

# AUS DER NATUR

Zeitschrift für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht

herausgegeben von

Realgymnasial-Direktor P. Johannesson  
Prof. Dr. W. Schoenichen · Prof. Dr. P. Wagner

XV. Jahrgang · 1918/19

Mit 146 Abbildungen



Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig

## c) Magnetismus und Elektrizität.

1. Gib das Gesetz an, das die Beziehung zwischen zwei Polstärken und der Entfernung der Pole enthält. Welche Schwierigkeiten bestehen, das Gesetz direkt anzuwenden?
2. Definiere das magnetische Moment eines Magneten. Wann hängt der Ausschlag einer Magnetnadel nicht von dem magnetischen Moment ab?
3. Wie kann man nachweisen, daß es zwei Arten von Elektrizität gibt? Wie definiert man positive Elektrizität?
4. Zeichne die Verteilung der Kraftlinien einer elektrisierten Kupferkugel. Wie ändert sich die Verteilung, wenn die Kugel aus Ebenit besteht? Welcher Unterschied besteht zwischen beiden Fällen?
5. Zwei Kügelchen, die je mit  $+20$  Einheiten geladen sind, stoßen sich in einer Entfernung von 40 cm mit einer gewissen Kraft ab. Welche Elektrizitätsmenge muß von dem einen Kügelchen auf das andere gebracht werden, damit die abstoßende Kraft unverändert bleibt, wenn gleichzeitig die Entfernung auf 30 cm reduziert wird?
6. Wie muß eine Drahtspule gewunden werden, damit der durchfließende Strom a) auf eine nahe Magnetnadel keinen Einfluß ausübt, b) eine große Wirkung hervorruft?  
In welchen Apparaten werden diese Windungsarten gebraucht?
7. Gib das OHMSche Gesetz an. Ein DANIELL- und ein LECLANCHÉ-Element seien mit einem Galvanometer verbunden, und mögen gleiche Stromstärke anzeigen. Was kann man aus dieser Beobachtung schließen?
8. Eine Drahtspule wird von magnetischen Kraftlinien geschnitten. Welche Richtung hat der induzierte Strom, wenn der Stromkreis geschlossen wird? — Wie kann man den induzierten Strom nachweisen?

## Über Stellarphotographie mit Schulmitteln

Von MAX VALIER in Wien

Mit zwölf Abbildungen

### I.

Beginnend mit einem Aufsatz über Mondaufnahmen mit Schulmitteln, sind wir nach einer Artikelserie über die Selbstanfertigung astronomischer Instrumente in unserer letzten Veröffentlichung über Sonnenphotographie wieder zur Behandlung astro-photographischer Themen zurückgekehrt.

Um dieses ebenso interessante, wie für den Schüler lehrreiche Gebiet auch etwas allseitiger zu behandeln, wollen wir noch über das Kapitel der eigentlichen Stellarphotographie berichten.

Wenige von den an unserem Stoffe interessierten Lesern würden ihren Amateurkamas das zutrauen auf dem Gebiete reiner Stellarphotographie zu leisten, was sie nach unseren Anleitungen bald leisten werden.

Während in unseren früheren Arbeiten über Mond- und Sonnenaufnahmen der Mächtigkeit der Instrumente entsprechend von vornherein mehr Aussicht auf greifbaren Erfolg in die Voraussetzung involviert zu sein schien, würden wir uns gar nicht wundern, wenn unsere geneigten Leser die Behauptung, daß wir in der Stellarphotographie gerade mit kleinen kurzbrennweitigen Apparaten am meisten erreichen werden, zuvörderst mit Skepsis aufnehmen würden.

Wie immer, so wollen wir uns daher auch diesmal, bevor wir anfangen Platten

zu verpatzen, — der Staat braucht ja ohnehin viele der für die photographische Industrie unentbehrlichen Chemikalien jetzt anderweitig notwendiger — uns zuerst theoretisch klar über die Beziehungen zwischen dem Objekt und seinem optischen Bild, das wir auf die Platte bannen, werden.

Die Fixstere (und für uns auch die Planeten) sind relativ lichtschwache infolge ihrer Teilnahme an der täglichen Bewegung des Himmels bewegte leuchtende Punkte, im vollen Gegensatz zur Sonnenphotographie, wo wir die Sonne als eine lichtstarke, für den kurzen Moment der Exposition ruhende und ausgedehnte Scheibe betrachten mußten.

Während also für die Sonnenphotographie prinzipiell günstige, durch die Bekämpfung der Lichtüberfülle noch vorteilhafter sich gestaltende Verhältnisse vorlagen, ergeben sich aus der Lichtschwäche, der Bewegung und punktförmigen Gestalt der Fixsterne auf den ersten Blick ziemlich aussichtslos scheinende Umstände, können wir uns doch gleich denken, daß wir die höchstempfindlichen und leider gröbstkörnigen Platten, die längstmögliche, den Einwirkungen der atmosphärischen Störungen reichlich Einfluß gewährenden Expositionszeiten werden wählen müssen, um überhaupt Aufnahmen zu erhalten und endlich, daß wir gar nichts dazu tun können, ein flächenhaftes und möglichst großes Bild zu erzielen.

Wir wollen sehen, was sich dennoch retten läßt.

Für die Überwindung von Punkt eins können wir allerdings nichts anderes tun, als mit vertrauensvollem Herzen von den Plattenfabrikanten erwarten, daß sie uns so hochempfindliche Platten liefern, so daß sich uns, wenn wir im übrigen das mit Amateur- und Schulmitteln mögliche tun, doch mindestens ein Schimmer der himmlischen Sternenpracht in unseren Apparaten aufzeichnet — und unsere Praxis lehrt, daß wir diesbezüglich mit z. B. „Hauff ultra rapid“ zufrieden sein können.

Gegen die zweite Schwierigkeit, gegen die Bewegung der Sterne, können wir schon eher, wenn auch nicht so einfach, etwas tun, genauer gesagt gegen die Wirkung der Bewegung. Wir können nicht der täglichen scheinbaren Himmelsbewegung Einhalt gebieten, aber wir können ja mittels unseres parallelschen Äquatorials z. B. auch die zu Sternaufnahmen dienende Kamera der Bewegung des Himmels nachführen und so bewirken, daß theoretisch der Bildpunkt des Gestirns stets auf dieselbe Plattenstelle fällt. — Davon jedoch später. —

Vorläufig wollen wir diesen Kniff nicht ausführen, sondern uns überlegen, welchen Einfluß die Bewegung des Himmels auf die Sternaufnahmen mit ruhend fixiertem Apparat hat.

Zuvor müssen wir aber aus einem gleich ersichtlichen Grunde den dritten Punkt erledigen.

Wie bildet sich der punktförmige Fixstern auf der Platte ab?

Theorie und Praxis lehrt: als Scheibchen. Diese Erscheinung ist ein Diffraktionsphänomen, hat mit der Helligkeit des Sterns und mit der Brennweite des verwendeten Instruments (für uns) nichts zu tun und stellt uns lediglich vor die Tatsache, daß wir an und für sich das Bild jedes beliebigen Fixsternes als ein Scheibchen von etwa 0.11 mm Durchmesser aufzufassen haben.

Auf die komplizierte wissenschaftliche Theorie können wir uns nicht einlassen.

Die Folge der Bewegung der punktförmigen Fixsterne am Himmel wird ein Wandern der Bildscheibchen auf der Platte sein (bei ruhend fix aufgestelltem Apparat).

Es wird uns hieraus klar, daß wir (alles bei ruhender Camera) durch eine Verlängerung der Expositionszeit nur insoweit für die chemische Lichtenergie profitieren, welche die betreffende Stelle der Platte „schwärzt“, als noch das wandernde Sternbildchen auf seiner früheren Stelle partizipiert.

