

PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL INSTITUTE OF
THE UNIVERSITY OF AMSTERDAM

No 3

PHOTOGRAPHISCHE
PHOTOMETRIE DER NÖRDLICHEN
MILCHSTRASSE

NACH NEGATIVEN, AUF DER STERNWARTE HEIDELBERG
(KÖNIGSSTUHL) AUFGENOMMEN VON

MAX WOLF †

BEARBEITET VON

A. PANNEKOEK

AMSTERDAM ~ STADSDRUKKERIJ ~ 1933

DEM ANDENKEN MAX WOLFS
GEWIDMET

I N H A L T

1. Einleitung. Plan der Untersuchung	1
2. Das photographische Instrument	2
3. Die Platten	3
4. Das HARTMANN'sche Mikrophotometer	3
5. Die Messungsmethode und das Reduktionsverfahren	6
6. Die Größe der Sternscheiben.....	8
7. Die lineare Skala der Platten	11
8. Die Bestimmung der Schwärzungskurven	12
9. Die Lichtverteilung über den Sternscheiben	17
10. Die Grenzhelligkeiten der Sterne	18
11. Die Reduktion auf den Mittelpunkt der Platte	19
12. Die Mittelpunktsreduktion aus übergreifenden Platten	22
13. Die konstanten Plattenkorrekturen	24
14. Weitere Korrekturen. Das definitive System.....	27
15. Die Karten.....	31
16. Die quadratischen Korrekturen	33
17. Zusammenfassung der Resultate	34
Messungsergebnisse der einzelnen Platten	37—71
Tafel I. Photographisches Instrument und Mikrophotometer.	
Tafel II, III. Reproduktionen von 8 Platten.	
Karte I—VIII. Isophotekarten mit Mittelwerten.	

1. Einleitung. Plan der Untersuchung.

Die Anwendung der Photographie beim Studium der Milchstraße hat zuerst, vor ungefähr vierzig Jahren, den Astronomen RUSSELL in Sidney, MAX WOLF in Heidelberg und BARNARD auf der Lick Sternwarte die wunderbaren Bilder geliefert, die so viel zur Kenntnis der feineren Struktur der Milchstraßenwolken und der vor ihnen liegenden dunklen Nebelmassen beigetragen haben. Wie bei allen ausgedehnten Gebieten schwacher Flächenhelligkeit waren es auch hier die Benutzung von Objektiven großer Winkelöffnung und die Anwendung langer Expositionszeiten, die die visuell unsichtbaren Details der Beobachtung zugänglich machten. Je nach der Größe des Instruments erscheinen dabei die Sterne 11^{ter} bis 14^{ter} oder 15^{ter} Größe einzeln als eine dicht gedrängte Masse auf den Platten, während die noch schwächeren, wo sie in den Sternwolken zahlreich genug sind, durch ihr Gesamtlicht den Hintergrund mehr oder weniger schwärzen. So entsteht das Bild der Milchstraßenwolken auf den Platten.

So bedeutende Aufklärung diese Aufnahmen über die Struktur der Gebilde in der Sternenwelt gebracht haben, so konnten sie doch keine exakte numerische Daten über die Zahl der Sterne und die Helligkeit der galaktischen Wolken liefern. Denn die Menge des reduzierten Silbers in den Bildchen der Sterne und im Hintergrund — und daher noch weniger die Quantität des durch die Platte durchgelassenen Lichtes — ist der Intensität des wirksamen Sternenlichtes durchaus nicht proportional. Unsere Kenntnis der galaktischen Gebilde aus solchen Aufnahmen ist wesentlich qualitativ, nicht quantitativ. In dieser Hinsicht stehen die photographischen Aufnahmen gegen die visuellen Beobachtungen, die sie sonst an Reichhaltigkeit der Details weit übertreffen, zurück, weil bei diesen durch direkte Vergleichen die relative Flächenhelligkeit entfernter Regionen bestimmt werden kann. Allerdings ist dabei eine mühsame Bestimmung des Skalenwerts mittels visueller Photometrie notwendig, wozu für die nördliche Milchstraße die Messungen VAN RHIJN's das Material lieferten, während für die südliche Milchstraße die vorzügliche neuerschienene Arbeit HOFMEISTER's genaue Ergebnisse enthält; mit einem anders konstruierten Photometer sind auch Messungen von GRAF und HOPMAN angestellt worden. Man verliert dabei jedoch das durch die Photographie aufgedeckte Detail; und die Frage erhebt sich, wie man zu einer genaueren photographischen Photometrie der Milchstraße kommen könnte.

Die große Genauigkeit in der Messung photographischer Oberflächenschwärzungen, die durch Benutzung eines HARTMANN'schen Mikrophotometers zu erreichen ist, legt die Verwendung extrafokaler Aufnahmen zu diesem Zwecke nahe. Wenn jeder Sternpunkt zu einer größeren Scheibe ausgebreitet wird, wird jede Stelle der Platte durch die mittlere Flächenhelligkeit beleuchtet, die die Sterne jener Gegend dort zusammen erzeugen. So wird die Schwärzung der Platte direkt durch die auch dem Auge sichtbare Flächenhelligkeit des Himmels bestimmt. Die Sterne oberhalb einer gewissen Grenzhelligkeit bilden sich als getrennt sichtbare Scheiben ab, die umso schwärzer sind je heller die Sterne; unterhalb dieser Grenze tauchen sie in die Gesamthelligkeit des Hintergrundes unter. Die Schwärzungen der Sternscheiben bieten dabei ein bequemes Mittel die Skala zur Verwandlung der Hintergrundschwärzungen in Flächenhelligkeiten abzuleiten.

In den Jahren 1920 und 1921 hat Herr Professor MAX WOLF, Direktor der Sternwarte Heidelberg (Königsstuhl), auf meinen Vorschlag eine Anzahl extrafokaler Bilder der Milchstraße aufgenommen und sie unserem Institut zur Vermessung und Bearbeitung überlassen. Das Resultat der

ersten vermessenen Platte, 1923 im *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, Vol II, S. 19 (N^o. 44) veröffentlicht, war so ermutigend, daß sich der Plan herausbildete, die ganze nördliche Milchstraße in solcher Weise aufzunehmen. So ist diese Untersuchung eine gemeinsame Arbeit der Sternwarte Heidelberg und des Astronomischen Instituts in Amsterdam geworden. Die Platten sind in Heidelberg alle von Prof. WOLF selbst aufgenommen worden; dabei waren, besonders in den ersten Jahren, die äußeren Verhältnisse die denkbar schwierigsten, sodaß nur mit den größten Anstrengungen und Opfern die Fortführung der Arbeit möglich war. Da lange Belichtungen nötig waren — im Anfang wurde meist 3 Stunden exponiert, nachher bisweilen länger, bis zu 6 Stunden — mußte bei wechselndem Wetter die Exposition oft resultatlos abgebrochen werden; und es kostete viele Jahre ehe das Programm einigermaßen vollständig abgeschlossen werden konnte. Da sich das ganze Programm erst allmählich entwickelte und die beste Methode herausprobiert werden mußte, schließen die Platten nicht in so streng regelmäßiger Weise an einander an, als bei einer vorherigen exakten Organisation möglich gewesen wäre. Auch sind, durch das Ausprobieren und durch mangelnde Gelegenheit zu rechtzeitiger Verständigung die Aufnahmen nicht alle bei der gleichen Fokussstellung, also der gleichen Scheibchengröße gemacht worden. Die Bearbeitung der Platten fand in dem Astronomischen Institut in Amsterdam statt; alle Messungen und alle Reduktionen sind von D. KOELBLOED, Rechner des Instituts, ausgeführt worden.

2. Das photographische Instrument.

Das für die Aufnahmen verwendete Instrument, das von M. WOLF entworfen ist — für Expeditionszwecke, zu denen leider das Geld nachher gefehlt hat — wurde von der Firma CARL ZEISS in Jena erbaut und ist für jede Polhöhe benutzbar. Es können 8 Kameras zu je zweien, paarweise, auf ihm befestigt werden. Wie auf dem Bilde (Tafel I) zu sehen ist, sind jedoch nur 4 Kamera's, 2 Paare angebracht. Jedes Paar ist unter sich fest verbunden, und jedes Paar besitzt sein eigenes mit ihm gekoppeltes Leitrohr. Da aber jedes Paar seine eigene Deklinationsachse besitzt, können die verschiedenen Paare beliebig in Deklination gegen einander verstellt werden. Auch in Rektascension kann jeweils ein Paar durch eine Kippvorrichtung um etwa 40° nach beiden Seiten in Rektascension gegen das andere verstellt werden. Das abfahrbare Häuschen ist von WOLF entworfen und so gebaut, dass es beliebig nach Ost oder nach West abgefahren werden kann. Die Flügel-

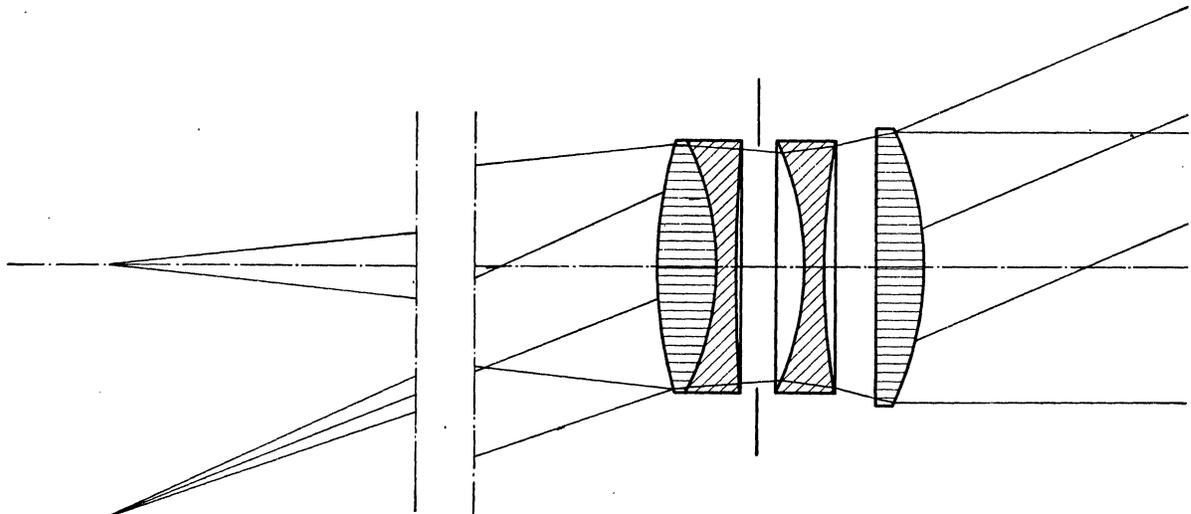


Fig. 1. Der Strahlengang im Tessar.

türen sind, wenn geöffnet, feststellbar und bieten bei Sturm einen recht guten Schutz, wenn man das Haus auf die Windseite fährt.

Das Pointieren geschieht auf extrafokale Sternscheibchen. Das Instrument besitzt Feinbewegung in Stundenwinkel sowohl mit Handbetrieb als mit elektrischem Antrieb (nach GRUBB). Letzterer wurde aber nie benutzt. Das Uhrwerk mit Reibungsregulator ging meist recht gut; je nach dem Gang der Uhr wurde von Minute zu Minute oder nach einigen Minuten die Stellung des Leitsterns kontrolliert und die Einstellung korrigiert. Die auf dem Bilde mit 2 bezeichnete Kamera trägt das extrafokal gestellte Objektiv; es war für den Zweck dieser Aufnahmen durch Anbringen eines zwischengelegten Ringes extrafokal gestellt, konnte aber außerdem in kleinerem Intervall fein fokussiert werden. Das Objektiv ist ein Tessar von ZEISS, mit einer Öffnung von 33 mm und einer Fokaldistanz von 145 mm, also einem Öffnungsverhältnis $1/4.5$. Die Konstruktion und den Strahlengang in diesem Objektiv zeigt die Figur 1 auf S. 2, die wir dem freundlichen Entgegenkommen der Firma ZEISS zu verdanken haben.

3. Die Platten.

Wir geben in Tabelle 1. eine Liste der zur Verwendung gekommenen Aufnahmen. Sie enthält nur diejenigen Platten, die vermessen wurden. Mehrere Platten sind außerdem aufgenommen worden, die wegen des Abbrechens der Exposition oder aus anderen Gründen nicht zur weiteren Bearbeitung geeignet erschienen. Im Jahre 1923 wurden eine Anzahl Platten mit geringer Distanz zum Fokus und kleinen Sternscheibchen aufgenommen; sie zeigen eine große Anzahl sehr schwacher Sterne und wurden daher nachher wo möglich durch neue Aufnahmen mit größeren Sternscheiben ersetzt. Nur drei dieser Platten wurden vermessen; für eine (δ Serp) wurde nachher noch eine Ersatzplatte gemacht; eine zweite (\times Cas) wird durch umgebende Platten nahezu überdeckt, während die dritte (δ Scuti) weiter nach Süden reicht als eine der andren Platten. Die Platte C 618, aufgenommen am 30 Jan. 1924 $6^h 52^m - 11^h 54^m$ mit Centralstern 10 Monocerotis, bei deren Aufnahme das Objektiv am Ende der Exposition mit Eis bedeckt war, zeigte die Sternscheiben mit einer ganz anormalen Intensitätsverteilung, überall sehr blass mit einem stark schwarzen Rande; sie ist deshalb nicht vermessen worden.

Auf den Tafeln II und III finden sich von 8 dieser Platten die zentralen Quadrate mit Seitenlänge 8 cm, mit verstärktem Kontrast, in normaler Größe reproduziert.

4. Das HARTMANN'sche Mikrophotometer.

Das HARTMANN'sche Mikrophotometer, das dem Institut 1922 durch die Firma C. BAMBERG in Berlin—Friedenau geliefert wurde, findet sich auf Tafel I abgebildet. Die Prinzipien der Konstruktion dieses Instruments dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. Auf zwei verschiedenen Wegen erreicht das Licht der Lampe das LummerBrodhun Prisma; in dem einen dieser Wege ist die zu vermessende Platte, in dem anderen ist der Schwärzungskeil eingeschaltet. Auf das Prisma sind zwei Beobachtungsokulare gerichtet; das obere zeigt das Bild eines Teils der Platte, auf der ein kleiner kreisförmiger Ausschnitt des Keils projiziert erscheint, und dient zur Einstellung der zu messenden Stelle, das untere zeigt den korrespondierenden kreisförmigen Ausschnitt der Platte in einem von dem Keil gebildeten Felde. Durch Verschiebung des Keils wird das umgebende Feld dem zu messenden Kreis gleich gemacht, sodaß die Begrenzung des Kreises verschwindet. Durch kleine Ungleichmäßigkeiten in Platte und Keil wird die Grenze jedoch nie vollständig verschwinden, sodaß immerhin eine Beurteilung der mittleren Gleichheit der Helligkeit notwendig ist. Der zur Verwendung kommende

Tabelle 1. Daten über die vermessenen Platten.

Platten nr.	Zentrum	Datum	M. Zt. Königstuhl	Expos.	Focus	Emuls.	Temp.	Entwickler	Bemerkungen
C 521	β Cyg	1921 Juni 4	10h 27m—13h 27m	180m	1	1	+ 21°	6c 7m	I, sehr schön und ruhig
523	13 Vul	" 6	10 22 —13 26	184	1	1	+ 11	6a 7	I, äußerst klar, unruh., Sturm
525	γ Cyg	" 7	10 26 —13 26	180	1	1	+ 15	6c 7	I, prächtig klar, ruhiger
527	γ Aql	Juli 2	11 4 —13 26	142	1a	1	+ 8	6b 7	I, schön klar, unruhig, naß
531	33 Cyg	" 8	10 26 —13 31	185	2	1	+ 16	6d 9	I-II, schön klar, etwas Dunst
533	π^2 Cyg	" 9	10 23 —13 37	194	2	1	+ 19	7b 8	I, sehr klar
535	β Cep	" 10	10 24 —13 35	191	2	1	+ 22	7b 8	I, sehr schön
537	β Cas	" 11	10 51 —13 52	181	2	1	+ 25	7b 8	I, schön
539	δ Aql	" 30	9 43 —12 55	192	2	1	+ 18	7b 8	I-II, erst I später schleiriger
542	λ Aql	" 31	10 38 —13 48	190	2	1	+ 22	7b 8	I-II, ziemlich schön
545	ζ Aql	Aug, 1	10 12 —13 16	184	2	1	+ 24	7b 8	I-II, ziemlich schön, Dunst
548	70 Oph	" 2	9 59 —13 9	190	2	1	+ 27	7b 8	I, sehr schön
551	A Cas	" 4	11 3 —14 3	180	2	1	+ 13	7b 8	I, wunderschön
579	δ Sct	1923 Juli 7	10 43 —13 23	160	3	2	+ 22	6b 9	I, sehr schön, Ende Mond
582	ϑ Ser	" 8	10 33 —13 29	177	3	2	+ 23	6b 9	I-III, erst schön, sp. oft Wo
594	κ Cas	" 12	10 44 —13 40	176	3	2	+ 23	5c 5	I, wunderbar klar
609	ι Aur	1924 Jan. 5	6 24 —11 26	302	1	2	— 7	5 $\frac{1}{2}$ aB 6	I, id., z. Schl. Eiskristalle
612	ϑ Aur	" 6	6 13 —10 23 ¹⁾	149	1	2	— 5	6c 6	II, zeitw. wenig Wolken
614	ζ Tau	" 29	6 47 —14 47	360	1	2	— 4	6b 6	I, viell. am Ende etwas Reif
622	μ Gem	" 31	6 51 —11 51	300	1	2	— 5	6c 7	I, sehr schön klar, windig
626	α Aur	März 8	7 40 —11 52	252	1b	2	— 3	6d 7	I, schön klar, kräft. Wind, Bilder ruhig
630	δ Cyg	Juni 6	10 24 —13 37	193	1	3	+ 10	6a 6	I, schön klar, nicht schleierfrei, sehr unruhig
634	52 Cyg	" 26	10 26 —13 31	185	1	3	+ 13	6c 7	I, wunderbar klar
638	σ Cyg	" 27	10 26 —13 34	188	1	3	+ 20	6b 8	I, schön klar
642	ϑ Ser	" 29	10 20 —13 30	190	1	3	+ 18	6b 7	I, sehr klar
646	41 HCep	Juli 1	10 46 —13 44	178	1	3	+ 15	6b 8	I, schön klar
650	BAC8107	" 31	9 39 —14 09	270	1	3	+ 15	6a 7	I, schön klar
654	χ Cas	Aug. 6	10 35 —14 45	250	1	4	+ 19	6a 7	I, zeitw. langs. vorüberz. Wo.
658	10 Cam	Nov. 24	6 14 —10 55 ²⁾	270	1	4	+ 4	6 $\frac{1}{2}$ a 7	I, im Anfang, später Wolken
662	ε Per	" 25	5 57 —11 51	354	1	4	+ 3	6 $\frac{1}{2}$ a 7	I, etwas unruhig
678	λ Per	Dez. 23	6 10 —11 13	303	1	5	0	7c 8	I, sehr schön, vielleicht Spur Eis auf Linse?
686	α Ori	1925 Jan. 22	6 45 —12 1	316	1	5	+ 3	8b 7m+L 2m	I, wunderbar klar, ruhig
735	S Mon	1926 Jan. 10	6 48 — 9 54	186	1c	4	0	L 4m	sehr schön bis kurz vor Schl., dann Wo.; Himmel weißlich
747	22 Mon	März 17	7 38 —(10 1)	(143)	1c	6	+ 1	7a 7	zuerst Ia, kurz v. Schl. Wolken
763	ζ Cep	Nov. 10	9 28 —13 28	240	1d	7	+ 5	7b 7	s. schön I, nachher Linsen naß
829	4H Cam	1928 Feb. 22	7 15 —11 15	240	1d	8	+ 1	7a 7	Ia, ruhig? Ende etwas Reif?
836	γ Aql	Aug. 11	9 09 —12 11	182	1d	9	+ 20	7a 7	Ia, aber etwas unruhig

¹⁾ Unterbrochen 8h 11m—9h 52m. ²⁾ Unterbrochen 7h 24m—7h 37m.

Emulsion; 1. Hauff 10225; 2. Agfa Spez. 9304; 3. Agfa Spez. 9713; 4. Agfa Spez. 9697; 5. Agfa Spez. 10675; 6. Agfa Spez. C 1146; 7. Agfa Spez. C 1199; 8. Agfa Spez. C 1292; 9. Agfa Spez. C 1315.

Entwickler: 5a = 5 proz. Rodinallösung, frisch angesetzt. 5b = idem, unmittelbar vorher einmal gebraucht. 5c = idem, idem, auf 6 proz. erfrischt, 5d = hälftig gebrauchte, hälftig 5 proz. Rodinallösung. 6a, b, c, d = 6 proz. Rodinallösung, dasselbe wie oben. L = Hydrochinon-rapidentwickler (mit Blutlaugensalz und Aetzkali). B = wenige Tropfen Bromkalilösung zugesetzt.

„Keil“ ist ein Streifen eines photographischen Negativs, dessen Schwärzung von einer bis zur andren Seite gleichmäßig ansteigt; es wurde aus einer Anzahl von Prof. E. HERTZSPRUNG in Potsdam mittels eines Scheiner'schen Sensitometers angefertigter Exemplare ausgewählt. Die ursprüngliche Absicht bei dieser Messmethode war die Vergleichung eines Negativs mit einem aus der gleichen Plattensorte besonders mit dem Sensitometer angefertigten Keil. Aber auch in diesem Falle ist eine Vergleichung von gut fokussierten Bildern, wo die Silberkörner einzeln scharf erscheinen, sehr schwierig. Viel leichter und genauer werden die Einstellungen, wenn die beiden zu vergleichenden Felder so weit außerhalb des Fokus gestellt werden, daß die Silberkörner verschwinden und ein gleichmäßig erleuchtetes, nur schwach geflecktes Feld erscheint. In dieser Weise werden immer alle unsere Messungen mit dem Mikrophotometer ausgeführt. Natürlich muß darauf geachtet werden, dass die Verschiebung der beiden Objektivröhren nach derselben Seite stattfindet, damit nicht bei wechselnder Akkomodation des Auges die Unschärfe der zu vergleichenden Felder in entgegengesetzter Weise zu- oder abnimmt. Da das eine der Bilder etwas gelblicher war als das andere, wurde in den Strahlengang des Negativs ein schwachblauer Keil eingeschaltet; dadurch konnten in dem Messokular die beiden Bilder vollkommen gleichfarbig gemacht werden, während in dem Einstellokular der Farbunterschied verstärkt wurde.

Wenn ein wirklicher Keil aus Rauchglas benutzt wird, darf man annehmen daß zwischen dem durchgelassenen Licht, in Größenklassen oder in einer logarithmischen Skala ausgedrückt ($\log I$), und der Verschiebung des Keils eine lineare Beziehung besteht. Dasselbe darf aber nicht vorausgesetzt werden, wenn ein photographischer, mittels eines Sensitometers angefertigter Keil verwendet wird. Die Oeffnung des Sensitometers ist so konstruiert, daß $\log t$, der Logarithmus der Zeit der Belichtung der Länge des Keils entlang linear zunimmt. Der Verlauf der Schwärzung (s , definiert als $\log I/I_0$) hängt nun von dem Schwärzungsgesetz ab; die mittleren Schwärzungen ändern sich rasch und gleichmäßig mit der linearen Koordinate x , aber zu beiden Seiten, für größere und für geringere Schwärzungen, ändert sich s langsamer mit x . Der exakte Verlauf muß daher durch besondere Messungen ermittelt werden.

