

JAN 25 1901

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.



1900. Heft I.

München.

Verlag der K. Akademie.

1900.

In Commission bei G. Franzmann Verlag in Berlin.

Ueber die Bestimmung der Lage des Zodiakallichtes und den Gegenschein.

Von **Max Wolf**.

(*Einzelauflagen 18. Juni.*)

(Mit Taf. IV.)

Während in dem früheren Observatorium in der Stadt Heidelberg das Zodiakallicht eigentlich niemals mit Sicherheit gesehen werden konnte, erscheint es von der Höhe des neuen Observatoriums auf dem Königstuhl fast stets recht hell und es konnte oft in so grosser Intensität gesehen werden, dass es heller als die Milchstrasse erschien. Seit dem Bestehen des neuen Observatoriums haben wir deshalb häufig Aufzeichnungen des Zodiakallichtes sowohl abends als morgens vorgenommen.

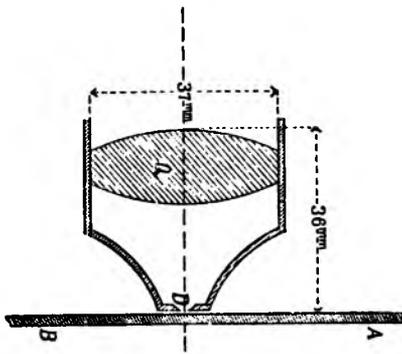
Aber diese Aufzeichnungen litten sehr unter der Unschärfe und der Langsamkeit der Intensitätszunahme des Lichtes von den Rändern gegen innen, so dass es, wie jeder, der das Zodiakallicht beobachtet hat, aus Erfahrung weiss, sehr schwer war, die Lage der Axe des Lichtkegels auch nur ganz roh zu bestimmen. Dazu kommt noch, dass man sich so leicht durch die Sterne der Umgebung irrliten lässt. Abgesehen von ihrem störenden Eindruck auf das Auge ist man immer versucht, so sehr man sich auch dagegen bemüht, bei dem Anschluss der Konturen des Lichtes an die Sterne, diejenigen zu bevorzugen, die man in der betreffenden Gegend besser kennt.

Es regte sich deshalb in mir der Wunsch, das Zodiakallicht zu photographiren und aus dem Bild die Axenlage zu bestimmen. Verschiedene Versuche lehrten mich aber, dass

dieser Weg nicht viel mehr geben wird, als der optische. Die dazu nötigen lichtstarken Objective zeichnen nämlich stets bei dem grossen hierfür in Betracht kommenden Feld die Mittelpartien der Platte viel heller als die Randpartien, sodass man überhaupt nicht sicher weiss, ob man das Zodiakallicht photographirt hat, und wenn, so wird das Bild dadurch so entstellt, dass es schwer zu entscheiden ist, ob die grösste Intensität der Wirkung der Linse oder jener des Zodiakallichtes zuzuschreiben ist.

Ich habe deshalb diesen Weg nicht weiter verfolgt, sondern habe vielmehr auf andere Weise der Erscheinung näher zu treten versucht.

Fig. 1.



Im Beginne des Jahres 1899 liess ich mir von der Firma C. Zeiss in Jena ein Objectiv aus Quarz bauen, bei dem nur der allerzentralste Teil des Bildes in der optischen Axe brauchbar, in welchem also jede Strahlenvereinigung ausserhalb der Axe vernachlässigt wurde. Dagegen wurde möglichst grosse Lichtstärke (Flächenhelligkeit) erstrebt. In der That gelang es dort Dr. Harding, einen Quarzcondensor aus 3 Linsen zusammenzusetzen, der das eminente Oeffnungsverhältniss: Durchmesser zur Brennweite = 3 : 2 besitzt. Die Oeffnung ist etwa 37 mm, die Distanz des Bildes von der vordersten Fläche ist etwa 36 mm.