Betrachten wir uns zum näheren Verständnis die Abbildung 1 näher.

Das Sternbildscheibchen, welches in seiner ursprünglichen Stellung auf der Platte im Moment des Beginns der Exposition Zeitmoment  $t$  durch den ausgezogenen Kreis mit der Signatur  $S$  dargestellt ist, muß man sich mit einer konstanten Geschwindigkeit  $c$  in der Richtung des Pfeiles sich bewegend denken.

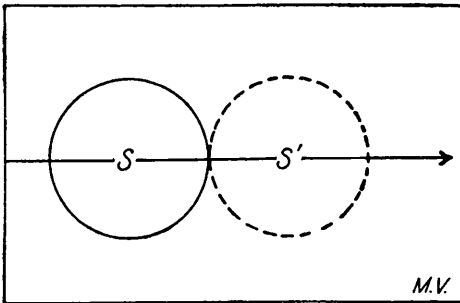


Abb. 1

Nach einer gewissen Zeit (bei gegebener Geschwindigkeit) wird es daher sich um seine eigene Scheibchenbreite fortbewegt haben und in der strichliert angedeuteten Stellung  $S'$  angelangt sein.

Bis zum Zeitmoment  $t'$ , welchem die Stellung  $S'$  entspricht, hat das wandernde Scheibchen Teile seines ursprünglichen Ortes  $S$  des Zeitmomentes  $t$  gedeckt und konnte so lichtchemische Arbeit leisten.

Wie diese Überlegung für Beginn

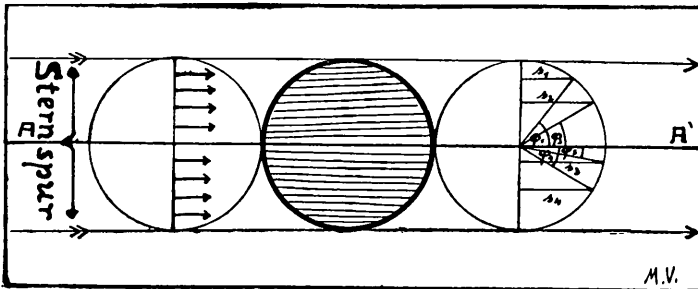


Abb. 2

und mutatis mutandis für das Ende der Sternaufnahme gilt, so ist die Überlegung, welche sich an Abb. 2 knüpft, für einen beliebigen Moment während der Aufnahme geltend.

Wir ersehen aus

Abb. 2 deutlich, daß ein beliebiger Ort des Sternscheibchens, herausgegriffen aus der ganzen Sternspur — wie wir den „Strich“, den der Fixstern auf der Platte endlich erzeugt, nennen — stets nur während der Zeit vom Sternscheibchen gedeckt wird, welche dasselbe braucht, um einmal um seine eigene Breite durchzuwandern.

Ferner ersehen wir, daß die Dauer der Passage des leuchtenden Scheibchenteiles für jede „Zone“ desselben nach der Sehnenlänge der Sehnen  $s_1, s_2, s_3, s_4$ , mit dem Abstände von der Bahnachse  $A A'$  abnimmt, was sich auch so ausdrücken läßt, daß man sagt, die Schwärzung der Sternspur nimmt von ihrer Mitte gegen ihre Ränder mit dem  $\cos \varphi$  ab, wenn  $\varphi$  der in der Abb. 2 mit diesem Buchstaben bezeichnete Winkel ist.

Es wird also, deshalb wollten wir diesen Gedankengang nicht verabsäumen zu bringen, ein hellerer Stern schon deshalb eine breitere Sternspur erzeugen als ein lichtschwacher, weil bei ihm noch für einen größeren Winkel  $\varphi_x$  die chemisch wirksame Sehnenlänge  $s_x$  multipliziert mit der Geschwindigkeit des wandernden Scheib-

chens hinreicht, um die „Reizschwelle“ der Platte zu überbieten und bis in den Zonenabstand  $\varrho_x$  die Schwärzung der Platte zu bewirken.

Bekanntlich nimmt der  $\cos \varphi$  mit zunehmendem  $\varphi$  endlich sehr rasch ab und es ist kein Wunder, daß die lichtschwächsten Sterne, welche auf der Scheibchenbahn selbst (Durchmesser = größte Sehne mal Passagezeit des Scheibchens) kaum hinreichen, die Reizschwelle der Platte zu überbieten, nur für kleines  $\varphi_y$  diese Schwelle noch erreichen und dementsprechend sehr schmale Sternspuren (=  $2 \varrho_y$ ) erzeugen.

Eine Sternspur wird daher stark vergrößert prinzipiell stets so aussehen, wie es die nun ohne weitere Worte verständliche Abb. 3 vorstellt.

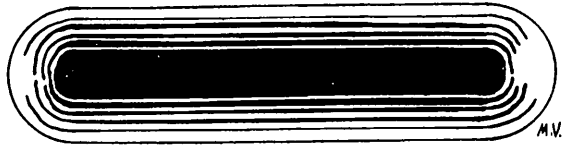


Abb. 3

Es unterliegt demnach für uns nunmehr keinem Zweifel, daß ein noch so langes Exponieren einer Fixsternaufnahme bei ruhendem Apparat nur so lange einen Lichtsammeleffekt hat, als die Sternscheibchen brauchen, um um ihre eigene Breite sich fortzubewegen. Die Folge der längeren Expositionsdauer wird nur die sein, daß wir der Zeit proportional längere Sternspuren bekommen werden.

Wie lang ist nun dieser Zeitraum, welchen das, sagen wir rund  $\frac{1}{10}$  mm breite Sternscheibchen braucht, um um seine eigene Breite weiterzuwandern.

Das läßt sich leicht aus folgender Überlegung ableiten.

Alle Gestirne am Himmelsgewölbe (auch die Planeten für uns hinreichend genau) bewegen sich scheinbar genau in je einem Tage = 24 Stunden Sternzeit in einem Kreise von einem für den betreffenden Stern bestimmten Radius um den Himmelspol und zwar beschreiben sie in  $24^h$  einen vollen Kreis =  $360^\circ$ .

Der Radius dieses Kreises ist um so größer, je weiter der Stern vom Himmelspol gegen den Äquator absteht.

Denken wir uns nun, um mit dem einfachsten Fall zu beginnen, eine Camera fix so aufgestellt, daß sie gerade zum Himmelspol gewendet ist, so ist nach Abb. 4 wohl jedem in der projektiven Geometrie einigermaßen Bewanderten ohne weiteres klar, daß die himmelspolkonzentrischen von den Gestirnen beschriebenen Parallelkreisbahnen sich auf der Platte der gleichsam im Mittelpunkte des Himmelsgewölbes in ihrer optischen Achse parallel der Himmelsachse aufgestellten Camera sich auch als Kreise projizieren müssen und daß die Radien der Sternspuren auf der Platte

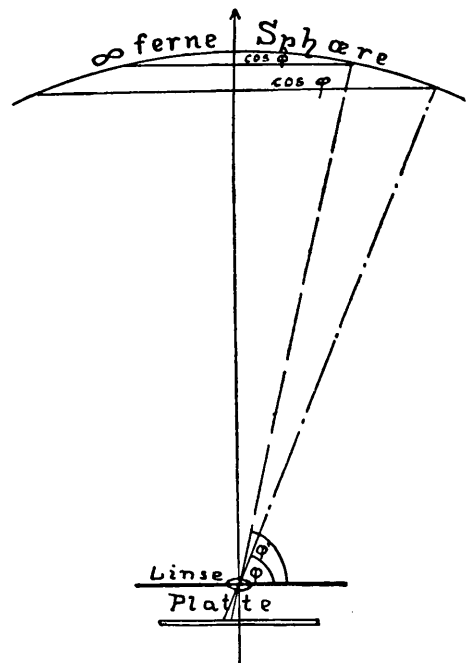


Abb. 4

mit dem  $\cos$  der Deklination  $\varphi$  der Gestirne abnehmen geradeso wie die Radien  $\varrho_v$  der zugehörigen Parallelkreise an der Himmelssphäre.