Dazu wird die gleiche Schwärzungsdifferenz an verschiedenen Stellen des Keils gemessen, in der Weise, daß eine bestimmte Differenz, z.B. zwischen dem Zentrum einer Sternscheibe und dem daneben liegenden freien Teil der Platte, wiederholt gemessen wird, nachdem verschiedene Dunkelgläser in das durch die Platte gehende Strahlenbüschel eingeschaltet sind. So fanden sich z.B. in einer der Messungsreihen die folgenden zusammengehörigen Werte der Ablesungen für die beiden Punkte der Platte, und darunter ihre Differenz:

6,9	7,7	18,9	19,1	26,3	31,9	36,7	37,3	39,8	43,7	46,2	49,0	51,1	55,2	58,0	60,4
23,1	23,1	29,2	29,4	34,8	38,9	43,0	43,9	46,0	49,7	52,2	55,5	57,9	62,1	65,0	67,6
16,2	15,4	10,3	10,3	8,5	7,0	6,3	6,6	6,2	6,0	6,0	6,5	6,8	6,9	7,0	7,2

Deutlich tritt hier die schwache Gradation des Keils in den niedrigen Ablesungen, die stärkere maximale Gradation bei mittleren Schwärzungen und wieder eine Abnahme für die dichtesten Stellen hervor. Um aus diesen Messungen Korrekturen abzuleiten wurde in der folgenden Weise verfahren. In einem Diagramm wurde die Differenz als Funktion der ersten Ablesung eingesetzt und eine Kurve hindurchgezogen, die bei 43 oder 44 ein Minimum 6,0 zeigt. Nimmt man eine beliebige 1^{ste} Ablesung 8,0, so gibt die Kurve die Differenz 15,4, also die zugehörige 2^{te} Ablesung 23,4. Mit dieser Zahl als 1^{sten} Ablesung findet sich die Differenz 9,1 also die 2^{te} Ablesung 32,5. So geht man weiter, immer die berechnete zweite Ablesung als Argument für die nächste Differenz benutzend. Die Reihe der also erhaltenen Zahlen

8,0	23,4	32,5	39,5	45,7	51,8	58,4	65,7
-----	------	------	------	------	------	------	------

stellen die Grenzen einer Anzahl an einander schließender gleicher Schwärzungsdifferenzen dar, deren Wert an der Stelle der stärksten Gradation 6,0 ist. Stellt man nun eine Reihe Zahlen auf mit konstanter Differenz 6,0 und von 45,7, wo die Gradation ein Minimum ist und die Schwärzungskurve einen Inflexionspunkt hat, ausgehend, also

$$21,7 \quad 27,7 \quad 33,7 \quad 39,7 \quad 45,7 \quad 51,7 \quad 57,7 \quad 63,7,$$

so stellen diese die Ablesungen derselben Schwärzungen im Falle eines idealen gleichmäßigen Keils vor. Die Differenzen

$$+ 13,7 \quad + 4,3 \quad + 1,2 \quad + 0,2 \quad 0 \quad - 0,1 \quad - 0,7 \quad - 2,0$$

können daher als die Korrekturen betrachtet werden, die an den obenstehenden Ablesungen anzubringen, sind, um sie auf Idealkeil zu reduzieren. Mit einem zweiten Anfangswert wurden ähnliche Korrekturen für dazwischen liegende Werte des Arguments abgeleitet.

Aus einer Anzahl solcher Messungsreihen wurden in dieser Weise folgende Mittelwerte der Korrekturen gefunden :

Ablesung	11,4	20,7	26,7	32,6	37,0	40,9	45,1	48,8	53,0	57,1	62,3	66,9
Korrektion	+ 11,0	+ 5,7	+ 2,9	+ 1,1	+ 0,3	+ 0,1	0,0	0,0	- 0,2	- 0,6	- 1,3	- 2,2
Idealkeil	23,4	26,4	29,6	33,7	37,3	41,0	45,1	48,8	52,8	56,5	61,0	64,7.

Für die Gestalt der Schwärzungskurve (characteristic curve) hat HERTZSPRUNG eine quadratisch-exponentielle Formel vorgeschlagen. Dann muß die Beziehung zwischen der Schwärzung und der Keilablesung auch durch eine ähnliche Formel wiederzugeben sein. Bezeichnet man mit s die Ablesung des Idealkeils, mit s_0 die Ablesung für völlige Transparenz, also mit $s-s_0$ die Schwärzung, und mit x die Keilablesung, so hat die Formel die Gestalt

$$\log (s-s_0) = a + bx - cx^2.$$

Mit den Zahlenwerten

$$\log (s - 18.64) = 0,174 + 0,0390 x - 0,000251 x^2$$

bleiben die folgenden Abweichungen $B-F$ in den obigen Mittelwerten :

$$- 0,1 \quad + 0,3 \quad + 0,1 \quad - 0,1 \quad - 0,1 \quad 0,0 \quad 0,0 \quad 0,0 \quad - 0,2 \quad - 0,4 \quad - 0,2 \quad + 0,4.$$

Die Darstellung ist also eine sehr gute zu nennen, und mittels dieser Formel wurde daher eine Korrektortabelle berechnet, die immer bei der Reduktion der Messungen benutzt wurde.

Es muß hinzugefügt werden, dass nachher ausführlichere Meßreihen angestellt wurden, zuerst von Herrn J. J. M. REESINCK, und später von Herrn G. VAN HERK, die auf unregelmäßige Fluktuationen der Schwärzung des Keils hinweisen. Es ist nicht leicht sie genau zu bestimmen; da ihr Betrag nur einige Zehntel der Skaleneinheit beträgt, und nur ausnahmsweise bis zu einer halben Skaleneinheit ansteigt, ist von einer späteren Neureduktion der Ablesungen abgesehen, und sind alle in dieser Publikation behandelten Messungen mit der oben erwähnten Korrektortabelle reduziert worden.

5. Die Messungsmethode und das Reduktionsverfahren.

Auf jeder der Platten wurde ein Quadrat von 6 cm Seitenlänge um die Mitte vermessen; in den weiter nach dem Rande hin liegenden Teilen werden die Bilder der Sterne zu viel verzerrt, und an ihrer Silhouettierung erkennt man, daß ein erheblicher Teil der schief einfallenden Strahlenbüschel durch die Fassung des Objektivs abgeschnitten wird. Innerhalb jenes Mittelquadrats wurde die Schwärzung des Grundes an Punkten gemessen, die in Reihen von 1 mm Distanz einander mit 2 mm Zwischenraum folgen, abwechselnd an den geraden und den ungeraden Stellen, sodaß die gemessenen Punkte ein quadratisches Netz bilden mit 2 mm Diagonallänge. Ein großer Teil

(oft $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$) dieser (1800) Punkte fällt jedoch aus, da sie von den Sternscheiben überdeckt sind. Entstehen in solcher Weise zu grosse Leeren, so wurden darin möglichst die wenigen freien Stellen zwischen den gedrängten Sternscheiben aufgesucht und gemessen, und ihre Koordinaten in Zehntel mm abgelesen. Von allen sichtbaren Sternscheiben wurde die Schwärzung im Mittelpunkt gemessen, soweit nicht die Scheiben benachbarter Sterne über diesen Mittelpunkt greifen. Bei jeder Messung wurden drei Keilablesungen hinter einander gemacht; aus ihren gegenseitigen Abweichungen findet sich ein mittlerer Fehler einer Messung zu 0,12, des Mittels zu 0,07; also sind die Messungsergebnisse, in Anbetracht rein zufälliger Einstellungsfehler, als auf 0,1 Skaleneinheit sicher zu betrachten. In den Reduktionen ist immer 0,1 Skaleneinheit als Rechnungseinheit beibehalten. Das Mittel der drei Ablesungen wurde mittels der § 4 erwähnten Korrektionsstabelle auf Idealkeil reduziert. Eine Messungsreihe umfaßte als Regel ungefähr 30 gemessene Punkte. Um alle Reihen auf einander zu reduzieren — durch kleine Verstellungen der Lampen, oder sonstige unabsichtliche Änderungen treten mitunter systematische Verschiedenheiten auf — wurden nach Beendigung der Messungen an einer Platte einige Spezialreihen gemessen, deren jede aus einigen Punkten aller vorherigen Reihen gebildet war. Die in solcher Weise abgeleiteten Korrekturen waren immer sehr gering, aber oft systematisch mehrere Tage ungefähr konstant.

Von den in dieser Weise erhaltenen Werten für die gemessenen Stellen wurde der Wert für die unbelichteten Randstellen der Platte abgezogen; es wurde dazu das Mittel aus den klarsten Stellen des Randes genommen. Der Überschuß wurde als die durch die Belichtung erzeugte Dichte des Silberniederschlags betrachtet; er wird weiterhin als die Schwärzung s bezeichnet und in der Einheit 0,1 Skalenteil ausgedrückt werden.

Aus dieser Schwärzung soll nun die Intensität des sie erzeugenden Lichtes abgeleitet werden. Dazu werden die Schwärzungen in den Zentren der Sternscheiben benutzt. Da die Größe der Scheibe (Vgl. § 6, S. 11) und die Helligkeit des Sterns bekannt sind, läßt sich die mittlere Flächenhelligkeit über der Scheibe berechnen. (Einheit ist das Licht eines 10^m Sterns über einen Quadratgrad ausgebreitet, also 0,0001 mal die Helligkeit eines 0^m Sterns per Quadratgrad). Allerdings ist das Licht des Sterns nicht gleichmäßig über die Scheibe verteilt; der Rand ist dunkler und auch das Zentrum ist etwas dunkler als der dazwischen liegende Ring. Aber durch die Messung der Lichtverteilung über der Scheibe läßt sich das Verhältnis der zentralen zu der mittleren Intensität bestimmen (Vgl. § 9, S. 18). Das Licht der Sternscheibe fügt sich zu der Helligkeit des Himmelgrundes, die aus Erdlicht (Polarlicht), Zodiaklicht, zerstreutem Sternenlicht und Milchstraßenlicht zusammengesetzt ist, und deren Betrag unbekannt ist. Nehmen wir an, dass diese Helligkeit auf der Platte konstant ist (I_0), so würde damit die Schwärzung s_0 korrespondieren, und alle Totalintensitäten und Schwärzungen würden in der Schwärzungskurve durch höhere Punkte dargestellt werden.

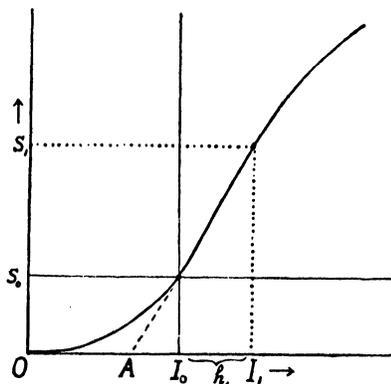


Fig. 2. Die Schwärzungskurve.

Setzt man nun das von dem Stern stammende Licht im Scheibenzentrum (h_1) und die Schwärzungsdifferenz des Scheibenzentrums gegen die nächste Umgebung ($s_1 - s_0$) als Koordinaten gegen einander in ein Diagramm, so bekommt man den Teil der Schwärzungskurve oberhalb des Punktes ($I_0 s_0$); der darunter liegende Teil ist aus diesen Daten nicht zu bestimmen.

Nun ist allerdings der Hintergrund nicht konstant; zum Rande hin nimmt die Beleuchtung der Platte durch die Schiefe des einfallenden Lichtes ab, und in den helleren Milchstraßengebieten ist der Himmelgrund heller. Es ist ja gerade diese größere Helligkeit, die es zu bestimmen gilt. Man wird jedoch annehmen

dürfen, daß innerhalb dieses Schwankungsbereichs um I_0 die Neigung der Schwärzungskurve sich nur wenig ändert; eine Verschiebung des Nullpunktes des Diagramms über diesen Bereich wird keine bedeutende Fehler in der Kurve bewirken. Auch kommt es nur auf die Neigung der Kurve in ihrem unteren Teil an; diese gibt den Koeffizienten dI/ds , mittels dessen die durch die Milchstraße bewirkten Schwärzungsdifferenzen in Helligkeitsdifferenzen umgerechnet werden.

Diese Rechnung findet in der Weise statt, daß aus der gemessenen Schwärzung s_0 in jedem Punkte mittels dieses Koeffizienten eine Helligkeitszahl $s_0 dI/ds$ berechnet wird. Das kommt darauf hinaus, daß zu s_0 eine Helligkeit gefunden wird, die in der obigen Figur durch die Distanz AI_0 dargestellt wird. Sie weist die richtigen Schwankungen in der Helligkeit des Himmelgrundes auf, aber sie ist kleiner als die wirkliche Helligkeit OI_0 . Um die allgemeine Helligkeit des Himmelgrundes selbst zu finden, wären Aufnahmen mit Schwärzungsmarken auf einen nicht belichteten Teil der Platte nötig, die die Skala der Schwärzungen und Helligkeiten bis zu Null auszudehnen gestatten. Für unser Ziel, die Bestimmung der relativ geringen Variationen der Helligkeit über den Himmel, ist es ohne Belang, ob die Helligkeiten von 0 oder von einem unbekanntem A aus gezählt werden. Es ergibt sich zugleich, daß eine Unsicherheit in der überall subtrahierten Ablesung für unbelichtete Platte ebensowenig schadet.

6. Die Grösse der Sternscheiben.

Bei den Aufnahmen kamen hauptsächlich drei verschiedene Stellungen des Fokus in Anwendung, die verschieden große Sternscheiben ergeben; wir werden diese als große, mittlere und kleine Bilder unterscheiden. In der Tabelle S. 4 sind sie als Fokus 1, 2, 3 bezeichnet. Bei den großen Bildern waren die Stellungen nicht immer genau dieselben; namentlich am Schluß, als die Aufnahmen zur Vervollständigung des Programms zeitlich weit aus einander lagen, kamen etwas abweichende Durchmesser vor.

Die Sternscheiben sind, wie sich unmittelbar zeigt, nur in der Mitte der Platten genau kreisförmig. Außerhalb der Mitte werden sie elliptisch, und in größerer Entfernung wird die Silhouettierung durch die Linsenfassung merklich. Durch die Silhouettierung wird zuerst der radiale Durchmesser abgeschnitten und immer mehr verkürzt; in größerer Entfernung von der Mitte

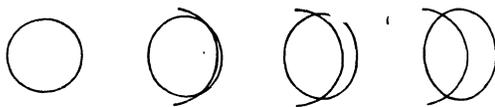


Fig. 3. Die Silhouettierung der Sternscheiben.

wird schließlich auch der transversale Durchmesser an den beiden Enden abgeschnitten werden. Es hängt von der Gestalt der Fokalfläche und von dem übrig gebliebenen Astigmatismus ab, wie die beiden Durchmesser der Scheiben sich mit der Distanz zum Zentrum ändern werden. Das kann nur durch Messungen an den Sternscheiben bestimmt werden.

Auf einer Anzahl Negativen sind bei einer Anzahl Sternscheiben beide Durchmesser, radial und transversal, mittels des Hilger-Mikrometers des Instituts gemessen worden. Diese Messungen, für jede der drei Gruppen von Platten zusammen genommen, ergeben den Verlauf der Dimensionen mit der Distanz von der Mitte der Platten; außerdem sind auf allen Platten die Durchmesser der kreisförmigen Scheiben im Zentrum gemessen. In den Diagrammen Fig. 4, 5 und 6 sind die Resultate als Funktion der Distanz zum Zentrum zusammengestellt; die Punkte bezeichnen die transversalen, die Kreuzchen die radialen Werte. Die Einzelwerte sind zu Mittelwerten zusammengefaßt, die in Tabelle 2 zusammengestellt sind, und in den Diagrammen besonders, durch Kreise und als größere Kreuze bezeichnet sind.

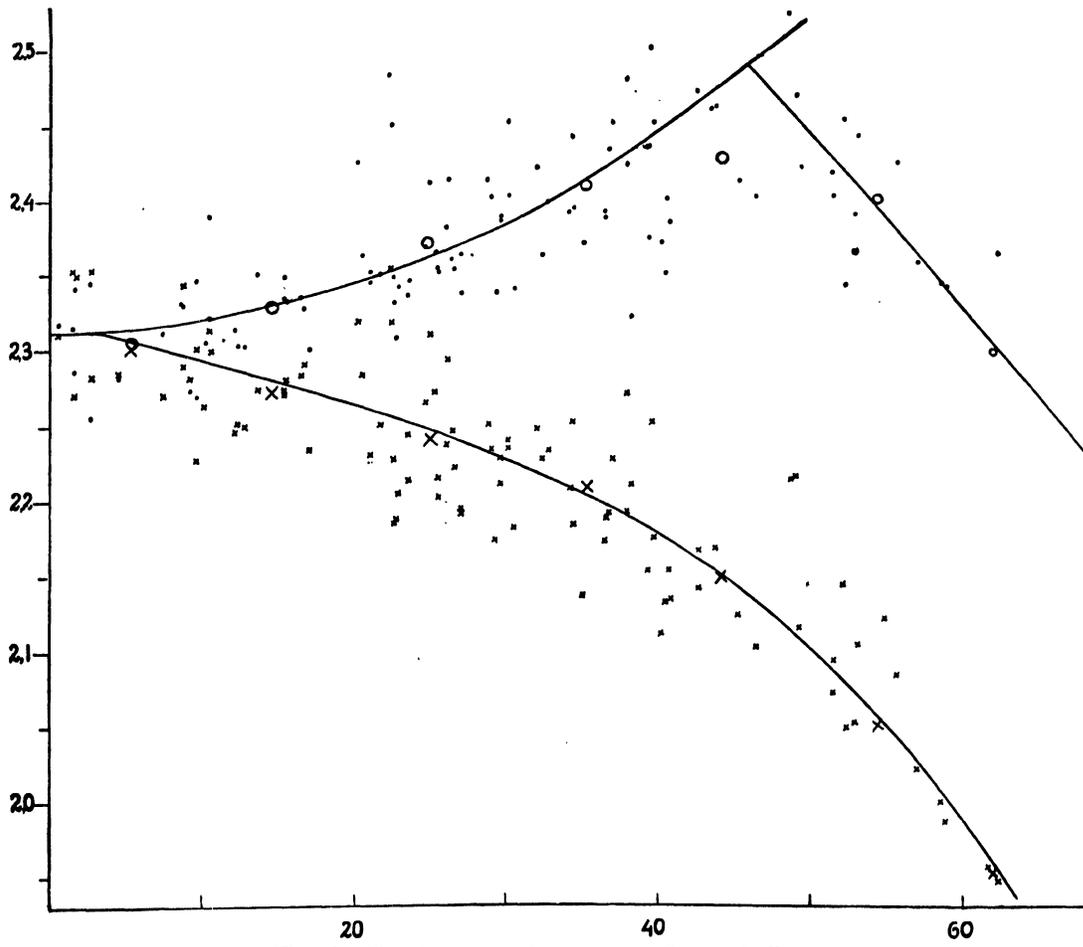


Fig. 4. Durchmesser der grossen Sternscheiben.

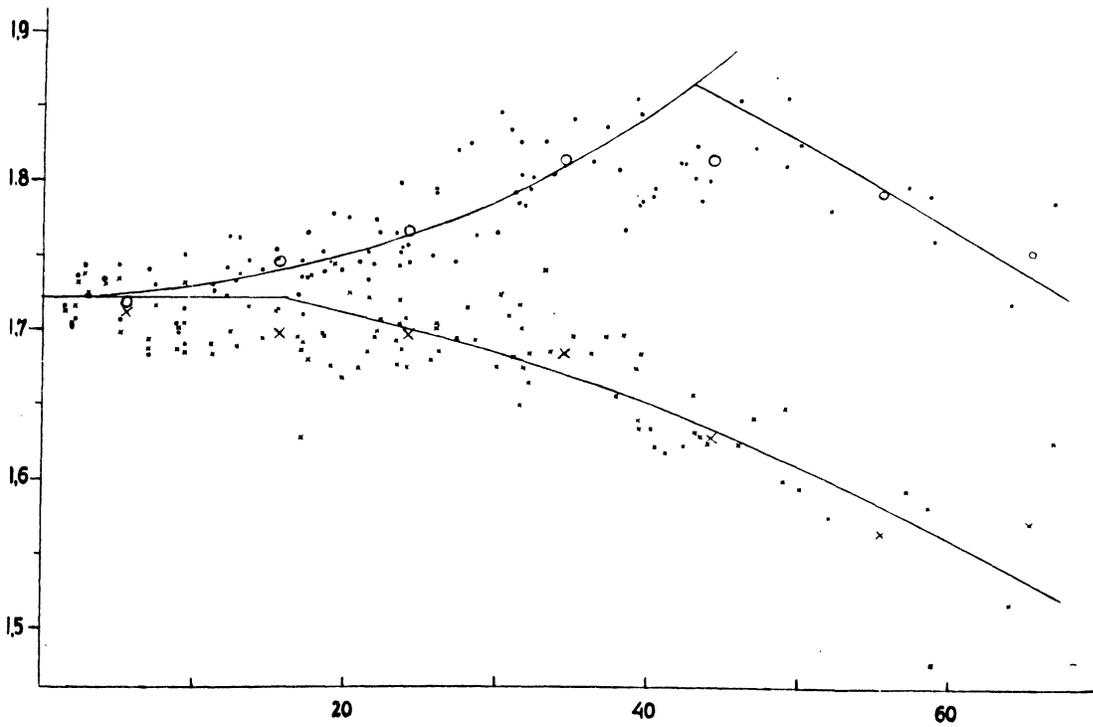


Fig. 5. Durchmesser der mittleren Sternscheiben.

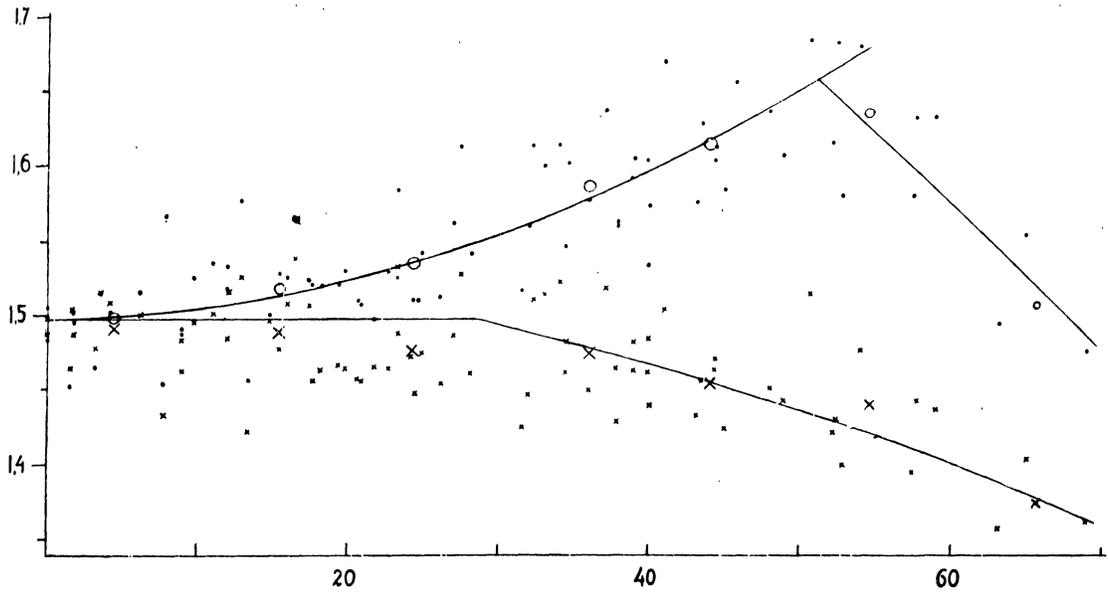


Fig. 6. Durchmesser der kleinen Sternscheiben.

Tabelle 2. Die Durchmesser der Sternscheiben.

Kleine Bilder (5 Platten)				Mittlere Bilder (7 Platten)				Große Bilder (7 Platten)			
Entf. v. Mitt.	Radialer Durchm.	Transv. Durchm.	Anz. Sterne	Entf. v. Mitt.	Radialer Durchm.	Transv. Durchm.	Anz. Sterne	Entf. v. Mitt.	Radialer Durchm.	Transv. Durchm.	Anz. Sterne
4,4	1,491	1,498	14	5,6	1,711	1,718	17	5,3	2,302	2,306	13
15,4	1,488	1,518	14	15,7	1,698	1,745	21	14,6	2,273	2,330	13
24,2	1,476	1,534	13	24,1	1,698	1,767	21	24,9	2,243	2,374	29
36,0	1,474	1,588	15	34,4	1,684	1,815	21	35,2	2,211	2,412	20
44,0	1,453	1,615	10	44,1	1,629	1,814	12	44,1	2,151	2,430	12
54,6	1,440	1,636	8	55,3	1,564	1,791	5	54,4	2,052	2,403	11
65,7	1,375	1,508	3	65,4	1,571	1,752	2	62,0	1,953	2,301	2

Es zeigt sich, dass die radialen Werte mit zunehmender Entfernung langsam, dann allmählich rascher abnehmen; die transversalen Werte nehmen zuerst in steigendem Maße zu, dann aber tritt ziemlich plötzlich eine Abnahme ein. Letzteres ist offenbar dem Uebergreifen des Silhouettierungskreises über die Längsachse der Sternscheibe zuzuschreiben. Dann muß aber die Verringerung des radialen Durchmessers aus diesem Grunde schon eher angefangen haben. Bei den kleinen und mittleren Scheiben läßt sich die Änderung der radialen Durchmesser auch in der Weise deuten, dass sie zuerst konstant bleiben, und dann von einer bestimmten Distanz an (24 mm bei den kleinen, 16 mm bei den mittleren Scheiben) abnehmen. Da große Scheiben eher vom Silhouettierungskreis berührt werden müssen als kleinere, fängt die Abnahme hier schon nahe bei der Mitte an. Diese Deutung der Messungsergebnisse ist in den Kurven in den Diagrammen zum Ausdruck gebracht.