Die Disposition des damit gebauten Apparates ist aus der Figur 1 ersichtlich. Bei Q befindet sich das dreilinsige Quarz-

System. In seiner optischen Axe unmittelbar vor der Bildebene ist ein solid mit dem Objectiv verbundenes Diaphragma mit enger Oeffnung befestigt (*D*). Fast in Berührung mit und unmittelbar hinter dem Diaphragma liegt die photographische Platte (*A—B*). Dieselbe ist so gelagert, dass sie ihrer Länge nach in ihrer Ebene hinter dem Diaphragma vorbeigeschoben werden kann. Durch diese Verschiebung der Platte kann dann eine Reihe von Bildchen nebeneinander auf der Platte erzeugt werden und, wenn man durch Objectiv und Diaphragma Licht auf die Platte fallen lässt, so ist jedes so entstehende Bildchen genau in derselben Axe aufgenommen.

Auf diese Weise konnte ich erreichen, dass immer ein genau bestimmbarer Punkt des Himmels auf der Platte abgebildet und dabei doch jede Abblendung, also jeder Lichtverlust der Linse vermieden wird.

Dieses System wurde auf der Horizontalaxe eines Theodoliten so montirt, wie es der Lichtdruck auf der beigegebenen Tafel zeigt. Das Objectiv — der Quarz-Zeiss — ist fest verbunden mit der Horizontalaxe und steht mit seiner optischen Axe parallel mit der optischen Axe des Fernrohres des Theodoliten. Dadurch kann ich erreichen, den Quarz-Zeiss auf einen beliebigen Punkt des Himmels zu richten und dann durch sein Diaphragma von eben diesem beliebigen Punkt ein Bildchen auf der Platte zu erzeugen.

Die Platte sitzt in der hinter dem Objectiv sichtbaren Cassette und wird mit dieser durch die lange Schraube hinter dem Objectiv und seinem Diaphragma vortübergeschoben. Es ist wichtig die Bilder in gleichen Abständen auf der Platte zu erzeugen, weil dadurch die Arbeit des Einschätzens wesentlich erleichtert wird.

Der Apparat wurde von Mechaniker Schwall und mir in der Institutswerkstätte im Sommer 1899 gebaut.

Nach dem Verständniss der Anordnung des Apparates ist nun leicht ersichtlich, was erstrebt wurde. Es wird das Bild einer kleinen Stelle des Zodiakallichtes auf der Platte mit dem Quarz-Zeiss aufgenommen. Dann wird die Platte mit

der langen Schraube ein Stück weiter geschoben, der Apparat nach einer andern Stelle des Zodiakallichts gerichtet und abermals eine Aufnahme gemacht. An den Kreisen des Theodoliten wird die jeweilige Einstellung abgelesen und dadurch bekannt, welcher Punkt am Himmel photographirt ist. Fährt man so fort, so erhält man eine Serie von Ausschnitten aus dem Zodiakallicht — von bekannter Lage — schön nebeneinander auf der Platte abgebildet. Sind die Aufnahmezeiten genau gleichlang, so sind die Intensitäten der Bilder vergleichbar und man kann z. B. das intensivste Bild heraussuchen. Also jener Punkt des Zodiakallichtes, der am hellsten, oder diejenigen, welche unter sich gleich hell geleuchtet haben, lassen sich so bestimmen.

Um die Belichtungsdauer für alle Bilder gleich zu machen, wurde, wie auf der Tafel ersichtlich, vor dem Objectiv ein guter Momentverschluss (System Linhof) befestigt. Es wurde auf den Pendelschlag einer Uhr der Verschluss geöffnet und ebenso auf einen andern Secundenschlag wieder geschlossen. Bei der ausgezeichneten Beschaffenheit des Verschlusses kommen Unterschiede von einer Zehntelsecunde kaum vor, eine Genauigkeit, die für die Methode völlig genügt.