Wir sehen also, daß wir von polnahen Sternen recht enge Spurenkreise (praktisch natürlich nur Kreisbögen von beschränkter Gradanzahl) erhalten. Bedenken wir nun, daß bei gegebenem Apparat et ceteris paribus infolge der gleichen Fixsternbildscheibchengröße und für alle Sterne gleichen Rotationswinkelgeschwindigkeit um den Himmelspol die polnahen Sterne einen im Verhältnis  $\cos \varphi$  kürzeren Weg pro Zeiteinheit zurücklegen, so wird uns klar, daß das photochemisch auf die Platte wirksame Fixsternbildchen nach dem  $\cos \varphi$  des betreffenden Sterns um so langsamer sich um seinen eigenen Durchmesser verschiebt. Es hat also nach den  $\cos \varphi$  das Licht bei polnahen Sternen sovielman länger Zeit sich zu summieren und auf die Platte chemisch zu wirken, als bei einem Äquatorstern.

Wir wissen nun, daß und wie ein relativer Unterschied in den Scheibchengeschwindigkeiten infolge der  $\cos$  Beziehung besteht. Wir wollen nun aber auch den absoluten Wert dieser Zeiteinheit kennen, natürlich für ein gegebenes  $\varphi$ . Für alle anderen  $\varphi$  können wir uns dann ja nach der Funktion, welche diese Zeit  $t$  nach  $\varphi$  bildet, berechnen.

Aus dem Umstande, daß es sich hier lediglich um die projizierte Himmelsdrehung handelt, ersehen wir schon, daß hierzu nur die Brennweitenlänge der verwendeten Camera von Belang sein kann, natürlich nicht etwa auch das Brennweiten- oder Öffnungsverhältnis.

Wie wir schon wissen, ist  $1^\circ$  des  $360^\circ$  haltenden Kreises bei 1m Radius rund 17·46 mm groß. Eine Linse von 1 m Brennweite bildet daher  $1^\circ$  der Himmelsphäre etwa 17·46 mm groß ab, den Mond und die Sonnenscheibe, wie schon oft erwähnt, da sie zirka  $\frac{1}{2}^\circ$  scheinbaren Diameter messen, rund 1 cm groß.

Nach einfacher Überlegung ist daher die Bildgröße pro Sphären-Grad proportional der absoluten Brennweitenlänge des verwendeten Apparates. Eine Amateurcamera mit 15 cm Brennweite wird daher  $1^\circ$  der Himmelssphäre  $15 : 100 = x : 17·46$ ;  $x = 2·619$  mm groß darstellen.

Ein Stern, dessen Deklination  $89^\circ$  genau betrüge, würde auf der Platte dieser Camera einen Kreis von 2·619 mm Halbmesser oder 5·238 mm Durchmesser beschreiben.

Der Umfang dieses Kreises  $= 2 r \pi = 16·45$  mm ist nun gleich der Länge der Sternspur für 24 Stunden  $= 1$  Tag, in welchem der Stern den ganzen Kreis beschrieben haben würde. Nun gibt uns eine einfache Proportion auch endlich die gesuchte Passagezeit des Fixsternbildchens um seine eigene Breite. Es muß nämlich  $16·45$  (mm) :  $24^{(h)}$   $= 0·1$  (mm) :  $x^{(h)}$ ;  $x = \frac{24^h}{164,5} =$  (zirka)  $\frac{24^h}{165} = 8^m 44^s$ .

So lange kann sich also bei einem solchen Objektiv das Licht auf das Scheibchenbild summieren. Man ersieht daraus deutlich, daß bei Circumpolaraufnahmen lange Expositionszeiten durchaus darnach angetan sind, noch recht schwache Sterne auf die Platte zu bekommen, da ihr spärliches Licht lange Zeit hat sich zu summieren.

Nun für die Praxis nur noch eines!

Über den Einfluß der Luftwellen und Schlieren während der langen Expositionszeit müssen wir uns einigermaßen eine Vorstellung machen.

Die Luftwirbel, Schlieren etc. können im wesentlichen drei Formen annehmen,

sie können gleichsam als Linsen positiver oder negativer Krümmung oder als prismatisch brechende Körper angesehen werden. Der in jeder Sekunde vielmalige Wechsel ihres Charakters und ihrer bildchenverzerrenden Wirkung wird für die Aufnahme die Folge haben, daß wir es nicht mit einem ruhig seine Straße ziehenden Scheibchen zu tun haben, sondern mit einem deformiblen Gebilde, das in unregelmäßigen Zitterbewegungen um seinen „mittleren“ (richtigen theoretischen) Ort tanzt.

Die Folge wird sein, daß gleichsam das kleine 0·1 mm messende ideale Fixsternbildchen in seinen rasenden Oszillationen um seinen mittleren Ort im ganzen eine etwas größere Fläche überzittert und in diesem Fortschreiten schließlich eine breitere und verwaschener Sternspur hinterläßt, als dies sonst der Fall wäre. Demungeachtet gelten natürlich die früher erörterten Grundsätze für die Helligkeitsverteilung in der Sternspur weiter. Sie sind nicht aufgehoben, sondern nur gleichsam überdeckt durch diese Scintillationen und Oszillationen.

Nun sind wir endlich so weit, die verwickelten theoretischen Beziehungen einigermaßen überblicken zu können. Weit einleuchtender und von vornherein klar wird es scheinen, wenn wir nur noch beiläufig bemerken, daß natürlich die Lichtmenge, welche zur Verwendung gelangt, proportional der Plattenschwärzung ist, daß also ein Apparat mit gleicher Brennweitenlänge, aber doppelt so großem (4mal so flächenhaftem) Objektiv 4mal mehr Licht sammelt.

Offenbar sind nun die kürzestbrennweitigen Apparate mit möglichst großen relativen Öffnungsverhältnissen ( $F = 1 : 6$  oder Tessar Zeiß  $1 : 4\cdot5$  oder gar  $1 : 3\cdot5$ ) für unsere Zwecke theoretisch die besten.

Solche lichtstarke Apparate sind aber teuer. Wir wollen daher für die folgenden praktischen Erfahrungen nur auf unsere Resultate mit einer ganz billigen Contessa-Camera (Preis 40 Mark) mit einfachem Extra rapid Aplanaten  $F = 1 : 7\cdot7$  Brennweite absolut 130 mm zurückgreifen.

Unsere Versuche, welche seit 1912 mit der obbezeichneten Camera über 200 Platten ergeben haben, haben zu folgenden Resultaten geführt.

Die Verwendung von höchst empfindlichen Platten — am besten Hauff ultra rapid — ist unerlässlich.

Mit dieser Plattensorte erlangten wir bei Aufnahmen der Himmelsäquatorgegend (Gürtel des Orion) noch Sterne der 4·5ten Größenklasse ( $= 4\cdot5^m$ ).

[Bekanntlich besteht zwischen den Sterngrößenklassen die Beziehung, daß die Intensität eines Sterns  $n$ ter Größe rund 2·5mal größer ist als die Intensität eines Sterns  $n + 1$  Größe.

Ein Stern erster Größe ist also  $2\frac{1}{2}$ mal so hell als einer von zweiter Größe und so fort. Als genaue Zahl hat der rechnende Astronom statt der nur scheinbar „runden“ Differenz 2·5 oder  $2\frac{1}{2}$  die für ihn viel „runder“ Zahl 2·512 gewählt, weil deren Logarithmus gleich 0·40000 ist. Da alle Rechnungen mit Sterngrößenklassen auf logarithmische Gleichungen hinauslaufen, ist dies natürlich viel bequemer, wie wir gleich sehen werden.