Für die Reduktion der Schwärzungsmessungen brauchen wir die Oberfläche der Sternscheiben, die hier als Ellipsen angenommen werden; die Flächenhelligkeit wird dann durch $4H/\pi d_1 d_2$ gegeben wo d_1 den radialen, d_2 den transversalen Durchmesser bezeichnet. Wo diese Werte durch Silhouettierung verringert werden, müssen natürlich die unverkürzten Dimensionen genommen

werden, müssen also die Kurven in Fig. 4, 5 und 6 über den höchsten Eckpunkt hinaus extrapoliert werden. Für d_2 wurde aus den Mittelwerten von Tabelle 2 eine quadratische Formel berechnet, für d_1 ein konstanter Wert, gleich dem Zentrumswert von d_2 , angenommen. Die Formeln (mit denen die gezeichneten Kurven übereinstimmen) sind

$$\begin{array}{lll} \text{für die großen Bilder } d_2 = 2,312 + 0,0000872 r^2. \\ \text{„ „ mittleren „ } & 1,721 + 0,0000793 r^2. \\ \text{„ „ kleinen „ } & 1,499 + 0,0000607 r^2. \end{array}$$

wo r die Entfernung vom Mittelpunkt in mm ist. Der mittlere zu benutzende Wert für $1/d_2$ wurde dadurch gefunden, daß zu jedem Wert von $1/d_2$ die Oberfläche des dazu gehörenden Ringes (bis $r=30$), oder der innerhalb des vermessenen Quadrats liegenden Ringstücke (bis zu $r=42.4$) ermittelt wurde. In dieser Weise fand sich bei den

	großen	mittleren	kleinen Scheiben
mittl d_2	2,364	1,768	1,535
mittl $1/d_2$	0,4231	0,5658	0,6516
mittl $1/d_1 d_2$	0,1830	0,3288	0,4347
log $1/d_1 d_2$	9,2625	9,5169	9,6382

Auf den Platten mit etwas abweichenden großen Scheiben wurde nur der Durchmesser im Zentrum gemessen und das Gesetz der Änderung als identisch mit den normalen großen Scheiben angenommen. So fand sich für

Fokus	1a	1b	1c	1d
Centr. Durchm...	2,18	2,42	2,20	2,10
$1/d_1 d_2$	0,2055	0,1672	0,2018	0,2214.

Diese Werte sind bei den folgenden Reduktionen benutzt worden.

7. Die lineare Skala der Platten.

Die Fokaldistanz des Objektivs beträgt 145 mm. Da für diese Aufnahmen eine extrafokale Stellung der Platten nötig war, ist die wirkliche Entfernung der Platte vom Objektiv, die den Skalenwert bestimmt, eine andere gewesen. Sie wurde für eine Anzahl Platten durch Vermessung der rechtwinkligen Koordinaten von einem Dutzend Sterne bestimmt. Bei dem Fokus

1 (große Sch.) 2 (mittlere Sch.) 3 (kleine Sch.).

wurde für die Entfernung gefunden

153,8 152,1 151,1 mm,

wozu Scheibendurchmesser gehören von

2,31 mm = $0^\circ,86$ 1,72 mm = $0^\circ,65$ 1,50 mm = $0^\circ,57$.

Die Platte stand also hinter dem Brennpunkt. Eine lineare Beziehung zwischen der gefundenen Entfernung und dem Scheibendurchmesser wurde gefunden:

$$f' = 146,3 + 3,23 D,$$

aus der sich die berechneten Entfernungen 153,8 151,9 151,3 ergeben. Diese wurden benutzt um das Verhältnis eines Quadratgrads zu einem Quadratmillimeter zu ermitteln; das Resultat ist für die drei Fälle

$$\log (f' : 57,296)^2 = 0,8578 \quad 0,8470 \quad 0,8434.$$

Für die abweichenden Fokalstellungen $1a-1b$ wurden die Werte von 1 , für $1c$ und $1d$ die durch Interpolation berechneten Werte $0,8558$ $0,8540$ benutzt.

Die Skala der Platten ergibt sich zu $1 \text{ mm} = 0^\circ,37$ für die großen, $0^\circ,38$ für die mittleren und kleinen Bilder in der Mitte der Platte. Die gemessenen Quadrate haben, den Medianlinien entlang, eine Breite von $22^\circ,3$.

8. Die Bestimmung der Schwärzungskurven.

Für jede Aufnahme wurde eine Zeichnung, in der alle gemessenen Sterne nach ihren rechtwinkligen Koordinaten eingezeichnet waren, mit einer Karte derselben Gegend verglichen, die alle Sterne des *Henry Draper Catalogue* (Harvard Annals 90—99) bis zu einer genügenden unteren Grenze, mit ihren photographischen Größen enthielt. Dadurch wurden die gemessenen Sterne identifiziert. Es stellte sich heraus, wie zu erwarten war, daß auf den Aufnahmen mit den kleinsten Bildern die Sterne bis zu einer bedeutend tieferen Magnitudengrenze einzeln erkennbar waren als bei den großen Bildern; während bei den letzteren die Grenze ungefähr $7,5^m$ ist, sind bei den ersteren noch Sterne unterhalb $8,5^m$ sichtbar.

Für jeden Stern wurde die Schwärzungsdifferenz gegen die Umgebung $s-s_0$ ermittelt; s_0 wurde den in regelmäßiger Reihe gemessenen Punkten des Hintergrundes entnommen, wobei bisweilen über größere Distanzen interpoliert werden musste. Daneben wurde die Helligkeit H dieser Sterne, in der Helligkeit eines 10^m Sterns als Einheit ausgedrückt, berechnet. (Wo zwei oder mehrere Sterne so dicht zusammenstehen, dass im Mittelpunkt das Gesamtlicht gemessen wurde, wurde hier die Summe ihrer Helligkeiten genommen). Diese beiden Daten als Koordinaten zu einander in ein Diagramm gezeichnet sollen die Schwärzungskurve für die behandelte Platte ergeben. In diesen Diagrammen sind die Punkte für die schwachen Sterne, mit $s-s_0$ nahe bei 0 , dichtgehäuft, während die sehr hellen Sterne nur vereinzelte Punkte in den höchsten Teilen ergeben. Wenn man nun Mittelwerte bilden will, um die Kurve besser festzulegen, tritt in der Nähe des Nullpunktes der Übelstand auf, daß durch die Unvollständigkeit der mitgenommenen schwächsten Sterne die Mittelwerte systematisch verschoben werden. Da nun doch definitionsgemäß die Kurve durch den Ursprung $s-s_0=0$, $H=0$ gehen muß, sind die Werte von $s-s_0$ unterhalb von 10 nicht berücksichtigt. Bei den größeren Werten von $s-s_0$ und H tritt eine deutliche Krümmung der Kurve auf. Es wurde versucht diese durch ein quadratisches Glied darzustellen. Es stellte sich aber heraus, daß eine parabolische Formel, die sich auch den hellsten Sternen anschließt, in den Punkten näher bei 0 systematische Differenzen übrig ließ. Eine Darstellung mit einem zusätzlichen Glied 3ten Grades lieferte schon ein besseres Resultat. Nun hat es aber für unsere Aufgabe gar keinen Zweck die Kurve bis zu den größten Helligkeiten genau darzustellen. Wir brauchen nur die Neigung der Kurve im Nullpunkt, also den Koeffizienten des linearen Glieds; das quadratische Glied soll nur verhüten, daß die etwas höher liegenden Werte den Grenzbetrag der Neigung verfälschen. Deshalb wurden schließlich die hellsten Sterne ganz fortgelassen, und wurde eine quadratische Formel aus den schwächsten und mittleren Sternen berechnet.

Die Daten zu dieser Rechnung sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Für jedes Negativ finden sich da die Gruppenmittel der Schwärzung $s-s_0$ (Einheit ist $0,1$ Skalenteil) und der Helligkeit H , mit der Anzahl der in jeder Gruppe zusammengenommenen Sterne. Die Werte oberhalb des horizontalen Strichs sind zur Berechnung einer quadratischen Formel

$$H = a (s-s_0) + b (s-s_0)^2$$

verwendet; dabei wurden Gewichte benutzt, die weniger verschieden sind als die Anzahlen n selbst, meist Ganzwerte die den \sqrt{n} am nächsten liegen. Die übrigbleibenden Differenzen: beobachtetes H minus Rechnung finden sich in der letzten Spalte.

Tabelle 3. Mittlere Schwärzungen und Helligkeiten der Sterne.

C 521 β Cygni				C 523 λ Vulpeculae				C 525 γ Cygni				C 527 γ Aquilae			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
5,9	19	42	+ 4	11,8	19,8	65	+ 1,6	11,7	19,3	58	- 1,5	6,1	53	15	+ 5
9,2	23	51	0	16,5	23,8	41	- 2,3	17,8	32,9	24	+ 0,2	11,1	86	11	- 1
13,2	26	36	- 7	21,9	38,6	12	+ 3,0	21,8	33,2	18	- 7,7	15,0	115	7	- 2
17,6	40	15	- 5	27,8	42,5	6	- 4,1	25,8	49,3	6	- 0,1	33,0	306	2	+ 48
22,6	54	13	- 4	31,0	47,2	8	- 5,6	32,1	64,4	9	+ 0,9	65,0	619	1	+ 111
28,8	86	11	+ 12	38,0	66,2	5	- 0,8	41,2	94,9	11	+ 9,6				
35,0	105	8	+ 15	45,5	90,2	4	+ 7,1	66,1	149	6	- 3,9				
49,0	126	8	- 2	56,2	116,8	5	+ 9,1	100	242	1	- 24				
82,0	215	4	- 4	62,8	116,0	5	- 7,8	130	350	1	- 34				
160	419	1	+ 25	86	162	4	- 24	176	750	1	+ 150				
				140	275	1	- 92	214	650	1	- 162				
				217	619	1	- 91								

C 531 β Cygni				C 533 π_2 Cygni				C 535 β Cephei				C 537 β Cassiopeiae			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
11,6	12,6	81	- 1,6	11,7	12,2	101	+ 0,8	11,8	9,4	91	- 0,4	11,5	13,7	74	+ 1,4
16,9	19,2	40	- 2,4	16,8	17,1	40	+ 0,5	16,5	13,4	50	- 0,9	16,9	17,4	39	- 0,9
21,9	27,7	23	- 1,0	21,6	22,6	29	+ 0,8	22,2	18,7	22	- 0,9	22,0	21,2	25	- 2,9
27,2	34,9	19	- 1,3	27,1	26,7	15	- 1,2	26,6	23,2	21	- 0,6	27,8	27,9	19	- 3,0
31,5	41,0	10	- 2,1	31,6	32,3	13	- 0,9	31,5	27,3	17	- 1,4	32,5	35,8	6	- 0,6
36,3	47,7	3	- 2,9	37,1	37,3	9	- 2,4	40,2	41,3	10	+ 3,6	37,0	43,5	12	+ 1,6
42,0	57,1	7	- 3,3	42,5	39,2	4	- 7,2	50,1	50,7	7	+ 2,1	41,4	47,6	5	+ 0,3
46,5	64,0	4	- 4,2	47,3	51,5	6	- 1,0	65,2	65,2	8	- 1,1	47,8	59,5	6	+ 4,1
55,8	98,0	5	+ 13,2	55,0	66,4	7	+ 3,6	106	129	7	+ 7,0	52,6	61,2	5	- 0,3
65,3	119,7	6	+ 18,6	63,7	74,5	6	- 0,3	139	167	4	- 8,0	58,9	73,0	8	+ 3,2
86,5	141	8	- 7,7	73,7	90,6	8	+ 1,2					86	105	5	- 2,5
136	251	1	- 26	102	124	9	- 11					120	167	6	+ 7
279	800	1	- 22	182	270	2	- 28					222	409	1	+ 59
												253	492	1	+ 74

C 539 δ Aquilae				C 542 λ Aquilae				C 545 ζ Aquilae				C 548 η Ophiuchi			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
11,6	14,9	76	0,0	11,8	21,1	34	- 1,8	11,8	15,2	88	- 1,0	11,4	14,3	45	+ 0,4
16,7	20,3	29	- 1,1	16,6	32,1	14	- 0,2	16,5	22,9	28	0,0	16,4	19,9	16	- 0,7
22,8	28,9	9	- 0,4	21,9	41,1	9	- 1,5	21,8	29,3	23	- 1,0	22,0	27,6	12	- 1,1
27,0	35,4	10	+ 0,7	26,9	52,9	9	+ 0,5	26,9	42,2	14	+ 4,8	27,2	35,7	17	- 0,9
32,2	46,6	5	+ 5,2	34,2	73,0	11	+ 6,4	35,5	48,5	11	- 1,3	31,8	50,6	5	+ 6,7
36,8	46,8	6	- 0,5	49,8	91,2	5	- 6,0	46,6	65,0	13	- 0,8	37,3	48,3	6	- 4,8
40,7	52,9	7	+ 0,6	64,7	127,7	3	+ 1,1	70,5	101,2	11	+ 0,2	41,9	63,0	7	+ 1,8
46,3	54,0	3	- 5,5	105	217	2	+ 11	111,2	191	4	+ 28	50,5	80,0	4	+ 3
53,6	75,6	5	+ 6,7	128	281	1	+ 29	169	325	1	+ 68	76	105	5	- 27
67,5	95,3	6	+ 8,5	179	437	1	+ 82	277	619	1	+ 170	120	153	3	- 97
90	116	2	0,0	203	409	1	+ 5								
151	257	3	+ 62												
251	449	1	+ 124												

C 551 A Cassiopeiae				C 579 δ Scuti				C 582 θ Serpentis				C 594 κ Cassiopeiae			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
12,0	9,0	85	+ 0,1	11,7	8,0	64	- 0,1	11,9	7,4	145	+ 0,7	11,9	5,7	102	+ 1,2
16,6	11,1	57	- 1,4	17,2	10,0	55	- 2,0	17,1	9,6	64	- 0,4	16,8	6,9	89	+ 0,5
21,8	15,6	34	- 0,9	22,3	15,3	27	- 0,3	21,8	13,4	39	+ 0,4	21,6	8,8	62	+ 0,4
27,1	20,6	18	0,0	27,3	21,6	16	+ 2,5	27,0	18,0	21	+ 1,8	27,0	10,9	44	+ 0,4
32,1	23,1	14	- 1,5	32,1	22,1	17	- 0,5	31,9	20,8	10	+ 1,3	32,0	11,0	22	- 1,6
36,6	29,4	16	+ 1,2	43,4	33,1	8	+ 2,2	36,9	24,2	10	+ 1,1	37,2	14,1	24	- 0,7
42,6	31,8	14	- 1,3	53,7	37,9	15	- 0,7	41,9	27,5	11	+ 0,9	41,8	15,2	18	- 1,6
53,7	45,4	9	+ 3,0	75,8	55,3	9	- 0,3	46,2	28,4	5	- 1,2	46,6	18,8	13	- 0,1
69,9	59,4	7	+ 3,0	139	107	7	- 0,8	53,0	34,4	9	- 0,3	52,5	22,4	10	+ 0,9
90,4	72,7	7	- 2,2	196	162	4	+ 1,9	59,9	44,8	9	+ 4,7	59,8	27,0	12	+ 2,2
130	136	4	+ 23					70,4	44,8	5	- 3,9	69,0	27,9	10	- 1,2
175	173	3	+ 12					78,8	51,8	6	- 4,0	86,5	37,9	13	+ 0,3
221	227	1	+ 13					99	67	9	- 7	116	52,4	15	- 0,6
316	492	1	+ 154					133	91,5	6	- 17	147	73,9	8	+ 3,2
								172	108	1	- 46	228	125	7	+ 1,7
								227	194	2	- 35				

C 609 ι Aurigae				C 612 θ Aurigae				C 614 ζ Tauri				C 622 μ Geminorum			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$e-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
12,2	9,0	55	+ 1,4	11,8	16,1	58	+ 0,3	11,9	8,4	53	+ 0,4	12,1	8,1	41	+ 2,9
16,8	10,0	47	- 0,8	16,3	19,1	25	- 3,2	16,7	10,6	39	- 0,8	17,0	9,6	48	+ 2,0
21,7	11,5	22	- 2,8	21,4	33,4	14	+ 4,1	21,6	14,9	44	0,0	21,8	10,6	37	+ 0,7
26,5	17,2	19	- 0,4	27,8	37,4	15	- 1,3	26,8	18,5	23	- 0,1	26,4	13,2	32	+ 1,0
31,7	20,5	11	- 1,0	41,6	56,1	9	- 3,3	34,0	22,9	13	- 1,1	32,0	13,6	20	- 1,5
36,0	27,7	12	+ 2,9	66,0	102,3	7	+ 4,2	44,0	29,9	13	- 1,7	36,7	16,7	22	- 1,1
43,7	34,2	12	+ 3,3	94	142,0	2	- 3,9	53,9	40,9	9	+ 1,4	44,7	20,0	15	- 2,2
58,1	44,2	12	+ 1,0	163	331	1	+ 50	70,2	56,8	10	+ 3,7	52,4	27,1	12	+ 0,4
79,4	59,8	10	- 3,0	235	570	1	+ 124	89,6	69,0	14	- 1,3	67,5	35,2	13	- 1,3
99,6	85,1	7	+ 0,9					129	109	11	- 0,2	100,2	61,4	8	+ 1,3
174	197	2	+ 19									141	91	6	- 4
												188	140	2	- 4

C 626 α Aurigae				C 630 δ Cygni				C 634 ϵ Cygni				C 638 σ Cygni			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
11,6	14,3	58	- 1,7	11,5	16,2	66	+ 0,3	11,8	17,6	70	+ 1,8	11,7	19,3	59	- 0,3
16,7	20,8	29	- 2,8	16,6	22,2	32	- 1,9	17,1	23,5	35	- 0,1	16,8	27,5	26	- 0,8
21,6	32,9	15	+ 1,9	21,4	32,9	27	+ 1,1	22,0	30,0	23	- 0,9	22,3	38,4	20	+ 0,7
28,3	38,0	9	- 3,2	27,1	39,0	21	- 1,8	26,4	38,1	11	+ 0,5	28,7	51,7	11	+ 3,0
38,5	58,9	10	+ 1,5	33,1	49,2	11	- 2,3	34,3	52,4	13	+ 2,3	38,2	61,0	8	- 4,3
52,4	89,2	9	+ 7,9	39,1	60,6	7	- 1,6	45,4	64,2	10	- 3,9	47,8	82,9	8	+ 0,6
101	174	4	- 3	51,0	93,9	8	+ 8,2	66,7	107	7	- 0,1	71,8	128,7	6	+ 3,0
201	570	1	+ 136	76,5	139	4	- 3,5	98,3	172	6	+ 0,9	101,5	180,3	6	- 1,1
				160	251	1	- 139	151	296	2	- 3	144	242	1	- 22
				210	750	1	+ 164	240	750	1	+ 180	181	350	1	+ 10
				245	650	1	- 93					241	579	2	+ 109

C 642 θ Serpentis				C 646 $41 H$ Cephei				C 650 BAC 8107				C 654 χ Cassiopeiae			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
11,3	23,0	39	+ 3,2	12,0	18,6	52	- 1,1	12,0	17,7	44	+ 3,2	11,7	16,2	60	- 0,1
17,3	29,1	15	- 1,4	16,5	25,9	31	- 1,6	17,2	23,0	42	+ 1,6	16,9	22,4	29	- 1,4
21,8	38,2	17	- 0,3	22,3	36,8	16	- 0,7	22,0	26,0	25	- 1,9	22,2	26,7	17	- 4,7
26,8	44,8	12	- 2,7	27,9	50,8	8	+ 3,4	27,2	41,6	17	+ 6,7	26,7	41,1	11	+ 3,3
34,3	61,3	6	+ 0,2	34,6	61,6	10	+ 2,2	33,8	46,9	14	+ 2,1	35,9	51,7	12	+ 0,5
52,6	95,5	10	+ 0,7	47,1	81,3	9	- 1,1	42,3	61,3	9	+ 3,9	50,3	74,0	6	+ 1,5
105	203	3	+ 8	79,0	145,0	3	+ 0,9	57,7	81,0	7	- 1,4	71,9	108,0	7	+ 2,6
151	325	1	+ 36	115	219	4	+ 3	88,3	135,7	7	- 1,5	97,3	142,7	3	- 2,5
182	387	1	+ 32	156	409	1	+ 88	131,7	198	3	- 33	153	242	2	+ 5
249	619	1	+ 114					179	356	2	+ 6	208	409	1	+ 74
								209	394	1	- 43				

C 658 10 Camelopardali				C 662 ϵ Persei				C 678 λ Persei			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
11,8	11,2	74	- 0,6	12,0	9,0	62	+ 0,2	11,8	10,1	68	+ 1,0
16,6	16,7	34	- 0,1	16,9	12,2	37	- 0,3	16,6	12,8	38	- 0,6
22,2	23,2	16	+ 0,6	21,9	15,3	27	- 1,0	21,1	15,2	20	- 1,9
26,8	26,6	13	- 0,8	26,5	17,4	12	- 2,5	27,2	22,4	13	- 0,3
34,1	37,5	16	+ 2,2	34,1	26,1	14	+ 0,2	34,6	30,7	12	+ 0,8
40,8	48,0	4	+ 5,4	46,2	34,7	13	- 0,9	44,1	40,5	13	+ 1,0
66,3	72,4	10	+ 1,1	61,6	51,2	12	+ 2,5	57,4	54,7	9	+ 0,4
99,8	110,6	5	- 1,0	77,4	64,3	7	+ 1,8	81,7	84,1	7	- 0,1
145	183	3	+ 13	108	89,2	6	- 1,9				
				155	128	2	- 11				
				217	274	5	+ 64				

C 686 α Orionis				C 735 S Monocerotis				C 747 22 Monocerotis			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
11,4	12,5	71	- 0,4	11,7	16,1	71	0,0	11,9	18,5	64	- 1,9
16,7	17,9	43	- 1,1	17,0	21,7	39	- 2,2	16,6	27,6	28	- 1,6
21,5	24,4	26	- 0,1	21,5	29,5	11	- 1,0	22,8	41,7	17	+ 1,2
26,6	28,1	16	- 2,3	27,1	39,9	17	+ 1,2	31,7	62,8	10	+ 5,2
32,1	36,9	15	+ 0,1	33,5	50,7	15	+ 2,1	52,8	96,7	6	- 4,2
40,2	51,1	10	+ 4,8	48,1	71,4	7	- 0,5	78	158	1	+ 0,5
55,5	65,2	11	+ 0,3	70,2	109,3	6	- 0,4				
77,1	90,2	6	- 1,3								

C 763 ζ Cephei				C 829 $4H$ Camelopardali				C 836 γ Aquilae			
$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$	$s-s_0$	H	n	$B-R$
12,0	10,7	66	+ 2,2	11,9	8,1	67	+ 0,2	11,7	13,0	63	0,0
17,0	15,3	54	+ 2,5	16,9	11,7	62	+ 0,3	16,4	18,5	34	- 0,1
24,5	17,3	60	- 1,8	21,8	15,6	32	+ 0,8	21,5	23,4	21	- 0,8
33,8	23,6	27	- 3,9	27,3	17,4	18	- 1,2	27,2	33,3	10	+ 2,7
43,9	38,8	13	+ 1,0	31,5	20,5	19	- 1,2	35,2	40,1	11	+ 0,3
59,6	58,6	10	+ 3,1	36,7	27,2	13	+ 1,8	48,5	53,7	11	- 1,7
78,8	78,0	4	- 1,4	47,2	31,2	11	- 2,2	87,0	101,8	9	+ 0,3
134,9	136,6	9	- 31,3	66,7	46,4	9	- 2,3				
				98,2	79,0	6	+ 3,7				
				142,8	116,0	7	- 1,2				

Das Resultat der Ausgleichung findet sich in Tabelle 4, wo die Koeffizienten a und b für jede Platte gegeben sind. Für unseren Zweck, die Reduktion der kleineren Schwärzungsschwankungen des Himmelgrundes, braucht man nur den Koeffizienten a , also $H = as$.

