1/n^2) \nu. \quad (1b)$$

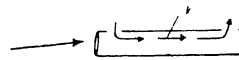
Hier kann also in demselben Sinne wie oben

$$k = 1 - 1/n^2$$

gesetzt werden.

3. Fall (Versuch von *Fizeau*).

Das Licht durchsetzt achsial ein ruhendes Rohr, welches achsial von Flüssigkeit mit der Geschwindigkeit v durchströmt wird.



Auch in diesem Falle gilt Formel (1), aber die Lichtgeschwindigkeit V' relativ zur Flüssigkeit, bezw.

die Frequenz ν' , hängt von der Frequenz des eingeführten Lichtes wieder in anderer Weise ab als in den beiden bisher betrachteten Fällen. Hier ist nämlich offenbar ν zugleich die Frequenz des Lichtes innerhalb der Flüssigkeit vom Standpunkt eines relativ zur Röhre ruhenden Beobachters. Die Frequenz ν' für den mit der Flüssigkeit bewegten Beobachter ist daher nach dem *Dopplerschen* Prinzip

$$\nu' = \nu(1 - v/V)$$

also

$$V'(\nu') = V'(\nu) - (\nu v/V) (dV'/d\nu).$$

Setzt man dies in (1) ein, so erhält man

$$\begin{aligned} V &= V'(\nu) + [1 - 1/n^2 - (\lambda/n^2)(dn/d\lambda)] \nu \\ k &= 1 - 1/n^2 - (\lambda/n^2)(dn/d\lambda). \end{aligned} \quad (1c)$$

Herr *Harzer* behauptet nun, daß nach der Relativitätstheorie der »Mitführungskoeffizient« gemäß (1c) zu erwarten sei, während er aus dem Experiment von *Harress* findet, daß der Versuch einen Mitführungskoeffizienten gemäß (1b) ergibt. Ein Blick auf die *Harress'sche* Anordnung zeigt aber, daß es sich hier durchaus um den Fall (1b) handelt, sodaß das Experiment zusammen mit *Harzers* Rechnung in Wahrheit nicht eine Widerlegung sondern umgekehrt eine Bestätigung der Theorie liefert.

A. Einstein.

Bemerkungen zu meinem Artikel in Nr. 4748 im Zusammenhange mit den vorstehenden Bemerkungen des Herrn Einstein. Von Paul Harzer.

Auf Herrn *Einsteins* Bemerkungen habe ich folgendes zu erwidern: Zu 1.: In meinem Artikel habe ich zu der Relativitätstheorie (Rth) keinerlei Stellung genommen. Meine von Herrn *Einstein* zitierte Äußerung über die Abhängigkeit der Aberration von der Bewegung der Mittel ist deshalb ohne Rücksicht auf die Rth und natürlich in dem Sinne meiner ausführlichen Darlegung auf S. 383-384 Bd. 198 zu verstehen. Da nun Herrn *Einsteins* Darlegung unter 1. nur auf der Rth beruht, so kann in ihr keine »Berichtigung« sondern nur eine Ergänzung enthalten sein. Zu 2.: Hier erfolgt tatsächlich eine Berichtigung, aber nicht an einem mir angehörenden Teile meines Artikels, sondern an einem Zitate, das als solches schon durch seine Stellung in dem Einleitungsabschnitte, der auch sonst nur referiert, kenntlich

ist. Der Deutlichkeit wegen füge ich zu meinem Zitate hinzu, daß S. 377, Z. 12 v. o. die *Lorentz'sche* Formel für k als eine auch der Rth entsprechende nach *Harress* S. 7 u. f. erwähnt worden ist. Ich »behaute« also an dieser Stelle nicht, sondern ich zitiere. Weiter zu 2.: Herrn *Einsteins* Darlegung, wie sich die Mitführung nach der Rth gestaltet, werden alle an der Frage Interessierten begrüßen; die von Herrn *Harress* ohne Beschränkung aufgestellte, mit der *Lorentz'schen* übereinstimmende Formel für k ist danach nur für das *Fizeau'sche* Experiment, nicht für das *Harress'sche* gültig. Man wird Herrn *Einstein* in dieser Darlegung natürlich folgen; seine Behauptung aber »ein Blick auf die *Harress'sche* Anordnung zeigt aber, daß es sich hier durchaus um den Fall (1b) handelt« bedarf m. E. der Berichtigung. Es