Es ist also nach modern wissenschaftlicher Skala der Helligkeitsunterschied zweier Sterne, deren Intensitäten sich wie  $1 : 2\cdot512 \dots$  verhalten gleich der „photometrischen Größenklasse“.

Dies genau zu erfassen ist für uns recht wichtig.]

Haben wir bei voller Öffnung des Objektivs  $F = 1 : 7\cdot7$  unserer Camera am Himmelsäquator noch Sterne von 4·5 m erhalten, so können wir uns leicht berechnen, in welcher Deklination wir um eine Größenklasse mehr Sterne erhalten werden.

Offenbar in der Deklination, in welcher in gleichen Zeiten die Sternspuren  $2\frac{1}{2}$  mal kürzer sind, resp. das Fixsternbildscheibchen  $2\frac{1}{2}$  mal langsamer wandert. Dies ist der Fall für die Deklination  $\chi$  wo  $\cos \chi = \frac{1}{2.5} = 0.4$  ist.

Zwei Größenklassen Sterne mehr als am Äquator werden wir erhalten, wenn  $\cos \chi = \frac{1}{2.5 \times 2.5} = \frac{1}{6.25} = 0.173 \dots$  ist.

Ganz nahe am Pole mußten wir schier unendlichschwache Sterne erhalten. Praktisch ist dies natürlich nicht der Fall, und man darf etwa mit höchstens 3 Sterngrößenklassen mehr am Pol als am Äquator rechnen. Mit unserer Camera erreichten wir in unmittelbarer Polnähe und bei Plattenmitte nachweisbar Sterne von  $7.8^m$  bei bestem Wetter.

Natürlich ist es infolge der optischen Unvollkommenheit billiger Objektive nicht gleichgültig, ob die Sternspur nahe der Plattenmitte oder am Plattenrande liegt. Infolge der „Verzeichnung“ billiger Objektive gegen den Plattenrand werden dort nämlich die Sternspuren abgelenkt und die Scheibchen verbreitert, was natürlich die Schwächung des photochemisch wirksamen Produktes Scheibchen mal Zeit zur Folge hat, so daß zu schwache Sterne nicht mehr mit auf die Platte kommen, die in der Plattenmitte noch abgebildet worden wären.

Welchen Einfluß hätte nun das Ablenden des Objektivs? Wie schon eben erwähnt, einfach die zum verbleibenden Öffnungsverhältnis quadratische Abnahme der zur Wirkung gelangenden Lichtmenge.

Wir können daraus denn auch leicht berechnen, für welches Öffnungsverhältnis wir noch Sterne einer gewissen Größe abbilden werden können.

Angenommen, daß für (einfacher statt  $F = 1 : 77$ ) für  $F = 1 : 8$  am Äquator noch Sterne von 4ter Größe abgebildet werden, fragen wir, mit welcher Öffnung wir noch Sterne 1ter Größe eben abbilden werden.

Sterne  $1^m$  sind  $2.5^4$  mal heller als Sterne  $4^m$ , also  $39.0625$  mal heller. Es fragt sich nun nur, welche Blende im Vergleich zu  $F = 1 : 8$  das Licht auf  $\frac{1}{39.0625}$  des bei  $F = 1 : 8$  einfallenden Lichtes reduziert. Offenbar jene, welcher die Zahl  $1 : (8 \cdot \sqrt{39.0625}) = 1 : (8 \cdot 6.25) = 1 : 50$ .

Bei  $F = 1 : 50$  sollten wir also theoretisch noch Sterne erster Größe erhalten können.

Für die Praxis ergibt sich hingegen etwa die Hälfte als Minimalgrenze. Jedenfalls ist hierdurch erwiesen, daß jeder Amateurapparat, auch ganz billige, mit lichtschwachen Objektiven  $F = 1 : 12$  bis  $1 : 25$  noch Sternspuren ergeben kann.

Freilich würden wir nur vereinzelte Sternspuren erhalten, denn der Sterne erster Größe sind wenige.

Mit einer sehr lichtstarken Camera  $F = 1 : 6$  oder gar  $1 : 4.5$  bis  $1 : 4$  würden wir, entsprechend der obigen Annahme, für  $F = 1 : 4$  gegen  $F = 1 : 8$  viermal so viel Licht auf das Sternscheibchen konzentrieren und um so viel Größenklassen mehr Sterne erhalten als aus  $2.5^x = 4$  für  $x$  sich berechnet, was logarithmisch leicht zu lösen ist.

Wir wissen nun, was wir mit einer beliebigen Camera in beliebigen Sterndekli-



nationen zu erwarten haben inbezug auf die Sterngrößen, welche noch Spuren auf der Platte hinterlassen werden.

Das nächstmal wollen wir uns mit der Frage beschäftigen, wie die Stellarphotographie praktisch auszuüben und, soweit möglich, zu wissenschaftlichen Zwecken auszubenten ist.

## II.

Es sei eine sternenklare, mondlose Winternacht. Das Sternbild des Orion steht in himmlischem Prangen in mittlerer Höhe im Meridian, auf welchem nördlich des Zenits der einsame Pelarstern unbeweglich thront.

Wir wollen Fixsternaufnahmen machen. Aufs geratewohl stellen wir unsere Camera hin, so daß das Objektiv gegen den Himmel gerichtet ist, stellen auf  $\infty$  ein, legen gleich die Platte ein (ohne erst auf der Mattscheibe einzustellen), nehmen volle Blende und öffnen den auf Zeit gestellten Verschuß. So lassen wir den Apparat, ohne ihn zu erschüttern, vielleicht 2 Stunden stehen. Dann schließen wir den Verschuß, nehmen die Kassette aus dem Apparat und behandeln die Platte in der Dunkelkammer wie jede andere Landschaftsaufnahme, nur daß wir am besten ganz im Fixstern oder bei sehr gedämpftem gutem, rotem Lichte entwickeln. Ingleichen müssen wir sehr darauf achten, die Platte vollkommen durchzuentwickeln bis zum Beginn des Schleierns, jedoch dort sofort abzubrechen und die Platte ja nicht schleiern zu lassen, da uns sonst alle schwächsten Sterne — und das sind der Zahl nach die meisten — verloren gehen. Es ist dies nicht eben leicht zu treffen, da man bei dem dunkelroten, gedämpften Lichte auf der Platte — und enthielte sie Hunderte von Sternspuren — wirklich nichts davon sieht. Man lasse sich daher nicht täuschen. Oft birgt eine Platte, die man im Entwickler schon als hoffnungslos aufgegeben hatte, nach dem Fixieren bei Betrachtung im Tageslichte — besonders beim schrägen Anschauen der gegen den lichten Himmel gehaltenen Platte — reiches Detail.

Im allgemeinen wird unsere erste Himmelsaufnahme aussehen, wie in Abb. 5 versinnlicht ist.

Alle Sterne werden in den 2<sup>h</sup>-Exposition-Kreisbögen vom Zentriwinkel 30° beschrieben, haben mit um so kleineren Radien, je näher sie dem Pole standen.

Bei einigen Sternen, welche erst nach Beginn der Aufnahme in den Bereich der Platte getreten sind, und bei jenen, welche während der Expositionszeit die Platte schon verlassen haben, werden natürlich nur die restlichen, auf die Platte gefallenen Sternspurteile vorhanden sein.

Wenn wir nicht gerade das Glück gehabt haben, eine uns wohlkekannte Sterngruppe mit sehr hellen Sternen auf die Platte zu bekommen, so werden wir uns mit einem Worte auf der Aufnahme nicht auskennen, da es uns unmöglich sein wird, den Ort der Sterne für einen bestimmten Moment der Expositionszeit festzustellen und daraus durch Rekonstruktion der Sterngruppen Anordnung aus dem Vergleich mit dem Sternatlas klug zu werden. Endlich werden wir beim Aufsuchen der schwächsten, besonders kurzen polnahen Sternspuren manchen Plattenfehlern aufsitzen.