Das Licht eines Sterns der Helligkeit H , über 1 Quadratgrad ausgebreitet, erzeugt eine Flächenhelligkeit, die gleichfalls durch die Zahl H gegeben wird. In Wirklichkeit ist das Licht dieses Sterns über eine elliptische Scheibe mit Oberfläche $\frac{1}{2}\pi d_1 d_2$ in Quadratmillimetern oder $\frac{1}{2}\pi d_1 d_2 (57.3/f')^2$ in Quadratgraden, ausgebreitet. Die wirkliche mittlere Flächenhelligkeit h der Sternscheiben war also

$$h = \frac{4}{\pi d_1 d_2} \left(\frac{f'}{57.3} \right)^2 H.$$

Tabelle 4. Reduktionskonstanten der Platten.

Platte	Fokus	a	b	$\log a$	$\log C$	C	Exp.	m
<i>C</i> 521 β Cyg	1	2,496	0,00215	0,397	0,637	4,34	180	7,10
523 13 Vul	1	1,442	00844	0,159	0,399	2,51	184	7,66
525 γ Cyg	1	1,657	00998	0,219	0,459	2,88	180	7,48
527 γ Aql	1a	7,78	0287	0,891	1,182	15,20	142	6,5 \pm
531 33 Cyg	2	1,165	00639	0,066	0,550	3,55	185	8,16
533 π_2 Cyg	2	0,925	00392	9,966	0,450	2,82	194	8,25
535 β Cep	2	0,808	00325	9,907	0,391	2,46	191	8,25
537 β Cas	2	1,043	00241	0,018	0,502	3,18	181	7,87
539 δ Aql	2	1,283	00074	0,108	0,592	3,91	192	8,02
542 λ Aql	2	1,940	00025	0,288	0,772	5,92	190	7,63
545 ζ Aql	2	1,368	00092	0,136	0,620	4,17	184	7,76
548 70 Oph	2	1,128	00796	0,052	0,536	3,44	190	7,99
551 <i>A</i> Cas	2	0,732	00107	9,864	0,348	2,23	180	8,37
579 δ Set	3	0,684	00066	9,835	0,437	2,73	160	8,17
582 ϑ Ser	3	0,548	00231	9,739	0,341	2,19	177	8,52
594 κ Cas	3	0,370	00075	9,568	0,170	1,48	176	8,72
609 ι Aur	1	0,602	00242	9,780	0,020	1,05	302	8,17
612 ϑ Aur	1	1,322	00246	0,121	0,361	2,30	149	7,77
614 ζ Tau	1	0,652	00151	9,814	9,981	0,96	360	8,15
622 μ Gem	1	0,413	00187	9,616	9,856	0,72	300	8,40
626 <i>a</i> Aur	1b	1,342	00407	0,128	0,329	2,13	252	7,85
630 δ Cyg	1	1,324	00698	0,122	0,362	2,30	193	7,72
634 52 Cyg	1	1,304	00477	0,115	0,355	2,26	185	7,67
638 σ Cyg	1	1,665	00119	0,221	0,461	2,89	188	7,57
642 ϑ Ser	1	1,741	00115	0,241	0,481	3,03	190	7,48
646 41 <i>H</i> Cep	1	1,618	00282	0,209	0,449	2,81	178	7,50
650 <i>BAC</i> 8107	1	1,168	00442	0,067	0,307	2,03	270	7,60
654 χ Cas	1	1,388	00107	0,142	0,382	2,41	250	7,85
658 10 Cam	1	0,991	00127	9,996	0,236	1,72	270	8,22
662 ϵ Per	1	0,720	00114	9,857	0,097	1,25	354	8,29
678 λ Per	1	0,746	00348	9,873	0,113	1,30	303	8,12
686 <i>a</i> Ori	1	1,118	00090	0,048	0,288	1,94	316	8,17
735 <i>S</i> Mon	1c	1,350	00305	0,130	0,411	2,58	186	7,77
747 22 Mon	1c	1,684	00429	0,226	0,507	3,21	143	7,75
763 ζ Cep	1d	0,678	00420	9,831	0,150	1,41	240	8,07
829 4 <i>H</i> Cam	1d	0,652	00118	9,814	0,133	1,36	240	8,43
836 γ Aql	1d	1,109	00066	0,045	0,364	2,31	182	8,03

In diese Formel muß nun $H = as$ eingesetzt werden. Es muß dann noch ein Korrektionsfaktor hinzugefügt werden für die ungleichmäßige Lichtverteilung in den Sternscheiben. Bezeichnen wir mit a das Verhältnis der zentralen zur mittleren Helligkeit, so wird

$$h = \frac{1,273}{d_1 d_2} \left(\frac{f'}{57,3} \right)^2 a a s = Cs.$$

Die Werte von $1/d_1 d_2$ sind in § 6 berechnet worden, die Werte von $(f'/57,3)^2$ in § 7; der Koeffizient a wird in dem nächsten Abschnitt ermittelt werden; die Werte von a sind in Tabelle 4 enthalten. Mit $a = 1,036$ (s. S. 18) werden die Logarithmen der Faktoren, womit die a zu multiplizieren sind um C zu erhalten, für Fokus 1, 2 und 3 0,240; 0,484; 0,602; für die abweichenden Fälle $1a$, $1b$, $1c$, $1d$ sind sie 0,291; 0,201; 0,281; 0,319.

Die sich ergebenden Umrechnungskoeffizienten C sind gleichfalls in Tabelle 4 zusammengestellt.

Diese Werte C sind die Faktoren, mit denen die reduzierten Keilablesungen, nach Abzug der Werte für unbelichtete Schicht, ausgedrückt in der Messungseinheit von 0,1 Skalenteil des Keiles, multipliziert werden, um die Himmelshelligkeit zu erhalten, ausgedrückt in der Einheit 1 Stern 10^{ter} Grösse pro 1 Quadratgrad. Wo die Schwärzungen am schwächsten sind, ist der Faktor C am größten, und wird die Himmelshelligkeit am wenigsten genau gefunden. Den extremen Fall bildet Platte $C 527 \gamma$ Aquilae; durch kurze Expositionszeit sind die Schwärzungen so flau, daß die Resultate nicht mitgenommen wurden und nachher die Platte wiederholt wurde ($C 836$). Für die besten Platten mit Expositionen von 4 bis 6 Stunden bewegt sich der Faktor um 1, für die meisten der übrigen Platten ist er 2 bis 4. Da die Unsicherheiten der gemessenen Schwärzungen, soweit sie von zufälligen Messungsfehlern abhängen, unterhalb 1 bleiben, wird die Himmelshelligkeit mit einer Genauigkeit von 1 bis 4 der oben erwähnten Einheiten gefunden.

Die Helligkeiten $h = Cs$ wurden nun in einer kartenmäßigen Darstellung des vermessenen Gebietes an der richtigen Stelle eingezeichnet; sie stellen, bis auf eine unbekannte Additionskonstante die Flächenhelligkeit des Lichtes da, das an der betreffenden Stelle auf die Platte eingewirkt hat. Zumeist sind diese Stellen die regelmäßigen Eckpunkte, und daneben einige Stellen zur Ausfüllung von Leeren. Es gibt noch eine Anzahl Gebiete, wo die Sterne so dicht gedrängt stehen, daß keine freie Stellen zwischen ihnen mit Sicherheit festzustellen waren. Um auch dort Werte für den Himmelsgrund abzuleiten, wurden die Mittelpunkte der schwächsten Sterne genommen und die theoretisch berechnete Schwärzung durch das Licht des Sterns von dem gemessenen Betrag abgezogen. Der Überschuß wurde als Schwärzung des Himmelgrundes betrachtet; bei schwachen Sternen hat ein Fehler in der angenommenen Größe des Sterns keinen merklichen Einfluß auf die ohnehin nur einige Einheiten betragende Flächenhelligkeit der Sternscheibe.

9. Die Lichtverteilung über den Sternscheiben.

Für die Bestimmung der Lichtverteilung wurden auf einer Anzahl Platten einige helle Sterne in der Umgebung der Mitte ausgesucht. Schwache Sterne sind weniger brauchbar, da dasselbe Intensitätsverhältnis hier in einer kleineren Schwärzungsdifferenz erscheint. In diesen Scheiben wurde, einem horizontalen und einem vertikalen Durchmesser entlang, in Entfernungen von 0,2 oder 0,1 mm die Schwärzung gemessen. Da es sich hier um stärkere Schwärzungen handelt, wurden aus ihnen mittels der ganzen quadratischen Formel die entsprechenden Helligkeiten berechnet. Diese Helligkeiten, dividiert durch die zentrale Helligkeit, wurden als Funktion der Entfernung zum Zentrum in einer Zeichnung dargestellt, und eine Kurve wurde hindurchgezogen, die bei allen Sternen und Platten, bis auf einen, den nämlichen Charakter zeigte. Die an den Kurven abgelesenen relativen Intensitäten für jedes Zehntel des Radius finden sich in Tabelle 5.

Tabelle 5. Helligkeitsverteilung über den Sternscheiben.

Platte	Relative Helligkeit in Entfernung									Reduktionskoeffizient
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
<i>C</i> 525 γ Cyg	98	96	93	90	88	89	91	99	110	1,040
609 ι Aur	96	90	89	86	85	86	90	95	108	1,063
612 ϑ Aur	99	98	96	94	94	94	96	101	104	1,021
614 ζ Tau	(97)	(96)	(97)	(98)	(102)	(109)	(117)	(125)	(131)	(0,876)
622 μ Gem	98	96	94	92	92	94	97	101	107	1,019
639 δ Cyg	100	99	96	94	94	95	98	104	110	1,000
658 10 Cam	100	98	97	92	91	91	94	106	118	1,030
<i>C</i> 531 33 Cyg	97	93	88	84	83	83	86	97	107	1,086
539 δ Aql	99	96	93	91	91	91	93	98	104	1,073
545 ζ Aql	97	96	94	92	90	90	92	95	100	1,064
548 70 Oph	98	96	92	91	90	91	97	112	120	0,983
548 70 Oph	99	97	95	93	93	95	98	105	108	1,002
551 <i>A</i> Cas	99	96	91	89	88	89	91	101	108	1,044
551 <i>A</i> Cas	98	95	91	89	88	88	90	95	100	1,076
<i>C</i> 579 δ Sct	100	97	93	91	90	90	94	104	107	1,027
582 ϑ Ser	99	95	92	91	91	91	94	99	104	1,044
594 κ Cas	99	96	92	90	89	90	93	106	106	1,020
594 κ Cas	96	93	90	89	89	91	97	104	102	1,023

Es zeigt sich, daß zwischen den drei Gruppen von Platten verschiedener Scheibengröße keine wesentliche Differenzen auftreten. Nur eine fällt ganz aus der Reihe, Platte *C* 614 ζ Tauri, bei der die Bemerkung steht (Tabelle 1): vielleicht etwas Reif. Bei einer andren, nicht vermessenen Platte, *C* 618 10 Monoc., bei der am Ende der Exposition das Objektiv bereift war, zeigen sich die Sternscheiben als Ringe, deren Inneres sehr schwach ist. Bei der ζ Tauri Platte ist offenbar dasselbe in leichterem Grade der Fall gewesen; durch Reifbedeckung der Mittelteile des Objektivs ist das Zentrum zu schwach relativ zu den Randpartien. Für diese Platte muß also ein eigener Koeffizient benutzt werden.

Die mittlere Helligkeit wurde ermittelt, indem jede Helligkeitszahl mit der Oberfläche des dazu gehörenden Ringes multipliziert wurde. In dieser Weise wurden für das Verhältnis der Zentralhelligkeit zur mittleren Helligkeit die Werte der letzten Spalte „Reduktionskoeffizient“ abgeleitet. Die Mittelwerte sind für die drei Gruppen von Platten 1,029 (groß), 1,047 (mittel), 1,029 (klein). Irgend ein systematischer Gang mit der Scheibengröße ist weder in diesen Mittelwerten, noch in den Mittelwerten für jedes Zehntel des Radius zu erkennen. Daher ist für alle Platten der allgemeine Mittelwert $a = 1,036$ angenommen, mit Ausnahme von *C* 614, wofür der eigene Wert $a = 0,876$ benutzt wurde. Dann wird für diese Platte $\log C/a = 0,167$.

10. Die Grenzhelligkeiten der Sterne.

Bei dem ersten Entwurf zu dieser Untersuchung war es die Absicht, die sichtbare Milchstraße so viel wie möglich in dem photographischen Bilde wiederzugeben, so daß nur die Sterne heller als 6,5 einzeln sichtbar sein und alle schwächeren an der Schwärzung des Hintergrundes mitwirken sollten. Da sichere Anhaltspunkte fehlten, wurde eine Schätzung gemacht, daß dies bei einem Durchmesser von $\frac{1}{2}$ Grad stattfinden würde. Als sich dann herausstellte, daß bei einem größeren Durchmesser noch bedeutend schwächere Sterne einzeln auf den Negativen sichtbar sind, wurde doch davon abgesehen, die Scheiben noch weiter zu vergrößern, da sie dann einen zu großen Teil

des Hintergrundes bedecken würden. Von einer theoretischen Identität mit der visuellen Milchstraße wurde also abgesehen.

Um die Grenzhelligkeit für jede Platte empirisch zu bestimmen, wurden zuerst alle Sterne, die auf den vermessenen Quadraten der Platten sichtbar waren — entweder gemessen, oder bloß nach den Koordinaten der Zentra notiert — gesammelt, und ihre photographischen Größen vermerkt. Sie gehen selbstverständlich nicht zu einer scharfen Grenzgröße um dann aufzuhören, sondern über einen ziemlich weiten Bereich, nahezu eine Größenklasse, sind die Sterne unvollständig sichtbar. Der Prozentsatz der gesehenen Katalogsterne nimmt bei abnehmender Helligkeit von 100 bis 0 ab; er wurde für jede Zehntelgröße ermittelt, die Werte wurden durch eine Kurve ausgeglichen, und die Größe, für welche die Kurve 50 % sichtbar ergab, wurde als Grenzgröße angenommen. Die Ergebnisse für jede Platte sind in Tabelle 4 in der letzten Spalte, unter m , enthalten.

Wenn der Himmelsgrund auf den Platten so stark geschwärzt wäre, daß die s Werte auf den geraden Teil der Schwärzungskurve fielen und die Sichtbarkeit der schwächsten Sterne nur durch den Kontrast, die Schwärzungsdifferenz gegen den Hintergrund bestimmt wäre, so müßte die Grenzhelligkeit nur von der Scheibengröße und nicht von der Expositionszeit abhängen. Dies ist hier offenbar nicht der Fall gewesen. Bei der gleichen Fokussstellung 1 zeigen die längeren Expositionen mehr und schwächere Sterne als die kürzeren. Trotz der individuellen Abweichungen, infolge der Verschiedenheiten in Durchsichtigkeit des Himmels oder durch Wolken, tritt in den Mittelwerten dies Verhalten deutlich hervor. Bei

Fokus	1	2	3	1	1 und
Expos.zeit	180 ^m (7)	189 ^m (6)	171 ^m (3)	263 ^m (3)	323 ^m (6 Platten), also
Log t	2,255	2,276	2,233	2,420	2,509, war
$m =$	7,57	8,07	8,47	7,89	8,22.

Für die kleineren Scheiben bei Fokus 2 und 3 berechnet sich aus den Durchmessern, daß ihre Grenzhelligkeit 0^m,64 und 0^m,94 tiefer liegen muß als bei Fokus 1; die auf 1 reduzierten Grenzhelligkeiten werden dann 7,43 und 7,53, in genügender Übereinstimmung mit 7,57. Eine Vergleichung der verschiedenen Expositionszeiten zeigt einen Gewinn von 1 Größenklasse, wenn $\log t$ um 0,37 zunimmt. Zwischen der Grenzhelligkeit und dem $\log a$ findet sich auch eine direkte Korrelation. Die Mittelwerte

$\log a =$	0,279	0,129	0,050	9,883	9,676
$m =$	7,38(3)	7,79(9)	7,96(5)	8,21(9)	8,45(4)

zeigen gegen die zu erwartende Abhängigkeit $m = \text{Const.} + 2.5 \log a$ ein Zurückbleiben der schwächeren Größenklassen. Dies wird wohl dem Umstand zuzuschreiben sein, daß bei einer stärkeren Überfüllung der Platten mehr schwache Sterne übersehen und ausgelassen worden sind.

11. Die Reduktion auf den Mittelpunkt der Platte.

Wenn das Lichtbündel schief einfällt, wird die empfindliche Schicht weniger stark beleuchtet. Die Schwärzung und die aus ihr berechnete Flächenhelligkeit nehmen daher in zunehmender Entfernung von der Mitte der Platte in steigendem Maße ab, und es ist eine Distanzkorrektur zur Reduktion auf den Mittelpunkt nötig.

Das Licht, das von einem sphärischen Ring am Himmel mit Winkelhalbmesser φ und Breite $d\varphi$, also mit einer Oberfläche $2\pi \sin \varphi d\varphi$, ausgesandt wird, fällt auf der Platte auf einen Ring um den Mittelpunkt, dessen Oberfläche $2\pi \tan \varphi \sec^2 \varphi d\varphi$ beträgt. Die Flächenhelligkeit wird also aus diesem Grunde wie $\cos^3 \varphi$ abnehmen. Nun kommt der Einfluß des schiefen Durchganges des Lichtbündels durch das Objektiv hinzu, wobei nicht nur die die Verkleinerung des Querschnitts

sondern auch die stärkeren Reflexionen an den vielen Brechungsflächen bei schiefer Incidenz eine Rolle spielen. Bei noch größerer Distanz zum Zentrum bekommt auch die Silhouettierung einen stets größeren Einfluss; bis zu einer Entfernung von 30 mm am Rande und 42 mm in den Eckpunkten spielt sie noch keine erhebliche Rolle.

Für die empirische Bestimmung dieser Korrektur stehen zwei Wege offen. Erstens kann man durch direkte Messung auf einer Platte den Verlauf der Schwärzung mit der Entfernung vom Zentrum feststellen; ist die Helligkeit des Himmelgrundes konstant, so findet sich die gesuchte Funktion ohne Schwierigkeit. Auf unseren Platten ist jedoch die Helligkeit des Himmelgrundes stark wechselnd; wenn sich in der Mitte des Feldes eine helle Sternwolke befindet, wird eine starke Änderung mit der Entfernung gefunden, und umgekehrt, wenn eine dunkle Partie in der Mitte von hellen Partien am Rande umgeben ist. Im Durchschnitt über viele Platten wird man jedoch hoffen dürfen, dass diese Unregelmäßigkeiten sich gegenseitig aufheben werden. Eine zweite Methode, die von dieser Annahme des statistischen Sichaufhebens der Abweichungen frei ist, besteht in der Verwendung zweier derart über einander greifender Platten, daß die Randpartien der einen mit dem Zentrum der anderen zusammenfallen. Nun sind die Plattenzentren nicht alle am günstigsten für die Bestimmung dieser Korrektur gewählt worden. Deshalb wurde die erste Methode benutzt, und wurde die Korrektur nach diesem Resultat angebracht; nachher wurde dann eine Vergleichung der Platten nach der zweiten Methode ausgeführt, um als Kontrolle zu dienen.

Auf jeder Karte mit den darin eingeschriebenen gemessenen Schwärzungen wurden konzentrische Kreise um das Zentrum gezogen, mit 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 mm Halbmesser. Für den inneren Kreis und für alle Ringe zwischen den Kreisen wurde das Mittel aller gemessenen Schwärzungswerte berechnet. Weil die äußeren Ringe innerhalb des vermessenen Quadrats nur durch vier

Tabelle 6. Mittlere Helligkeit in konzentrischen Ringen.

Distanz mm	521 β Cyg	523* 13 Vul	525 γ Cyg	527 γ Aq	531* 33 Cyg	533 π^2 Cyg	535* β Cep	537 β Cas	539 δ Aql	545 ζ Aql	548 70 Oph	551* Δ Cas	579 δ Sct	582 ϑ Ser
0—10	482	382	340	1281	383	310	268	362	504	478	275	210	338	269
10—15	443	387	323	1202	376	288	258	353	485	416	258	201	303	267
15—20	417	376	311	1143	355	268	253	328	457	400	244	196	276	256
20—25	391	361	302	1064	334	251	246	305	430	387	230	194	248	234
25—30	369	341	288	1023	330	237	234	283	411	365	217	187	218	212
30—35	347	321	274	948	316	223	229	264	391	342	210	178	188	193
35—40	308	301	253	879	302	203	216	248	368	317	196	163	167	171
40—45	278	274	230	787	273	189	207	235	332	271	182	152	147	145
Verlauf	198	127	138	174	121	184	095	170	151	183	150	116	310	231

Distanz mm	594 κ Cas	609* ι Aur	612* ϑ Aur	614* ζ Tau	622* μ Gem	626* α Aur	630* δ Cyg	634* 52 Cyg	638* σ Cyg	650* BAC 8107	654 χ Cas	658* 10 Cam	662* ϵ Per
0—10	189	225	193	261	189	334	285	321	373	329	342	213	184
10—15	173	220	189	247	181	313	269	307	350	307	320	208	181
15—20	155	219	182	235	170	296	262	298	330	296	299	200	170
20—25	147	211	172	229	160	273	251	285	321	282	272	189	160
25—30	130	201	161	218	147	256	230	271	303	262	251	179	147
30—35	121	192	150	208	136	239	216	262	292	250	234	169	136
35—40	107	181	136	196	120	222	207	255	277	236	214	160	120
40—45	104	168	120	176	108	207	177	226	263	223	198	148	108
Verlauf	234	106	174	136	210	179	160	117	127	142	206	136	107

kleinere Eckstücke vertreten waren, wurden eine Anzahl Punkte in weiteren Intervallen (4 mm) um dieses Quadrat herum gemessen, damit die aus einem vollständigen Ring gebildeten Mittelwerte unabhängiger von zufälligen Unregelmäßigkeiten sein sollten. In Tabelle 6 sind die Ergebnisse für eine Anzahl Platten enthalten. Es sind nicht alle Platten in solcher Weise behandelt worden, weil mit den Reduktionen fortgeschritten werden mußte, bevor das ganze Material vermessen war. Es durfte angenommen werden, dass die damals fertigen 27 Platten einen genügend genauen Betrag für die gefragte Korrektur liefern könnten.

Bei allen diesen Platten ist eine regelmäßige Abnahme der Helligkeit mit der Entfernung zu sehen, jedoch in sehr verschiedenem Maße. Nimmt man die Logarithmen dieser Helligkeit und stellt sie in ein Diagramm gegen $\log \cos \varphi$ für jeden Ring aus, so zeigt sich bei den meisten ein ziemlich linearer Verlauf. Ein Maß für die Änderung liefert z.B. der mittlere Logarithmus der zwei ersten Werte minus den mittleren Logarithmus der beiden letzten Werte; diese Differenz findet sich als „Verlauf“ in der letzten Zeile in Tabelle 6 angegeben. Ein Teil der Verschiedenheiten in diesen Werten läßt sich auf die Verteilung der Milchstraßengebilde zurückführen. Die meisten Platten, deren Zentrum der Achse der Milchstraße nahe, oder in der Nähe von hellen Wolken liegt, werden einen starken Verlauf zeigen müssen; β Cygni, α^2 Cygni, γ Aquilae, δ Scuti können als Beispiele gelten. Vielleicht mag auch für α und χ Cass., μ Gemin., β Cass., ζ Aquilae der Grund des ziemlich hohen Wertes darin liegen, daß das zentrale Gebiet am Himmel heller ist als die Randgebiete. Andere Platten mit der Mitte in dem äußeren schwachen Teil der Milchstraße und mit hellen Gegenden am Rande werden einen schwachen Verlauf zeigen; als Beispiele mögen β Cep, A Cass, 33 Cygni dienen, während auch ϵ Pers und ι Aur gerade im Zentrum dunkle Stellen der Milchstraße haben. Für alle Differenzen reicht allerdings diese Erklärung nicht aus; es bleiben noch viele unerwartete Abweichungen übrig. Auch hat es den Anschein, alsob die drei Platten mit den kleinsten Sternscheiben den größten Verlauf ergeben, bei 582 θ Serp, deren Mitte im Dunkeln fällt, ebenso gut wie bei 579 δ Sct und 594 α Cas. Weil wir keinen theoretischen Grund dafür auffinden konnten, wurde vorerst keine Rücksicht darauf genommen.

Tabelle 7. Logarithmische Abnahme der Helligkeit mit der Entfernung vom Mittelpunkt.