Der Theodolit wurde bei den im Folgenden beschriebenen Versuchen stets horizontal aufgestellt, sodass also Höhe und Azimut abgelesen wurde. Das bedingte jedesmal eine Umrechnung in Rectascension und Declination. Aus diesem Grunde stelle ich auch den Theodoliten jetzt parallaktisch auf.

Auf die beschriebene Art lässt sich an einem Abend bequem eine Anzahl verschiedener Schnitte durch das Zodiakallicht ziehen. Durch die Verbindung der hellsten Stellen in den verschiedenen Querschnitten kann man dann die Axe grösster Helligkeit in dem kegelförmigen Lichtschein festlegen.

Andererseits kann man die Punkte gleicher Intensität aufsuchen und durch mehrere Schnitte die Linien gleicher Helligkeit im Zodiakallicht bestimmen.

Das abnorm schlechte Wetter dieses Winters verhinderte mich leider, viel mit dem Apparat, den ich das „Schnitt-

Photometer“ nennen möchte, zu arbeiten; nur wenige Versuche konnten gemacht werden, und von diesen will ich im Folgenden berichten.

Wie vorausberechnet, war das Schnitt-Photometer völlig lichtstark genug. So erhielt ich Anfang Februar 1900 schon mit 6 Sekunden Belichtung einen deutlichen Eindruck vom Zodiaklicht.

Um aber so kräftige Eindrücke zu erzielen, dass ihre Intensitäten leicht verglichen werden konnten, musste länger exponirt werden.

Bei den im Folgenden besprochenen Aufnahmen wurde stets 40:0 belichtet. Als das Zodiaklicht im März schwächer wurde, genügten aber 60" kaum mehr, um brauchbare Schwärzungen zu geben.

Was die Sicherheit des Auffindens der grössten Schwärzung einer Serie betrifft, so ist dieselbe so gross, dass nie ein Zweifel vorkam. Ich bat Herrn Schwassmann, unabhängig von mir die dunkelsten Bildchen herauszusuchen, und er fand bei den unten besprochenen Querschnitten, genau die gleichen heraus, wie ich selbst. Sterne, die in den Bildfleck hineinkamen, störten nicht; denn ihre Spuren waren zu kurz und fein. Wir waren beide sehr überrascht über die nicht erwartete Sicherheit in der Bestimmung des hellsten Bildpunktes.

Ich habe sechs geeignete Querschnitte genauer untersucht. Die Azimute und Höhen wurden so controlirt, dass ein bekannter Stern im Fernrohr des Theodoliten eingestellt und damit der Meridian am Kreis festgelegt und der Indexfehler gefunden wurde. Die Abweichung von Visirlinie und optischer Axe des Schnitt-Photometers wurde durch Einstellung auf ein und dasselbe entfernte terrestrische Objekt abgeleitet. Aus den abgelesenen Azimuten und Höhen und der notirten Zeit der Aufnahmen wurden die Rectascensionen und Declinationen bestimmt. Die Berechnung geschah nur für die wichtigen Maximalwerte streng, während die andern Punkte der Schnitte aus Herrn Schwassmanns Curventafel graphisch abgeleitet wurden.

Es fanden sich die folgenden Punkte auf den Platten abgebildet:

1900 Februar 21:

		α		δ
		h	m	
Schnitt A: Punkt	1	0	1.8	+22.0 ^o
	2		8.2	20.9
	3		15.5	19.6
	4		31.9	17.2
	5		40.1	16.1
	6		48.2	14.7
	7	0	55.2	12.6
	8	1	1.5	12.1
	9		15.0	10.0
	10		27.4	6.9
	11		44.3	4.5

Dieser Schnitt der nahezu parallel mit dem Horizont durch den Lichtkegel des Zodiakallichtes gelegt ist, — die weiter aussenliegenden Punkte sind hier weggelassen, — ist auf der Abbildung 2 mit *A* bezeichnet.