Auch beim Kopieren der Platte in natura wird uns kein Erfolg blühen, denn trotz Wahl der härtesten Gaslichtpapier-Sorte werden uns die kontrastschwachen Spuren aller matteren Sterne verloren gehen, und nur die hellsten herauskommen,

auch wenn wir die Platte — was ja recht vorteilhaft ist — mit einem guten Quecksilberverstärker verstärkt haben.

Kurz, wir werden aus der Platte nicht viel nützes herausbringen.

Ganz anders wird die Sache aber, wenn wir während der Aufnahme eine Unterbrechung einschalten.

Die Zeitdauer dieser Unterbrechung werden wir nach der Überlegung halten, daß sich, um auf der Sternspur einen völligen Unterbruch des Spurstrichs auf der Platte hervorzurufen, das Fixsternbildchen um seine eigene Breite mindestens verschieben muß. Für ganz polnahe Sterne mit  $89^\circ$  Dekl. haben wir  $8^m 44^s$  herausgerechnet. Nachdem hierfür eigentlich nur der Polarstern selbst in Betracht kommt und man diesen doch kennt, wird man mit  $\frac{1}{3}$  dieser Zeit schon auskommen. Man wird also

Aufnahmen der Zirkumpolarregion, welche man, um möglichst lange Sternspuren zu erhalten, gern 3—6 Stunden exponiert, etwa 3 Minuten unterbrechen. Natürlich notiert man sich die Zeit der Unterbrechung wie den Anfangs- und Endzeitpunkt der ganzen Aufnahme genau.

Für äquatoriale Himmelszonen, wo die Sternspurradien 5 cm überschreiten, genügen natürlich 1—2 Minuten, wie man sich leicht berechnen kann.

Nehmen wir nun an, wir machten je eine zirkumpolare und eine äquatoriale Aufnahme, erstere mit  $6^h$  Exposition, letztere mit  $1^h$  Exposition, beide mit einer entsprechenden genau notierten Unterbrechung.

Wir betrachten hernach die entwickelten fixierten und verstärkten Platten. Diese

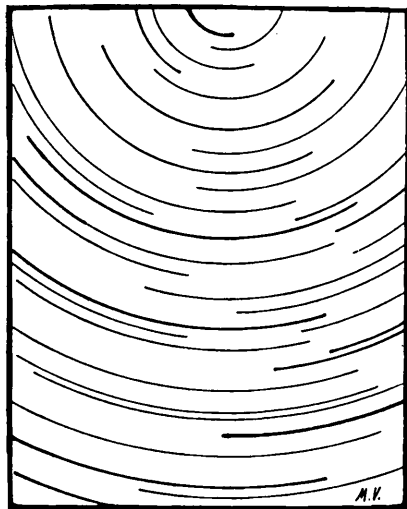


Abb. 5

werden aussehen, wie dies schematisch Abb. 6 und 7 darstellt.

Jetzt sind wir aber imstande, die Sternpositionen für einen bestimmten Zeitpunkt anzugeben. Wir wissen nämlich, wo die Sterne zu Beginn oder Ende des Unterbruches gestanden haben. Sternspuren, die keine Unterbrechungsstelle zeigen, ignorieren wir; denn der betreffende Stern war zu dieser Zeit nicht auf der Platte.

Mit Hilfe der Unterbrechungsstellen wird es uns nun leicht werden, durch Vergleich mit dem Sternatlas die Sterne zu identifizieren, und für das Kopieren steht es uns nun auch noch frei, an das eine Ende des Unterbruches die Sterne mit Tusche mit Signaturen nach Größenklassen anzuordnen, so daß eine Platte dann wie Abb. 8 aussieht.

Die blassen Sternspuren würden schlecht, die tiefschwarzen Tuschesignaturen werden beim Kopieren klar weiß auf schwarz die Sterne geben.

Auch werden wir etwaigen Plattenfehlern jetzt mit Erfolg ausweichen können und uns kaum je täuschen lassen.

Damit ist schon etwas erreicht.

Wir können aber noch mehr und wissenschaftlich recht Interessantes arbeiten, wovon im folgenden einige Beispiele.

## 1. Bestimmung der geographischen Breite aus Fixsternaufnahmen.

Es ist klar, daß wir die geographische Breite eines Ortes bestimmen können, wenn wir die Höhe des Himmelspoles über dem Nordpunkt des Meridians kennen, ja wir wissen, daß diese Winkel einander gleich sind.

Bedeutet in Abb. 9  $H - H$  den Horizont eines Erdortes  $O$ ;  $P$  den Himmelspol (Polarstern), so ist die Elevation  $P - O - H$  eben  $= \varphi$ , der geographischen Breite des Ortes  $O$ . Ist  $Z$  der Zenitpunkt des Ortes  $O$ , so ist klar, daß  $\varphi = 90^\circ - (ZOP)$  oder 90 Grad minus der Zenitdistanz des Poles ist.

Nun werden von  $P$  gegen  $\mathcal{A}E$  (den Himmelsäquator) abnehmend die Sterndeclinationen gezählt, welche Zählung durch die Gradteilung innen am Bogen  $P - \mathcal{A}E$  ausgedrückt ist. Würden wir nun einen Stern von bekannter Deklination, der gerade durch den Zenit ginge, oder könnten wir auch nur aus zwei nachbarlichen Sternspuren auf der Platte die Deklination des Zenitpunktes  $Z$  an der Himmelskugel



Abb. 6

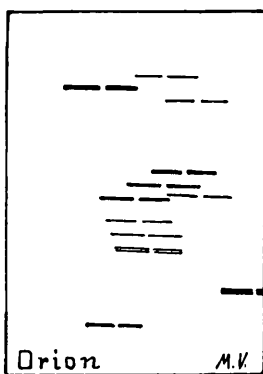


Abb. 7

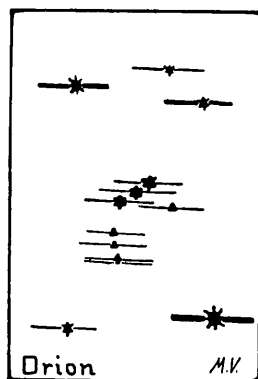


Abb. 8

ermitteln, so wüßten wir sofort aus der geometrischen Beziehung, daß  $\mathcal{A}E - O - Z = \delta$  (die Deklination des Zenitpunktes [Sterns]) gleich  $\varphi$ , der geographischen Breite des Ortes  $O$  ist.

Es handelt sich also lediglich um die Aufgabe, aus einer Sternaufnahme die Deklination des Zenitpunktes zu bestimmen.

Diese Aufgabe ist lösbar, wenn es möglich ist, den Zenitpunkt auf der Platte auch mit zu photographieren. Es braucht nun eben kein Stern dort zu stehen, und stünde für eine gewisse geogr. Breite im gegebenen Moment der Aufnahme auch einer im Zenit, so nützte uns das auch nichts, denn wir könnten dies von vornherein ja nicht wissen.

Wie sollen wir aber den Zenitpunkt, diese Stelle dunkeln Nachthimmels, photographieren?

Folgender Trick wird das Verlangte leisten.

Wir lassen von einem Hausdache (Dachrinne) in mäßiger Entfernung voneinander zwei blanke Drähte herunterhängen, welche wir unten beschweren.

Nachdem sie ausgependelt haben, hängen sie offenbar lotrecht und weisen beide nach dem Zenit. Für einen am Boden zwischen ihnen stehenden Beobachter kon-

vergieren sie nach dem Zenit, ähnlich Eisenbahngleisen, welche auf gerader ebener Strecke gegen einen Punkt des Horizontes zu konvergieren scheinen.