Platte	10	15	20	25	30	35	40	45 mm
523 13 Vul	— 006	007	025	049	076	103	144	
531 33 Cyg	+ 008	033	059	065	083	103	148	
535 β Cep	016	025	037	059	068	094	112	
531 A Cas	019	030	034	050	072	110	140	
609 ι Aur	010	012	028	049	069	094	127	
612 θ Aur	010	026	051	079	110	153	207	
614 ζ Tau	024	046	057	079	099	125	172	
622 μ Gem	018	046	072	109	143	197	243	
626 α Aur	029	053	088	116	146	178	208	
630 δ Cyg	015	027	055	093	120	139	207	
634 52 Cyg	019	032	053	073	088	100	152	
638 σ Cyg	028	054	066	091	107	130	152	
650 BAC 8107	030	046	067	099	121	144	169	
658 10 Cam	010	027	052	075	100	124	158	
662 ϵ Per	007	020	045	064	083	101	122	
Mittel	016	032	051	077	099	126	164	
φ	4°41'	6°33'	8°24'	10°14'	12°2'	13°49'	15°35'	
$\log \sec \varphi$	0015	0028	0047	0070	0096	0128	0163	

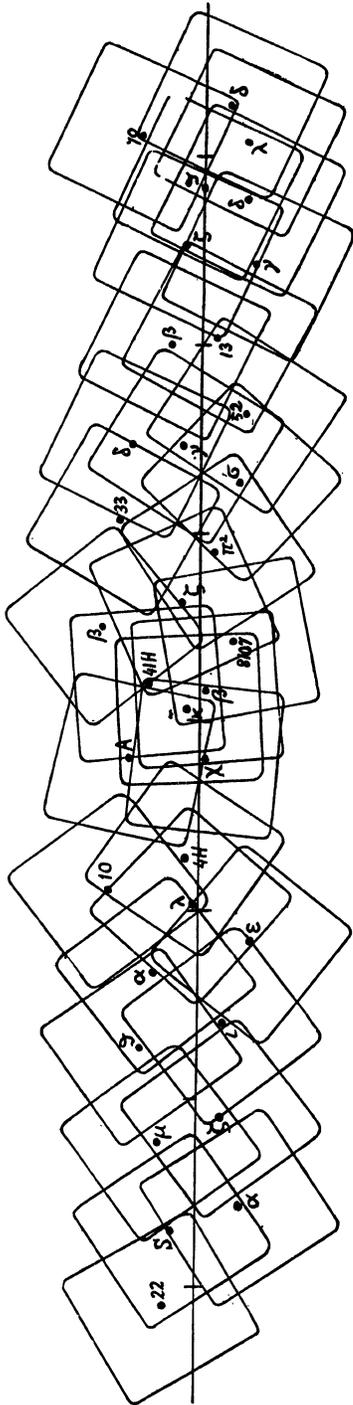


Fig. 7. Das Übereinandergreifen der Platten.

Da die Mehrheit der Platten das Zentrum in den helleren Gebieten der Milchstraße hat, wäre es unrichtig das einfache Mittel aller Platten zu nehmen; der errechnete Verlauf wäre dann sicher zu groß. Es wurde deshalb versucht durch Ausschluß einer Anzahl Platten mit hellen Wolken nahe beim Zentrum eine Art Gleichgewicht zwischen Platten mit voraussichtlich zu starkem und zu schwachem Verlauf zu schaffen. Dieser Erwägung zufolge wurden nur 15, in Tabelle 6 mit einem Sternchen vermerkte Platten zur Mittelbildung benutzt. Es bleibt natürlich immer ungewiss, in welchem Maße dieses Ziel nun tatsächlich erreicht wurde.

In Tabelle 7 finden sich nun die logarithmischen Differenzen aller Ringe gegen den zentralen Kreis für diese 15 Platten zusammengestellt. Darunter findet sich für jeden Ring das Mittel aller Platten, dann der Einfallswinkel φ (berechnet für $12\frac{1}{2}$, $17\frac{1}{2}$, $22\frac{1}{2}$ mm vom Zentrum), und $\log \sec \varphi$. Es zeigt sich daß die logarithmische Abnahme der Helligkeit ziemlich genau linear mit $\log \cos \varphi$ verläuft; der Faktor schwankt zwischen 10 und 11. Wir wollen daher für das Gesetz der Helligkeitsabnahme

$$h/h_0(\text{Zentr}) = \cos^{10} \varphi$$

annehmen.

Mit diesen Korrektionskoeffizienten sind die berechneten Werte der auf die Platten wirkenden Intensitäten auf die wirklichen Flächenhelligkeiten am Himmel reduziert worden.

12. Die Mittelpunktsreduktion aus übergreifenden Platten.

Nachdem alle Platten in solcher Weise reduziert waren, und Karten mit Flächenhelligkeitszahlen aus ihnen zusammengestellt waren, wurden die über einander greifenden Partien benachbarter Platten zur Ableitung systematischer Plattenkorrekturen verwendet.

Wie die Platten über einander greifen, läßt sich aus der schematischen Darstellung der galaktischen Zone, Fig. 7, nebenan, ersehen. Bei der Ermittlung der gemeinsamen Gebiete wurde in keiner Weise von sphärischen Koordinaten Gebrauch gemacht, sondern nur von den Sternen, die in so großer Zahl vorhanden sind, daß jeder Punkt des Himmels am leichtesten durch sie festgelegt wird. Bei dem Zeichnen wurden die Karten in 144 Quadraten mit Seitenlänge 5 mm verteilt; die Eckpunkte dieser Quadrate, ihre Ränder und die Teilungslinien einer Karte konnten nun leicht in den anschließenden Karten festgelegt werden. So konnten identische Quadrate des Himmels auf den beiden Karten verglichen und für beide die mittlere Flächenhelligkeit aus den Einzelwerten berechnet werden.

Für den Zweck der Kontrolle der Mittelpunktskorrektion konnten nicht alle diese Quadrate verwendet werden, sondern

nur diejenigen, die auf einer Platte nahe am Rande, auf der andren nahe beim Zentrum liegen, oder wo wenigstens der Koeffizient der Mittelpunktsreduktion erheblich verschieden ist. Da die Abbildung der ersten Platte auf die zweite, und die der zweiten auf die erste immer einander gleich und ähnlich sind, konnten dabei immer zwei symmetrische und gleich große Areale zur Vergleichung ausgewählt werden. Bezeichnen wir mit a_r und a_c die mittlere Helligkeit des Rand- und des Zentrumareals auf der a -Platte, mit b_r und b_c dasselbe auf der b -Platte, so bedeuten a_r und b_c identische Areale am Himmel, wie auch a_c und b_r . Sie sollen, wenn alles richtig ist, die konstante Differenz D zwischen den Zahlen der Platte a und denen der Platte b aufweisen. Nun sind die a und b Werte erhalten durch Multiplikation mit Mittelpunktsfaktoren f_r und f_c . Sind diese nicht richtig und sollte ihr Verhältnis f_r/f_c noch p mal grösser sein, so wird man haben

$$a_c + D = p.b_r; \quad b_c - D = p.a_r; \quad \text{also } p = \frac{a_c + b_c}{a_r + b_r}.$$

Ist die angebrachte Mittelpunktskorrektur richtig, so wird $p = 1$ gefunden werden müssen.

Tabelle 8. Korrektur der Mittelpunktsreduktion durch übergreifende Platten.

Platten	a_r	b_r	a_c	b_c	f_r	f_c	$\log p$	n	$\log f_r/f_c$
70 Oph— δ Sct	276	211	260	321	1,240	1,025	+ 078	6	0,083
ϑ Ser— δ Sct	236	260	284	281	1,269	1,069	+ 057	7	074
„ —70 Oph	220	310	283	256	1,235	1,048	+ 007	10	071
„ — δ Aql	252	479	268	498	1,227	1,035	+ 020	12	074
„ — ζ Aql	257	413	274	457	1,167	1,029	+ 038	14	055
„ — γ Aql	257	268	288	288	1,199	1,044	+ 040	9	060
δ Aql— „	513	263	501	294	1,228	1,023	+ 011	14	079
„ — ζ Aql	491	452	508	438	1,197	1,020	+ 002	8	070
13 Vul— β Cyg	406	436	396	470	1,142	1,054	+ 012	20	035
δ Cyg— γ Cyg	312	294	274	358	1,192	1,030	+ 018	16	064
33 Cyg— δ Cyg	414	275	401	271	1,254	1,020	— 011	7	090
π_2 Cyg— σ Cyg	317	391	305	382	1,254	1,020	— 013	8	090
β Cep— ζ Cep	300	238	271	267	1,192	1,046	000	10	057
8107— „	328	289	332	293	1,213	1,029	+ 006	16	072
β Cas—8107	340	333	365	313	1,176	1,012	+ 003	12	066
„ — α Cas	344	166	357	174	1,185	1,039	+ 018	22	057
„ — χ Cas	351	330	351	308	1,235	1,073	— 014	10	061
A Cas— α Cas	244	148	212	191	1,153	1,011	+ 012	8	057
„ — χ Cas	262	256	209	359	1,235	1,031	+ 040	10	078
10 Cam—4 H Cam	223	188	211	227	1,227	1,045	+ 028	11	070
„ — λ Per	223	129	223	157	1,269	1,022	+ 033	7	094
λ Per—4 H Cam	138	240	161	225	1,224	1,015	+ 009	13	081
„ — α Aur	186	291	147	338	1,254	1,034	+ 007	8	084
ϵ Per— λ Per	184	159	192	152	1,207	1,055	+ 001	16	058
„ — ι Aur	184	214	183	218	1,278	1,029	+ 003	6	094
α Aur— „	308	264	345	223	1,217	1,046	— 003	13	066
„ — ϑ Aur	325	207	346	196	1,220	1,020	+ 008	12	078
ι Tau— ζ Tau	260	233	235	252	1,237	1,035	— 005	12	078
ζ Tau— μ Gem	271	175	272	185	1,203	1,031	+ 011	10	067
„ — α Ori	287	208	252	223	1,235	1,048	— 018	10	071
S Mon— μ Gem	338	183	350	178	1,278	1,040	+ 006	6	089
„ — α Ori	333	232	356	202	1,217	1,065	— 005	14	058
„ —22 Mon	339	408	375	388	1,241	1,022	+ 009	11	084

In Tabelle 8 sind die Resultate der Vergleichung zusammengestellt. In Spalte 2—5 sind die mittleren Helligkeiten der benutzten Areale auf den beiden Platten, in Spalte 6 und 7 der mittlere Wert von f_c und f_r für diese Areale enthalten. Der gefundene Betrag $\log p = \log (a_c + b_r) - \log (a_r + b_c)$ findet sich in der nächsten Spalte, während daneben die Anzahl Quadrate in jedem Areal und $\log f_r/f_c$ angegeben sind.

Die Werte, die für $\log p$ gefunden werden, sind vorwiegend positiv; während sie zumeist klein sind, sind einige sehr große positive dabei. Es fällt auf, daß die größten positiven Werte gerade bei den Platten ϑ Ser und δ Set mit kleinen Sternscheiben auftreten, gerade denjenigen, bei denen auch im vorigen Paragraphen große Werte der Mittelpunktsreduktion auftraten. Es scheint also doch etwas Reelles an diesen großen Beträgen zu sein. Allerdings zeigt die dritte Platte mit kleinen Scheiben, κ Cas, hier nichts Anormales, während hier eine große positive Abweichung bei $A-\chi$ Cas auftritt, die sonst nichts Besonderes zeigt. Trotzdem erschien es angebracht, da sich kein andres Merkmal finden ließ, zu dem diese Erscheinung in Beziehung gebracht werden konnte, für diese drei Platten mit kleinen Sternscheiben eine besondere, größere Mittelpunktsreduktion anzunehmen. Nach einigen Versuchen und Näherungen fand sich $+0,054$ als Korrektion $\log p$ für diese drei Platten, und $+0,004$ für alle andere. Das heisst, daß bei jenen Platten die mittlere logarithmische Differenz zwischen Rand- und Mittenareal $0,121$ anstatt $0,067$ sein soll, $1,8$ mal größer, was mit einer Mittelpunktsreduktion $\sec^{18} \varphi$ übereinstimmt. Eine nachherige Vergleichung der Platten ϑ Ser und δ Set mit den zuletzt bearbeiteten λ Aq1 und 642δ Ser Platten lieferte eine noch etwas größere Korrektion. Wenn man die beiden ϑ Ser Platten mit einander vergleicht, zeigt sich sehr deutlich, daß die Randgebiete auf der Platte mit großen Scheiben heller sind als auf der anderen Platte; wir finden die mittlere Helligkeit

auf C 582 : 84	Randquadrate 259,	37	Zentralquadrate 276;	Faktoren 1,156	1,036
„ C 642 : 84	„ 494,	37	„ 483;	„ 1,156	1,037

Nimmt man den Reduktionskoeffizienten für C 642 als richtig an, so ergibt sich für C 582 einen Exponenten 21 des $\cos \varphi$. Der Verlauf in Tabelle 6 ist für diese beiden Platten auch nahezu das Doppelte des durchschnittlichen Wertes. Deshalb sind diese beiden Platten mit der Mittelpunktsreduktion $\sec^{20} \varphi$ aufs Neue reduziert worden. Für C 594 κ Cas, wo Tabelle 6 einen gleich großen, Tabelle 8 dagegen einen viel geringeren Wert gibt, wurde die Reduktion mittels $\sec^{14} \varphi$ ausgeführt. Für die andren Platten soll die logarithmische Differenz $0,076$ anstatt $0,072$ sein, mit einem Exponenten $10,5$ von $\cos \varphi$ übereinstimmend. Der Unterschied ist so gering, daß das Resultat aus den übergreifenden Platten als eine Bestätigung des aus den Ringen abgeleiteten Wertes betrachtet werden darf; eine praktische Änderung in der Reduktion ist nicht nötig.

13. Die konstanten Plattenkorrekturen.

Wenn durch die vorhergehenden Reduktionen die richtige Flächenhelligkeit gefunden wäre, die jeweils auf die Platten gewirkt hätte, so würden doch für das gleiche Himmelsareal auf verschiedenen Platten verschiedene Werte gefunden werden, da die wirkliche Helligkeit des Himmelsgrundes infolge der wechselnden Intensität des Erdlichtes von Tag zu Tag verschieden war. Wir brauchen nur den stellaren Teil dieser Helligkeit ohne das Erdlicht, und haben daher diesen von Platte zu Platte veränderlichen Teil zu eliminieren. Was hier jedoch als Himmelsgrund gefunden wird ist noch etwas anderes, ein durch ein bestimmtes numerisches Verfahren berechneter Wert, der (nach der Figur der Schwärzungskurve) wahrscheinlich niedriger ist als die wirkliche Helligkeit, aber um einen unbekanntem Betrag niedriger. Die gefundenen Zahlen in den Karten sind also um einen, in doppelter Weise unbekanntem, für jede Karte verschiedenen Betrag von der gesuchten

Tabelle 9. Differenzen der Platten (Linke Plattenname minus obere Plattenname).

	δ Set	λ Aql	70 Oph	θ Ser ₁	θ Ser ₂	δ Aql	ζ Aql	γ Aql	13 Vul	β Cyg	52 Cyg	δ Cyg	γ Cyg	σ Cyg	33 Cyg	π^2 Cyg	ζ Cep	β Cep
δ Set																		
λ Aql	+ 144 ₇	- 144 ₇	+ 4 ₃	+ 8 ₄	- 210 ₄	- 206 ₂	+ 41 ₁	+ 228 ₁										
70 Oph	+ 4 ₃	+ 174 ₂	+ 174 ₂	+ 193 ₆	- 21 ₆	- 14 ₅	- 126 ₂	+ 228 ₁										
θ Ser ₁	+ 8 ₄	+ 20 ₅	+ 20 ₅	+ 200 ₄	- 200 ₄	- 212 ₇	- 160 ₆	+ 12 ₄										
θ Ser ₂	+ 210 ₄	+ 21 ₆	+ 200 ₄	+ 215 ₁₂	- 215 ₁₂	+ 0 ₇	+ 54 ₆	+ 229 ₄										
δ Aql	+ 206 ₂	+ 14 ₅	+ 126 ₂	+ 212 ₇	+ 0 ₇	- 53 ₄	+ 53 ₄	+ 223 ₆	+ 60 ₃	+ 21 ₂								
ζ Aql	- 41 ₁	- 228 ₁		+ 160 ₆	- 54 ₆	- 223 ₆	- 183 ₅	+ 183 ₅	- 129 ₃	- 158 ₁								
γ Aql				- 12 ₄	- 229 ₄		- 60 ₃	+ 129 ₃		- 51 ₉								
13 Vul							- 21 ₂	+ 158 ₁	+ 51 ₉	+ 125 ₂								
β Cyg									- 76 ₄	- 125 ₂								
52 Cyg									- 119 ₁	- 188 ₃								
δ Cyg									- 64 ₂	- 139 ₃								
γ Cyg									- 53 ₁									
σ Cyg																		
33 Cyg																		
π^2 Cyg																		
ζ Cep																		
β Cep																		
8107																		
41 H Cep																		
β Cas																		
α Cas																		
ζ Cas																		
A Cas																		

	8107	41 H Cep	β Cas	α Cas	ζ Cas	A Cas	4 H Cam	10 Cam	λ Per	ϵ Per	α Aur	ι Aur	θ Aur	ζ Tau	μ Gem	α Ori	S Mon	22 Mon
π^2 Cyg	- 42 ₃																	
ζ Cep	- 41 ₅	+ 8 ₄	- 72 ₄	+ 96 ₂														
β Cep	+ 1 ₁	+ 44 ₆	- 26 ₁	+ 151 ₁		+ 94 ₁												
8107		+ 3 ₂	- 30 ₇	+ 156 ₃	+ 5 ₁													
41 H Cep	+ 3 ₃		- 30 ₇	+ 143 ₈	+ 20 ₃	+ 83 ₆												
β Cas	+ 26 ₆	+ 30 ₇	- 30 ₇	+ 174 ₉	+ 32 ₆	+ 112 ₃												
α Cas	- 156 ₂	- 143 ₈	- 174 ₅	- 135 ₅	- 135 ₅	- 53 ₄												
ζ Cas	+ 5 ₁	+ 20 ₃	- 32 ₆	+ 135 ₅	+ 66 ₆	+ 66 ₆												
A Cas		- 83 ₆	- 112 ₃	+ 53 ₄	- 68 ₃	- 6 ₂												
4 H Cam																		
10 Cam																		
λ Per																		
ϵ Per																		
α Aur																		
ι Aur																		
θ Aur																		
ζ Tau																		
μ Gem																		
α Ori																		
S Mon																		
22 Mon																		

Flächenhelligkeit des Fixsternhimmels verschieden. Wenn es also nicht möglich ist, aus diesen Aufnahmen die wirkliche stellare oder galaktische Flächenhelligkeit des Himmels zu finden, so kann man doch ihre Fluktuationen bestimmen, indem man alle Platten auf ein einziges System reduziert, also alle unbekanntes Additivkonstanten auf einen einzigen Unbekannten zurückführt.

Die Reduktion der Platten auf ein System findet statt durch die Bestimmung der konstanten Plattendifferenzen aus den über einander greifenden Teilen benachbarter Platten, von denen ein Teil auch schon im vorigen Paragraphen zu der Mittelpunktsreduktion verwendet wurde. Für jedes Quadrat in den übergreifenden Gebieten wurde die mittlere Helligkeit auf jeder der beiden Platten ermittelt und die Differenz genommen. Die Mittelwerte aus allen Differenzen zwischen zwei Platten sind in Tabelle 9 zusammengestellt, wo sie in dem Sinne: linke Plattenname minus obere Plattenname zu verstehen sind. Die kleinen Zahlen hinter den Werten geben die Gewichte; eine Anzahl von 10 Quadraten wurde als Gewichtseinheit angenommen, also eine Übergreifung von weniger als 5 Quadraten unberücksichtigt gelassen.

Die Ausgleichung mußte mit einiger Sorgfalt vorgenommen werden, da keine Ringschließung vorhanden ist; wird von unrichtigen Anfangswerten ausgegangen, so wird die Ausgleichung nur die relativen Werte benachbarter Platten verbessern, aber einen Verlauf der ganzen Zone entlang unverändert lassen. Daher wurden die Platten zuerst in 14 Gruppen nach der Länge zusammengekommen, innerhalb jeder Gruppe mit Hilfe der Umgegend ausgeglichen, und darauf wurden die Gruppendifferenzen gebildet. Dann wurde das Ganze einige Male ausgeglichen. Das Resultat findet sich in Tabelle 10, wo in der 3^{ten} Spalte, unter „Platten-Konst.“ eine Zahl angegeben ist, die dieselbe, aber willkürlich gewählte Helligkeit in der individuellen Skala jeder Platte ausdrückt; daneben steht als das Totalgewicht die Summe aller Anschlüsse dieser Platte. Ändert man die Zeichen dieser Zahlen um, so werden sie zu Korrekturen, die man an jede Platte anzubringen hat um sie auf ein gleiches System zu reduzieren. Die Totalgewichte geben ein zu günstiges Bild der Festigkeit des Anschlusses; ein Blick auf Tafel 9 zeigt, dass die schwächste Stelle die Verbindung der Gruppe *A Cas*—*z Cas* mit der Gruppe *4 H Cam*—*10 Cam* ist, bei denen die Differenz nur ein Gewicht 6 hat.

Mittels der gefundenen Werte der Plattenkonstanten lassen sich die Plattendifferenzen der Tabelle 9 berechnen; aus den Differenzen zwischen dieser Rechnung und den beobachteten Werten ergibt sich $\sqrt{350} = 19$ als m. F. einer Differenz mit Gewicht 1, also 42 als m. F. einer mittleren Helligkeit eines Quadrats von 5 mm Seitenlänge auf einer Platte. Diese Zahlen werden jedoch in starkem Maße durch einige wenige sehr große Differenzen bestimmt. Schließt man die in geringer Höhe genommene Platte δ Scuti und die Platte *41 H Cep* aus, so sinken die Zahlen auf $\sqrt{224} = 15$ und 34. Die letztere Platte war noch mit vermessen worden, trotzdem sie an den Rändern etwas verschleiert erschien, namentlich, weil die für die *z Cas* Platte benutzte besondere Mittelpunktsreduktion in dieser Gegend eine Verfestigung des Systems erwünscht machte. Es zeigt sich jedoch, daß das Ziel nicht erreicht worden ist; in dem vermessenen Gebiet zeigen sich, nach Anbringung der normalen Mittelpunktsreduktion, zu große Helligkeiten in den Randgebieten. Aus der Vergleichung der mit den Platten *z Cas* (594), *A Cas*, β Cas, β Cep gemeinsamen Teile findet sich nach der Methode von Tafel 8 $\log p$ zu -038 , -022 , -036 und -004 ; der Mittelwert -025 (bei $\log f_r/f_e = 0,057$) wäre, falls die andren Platten als richtig angenommen werden, durch einen Koeffizienten $\sec^2 \varphi$ für diese Platte darzustellen. Offenbar hebt der zum Rande zunehmende Schleier die Mittelpunktsreduktion nahezu auf. Da außerdem der Schleier etwas unregelmäßig erscheint, ist die Platte *646 41 H Cep* von der weiteren Diskussion ausgeschlossen worden. Der gefundene Betrag des m. F. eines kleinen Quadrats wird wohl hauptsächlich systematischen Fluktuationen in der Empfindlichkeit der Platten zugeschrieben werden müssen.

14. Weitere Korrekturen. Das definitive System.

Es erschien durchaus notwendig das in solcher Weise erzielte System darauf zu prüfen, in wie weit noch irgend ein systematischer Gang vorhanden ist. Zuerst wurden auf allen Platten die schwächsten Helligkeitszahlen aufgesucht und in das mittlere System ausgedrückt durch Subtraktion der Plattenkonstanten aus Tabelle 10, 3^{te} Spalte. Die Ergebnisse, in Spalte 4, zeigen eine deutliche Zunahme mit zunehmender Länge. Selbstverständlich kann man keine Konstanz dieser Zahlen erwarten; die schwächste Helligkeit innerhalb einer Platte braucht nicht in jedem der entsprechenden Himmelsareale die gleiche zu sein. Aber es ist doch äußerst unwahrscheinlich, daß sie in den Orion- und Gemini-Gebieten so erheblich größer sein sollte als in Aquila und Ophiuchus. Der Verlauf der reduzierten schwächsten Helligkeitszahlen weist daher auf einen Verlauf in den angewandten Reduktionen auf das mittlere System.

Tafel 10. Reduktion der Platten auf ein System.