Durch Vergleich der gegenseitigen Helligkeiten der Bildpunkte ergab sich sofort der Punkt

$$\alpha = 0^{\text{h}} 48.2^{\text{m}} \quad \delta = 14^{\circ} 39'$$

als der hellste Punkt des Schnittes durch das Zodiakallicht.

1900 Februar 21:

		α		δ
		h	m	
Schnitt B: Punkt	1	1	11.1	+14.4 ^o
	2		7.4	15.6
	3		3.1	16.9
	4	0	59.0	18.1
	5		52.6	19.6

Der hellste Zodiakallichtpunkt auf diesem Schnitt lag in

$$\alpha = 1^{\text{h}} 9.7^{\text{m}} \quad \delta = +14^{\circ} 51'.$$

1900 Februar 21:

		α		δ
		h	m	
Schnitt C: Punkt	1	0	58.0	+ 20.1°
	2	1	7.5	18.8
	3		16.0	17.4
	4		25.1	15.6
	5		34.7	14.0
	6		43.6	12.3
	7		53.5	10.3

Maximum in

$$\alpha = 1^{\text{h}} 25.1^{\text{m}} \quad \delta = + 15^{\circ} 36'.$$

1900 Februar 27:

		α		δ
		h	m	
Schnitt D: Punkt	1	1	55.1	+ 7.4°
	2		45.7	10.3
	3		29.2	13.5
	4		17.3	16.2

Maximum in

$$\alpha = 1^{\text{h}} 27.7^{\text{m}} \quad \delta = + 14^{\circ} 5'.$$

1900 Februar 27:

		α		δ
		h	m	
Schnitt E: Punkt	1	1	19.2	+ 16.2°
	2		34.6	13.5
	3		54.4	10.3
	4	2	8.6	7.4

Maximum in

$$\alpha = 1^{\text{h}} 30.2^{\text{m}} \quad \delta = + 14^{\circ} 24'.$$

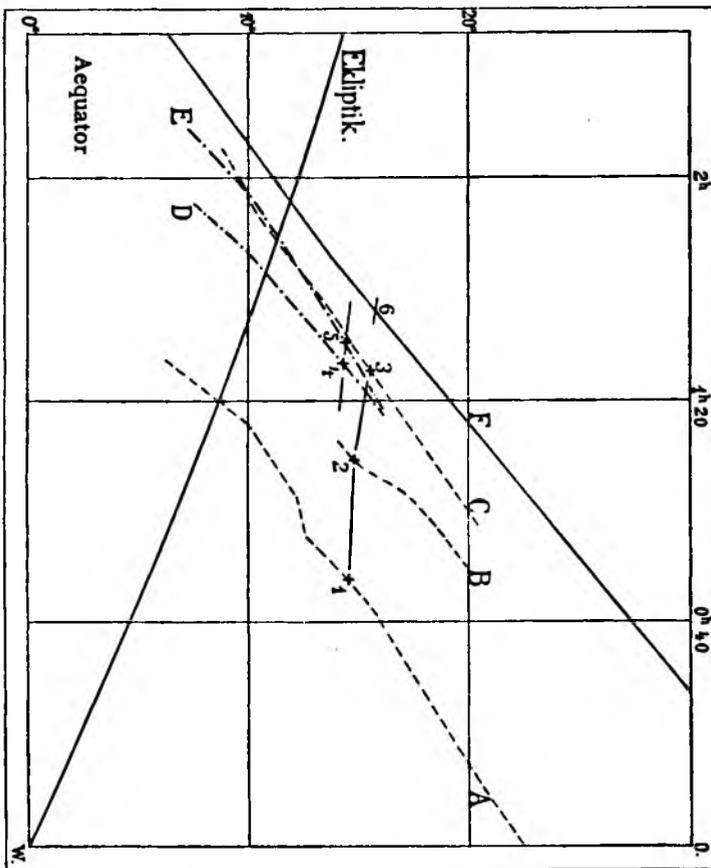
1900 März 1:

		α		δ
		h	m	
Schnitt F: Punkt	1	0	14.9	+ 32.5°
	2	1	23.5	18.3
	3	1	46.8	13.5
	4	2	0.3	10.9
	5	2	30.2	+ 5.4
	6	4	32.7	- 12.4

Bei diesem Schnitt war das Zodiakallicht abnorm schwach. Ueberhaupt machte es den Eindruck, als ob das Licht successive und rapid an Intensität von Anfang Februar auf An-

fang März abgenommen hätte. Deshalb sind hier die Bildpunkte sehr schwach und bereits schwer zu schätzen. Jedenfalls würde das Maximum ebenfalls nördlich von der Ekliptik, vielleicht in der Gegend des Sternes 105 Piscium anzunehmen sein.

Fig. 2.



Auf Figur 2 sind die 6 Schnitte mit den Buchstaben *A—F* bezeichnet. Die Punkte maximaler Intensität sind durch kleine Kreuze angedeutet. Das Maximum von Schnitt *A* ist

mit 1, das von *F* mit 6 bezeichnet. Durch 1, 2, 3 ist die Linie der Maximalintensität für den 21. Februar gezogen, durch 4 und 5 die Linie grösster Intensität am 27. Februar.

Bei der Betrachtung der Lage der einzelnen Maxima springt nun sofort in die Augen, dass die hellste Stelle des Lichtes keineswegs, wie erwartet, auf der Ekliptik, sondern nördlich davon lag. Der Abstand der Linie grösster Intensität von der Ekliptik beträgt etwa 6° in der betrachteten Gegend.

Dass diese Erscheinung nicht durch die Absorption der Erdatmosphäre bedingt sein kann, folgt aus der steilen Lage des Zodiakallichts und der Betrachtung der fast parallel zum Horizont durchgelegten Schnitte.

Soviel ist also sicher, die Hauptmasse der Zodiakallichtmaterie hat in diesem Februar von uns aus gesehen nicht in der Ekliptik, sondern darüber gelegen, und zwar in einem beträchtlichen Abstand davon.

Nehmen wir einmal an, dass sich die Hauptmasse der Zodiakalmaterie um die Ebene des Sonnenäquators lagert. Da der Sonnenäquator seinen aufsteigenden Knoten in ca. 74° Länge liegen hat, so stehen wir zur Zeit des 6. December in der Ebene des Sonnenäquators, während zur Zeit des 6. März die nördliche Hälfte des Sonnenäquators uns zugekehrt ist.

Wir müssen also zur Zeit des 6. December das Zodiakallicht längs eines grössten Kreises sehen, der um die Neigung des Sonnenäquators also um ca. 7° gegen die Ekliptik aufsteigend geneigt erscheint. Die Teile des Zodiakallichtes, die wir wegen des Horizontes sehen können, sind dann relativ weit von uns entfernt, also schwach. Wir müssen daher das Zodiakallicht um diese Zeit relativ kurz sehen, und die Linie grösster Intensität des Zodiakallichtes muss unter einem Winkel von ca. 7° gegen die Ekliptik aufsteigend¹⁾ geneigt sein.

Ganz anders zur Zeit des 6. März. Wir sehen dann von Süden auf die Fläche der Zodiakallicht-Linse, und die gleich-

¹⁾ Öffnung des Winkels nach Osten.

beleuchteten Teilchen stehen für uns dann viel günstiger. Es wird zwar wieder nach Sonnenuntergang durch den Horizont viel verdeckt, aber es sind uns viel näherliegende also hellere Teilchen sichtbar, als am 6. December. Die Linie grösster Intensität muss dann mehr parallel mit der Ekliptik verlaufen, und der uns am besten sichtbare Teil muss wegen der Lage des Horizontes zur Zeit der Beobachtung in absteigendem Sinne gegen die Ekliptik geneigt sein.