Stelle ich nun des Nachts die Camera zwischen beide Drähte und mache eine Sternaufnahme, beleuchte während derselben einige Minuten die oberen Teile (gegen die Dachrinne) der blanken Drähte mit einer Blendlaterne — ohne natürlich etwa ins Objektiv der Camera Licht gelangen zu lassen —, so werden sich offenbar die Drähte mitphotographieren und die Platte wird dann (für z. B.  $50^{\circ}$  geogr. Breite) aussehen wie Abb. 10 schematisch vorstellt.

Der gesuchte Zenitpunkt ist der Schnittpunkt der Drähtespuren, welche man bis dorthin verlängert denken muß. Die Richtung zum Himmelspol ist aus zwei Spuren ermittelbar. Die Sternspuren sind identifizierbar, die Sterne und ihre Deklinationen bekannt. Aus dem Abstände zweier Sternspuren  $= d$  und den bekannten Deklinationen der Sterne  $\delta_1$  und  $\delta_2$  (also auch deren Differenz  $\delta_2 - \delta_1$ ) ist nach der Proportion  $(\delta_2 - \delta_1) : d = x : d'$ ; (wobei  $d'$  den meßbaren polzentrisch gerichteten Abstand des Zenitpunktes  $Z$  auf der Platte von der Sternspur  $\delta_1$  bezeichnet) das  $x$  bestimmbar.  $\delta_1 + x$  ist dann offenbar  $\delta_z$ , die Deklination des Zenitpunktes, gleich der geogr. Breite und somit die Lösung des Problems.

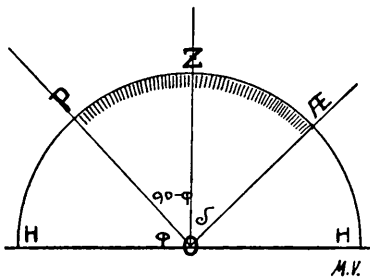


Abb. 9

In richtiger Erkenntnis des Umstandes, daß es für diese Aufnahme nicht darauf ankommt, möglichst viele und schwache Sterne auf die Platte zu bekommen, sondern daß zwei Sternspuren (heller Sterne) genügen, wird man lieber einen Apparat mit absolut langer Brennweite (jedoch  $F$  doch nicht unter  $F = 1:15$ ) wählen — wenn man einen solchen hat —, denn es vergrößert sich proportional der Brennweite die

Darstellungsgröße von  $1^{\circ}$  auf der Platte und verkleinert sich damit der Messungsfehler der Differenz  $\delta_2 - \delta_1$  sowie der Größe  $d'$ . Wir werden also um so genauere Werte für  $\varphi$  erhalten, je länger die absolute Brennweite der Camera war.

Wie genau wir ungefähr werden arbeiten können, läßt sich leicht abschätzen. Bei Brennweite 50 cm ist  $1^{\circ}$  bekanntlich 8.73 mm (rund 9 mm) groß. Angenommen, eine Abmessungsgenauigkeit (Lupe und Zirkelspitzen, Noniuslehre) von  $\pm 0.1$  mm, so ergibt sich eine Fehlergrenze von  $\frac{2}{3}' = 40''$  plus oder minus, da  $1' = 0.15$  mm auf der Platte ist. Auch bei Brennweite 25 cm und Messungsfehler von  $\pm 0.15$  mm würde noch ein auf  $\pm 2$  Bogenminuten sicheres Resultat herauschauen.

Das ist immerhin eine Leistung, welche Beachtung verdient, kann man doch selbst mit feinmechanisch erzeugten Schul-Sextanten kaum diese Genauigkeit erreichen, gar nicht zu nennen unsere selbstgebauten Instrumente (Quadrant, Sextant), welchen wir, trotz aller Kniffe, keine größere Resultatgenauigkeit als  $\pm 5$  Bogenminuten erteilen konnten.

Mit der Lösung der Bestimmung der geographischen Breite haben wir aber zugleich schon eine andere Aufgabe gelöst, auf welche wir unsere Überlegung nur wie folgt auszudehnen brauchen.

## 2. Deklinationsbestimmung der Planeten.

Was haben wir im vorigen Problem eigentlich gelöst?

Wir haben eine Methode ersonnen, um die Deklination eines bestimmten Punktes auf der Platte aus mindestens zwei bekannten Sternspuren abzuleiten.

Es ist ohne weiteres klar, daß dieser Punkt ebensowohl das Ende oder die Unterbrechungsstelle oder für diesen Zweck ein beliebiger Punkt einer Planetenspur (natürlich auch Fixsternspur) sein kann, wie vorhin der Schnittpunkt der verlängerten Drähtespuren.

Die Aufgabe ist also eigentlich dieselbe. Auch gilt für die Planeten, da dieselben

helle Sterne sind (außer Uranus und Neptun, die für uns ohnehin nicht in Betracht kommen), daß wir mit Vorteil eine größere Camera mit absolut längerer Brennweite verwenden.

Wir können uns daher diesbezüglich alle weiteren Worte ersparen.

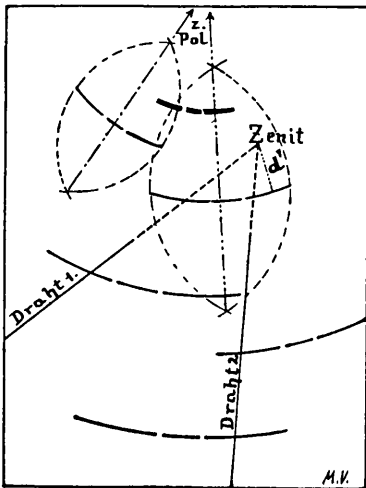


Abb. 10

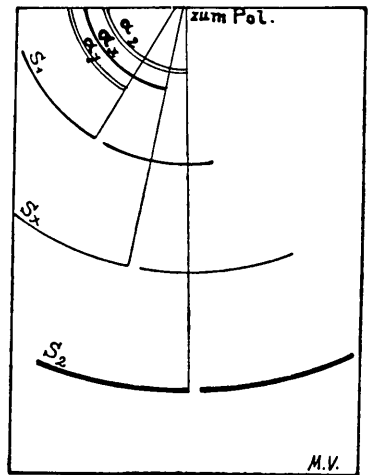


Abb. 11

## 3. Relative Rektaszensionsbestimmungen.

Es ist klar, daß aus den Sternspuren zweier, in ihrer Position (AR und D) bekannten Fixsterne die Rektaszension eines dritten Sterns (gleichviel ob Fixstern oder Planet) ermittelt werden kann.

An der Hand von Abb. 11 wird uns das gleich klar. Wenn  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  die Rektaszensionen (Winkel des Sternmeridians Nullmeridian) bekannter Fixstern  $S_1$  und  $S_2$  sind, so ist die Rektaszension des fraglichen Gestirns  $S_x$ , nämlich  $\alpha_x$  notwendig gleich  $\alpha_1 + (\alpha_x - \alpha_1)$ . Die Differenz  $\alpha_x - \alpha_1$  können wir aber bequem mittels Zirkels und Bogens ermitteln, wenn wir nur aus den zwei bekannten Fixsternspuren zuerst den Radius zum Pol bestimmt haben.

Wir sind also nun mit einem Worte imstande, aus zwei bekannten Sternspuren die Position AR (Rektaszension) und D (Deklination) eines dritten Objektes zu bestimmen, D mit einer Genauigkeit von  $\pm 2'$ , AR je nach der D proportional gegen den Pol abnehmend genau, am Äquator etwa mit  $\pm 1/10^\circ$ .

Für den Schüler ergaben sich demnach aus unsern Fixsternphotographien schon eine Menge logarithmischer und trigonometrischer Aufgaben, verbunden mit einer praktischen anregenden Übung.