Platte	<i>l</i>	<i>b</i>	Pl. Konst.	Min.	Isoph 2	Isoph 4	Stundenw.	Kurve	Korrektion
579 δ Set	352°	— 4°	+ 19 20	205	292	364	+ 0.5	286	— 175
548 70 Oph	357	+ 10	+ 1 16	202	283		+ 2.4	289	— 160
542 λ Aql	358	— 7	+ 169 28	186	293		+ 1.5	290	— 329
582 ϑ Ser	5	+ 0	0 44	241	292		+ 0.4	294	— 164
642 ϑ Ser	5	+ 0	+ 196 43	222	292		— 0.4	294	— 360
539 δ Aql	7	— 7	+ 191 31	220	296		+ 0.6	296	— 357
545 ζ Aql	14	+ 3	+ 141 29	176	299		+ 1.4	301	— 312
836 γ Aql	17	— 8	— 37 24	231	305		+ 0.3	304	— 137
523 13 Vul	29	— 2	+ 80 23	244	314		— 2.8	313	— 263
521 β Cyg	30	+ 5	+ 134 20	222	301	396	— 2.5	314	— 318
634 52 Cyg	41	— 7	— 2 18	282	321		— 2.5	322	— 190
630 δ Cyg	46	+ 11	— 40 19	247	326		— 2.7	324	— 154
525 γ Cyg	46	+ 3	+ 2 25	251	332	372	— 3.3	324	— 196
638 σ Cyg	52	— 6	+ 37 18	265	327		— 2.8	323	— 230
531 33 Cyg	58	+ 13	+ 97 19	215	313		— 1.0	317	— 284
533 π^2 Cyg	63	— 2	— 39 19	234	320	363	— 2.5	311	— 142
763 ζ Cep	71	+ 3	— 33 28	252	309	367	+ 4.6	306	— 143
535 β Cep	75	+ 16	+ 2 18	227	299		— 2.5	306	— 178
650 BAC 8107	77	— 5	+ 5 22	247	307	367	— 2.7	307	— 182
646 41 H Cep	84	+ 8	— 7 37	184	316		— 4.7	315	— 178
537 β Cas	85	— 1	+ 30 36	237	317		— 4.4	316	— 216
594 κ Cas	88	+ 2	— 145 32	259	329		— 5.0	321	— 46
654 χ Cas	96	— 1	— 13 24	230	336		— 3.7	329	— 186
551 Δ Cas	96	+ 11	— 85 23	254	328		— 4.5	329	— 114
829 4 H Cam	112	+ 2	— 87 20	252	336		+ 4.0	341	— 124
658 10 Cam	117	+ 14	— 83 13	246	—		— 4.0	344	— 131
678 λ Per	119	+ 1	— 165 25	277	343		— 1.2	345	— 50
662 ϵ Per	125	— 8	— 131 18	290	343		— 2.5	349	— 88
626 α Aur	130	+ 7	— 18 22	263	360		+ 3.7	353	— 205
609 ι Aur	138	— 4	— 97 21	294	359		— 0.9	359	— 132
612 ϑ Aur	142	+ 9	— 154 18	276	362		— 2.6	362	— 78
614 ζ Tau	153	— 4	— 96 22	305	368		+ 0.8	369	— 143
622 μ Gem	157	+ 6	— 190 20	323	375		— 0.3	371	— 51
686 α Ori	167	— 7	— 151 16	312	374		— 0.3	376	— 95
735 S Mon	171	+ 4	— 22 19	288	379		— 3.0	378	— 226
727 22 Mon	183	+ 5	+ 18 6	252	380		+ 1.5	382	— 270

Als zweite Prüfung wurde eine Vergleichung mit den visuellen Beobachtungen vorgenommen. Wenn man annehmen darf, daß keine bedeutende Farbunterschiede zwischen den um 180° entfernten Milchstraßengegenden vorhanden sind, können die visuellen Isophoten zur Kontrolle der photographischen Ergebnisse dienen. Deshalb wurde aus „Die nördliche Milchstraße“¹⁾ die Isophote der Helligkeit 2 in jede der Karten eingezeichnet (für die mit negativer Deklination des Mittelpunktes wurde „Die südliche Milchstraße“²⁾ benutzt). Das Mittel aller Helligkeitszahlen an dieser Linie entlang wurde als die Helligkeit angenommen, die der Isophote 2 in dem individuellen Helligkeitssystem jeder Platte entspricht. Die Resultate, durch Abzug der Plattenkonstante in das mittlere System ausgedrückt, finden sich in Tabelle 10 in der 5^{ten} Spalte. Auch hier zeigt sich ein starker systematischer Gang: zuerst zunehmend von Scutum bis Cygnus, dann etwas abnehmend bis Cepheus-Andromeda, darauf wieder stark zunehmend bis zu Monoceros. Die Figur 8 stellt die Ergebnisse dar, nach galaktischer Länge geordnet.

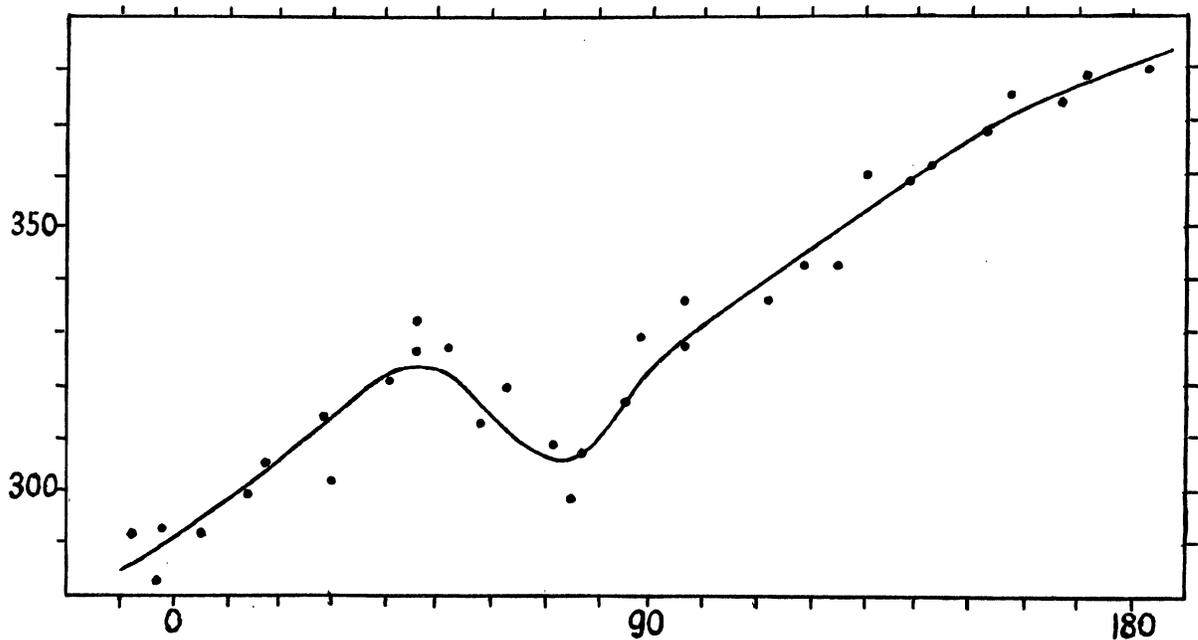


Fig. 8. Verlauf mit der galaktischen Länge.

Zweifellos ist ein Teil der zufälligen Abweichungen den Unvollkommenheiten der visuellen Isophoten zuzuschreiben. Sie können keine kleine Details wiedergeben, sodaß auf dem photographischen Bilde die Linie Berge und Täler durchschneidet; außerdem zeigte sich, daß dieselbe Isophote an dem Rande dunkler Höhlen in der Mitte der Milchstraße meistens höhere Helligkeiten auf der Platte aufweist als in den Randgebieten der Milchstraße. Der systematische Gang beträgt jedoch über den ganzen Längenbereich nahezu 90 Einheiten, also mehr als (nach Vergleichung der Spalten 5 und 6) die Differenz der Isophoten 2 und 4 beträgt. Soviel kann unmöglich auf Rechnung der visuellen Isophote gestellt werden. Auch ist nur ein geringer Teil auf die Unsicherheit in der Verkettung der Platten zu schieben; sogar der schwächsten Verbindungsstelle mit Gewicht 6 entspricht ein m. F. von nur 8 Einheiten, und in dem Verlauf der Zahlen deutet nichts auf einen

¹⁾ Annalen van de Sterrewacht te Leiden. Bd. 13, 1.

²⁾ Annalen van de BOSSCHA Sterrewacht, Lembang, Vol. 2, 1.

Sprung gerade dort hin. Der mittlere Wert des Fehlers, der aus diesem Grunde in der Differenz der äußersten Platten entstehen kann, läßt sich in folgender Weise abschätzen. Wir ersetzen die Plattenserie durch 14 einander folgender Plattenpaare, wobei für jedes der Paare die Differenz mit den anschließenden Paaren ein Gewicht besitzt, das der Gewichtssumme der entsprechenden Differenzen in Tabelle 9 entspricht. Diese Gewichtssummen $\Sigma'g$ sind 36, 30, 9, 14, 18, 14, 30, 27, 6, 19, 16, 13, 15. Also wird der m. F. der Differenz Gruppe XIV — Gruppe I = μ (Gew. Einh.) $\times \sqrt{\Sigma'(1/\Sigma'g)} = \mu(GE) \sqrt{0.85}$. So findet man für den m. F. der Differenz der äußersten Gruppen 17 Einheiten. Also durch zufällige Fehler läßt sich der gefundene Verlauf in keiner Weise erklären.

Es liegt nahe die Ursache eines solchen systematischen Ganges in der Einwirkung der atmosphärischen Extinktion zu suchen, die in der Bearbeitung der Platten völlig außer Acht gelassen wurde. In Tabelle 10 sind in Spalte 7 die mittleren Stundenwinkel der Plattenzentren während der Aufnahmen zusammengestellt. Man sieht dort wie z.B. von *Vulpecula* bis *Camelopardalus* alle Platten, bis auf eine, in östlichen Stundenwinkeln aufgenommen wurden. Das heißt, daß bei zwei einander in Länge folgenden Platten das Zentrum der folgenden tiefer als der gemeinsame Teil, und der gemeinsame Teil tiefer als das Zentrum der vorangehenden Platte stand. Ein systematischer Verlauf könnte daraus wohl entstehen. Allein es läßt sich nicht im Voraus sagen, in welchem Sinne dieser Verlauf sein wird. Denn die Atmosphäre wirkt auf die Helligkeit der Milchstraße in doppelter Weise ein. Erstens wird das wirkliche Milchstraßenlicht durch Extinktion geschwächt, die mit zunehmender Zenithdistanz wächst. Zweitens wächst auch das atmosphärische Licht, das sich zu dem stellaren Hintergrund hinzufügt, mit zunehmender Zenithdistanz, und wirkt daher gleichsam wie eine negative Extinktion. HOFMEISTER fand aus seinen sorgfältigen photometrischen Messungen¹⁾, daß für helle Milchstraßenwolken die positive, für schwache die negative Extinktion vorwiegt. Durch diesen Umstand wird es fast unmöglich den Extinktionswirkungen genau Rechnung zu tragen.

Um die Verhältnisse besser überblicken zu können, wurden für jedes übergreifende Plattenpaar außer den Zenithdistanzen der Plattenzentren während der Aufnahmen auch die der Mitte des gemeinsamen Teiles während der beiden Aufnahmen berechnet. Bezeichnet man erstere mit z_0 und z_0' , die beiden andere mit z und z' , und nennt man $f(z)$ die Änderung der Helligkeit durch Einfluß der Atmosphäre bei der Zenithdistanz z , so ist die beobachtete Differenz Platte 2 — Platte 1 = wirkliche Differenz $-f(z_0) + f(z) - f(z') + f(z_0')$. Für dieses $f(z)$ wurde einfach der Faktor $\sec z$ genommen und der unbekannte Koeffizient vorerst unbestimmt gelassen. So konnte für jede Plattendifferenz die Änderung durch die Extinktion, bis auf den mittleren positiven oder negativen Koeffizienten berechnet werden. Uns interessiert hier vor allem wie die Extinktion den Zusammenschluß der Kettenglieder zu einem System beeinflusst. Dazu wurde einfach das Mittel aus den Extinktionsfaktoren für alle Vergleichen einer Platte der 2^{ten} Gruppe mit einer Platte der 1^{sten} Gruppe genommen und dies als die atmosphärische Änderung der Differenz 2^{te} Gruppe — 1^{ste} Gruppe betrachtet. In der nächsten Tabelle 11 sind diese Änderungen in der 2^{ten} Spalte gegeben; die 3^{te} gibt den summierten Effekt auf die Helligkeit jeder Gruppe. Zum Vergleich ist für jede Gruppe das Mittel der aus Isophote 2 gefundenen Werte in der 4. Spalte hinzugefügt.

Es stellt sich heraus daß der Haupteinfluß der Extinktion in einer Schwächung der niedrigen Deklinationen im Vergleich zu den höheren besteht. Die vorwiegend östlichen Stundenwinkel bewirken daß das Minimum von *Cassiopeia* nach *Cygnus* verschoben wird. Die Zunahme der Helligkeitszahlen auf den Platten von *Cassiopeia* bis *Monoceros* ließe sich dann als eine negative Extinktion erklären. Da hier die Helligkeit des Milchstraßenlichtes gering ist, sollte man auch erwarten, daß die größere Helligkeit des Himmels in geringerer Höhe stärker wirkt als die direkte Absorption des Milchstraßenlichtes. Allerdings mag es scheinen, daß für die visuellen Beob-

¹⁾ Veröffentlichungen der Universitäts-Sternwarte Berlin-Babelsberg. Bd. 8, 2.

Tabelle 11. Extinktionseinfluss bei den Plattengruppen.

Gruppe	Diff. Ext.	Extinktion	Isophote 2
I $\delta S, 70 O, \lambda A$	— 0,39 <i>C</i>	+ 0,84 <i>C</i>	286
II $\vartheta S, \delta A$	— 20	+ 45	294
III $\zeta \gamma A$	— 19	+ 25	302
IV 13 <i>V</i> , βC	— 06	+ 06	308
V 52, $\delta, \gamma, \sigma C$	00	00	326
VI 33, $\pi^2 C$	00	00	316
VII $\zeta, \beta C, 8107$	00	00	299
VIII $\beta, \kappa C$	+ 11	+ 11	323
IX <i>A</i> , χ Cas	+ 13	+ 24	332
X 10, 4 <i>H</i> Cam	+ 11	+ 35	336
XI $\lambda, \varepsilon P, \alpha A$	— 02	+ 33	349
XII $\iota, \vartheta A$	+ 09	+ 42	360
XIII $\zeta T, \mu G$	+ 12	+ 54	372
XIV $\alpha O, S, 22 M$	+ 28	+ 82	378

achtungen, denen die Isophote entnommen wurde, dasselbe gilt. Hier aber kann man sich, durch die Beobachtung der Kontraste, in erheblichem Maße von der allgemeinen Aufhellung des Himmels freimachen. Außerdem wird das zerstreute Himmelslicht bläulich gefärbt sein, also photographisch kräftiger wirken. An der anderen Seite des Himmels, von Cassiopeia nach Scutum hin, ist es umgekehrt; hier verlaufen die Extinktionsfaktoren entgegengesetzt zu den Helligkeitszahlen. Wenn man annehmen darf, daß in diesen Gegenden die durchschnittliche Helligkeit so groß ist, daß die Schwächung des wirklichen Milchstraßenlichtes durch Extinktion bedeutender ist als die Aufhellung durch das Himmelslicht, so wäre damit der gefundene Verlauf qualitativ zu erklären.

Mit dieser Erklärung ist aber für die quantitative Korrektur für Extinktion noch wenig gewonnen. Wenn der Koeffizient zwischen positiven und negativen Werten wechselt, nicht nur von Platte zu Platte sondern auch auf derselben Platte, so wird die Reduktion der Platten auf einander eine äußerst verwickelte Sache. Es wären dazu dann zuerst besondere Aufnahmen nötig gewesen zur numerischen Bestimmung des atmosphärischen Lichtes. Von einer Korrektur der gemessenen Helligkeiten für atmosphärische Einflüsse mußte bei der vorliegenden Untersuchung völlig abgesehen werden, weil die erforderlichen Daten nur durch eine spezielle umständliche Untersuchung gewonnen werden könnten. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Untersuchungen, bei denen die photometrischen Methoden und Voraussetzungen bis in alle Feinheiten erprobt und durchgeprüft werden, nur an einem beschränkten Objektmaterial durchgeführt werden können, während umgekehrt die Durchführung eines vollständigen astronomischen Massenprogramms so viel Kraft in Anspruch nimmt, daß dabei die photometrischen Daten nur in vereinfachter und schematischer Weise beschafft werden können.

In unserem Fall handelt es sich nur darum, an den errechneten Helligkeitszahlen auf den Platten solche konstante Korrekturen anzubringen, daß sie für weit entfernte Milchstraßenteile so gut wie für benachbarte möglichst gut die relative Helligkeit wiedergeben. Diese Korrekturen haben keine prinzipielle Bedeutung; in den Helligkeitszahlen einer Platte steckt immer eine willkürliche unbekannte Konstante, und die relativen Werte, die Variationen der Helligkeit auf jeder Platte, bilden das eigentliche Resultat der Untersuchung. Aus diesem Grunde sind die an jeder Platte noch weiter anzubringenden Korrekturen einfach der Kurve Fig. 8, S. 28 entnommen, als wären sie eine Funktion der galaktischen Länge.

Die an eine Platte angebrachte konstante Korrektur besteht nun 1. aus der Plattenkonstante

Tabelle 10 Spalte 3 mit entgegengesetztem Vorzeichen; 2. dem Wert aus der 8^{ten} Spalte, mit „Kurve“ überschrieben, gleichfalls mit entgegengesetztem Vorzeichen; 3. der konstanten Zahl + 130, derart gewählt daß die Minimumhelligkeit (abgesehen von einigen Extremwerten) = 0 wird, so daß die Helligkeitszahlen alle positiv werden (bis auf diese Ausnahmen), von Null an aufwärts. Die also berechnete, angebrachte Korrektur befindet sich in der letzten Spalte von Tabelle 10.

15. Die Karten.

Das Resultat der Messungen und Reduktionen ist in den nachfolgenden 35 Karten niedergelegt. Das vermessene Gebiet jeder Platte ist hier in einem Quadrat von 18 cm. Seitenlänge, also in dreifacher Vergrößerung dargestellt, in welchem jeder gemessene Punkt an der richtigen Stelle durch eine zweistellige Zahl angegeben ist. Die exakte Lage jedes Punktes befindet sich in halber Höhe in der Mitte zwischen den beiden Ziffern. Die Punkte liegen zumeist in regelmäßigen Reihen (vgl. S. 6), ausnahmsweise an willkürlichen Stellen dazwischen. Es wurde völlig davon abgesehen die sphärischen Koordinaten in irgend einer Weise durch Kurven oder Zahlen anzugeben; die Lage am Himmel wird ausschließlich durch die sich auf den Karten befindlichen Sterne (nach ihren gemessenen rechtwinkligen Koordinaten) festgelegt. Dem Charakter der extrafokalen Bilder gemäß sind die Sterne hier auch durch Scheiben verschiedener Schwärzung dargestellt; da bei Messungspunkten nahe am Rande einer Sternscheibe Raum für die Zahl gelassen werden muß, sind die Durchmesser der Scheiben auf den Karten etwas kleiner als die der Skala entsprechenden wirklichen Durchmesser genommen, nämlich 5,4 mm für Fokus 1, 3,6 mm für Fokus 2 und 3. Nicht alle auf den Platten sichtbaren Sterne sind in den Karten angegeben, sondern nur die helleren; die Größen 6,0—6,5 sind durch offene Kreise, 5,0—6,0, 4,0—5,0, und heller als 4,0 sind durch eine verschiedene, mit der Helligkeit zunehmende Schraffierung bezeichnet worden.

Die in den Karten gegebenen Helligkeitszahlen sind aus den unmittelbaren Messungsergebnissen (Keilablesungen am Hartmann) durch die folgenden Reduktionen gewonnen worden: Reduktion auf Normalkeil (S. 6); Subtraktion des unbelichteten Randwertes (S. 7); Reduktion auf Mittelpunkt (S. 22 u. 24); Multiplikation (des in 0,1 Skalenteil als Einheit geschriebenen Wertes) mit dem Faktor C der Tabelle 4 (S. 16); Anbringung der für jede Platte konstanten Korrektur der Tabelle 10 (S. 26). Die Resultate sind dreistellige Zahlen, aufwärts bis 400, die die Flächenhelligkeit am betreffenden Punkte in der Einheit 0,0001 Stern 0^{ter} Größe (oder 1 Stern 10^{ter} Größe) pro Quadratgrad angeben, bis auf eine allgemeine additive Konstante, die so gewählt wurde, daß die kleinste in einer der Karten vorkommende Helligkeitszahl ungefähr Null ist (ein paar negative Zahlen kommen vor). Da kein Punkt der Karten eine galaktische Breite über 30° hat, wo die von dem Sternsystem herrührende Helligkeit des Himmels sicher noch merkbar ist, muß die wirkliche durch die Sterne bewirkte Helligkeit noch etwas größer sein als die in den Karten enthaltenen Zahlen.

Die Zahlen sind alle zweistellig gegeben, wobei die fortgelassenen Hunderte durch Verschiedenheit des Drucktypus angegeben sind; die kleinsten Ziffern ⁰⁰⁻⁹⁹ bezeichnen die Werte bis 99, die größeren Ziffern ⁰⁰⁻⁹⁹ die Werte 100 bis 199, die starken Ziffern ⁰⁰⁻⁹⁹ die Werte 200 bis 299, und die breiten starken Zahlen ⁰⁰⁻⁹⁹ die Werte 300 bis 399. Ein Teil der Helligkeitszahlen befindet sich an den Örtern schwacher Sterne, wobei die gemessene Helligkeit um den Beitrag des Sterns korrigiert wurde (vgl. S. 17); diese Zahlen sind durch einen darüber gesetzten Strich kenntlich und gelten als etwas weniger zuverlässig als die andern.

Um den Überblick über die Helligkeitsgradationen zu erleichtern sind auf den Karten Linien gleicher Helligkeit gezogen (Strichlinien für alle Vielfachen von 50, Punktlinien für die ungeraden Vielfachen von 25). Man wird sie natürlich nicht als eine genaue Darstellung der Gestalt

der Isophoten, sogar eines extrafokal verwischten Milchstraßenbildes betrachten dürfen. Die oft bedeutenden Distanzen zwischen den gemessenen Punkten, die Fehler der Zahlen selbst, und die Verschiedenheit in der Grenzgröße der noch einzeln sichtbaren Sterne bewirken eine Unsicherheit, deren Betrag sich bei einer Vergleichung derselben Himmelsgegend auf verschiedenen Karten zeigt. Immerhin mögen sie als erste Annäherung ihren Wert haben.

Während auf den verschiedenen Karten die nämlichen Gegenden im Allgemeinen eine ziemlich übereinstimmende Verteilung der Helligkeit aufweisen, treten doch auch mehrere bedeutende Abweichungen und Verschiedenheiten hervor. Die angewandte Methode beruht auf der Voraussetzung einer konstanten Empfindlichkeit über der ganzen Ausdehnung der Platte. Dies wird nie vollkommen zutreffen; kleine Variationen in der Empfindlichkeit, d.h. zumeist in der Dicke der Schicht, werden im Resultat als Fluktuationen der Helligkeit hervortreten. Wieviel in den beobachteten Differenzen diesem Umstande zuzuschreiben ist, wird sich schwer ermitteln lassen.

Eine der auffallendsten Differenzen findet sich bei der Scutumwolke. Auf der δ Sct Platte ist sie am hellsten; auf der λ Aql und den ϑ Ser Platten ist sie etwas weniger hell; auf der 70 Oph Platte erscheint sie bedeutend schwächer. Es ist versucht worden diese Differenz auf eine Wirkung der Extinktion zurückzuführen, aber ohne Erfolg. Bei der 70 Oph Platte standen während der Aufnahme die Scutumwolke am Rande und die Umgebung von 70 Oph im Zentrum in gleicher Höhe über dem Horizont, also konnte die normale Extinktion ihre Differenz nicht beeinflussen. Nur wenn während dieser Aufnahme die Extinktion durch eine Spur Nebel übernormal gewesen und eine Weißfärbung des Himmels hinzugekommen wäre, könnte ein Unterschied wie der hier gefundene entstehen; aber die Bemerkungen in Tabelle 1 stützen eine solche Annahme nicht. Jedenfalls scheint die δ Sct Aufnahme bei besonders schönem und transparentem Himmel gemacht zu sein. Einen andren Weg zur Erklärung könnte man in der Mittelpunktsreduktion suchen; da die Scutumwolke auf der 70 Oph Platte in der Ecke des vermessenen Gebietes liegt, könnte eine Vergrößerung des Koeffizienten von $\log \cos \varphi$ hier zum Ziele führen. Es ist aber wohl nicht zulässig für jede Platte diese Koeffizienten willkürlich so anzunehmen, daß damit derartige Differenzen beseitigt werden.