So müssen sich die Erscheinungen wohl darbieten, wenn die Zodiakalscheibe um den Sonnenäquator gelagert ist.

Betrachten wir nun die erlangten Resultate. Die Maximalintensität in einem Schnitt ist sehr sicher zu finden. Kleine Fehler können nur daher kommen, dass die Intervalle zu gross genommen werden, und solche stecken auch noch sicher in diesen ersten Versuchen.

Am sichersten sind die Maximalintensitäten der Schnitt-Curven *A*, *C*, *D* und *E*; 2 dürfte eine Spur verschoben sein, immerhin aber sehr wenig. Dagegen ist *F* unsicher und zwar besonders auch aus dem Grunde, dass, wie bereits bemerkt, das Zodiakallicht gegen Anfang März vielleicht aus meteorologischen Gründen rapid an Helligkeit abnahm.

Alle gefundenen Intensitätsmaxima liegen nun in der That nördlich von der Ekliptik. Jedenfalls fällt also die Zodiakal-Linse nicht in die Ekliptik. Die Lage der Linie grösster Intensität ist durch die drei Schnitte vom 21. Februar recht sicher bestimmt und es zeigt sich auf den ersten Blick, dass sie, wie von der Theorie verlangt, in absteigendem Sinne gegen die Ekliptik geneigt ist. Dasselbe gilt von den zwei Schnitten vom 27. Februar. Der 1. März gibt keinen Anhalt und ist überhaupt unsicher.

Es dürfte also gezeigt sein, dass die Zodiakal-Linse jedenfalls nicht in der Ekliptik zu suchen ist. Es dürfte ferner bereits durch die wenigen Versuche sehr wahrscheinlich gemacht sein, dass der Zodiakalring sich um die Ebene des Sonnenäquators lagert.

Es kommt jetzt darauf an, die Lagen der Linie der maximalen Intensität zu andern Jahreszeiten festzustellen. Es erscheint nach einigen Andeutungen nicht unmöglich, dass auch zeitweise mehrere Intensitätsmaxima vorhanden sind. Schliesslich wären aus der Lage und Ausdehnung der Schicht grösster Intensität und ihrem Verlauf, sowie der Verteilung der Intensitäten auf dem Kegel Schlüsse über die geometrische Form der Erscheinung zu ziehen. Diesen und ähnlichen Untersuchungen steht mit Hülfe des beschriebenen Apparates der Weg offen.

Da das Schnitt-Photometer so leicht photographische Eindrücke des Zodiakallichtes verschaffte, so lag der Gedanke nahe, dasselbe auch auf den Gegenschein anzuwenden. Leider hatten wir in diesem Frühjahr keine besonders klaren Nächte zur Verfügung und der Gegenschein war recht schwach. Immerhin konnte ich jüngst an zwei Abenden, am 27. und 28. April, mehrere Schnitte durch den Gegenschein ziehen.

Sie lassen auf den ersten Blick die Intensitätszunahme in der Gegend des Gegenscheines erkennen, und zeigen unzweideutig, dass dieses mehr geahnte als gesehene Licht thatsächlich vorhanden ist. Der Himmel war aber zu schlecht und unrein, als dass ich aus den Schnittserien den Punkt maximaler Intensität oder den Mittelpunkt des Gegenscheines hätte festlegen können.

Es mag noch erwähnt werden, dass ein Punkt im hellen Fleck in der Milchstrasse im Scutum Sobiesii bei 75 Secunden Belichtung photographisch nicht ganz so hell kam, als der Gegenschein bei 150 Secunden Belichtung.

Diese Untersuchungen sollen bei passender Gelegenheit weiter geführt werden. Vorerst genügt es gezeigt zu haben, dass der beschriebene Apparat auch dem Gegenschein näherzutreten gestattet.

Gr. Astrophys. Observ., Heidelberg 9. Mai 1900.