Wir sind aber noch lange nicht fertig. Vor allem wollen wir noch einer Aufgabe gedenken, die mit ruhendem, ja außerordentlich fix aufgestelltem Apparat als Voraussetzung, uns ein hübsches Resultat bringen wird.

#### 4. Die Aufzeichnung der scheinbaren Bahnen beweglicher zoelestischer Objekte.

Es ist uns eigentlich schon früher der Gedanke an die Bewegung der Planeten unter den Fixsternen beigefallen, doch haben wir damals diese Bewegung für die paar Stunden, welche unseren zoelestischen Aufnahmen höchstens dauern, einfach ignoriert.

Bei einer anderen Versuchsanordnung wird und soll uns aber gerade die Bewegung der Planeten (und Kometen) zum Ausdruck kommen.

Wie aus der Abb. 12 ersichtlich, beschreiben sowohl Planeten wie Kometen — und letztere oft sehr rasch — verschlungene Kurven am Himmel.

Das, was man mit der Hand nach Beobachtungen im Feldstecher in Signaturen eintragen kann, muß sich auch photographisch leisten lassen.

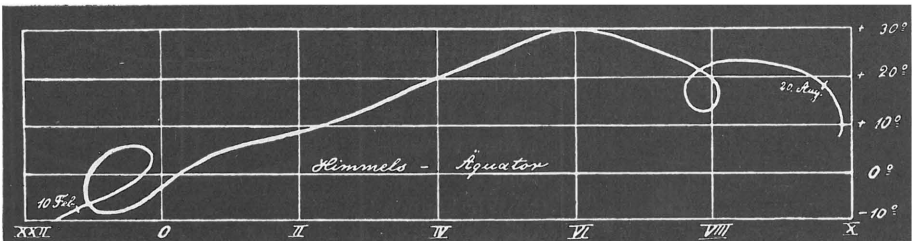


Abb. 12

Es ist klar, wenn es zum Beispiel gelungen wäre, am 19., 20., 21., 22., 23. Mai 1910 den Halleyschen Kometen je in dem Moment zu photographieren, wann, bei ruhender Camera, die Fixsterne auf ihrem alten Posten standen, so müßten sich täglich die Fixsternspuren auf der Platte mit denen vom Vortage gedeckt haben, der Komet aber täglich an einer anderen Stelle auf die Platte gekommen sein.

Hätten wir durch 1 Monat täglich photographiert, dann hätten wir schön die Kometenbahn erhalten.

Was müssen wir nun aber tun, um die Fixsterne täglich auf dieselbe Plattenstelle zu bekommen?

Bekanntlich dreht sich der Fixsternhimmel in einem Sterntag um die Erde. Ein Sterntag ist aber gleich einem mittleren Sonnentag ( $24^h$ ) minus  $3^m 56^{\text{sec}}$ .

Daraus ergibt sich, zwecks Aufnahme von Wandelgestirnbahnen, folgende Versuchsanordnung.

Kurzbrennweitige lichtstarke Camera, außerordentlich fix an einem Orte aufgestellt, wo im Laufe der für die Aufnahmen beabsichtigten Tage kein Unberufener etwas zu suchen hat. Die Camera muß eben 8, 10 bis 30 Tage absolut fix stehen. Der Cameraverschluß sei leicht auslösbar und arbeite erschütterungsfrei. Endlich soll man die Camera, in welcher ja die Platte Tage hindurch bei offenem Kassettenschieber stehen muß, tagüber, ohne sie zu erschüttern, gegen Tageslicht schützen können.

Die Aufnahmen geschehen dann in der Weise, daß man sich zuerst für den verwendeten Apparat aus der Breite der Sternspuren hellerer Sterne für die betreffende Himmelszone berechnet, wie lange die Fixsternbildscheibchen brauchen, um ihre eigene Breite zu wandern. Man macht am einfachsten eine Versuchsaufnahme von z. B. 10 Minuten Länge und findet, daß man in jener Zone 1 cm lange, 0·2 mm breite Sternspuren erhält. Um runde Punkte zu erhalten, müßte man dann  $1 \text{ cm} = 10 \text{ mm} = 100 \text{ Zehntelmillimeter}$  zu  $2 \text{ Zehntelmillimeter} = 100 : 2 = 50 : 1 = 10^m : x = \frac{1}{5}^m = 12^{\text{sec}}$ , exponieren.

Habe ich dies ermittelt, so richte ich mir die Camera entsprechend ein, so daß ich die richtige Himmelsgegend draufbekomme und exponiere heute, sagen wir, genau um  $10^{\text{h}}$  nachts  $12^{\text{sec}}$ , also von  $10^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$  —  $10^{\text{h}} 00^{\text{m}} 12^{\text{s}}$ . Morgen muß ich  $3^{\text{m}} 56^{\text{s}}$  früher, also von  $9^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}}$  —  $9^{\text{h}} 56^{\text{m}} 16^{\text{s}}$  aufnehmen und so täglich je  $3^{\text{m}} 56^{\text{s}}$  früher.

Hat man dies alles gut eingerichtet, und nach einer gutgehenden Uhr die Zeiten richtig getroffen, so muß bei einem langsamen Planeten nach wenig Tagen ein Bild der Bahnspur resultieren.

Die Fixsterne werden runde Punkte bleiben, der Wandelstern wird eine Spur hinterlassen haben.

Wieweit Kometen für die Aufnahme mit Amateurapparaten in Betracht kommen, müssen wir eigentlich erst noch erörtern, denn es ist klar, daß für die flächenhaften Kometen nicht eben dieselben Bedingungen gelten wie für die punktförmigen Fixsterne.

### 5. Kometen- und Meteoraufnahmen.

Obwohl zwischen Kometen, Meteor und Sternschnuppen für die Aufnahme mit ruhendem Apparat ein bedeutender Unterschied besteht, sei es uns doch gestattet beide unter einem zu behandeln.

Von Kometenaufnahmen haben wir ja auch fast nur negatives zu berichten.

Ein Komet nimmt, wie die Fixsterne, an der täglichen Himmelsbewegung teil, und es verschwindet für die kurze Zeit der lichtsummierend wirksamen Minuten einer Aufnahme mit fixem Apparat die Eigenbewegung völlig.

Aus der Theorie gelten also fast dieselben Beziehungen wie für Fixsternaufnahmen, mindestens für den eigentlichen oft fixsternartigen Kern.

Wir dürfen also hoffen, Kometen mit fixsternartigen Kernen bis  $4^{\text{m}}$  —  $5^{\text{m}}$  aufzunehmen, d. h. den Kern des Kometen. Die Coma und der Schweif sind aber meist so wenig flächenhell, daß wir nichts davon, wenigstens so nicht auf die Platte bekommen.

Da nur sehr große Kometen so helle fixsternförmige Kerne haben, ist diese Methode der Kometenphotographie ziemlich aussichtslos.

Ähnlich ungünstig steht es, wie wir gleich sehen werden, mit Meteoren.

Meteore durchfliegen häufig Bögen von  $20$ — $60^\circ$  in einer Sekunde. Den Mittelwert angenommen gilt die Überlegung: Ein Äquatorstern braucht  $24^{\text{h}}$  zu  $360^\circ$ , also  $1^{\text{h}}$  zu  $15^\circ$ ,  $20^{\text{m}}$  zu  $5^\circ$  und  $80^{\text{m}}$  zu  $40^\circ$ . Wozu der Äquatorstern 80 Minuten = 4800 Sekunden braucht, braucht das Meteor 1 Sekunde. Es fliegt also ein Meteor 4800 mal so schnell und müßte 4800 mal so hell sein, um dieselbe Lichtspur wie ein Stern 4 ter Größe, den unser Apparat noch leidlich gut aufzeichnet, zu geben, kurz

das Meteor müßte  $2 \cdot 5^x = 4800$  um  $x$  Größenklassen heller sein als ein Stern 4ter Größe.