Auch bei den hellen Gebieten zwischen β und η Cygni zeigen sich bedeutende Differenzen. Auf der γ Cyg Platte, wo sie im Zentrum liegen, sowie auf der δ Cyg und der 52 Cyg Platte, die nur einen Teil am Rande enthalten, zeigen sie eine schwächere Helligkeit als auf der β Cyg Platte, wo sie gleichfalls ein Randgebiet bilden — schwächer auch als nach der visuellen Helligkeit zu erwarten wäre. Letzteres wird dem Umstand zuzuschreiben sein, dass an den visuellen Eindruck die dichte Gruppe von Sternen 6—7^{ter} Größe um b_1 — b_3 Cygni mitwirken, die auf den Heidelberger Platten einzeln sichtbar sind. Auf der β Cyg Platte sind südlich von b^1 Cygni eine Anzahl Stellen großer Helligkeit gemessen, die auf den andren Platten leer blieben; d.h. daß auf den andren Platten dort Sterne einzeln sichtbar waren, die auf der β Cyg Platte, wo die Schwärzungen schwächer sind (und auch die Grenzgröße heller ist, vgl. Tabelle 4), nicht gesehen wurden und als Hintergrund gemessen wurden.

Überhaupt bewirkt die Verschiedenheit der Grenzgrößen der Platten, daß sie nicht die gleiche Intensität des Milchstraßenlichtes ergeben können. Für den Durchschnitt der Milchstraßenzone wird bei 1^m weniger Sterne die Helligkeit des Hintergrundes 10 bis 13 höher sein müssen (0,65 Sterne 7^m oder 2,1 Sterne 8^m pro Quadratgrad). Es ist erwogen worden, alle Platten auf die gleiche Grenzgröße zu beziehen, in der Weise, daß man die durch die auf einer Platte sichtbaren Sterne unterhalb dieser Größe bewirkte Intensität, über ein etwas größeres Areal verteilt, zu den gemessenen Werten hinzufügt. Wegen der unsicheren Unregelmäßigkeit dieser Korrekturen wurde jedoch davon abgesehen und enthalten die Karten einfach die Ergebnisse der Messungen. Da bei den konstanten Plattenkorrekturen (Tabelle 10) auf diese Differenzen in Grenzgröße nicht geachtet

wurde, werden sie sich im Durchschnitt für jede Platte aufheben. Dabei bleiben jedoch die Ungleichheiten übrig, die durch die unregelmäßige Verteilung der Sterne bewirkt werden.

16. Die quadratischen Korrekturen.

Die Grundlage dieser Bearbeitung bildet die Voraussetzung, daß der hier zur Verwendung kommende Teil der Schwärzungskurve in genügender erster Näherung durch eine lineare Funktion dargestellt werden kann. Nur dann ist das Reduktionsverfahren, die totale Schwärzung mittels eines konstanten Koeffizienten in Helligkeit zu verwandeln und nachher einen empirisch bestimmten Betrag abzuziehen, einwandfrei. Eine vollständige Bestimmung der Gestalt der Schwärzungskurve, mittels derer zu jeder Schwärzung die entsprechende wirkliche Helligkeit hätte berechnet werden können, war nicht möglich; dazu hätten besondere Eichungsmarken auf den Platten angebracht werden müssen. Mittels der Sternschwärzungen konnte nur eine Relation zwischen Schwärzungsdifferenz und Helligkeitsdifferenz gegen den mittleren, über der Platte selbst veränderlichen Hintergrund abgeleitet werden (Vgl. § 5 und § 8). Das dabei gefundene quadratische Glied in der Schwärzungskurve ließ sich bei dem befolgten Reduktionsverfahren nicht exakt in Rechnung bringen.

Eine vorläufige Rechnung ergab, daß bei einigen Platten für die helleren Milchstraßenteile die quadratischen Glieder doch nicht zu vernachlässigen sind. Um sie hinterher berechnen zu können, muß für den mittleren Himmelsgrund, zu dem der Nullpunkt der Schwärzungskurve § 8 gehört, ein Wert h_0 angenommen werden. Während bisher $h-h_0 = C(s-s_0)$ angenommen wurde, muß an Stelle dessen nun $h-h_0 = C(s-s_0) + Cb/a \cdot (s-s_0)^2$ gesetzt werden, wo C , a und b die in Tabelle 4 dargestellten Koeffizienten bedeuten. Berücksichtigt man, daß die mittels der C gefundenen Helligkeiten noch mittels eines Faktors f auf den Mittelpunkt reduziert wurden, sodaß für Randgebiete $h-h_0 = Cf(s-s_0)$ war, und drückt man $s-s_0$ in die in den Karten gegebenen $h-h_0$ aus (wobei für h_0 überall der Wert 120 genommen wurde), so findet man die Korrektur $= b/afC \cdot (h-120)^2$.

Da die in der Tabelle 4 enthaltenen Werte von b nur aus einem Teil des Materials berechnet wurden (mit dem Zweck die Werte von a zu sichern), und die größeren Helligkeiten durch sie nicht dargestellt werden, sind aus dem Gesamtmaterial der Tabelle 3 durch eine Überschlagsrechnung neue Werte für b abgeleitet worden; und diese sind für die quadratische Korrektur benutzt worden. Die schließlich angenommenen Koeffizienten der quadratischen Formel für die verschiedenen Milchstraßengebiete, in der Form

$$\text{Korrektur} = C' \left(\frac{h-120}{100} \right)^2 - C''$$

(wo C'' die Änderung der durchschnittlichen Helligkeit berücksichtigen soll) sind nun (C'' in Klammern, Bezeichnung der Gegend in Klammern):

δ Sct (—4) 3,5 (Scutum); 70 Oph (—2) 15,7 (Scutum); δ Aql (—2) 4,5 (Scutum); ϑ Ser₁ (—2) 7,7 (Scutum), 6,3 (χ Aql); 13 Vul (—4) 13,2 (β φ Cyg), 12,1 (17— b Cyg); 52 Cyg (—4) 14,3 (Cyg Wolke bis Entf. 1,0), 12,3 (Entf. > 1,0); δ Cyg (—4) 20,0 (γ — b Cyg), 18,9 (α Cyg); γ Cyg (—4) 20,1 (γ — b Cyg), 18,5 (bis Entf 1,0), 15,5 (Entf > 1,0), 17,8 (α — A Cyg); 33 Cyg (—2) 10,0 (α — A Cyg); π^2 Cyg (—2), 8,9 (σ τ Cyg), 10,5 (α A Cyg, Lac), 10,9 (ϱ π Cyg), 9,2 (bei δ Cep); ζ Cep (—4), 18,0 (A ϱ Cyg), 21,7 (π Cyg), 25,0 (Lac); BAC 8107 (—2), 10,9 (Lac), 9,4 (β — χ Cas); κ Cas (—2) 13,0 (β — κ Cas).

Für die übrigen Platten sind die Koeffizienten des quadratischen Gliedes entweder zu gering, oder es kommen auf ihnen keine sehr hellen Milchstraßenteile vor.

Diese quadratischen Korrekturen verringern die systematischen Differenzen zwischen den verschiedenen Platten in der Cygnuswolke erheblich. Dagegen bleiben in der Scutumwolke auch

nach Anbringung dieser Korrekturen noch beträchtliche Differenzen übrig, die mit der Helligkeit zunehmen. Es hat den Anschein als ob verschiedene Helligkeitsskalen benutzt wurden; auf der δ Sct Platte wachsen die Helligkeiten am raschesten, auf der δ Aql und der 70 Oph Platte am langsamsten. Es wäre möglich daß bei diesem immer tief stehenden Objekt Extinktionsdifferenzen eine Rolle spielen; wenn während der δ Sct-Aufnahme die Extinktion bedeutend kleiner als bei den andren Aufnahmen war, muß die wirkliche Helligkeitsgradation größer gewesen sein. Um die Resultate der Einzelplatten gut mit einander vereinigen zu können wurden daher empirische Skalenwertkorrekturen angebracht, die jede Platte auf das Mittel aller reduzieren. Diese Reduktionen betragen: bei δ Sct $-\frac{1}{6}(h-120)$; bei 70 Oph $+\frac{1}{5}(h-120)$; bei ϑ Ser (642) $+\frac{1}{6}(h-120)$; bei δ Aql $+\frac{1}{4}(h-120)$, während für die λ Aql und die ϑ Ser (582) Platte die Reduktion unbedeutend war. Diese Korrekturen wurden nur innerhalb des Gebietes der Scutumwolke angebracht, nicht an den Helligkeiten unterhalb 160 in der nächsten Umgegend.

17. Zusammenfassung der Resultate.

Um aus den derart korrigierten Messungsergebnissen die Helligkeitsverteilung in der Milchstraße ableiten zu können, wurden die in den 35 Karten enthaltenen Zahlen in Sammelkarten zusammengebracht. Dazu wurden zuerst Kartennetze nach galaktischen Koordinaten (Pol $12^h 40^m + 30^\circ 1880,0$) im Maßstab $1^\circ = 3$ cm hergestellt, in die mittels der MARTH'schen Sternverzeichnisse¹⁾ die Sterne eingezeichnet wurden. Dann wurde jede der 35 Karten mittels eines Episkops vergrößert auf das galaktische Netz projiziert. Infolge der gegenseitigen Verzerrung des in zylindrischer Projektion gezeichneten Netzes und der in tangentieller Projektion aufgenommenen Platten konnten unter fortwährender Verschiebung immer nur kleine Teile, mittels der sie einschließenden Sterne, zur Deckung gebracht werden. Dabei wurden dann für diese Teile die Helligkeitszahlen in die Netze eingetragen und nachher um die in dem vorigen Paragraphen angegebenen Beträge korrigiert.

Um diese Zahlen, die namentlich in der zentralen Zone, wo viele Karten einander decken, oft dicht gedrängt sind, zu genaueren Mittelwerten zusammenzufassen, wurde verschiedentlich verfahren. In den weniger dichtgefüllten Gebieten wurden für jeden Quadratgrad einfach alle darin fallende Werte gemittelt (die in den Karten überstrichenen, aus Sternzentren gefundenen Werte bekamen halbes Gewicht). Falls das Totalgewicht den Betrag 6 übersteigen sollte, wurde der Quadratgrad in zwei Teile (oder wenn mehr als 12, in drei) gespalten und wurden 2 (oder 3) Mittelwerte mit Gewicht $3\frac{1}{2}$ bis 6 gebildet. In größeren zusammenhängenden Regionen, wo nahezu alle Quadrate mehr als 6 Zahlen enthielten, wurden diese ohne Rücksicht auf die Quadrate in Gruppen von 5 oder 6 zusammengenommen. Dabei wurde möglichst darauf geachtet, daß in jeder Gruppe aus jeder der dort beteiligten Karten ein Wert enthalten sein sollte.

Die also gefundenen Mittelwerte der Helligkeit sind in den acht galaktischen Karten I—VIII enthalten. Diese Karten sind nach denselben galaktischen Koordinaten gezeichnet; die Längen und Breiten sind horizontal und vertikal am Rande angegeben. Die Helligkeitszahlen sind, unter Fortlassung der Hunderter, in derselben Weise dargestellt als in den 35 Plattenkarten. Das Gewicht der Mittelwerte ist roh angegeben; zwei Punkte hinter einer Zahl bedeuten ein Gewicht 1 bis $2\frac{1}{2}$; ein Punkt bedeutet ein Gewicht 3 bis $4\frac{1}{2}$; Zahlen ohne Punkte haben ein Gewicht 5 bis $6\frac{1}{2}$.

Die farbigen isophotischen Linien auf diesen Karten sind nicht mittels dieser mittleren Helligkeitszahlen gezogen worden. Denn es stellte sich heraus, daß in der Mittelung oft die feineren topographischen Details verwischt wurden. Die Isophoten beruhen auf den Einzelwerten in den Sammelkarten und sie bilden daher, neben den Mittelzahlen, ein zweites unabhängiges Datum.

¹⁾ Monthly Notices R. A. S. 53 74, 384.

Dabei zeigte sich jedoch, daß zwischen den einzelnen Plattenkarten noch systematische Differenzen vorhanden waren. Es ist von vornherein klar, daß der Einfluß positiver oder negativer Extinktion nicht durch einfache konstante Plattenkorrekturen dargestellt werden kann; aber es schien nicht möglich diese Einflüsse einwandfrei zu bestimmen. Hier machten sie sich nun besonders störend in der Weise bemerkbar, daß an den Grenzen der Einzelplatten Diskontinuitäten in dem Zug der Isophoten auftreten mußten. Deshalb wurde der Versuch gemacht, einigermaßen brauchbare Korrekturen zur Ausgleichung der Helligkeiten abzuleiten. Dazu dienten die § 12 und § 13 schon verwendeten Differenzen zwischen den über einander greifenden Platten. Diese Differenzen sind zumeist nicht konstant sondern zeigen einen Verlauf über das gemeinsame Gebiet. Aus dem Verlauf dieser Plattendifferenzen wurden Korrekturen für jede Platte abgeleitet, wofür immer nur abgerundete Beträge, Vielfache von 5, genommen wurden. Die angenommenen Korrekturen sind in Fig. 9 in der Weise dargestellt, daß die Streifen mit Korrektur 0, + 5, + 10, + 15 usw. durch gezogene Linien, diejenige mit negativen Korrekturen 0, - 5, - 10 usw. durch gestrichelte Linien getrennt werden. Fast überall betreffen die Korrekturen bloß einige Randgebiete; nur bei den südlichsten Platten, wo die Atmosphäre große Abweichungen bewirken konnte, und bei einigen andren, wo wahrscheinlich eine mangelhafte Gleichmäßigkeit der Empfindlichkeit mitspielte, erstrecken sich die Korrekturen über die ganze Platte.

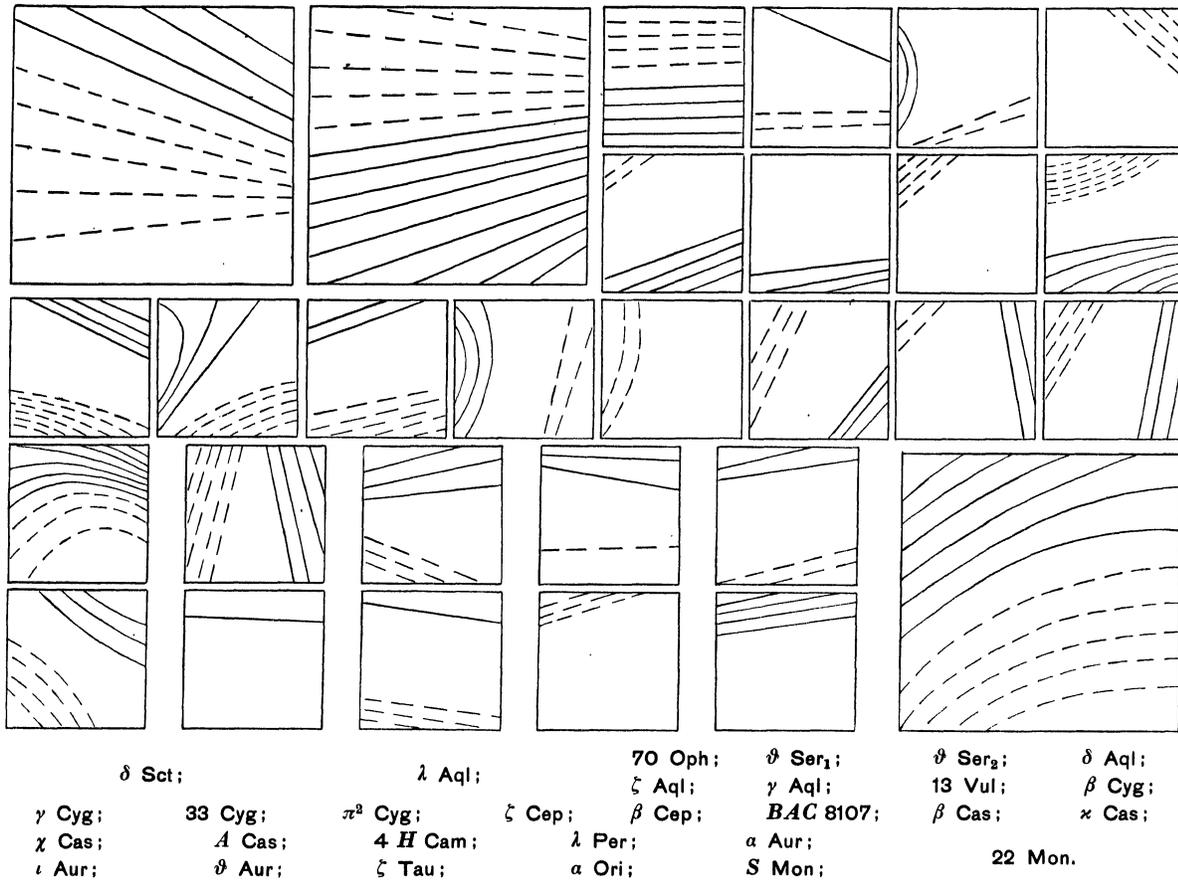


Fig. 9. Empirische Korrekturen.

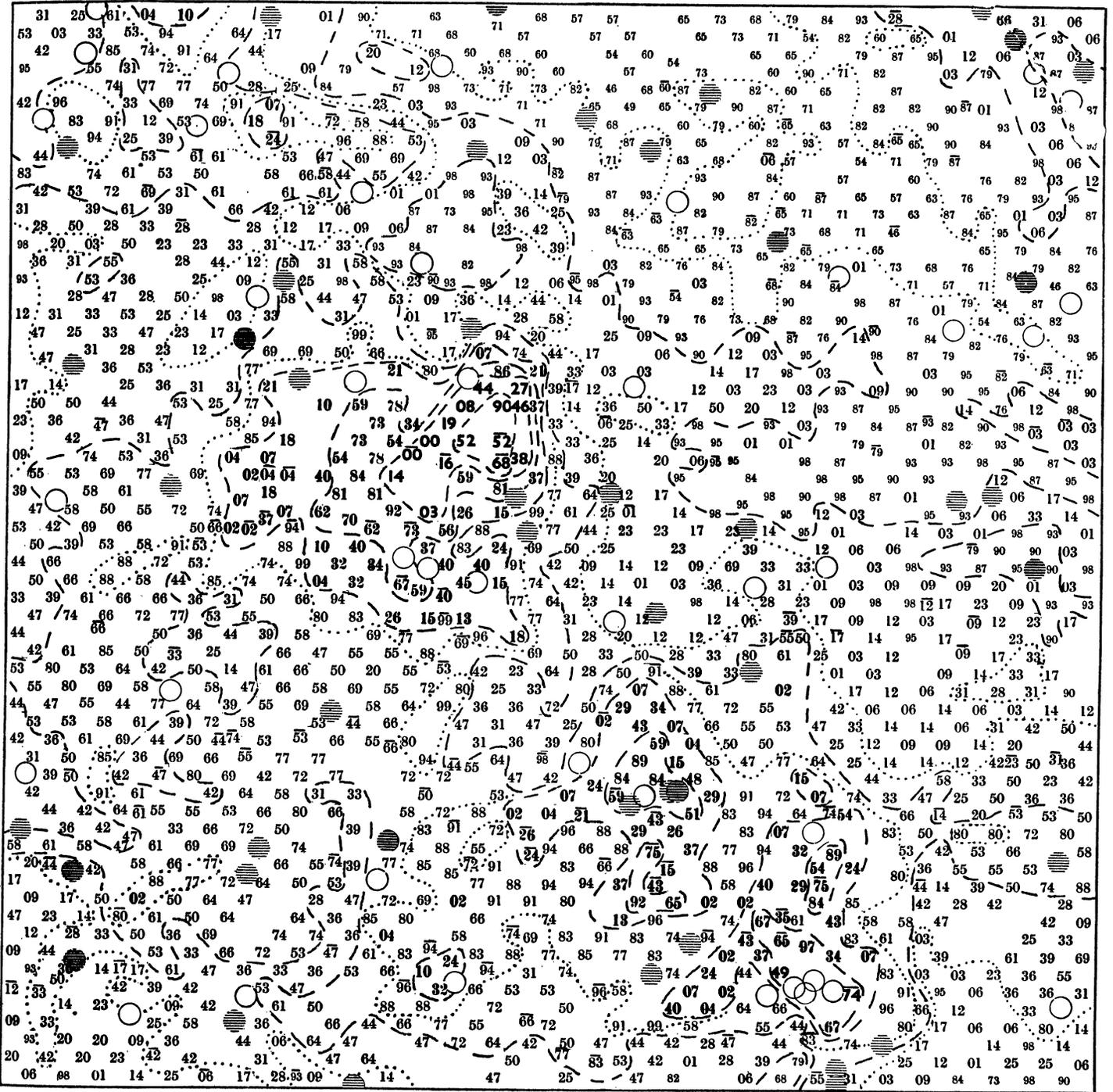
Diese Korrekturen wurden an den Einzelwerten der Sammelkarten angebracht; die korrigierten Sammelkarten wurden für das Ziehen der isophotischen Linien für alle Zehner der Intensität benutzt. Natürlich blieben sowieso noch in manchen Gegenden bedeutende Differenzen, bisweilen bis zu mehreren Zehnern, zwischen den Einzelwerten der verschiedenen Platten übrig, teils zufälliger, teils auch systematischer Natur. Dadurch sind auch die Linien selbst oft unsicher, und namentlich ist es bisweilen schwer, über die Realität kleinerer Unregelmäßigkeiten der Gestalt zu entscheiden. Die Linien finden sich in den galaktischen Karten I—VIII; die Werte 100, 150, 200, 250, 300, 350 sind durch stärkere Linien bezeichnet. Die schwarzgedruckten Mittelwerte der Helligkeit geben fast immer ausreichenden Aufschluß über die zu jeder Linie gehörende Nummer; in den wenigen Fällen wo Zweifel möglich wäre ist eine Zahl neben die Linie geschrieben. Wo die Helligkeit schroff abfällt und die Linien zu dicht gedrängt sein würden, ist der Zug bei einigen unterbrochen. In dem Zentrum der Scutumwolke sind für die größten Helligkeiten, neben den starken Linien, nur die Linien für 280 und 320 gezeichnet. Auf den leeren Stellen der Karten, wo infolge der Anhäufung von Sternscheiben die Helligkeitszahlen fehlen, konnten die Linien nur ganz unsicher gezogen werden; diese hypothetischen Teile sind durch Punktlinien bezeichnet. Dabei können mitunter unrichtige Verbindungen vorkommen. Es muss noch bemerkt werden, daß die helleren Gebiete um die Sterne Capella und Procyon nicht reell sind, sondern durch einen Haloefekt bewirkt wurden. Zur Bezeichnung des Ortes am Himmel sind in die farbigen Linienkarten auch die helleren Sterne (bis $5,5^m$) eingetragen, und daneben die Schnittpunkte der Deklinationskreise und Parallele für jede 5° (Äqu. 1880) durch kleine Kreuze angegeben; die Werte von Deklination und Rektascension sind am Rande abzulesen.