Für die Praxis ergibt sich allerdings ein Vorteil. Hellere Sternschnuppen und namentlich Meteore hinterlassen meist einen feurigen Schweif von der 2—5fachen Länge ihres Breitendurchmessers, oder sind schon von Haus aus birnförmig und länger gestreckt. Es ist also ein Meteor als eine leuchtende Linie aufzufassen. Angenommen im Mittel dreifache Länge des Schweifansatzes, muß für unsere Kalkulation 4800 durch 3 dividiert werden, so daß 1600 herauskommt. Da  $2 \cdot 5^4 = 39 \cdot 0625$ , rund 40 ist, und  $40^2 = 1600$ , sehen wir, daß, da  $2 \cdot 5^8$  ca. = 1600 ist, ein Meteor um 8 Größenklassen heller sein muß als der schwächste Äquatorstern, den die Camera noch aufzeichnet, um wie dieser eine schwache Spur zu hinterlassen.

Unsere Contessa-Camera hat Äquatorsterne von  $4 \cdot 5^m$  noch aufgezeichnet, ein Meteor von  $— 3 \cdot 5^m$  würde also genügen. —  $3 \cdot 5^m$  ist aber etwa so, wie der Abendstern Venus in niederem Glanze. Wir wären also sicher, Meteore von Venushelligkeit ( $— 3 \cdot 3^m$  bis  $— 4 \cdot 4^m$ ) zu photographieren.

So helle Meteore sind allerdings selten, und es ist der reinste Zufall, wenn sie einmal gerade während einer Aufnahme der betreffenden Himmelsgegend fallen.

Immerhin kann es passieren, und ist uns z. B. im Januar 1913 einmal geglückt. Daher wollen wir kurz sagen, wie man sich dabei zu verhalten habe.

Während einer Fixsternaufnahme falle eine helle Sternschnuppe durch die betreffende Himmelsgegend. Sie sei so hell, daß man hofft, sie möchte sich aufgezeichnet haben. Was tun? — Sofort unterbricht man die Aufnahme, um einen Unterbruch in den Sternspuren zu erhalten. Zugleich notiert man die Zeit.

Ist dann wirklich die Meteorspur auf der Platte, so weiß man, wo die Sterne im betreffenden Moment gestanden haben (Beginn des Unterbruches) und kann dann die Lage der scheinbaren Bahn nach diesen Stellen leicht ausmessen.

Würden zwei Himmelsfreunde zur selben Zeit an 20—100 km entfernten Orten photographiert und beide die Meteorspur erhalten haben, so könnte man daraus die wissenschaftlich sehr wertvolle wahre Bahn des Meteors berechnen.

Es wäre also, ganz abgesehen von vielen anderen Gründen, recht wertvoll, wenn man bezüglich Astrophotographie gewisse Vereinbarungen mit räumlich bis 100 km entfernten Schulen treffen würde. Wir denken dabei nicht nur an eigentliche Meteor-aufnahmen, sondern namentlich auch an Sternschnuppenschwarmaufnahmen.

Für Sternschnuppenschwärme gelten nämlich einige etwas günstigere Umstände. Es gibt Sternschnuppenschwärme, bei welchen das Mittel der Flugbahngeschwindigkeit nur 12—15° in der Sekunde beträgt.

Dies ist reichlich  $2\frac{1}{2}$  mal weniger als die  $40^\circ$ , die wir bei Meteoren angenommen haben, wodurch die Minimalgröße auf  $— 2 \cdot 5^m$  herabgedrückt wird. Haben wir endlich recht lichtstarke Cameras  $F = 1 : 4 \cdot 5$ , so erhalten wir noch reichlich ein- einhalb Größenklassen mehr, also Sternschnuppen  $— 1^m$ . Diese sind schon schwächer als z. B. Sirius, der hellste Fixstern.

Solche fallen aber gar nicht selten in Nächten von reichem Sternschnuppensegen, und zwei Freunde der Himmelskunde dürfen da wohl hoffen, aus dem goldenen Regen einige Tropfen auf der Platte aufzufangen.

Beide richten, örtlich 20—100 km entfernt, ihre Apparate gegen den „Radian-



ten“, öffnen die Camera nach vereinbarter Zeit und photographieren in der oben angedeuteten Weise mit Unterbruch nach jeder sehr hellen Sternschnuppe.

Sollte auch nur eine Schnuppenspur identifizierbar auf beiden Platten sein, so hat man damit der Wissenschaft einen besseren Dienst geleistet — ist doch die Bahn nach dem früheren auf  $\pm 2'$  genau ermittelbar — als hätte man 100 Sternschnuppen visuell auf kaum  $\frac{1}{2}^{\circ}$  genau beobachtet und notiert.

Damit sind wir mit dem Hauptsächlichsten, was sich in Stellaraufnahmen mit ruhendem Amateurapparat leisten läßt, fertig geworden. Das nächstmal wollen wir zeigen, was sich mit einer parallaktisch montierten Camera erzielen läßt.

## Forderungen an den künftigen erdkundlichen Unterricht zufolge Erfahrungen an der Ostfront

Von Oberlyzealdirektor E. WERNICKE in Marienwerder, Westpr.

Über drei Jahre bin ich jetzt schon fern jeder Unterrichtstätigkeit, vielleicht sogar schon veraltet in manchem geworden. Für wissenschaftliche Tätigkeit war in der Kampflinie keine Zeit und keine Lust, desto mehr konnte ich praktische Lebenserfahrung, praktisches Wissen sammeln und bei dem Herumwandern meines Regiments an der Ostfront mehr erdkundliche Kenntnisse erwerben, als in drei Friedensjahren mit Ferienreisen mir möglich gewesen wäre. Das dauernde Draußensein bei Sommerhitze und Winterkälte, bei rauschendem Regen und weich fallendem Schnee, bei Tage und bei Nacht, auf eisigen Höhen und tief eingeschnittenen Tälern, in flachen, weitsichtigen Ebenen und in dichter Waldwirrnis, an munter springenden Bächen und breiten Strömen, in Sumpf und Moor, in Ödlandstrecken und hochgepflegten Kulturländern, in armseligen Bauernhütten und reichen Städten, der stete enge Umgang mit den Bewohnern fremder Länder und die unfreiwillige Muße im Schützengraben haben meine Kunde von der Erde erweitert, vertieft und — umgestaltet. Zeit zum Beobachten war überreich vorhanden, wenn der eigentliche Kampf vorüber war.

Im folgenden möchte ich aber ganz davon absehen zu schildern, wie mich persönlich die durchstreiften Landschaften zu erdkundlichen Beobachtungen anregten, wie ich die einzelnen Landgebiete nach interessanten Eigenarten durchsuchte, wie ich in und auf der Erde, beim Ritt und beim Durchhasten mit dem Kraftwagen die Welt um mich aufnahm. Mir soll es hier nur darauf ankommen zu sagen, was ich bei meinem künftigen Unterrichte in der Erdkunde aus den Erfahrungen heraus, die ich bei meinen Mitkämpfern bezüglich auf der Schule erworbener erdkundlicher Kenntnisse machte, besonders zu pflegen beschloß, und ich will nur damit anregen, die Erdkunde mehr und mehr — natürlich je nach den Gebieten — aus dem engumgrenzten Schulzimmer in die freie Landschaft zu verlegen und frühzeitig die Schüler zum Beobachten zu zwingen. „Olle Kamellen“ sind es nur, von denen ich reden werde; denn die Forderung ist alt.

In Rußland herrschte der Bewegungskrieg. Daher war das sichere Zurechtfinden im Gelände dringende Notwendigkeit, der verständnisvolle Gebrauch der Karte unablässige