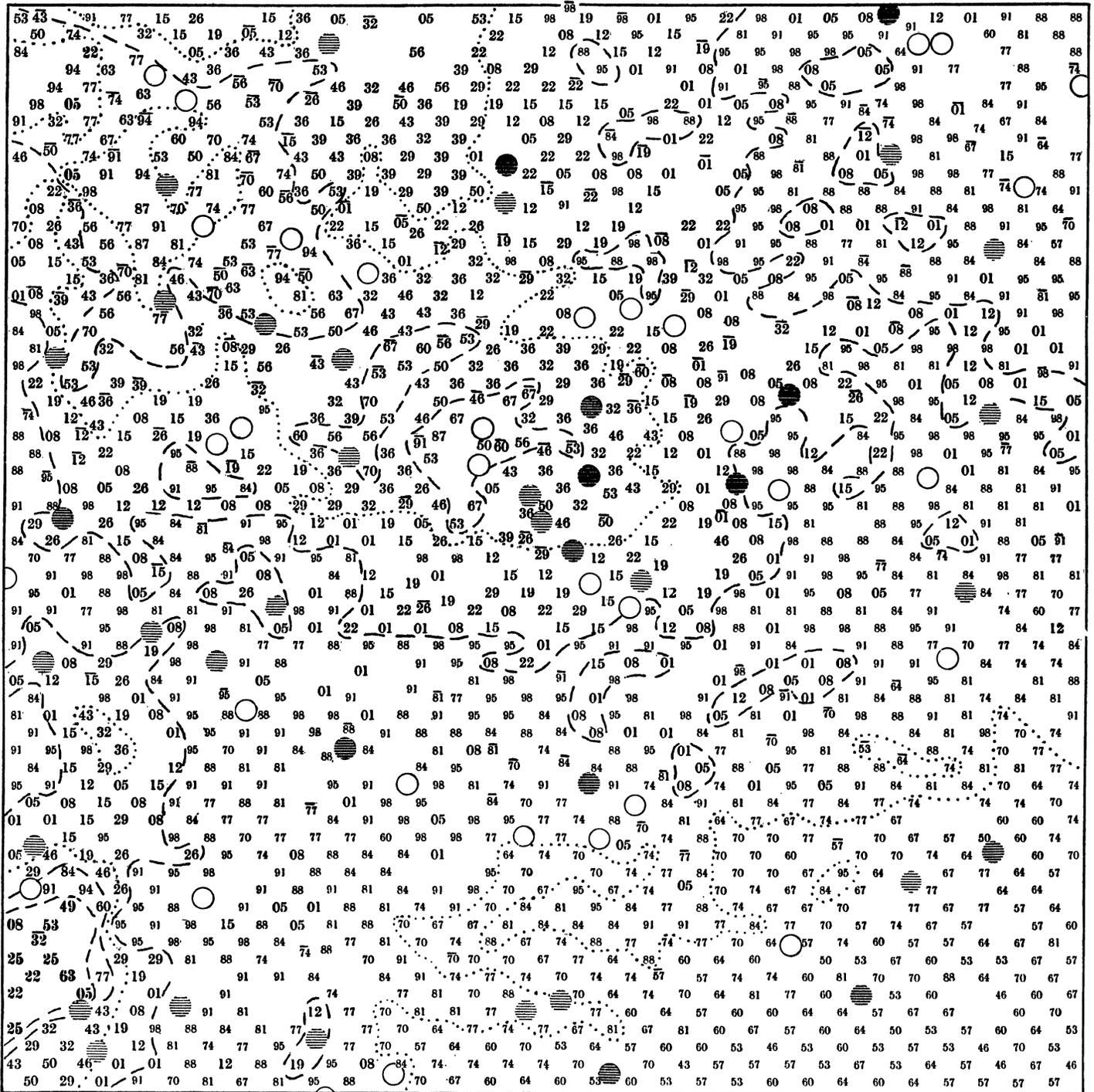
Diese Isophotenkarte kann als das Endergebnis der Untersuchung betrachtet werden. Es wurde schon bemerkt, daß nicht alle einzelnen Unregelmäßigkeiten in der Gestalt der Linien als verbürgt zu betrachten sind, namentlich nicht in den Randgebieten, wo nur zwei Platten, oder gar nur eine, vorhanden sind. Die Realität der größeren Züge tritt jedoch sofort hervor, wenn man diese Karten mit den fokalen photographischen Bildern vergleicht, sowohl mit der BAILEY'schen Gesamtdarstellung in 18 Tafeln¹⁾, wie mit den wundervollen Detailbildern BARNARDS²⁾. Alle hellen oder dunklen Objekte, die größer als ein Grad sind, und oft auch kleinere, finden sich in der Isophotenkarte zurück, wenn auch selbstverständlich alles feine und scharfe Detail in den extrafokalen Bildern verwischt und daher auch die genaue Gestalt der Objekte verschwunden ist. Umgekehrt zeigen die Isophoten wie sehr in den Reproduktionen der fokalen Bilder oft das richtige Helligkeitsverhältnis bei Gegenden mit verschiedener Struktur und Größe der Einzelsterne geändert und gar nicht zu erkennen ist. Vergleicht man das hier gewonnene Milchstraßenbild mit den älteren visuellen Darstellungen, so tritt der bedeutende Fortschritt der photographischen Methode in Feinheit der Lichtabstufung wie in Feinheit der Details sofort hervor. Ob es ihr gelingen wird, auch die relative Helligkeit entfernter Gegenden richtig zu bestimmen und damit den Vorzug der visuellen Methode, die allgemeine Helligkeitsverteilung der ganzen Milchstraße entlang in einfacher Weise zu ergeben, wettzumachen, bleibt künftigen Untersuchungen überlassen.

Durch seinen Tod während der Fertigstellung und Drucklegung hat MAX WOLF die Vollendung und die Ergebnisse unsrer gemeinsamen Arbeit, für die er das Material mit soviel Sorgfalt und Ausdauer herstellte, nicht mehr sehen können. So mag dann dieses Werk dem Andenken des verdienstvollen, unermüdlchen und hilfsbereiten Forschers gewidmet sein.

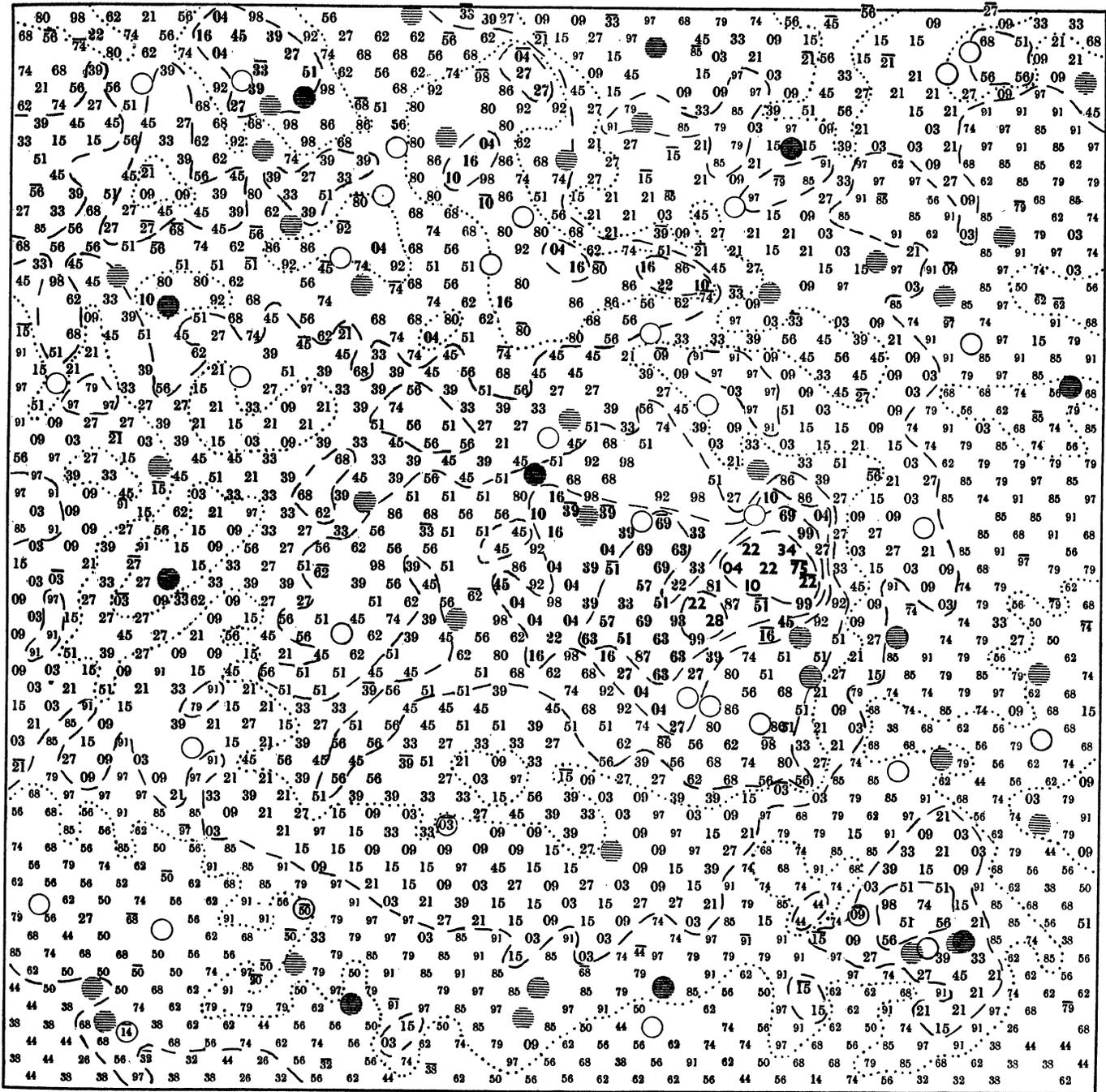
¹⁾ The Southern Milky Way, Harv. Ann. 72; The Northern Milky Way, Harv. Ann. 80.

²⁾ Publications Lick Observ. Vol XI; A Photographic Atlas of Selected Regions (Carnegie Inst. 1927).

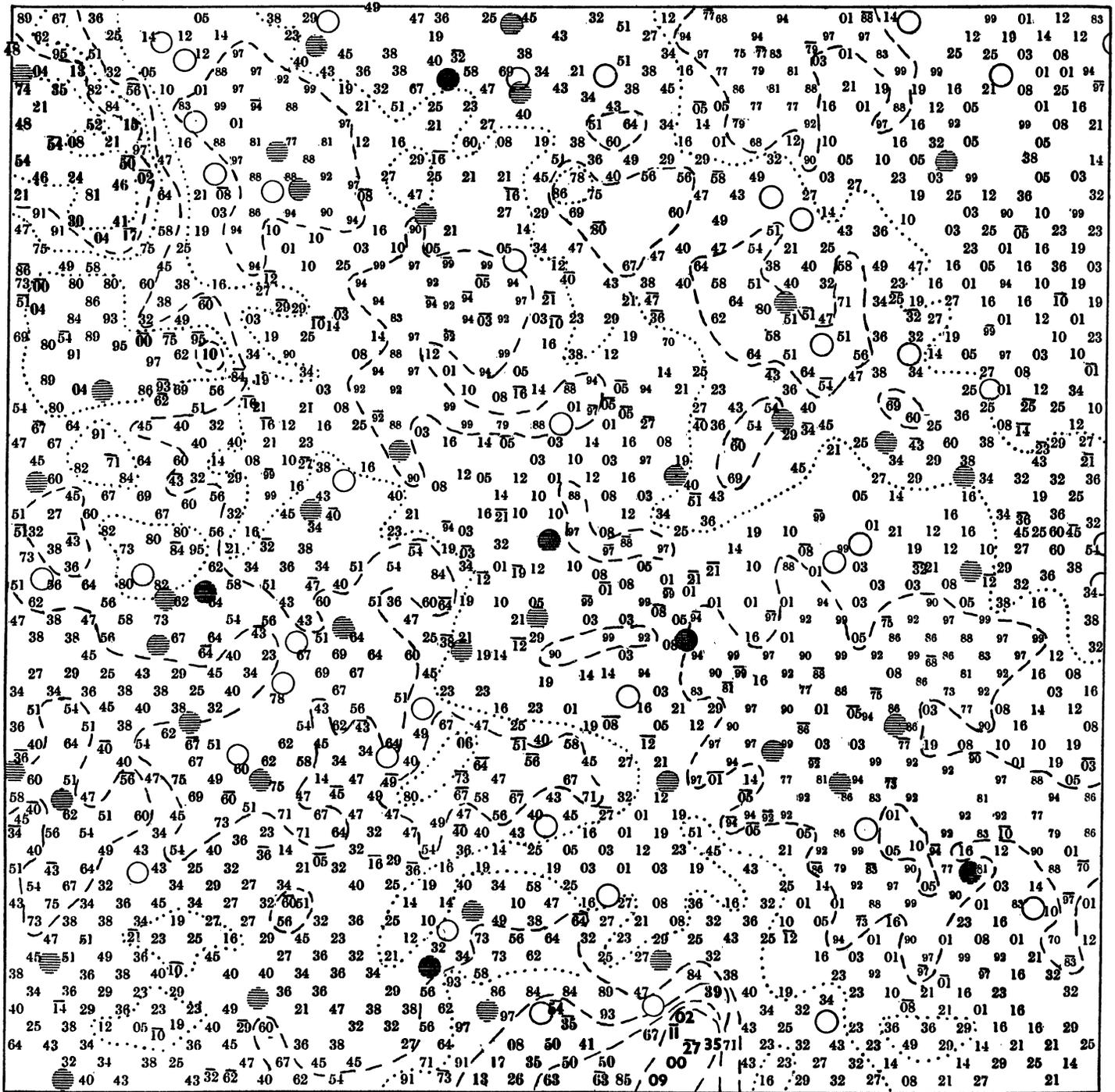




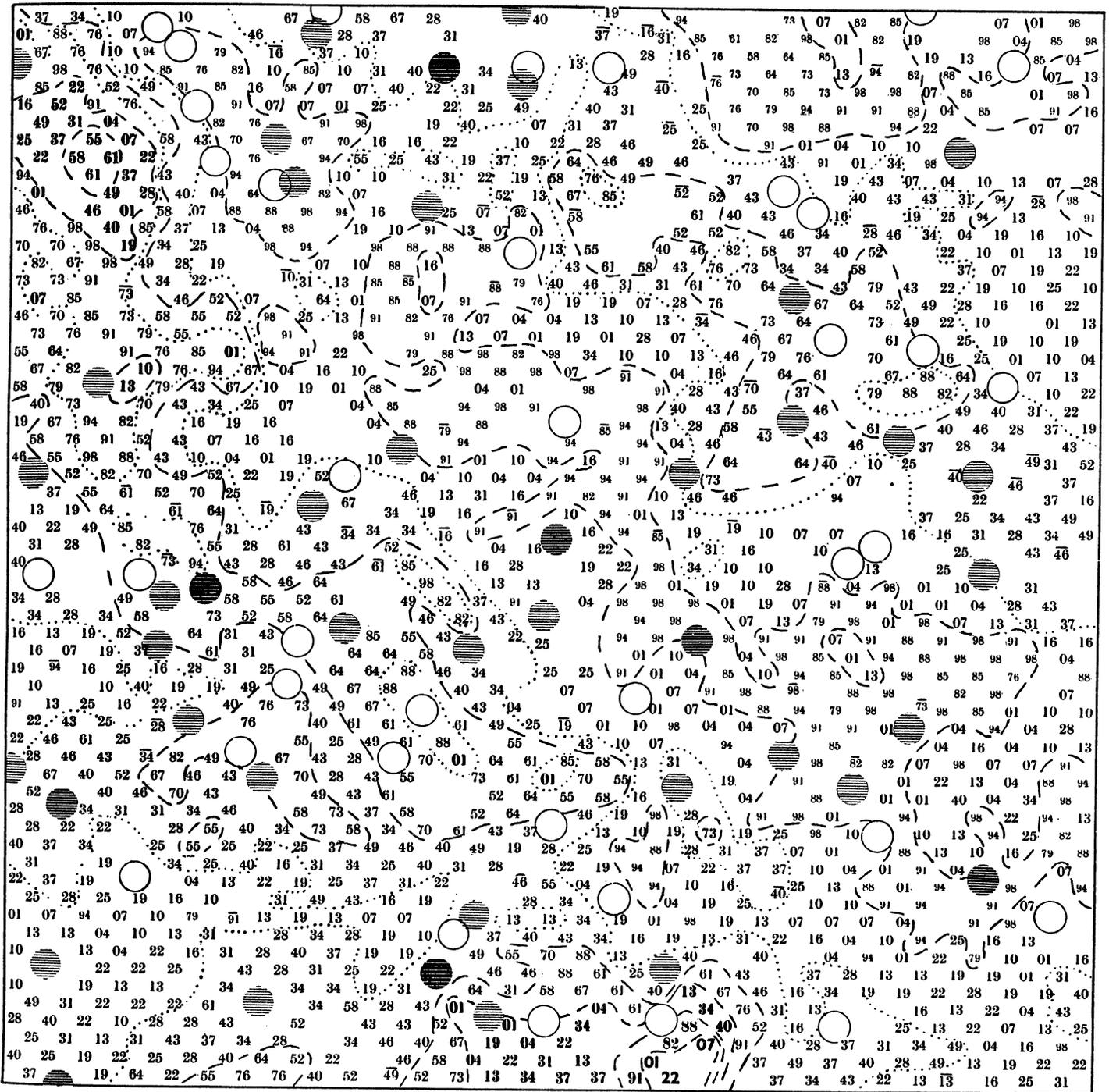
C 548. Zentralstern 70 Ophiuchi, 18h 0m 24s + 2° 31'(1900).



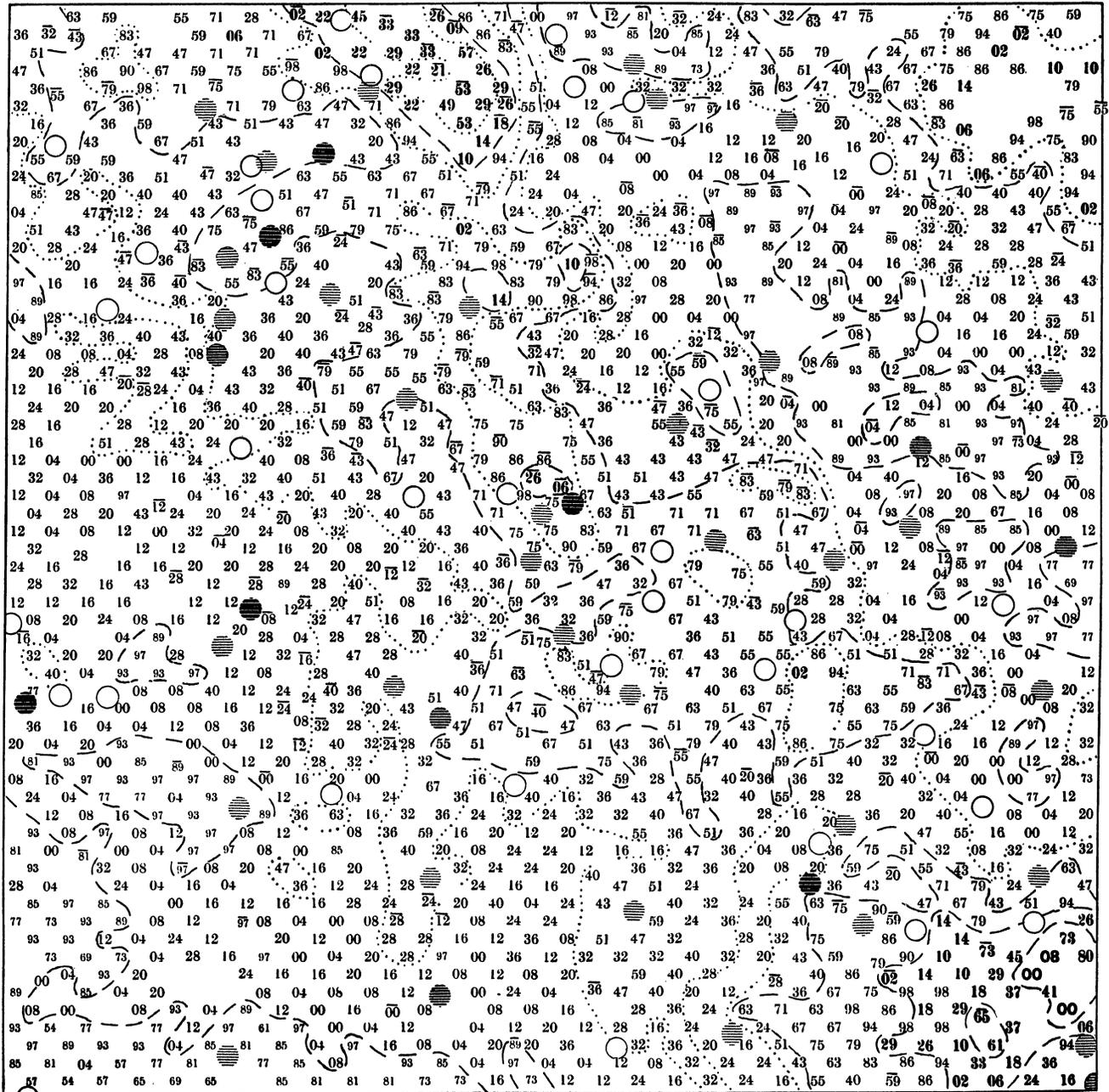
C 542. Zentralstern λ Aquilae, 19h 0m 57s - 5° 2' (1900).



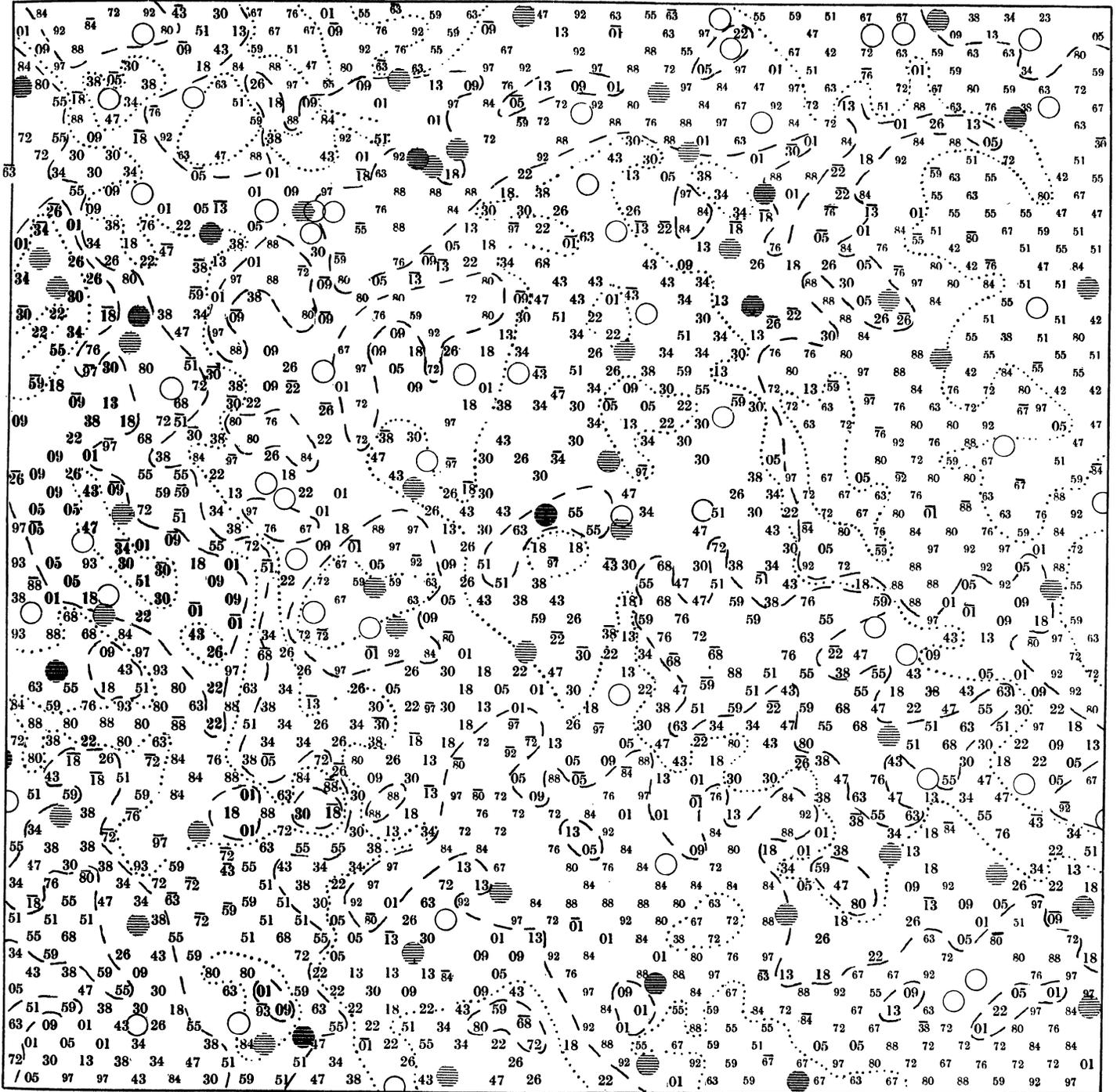
C 582. Zentralstern δ Serpentis, 18^h 51^m 16^s + 4° 4' (1900).



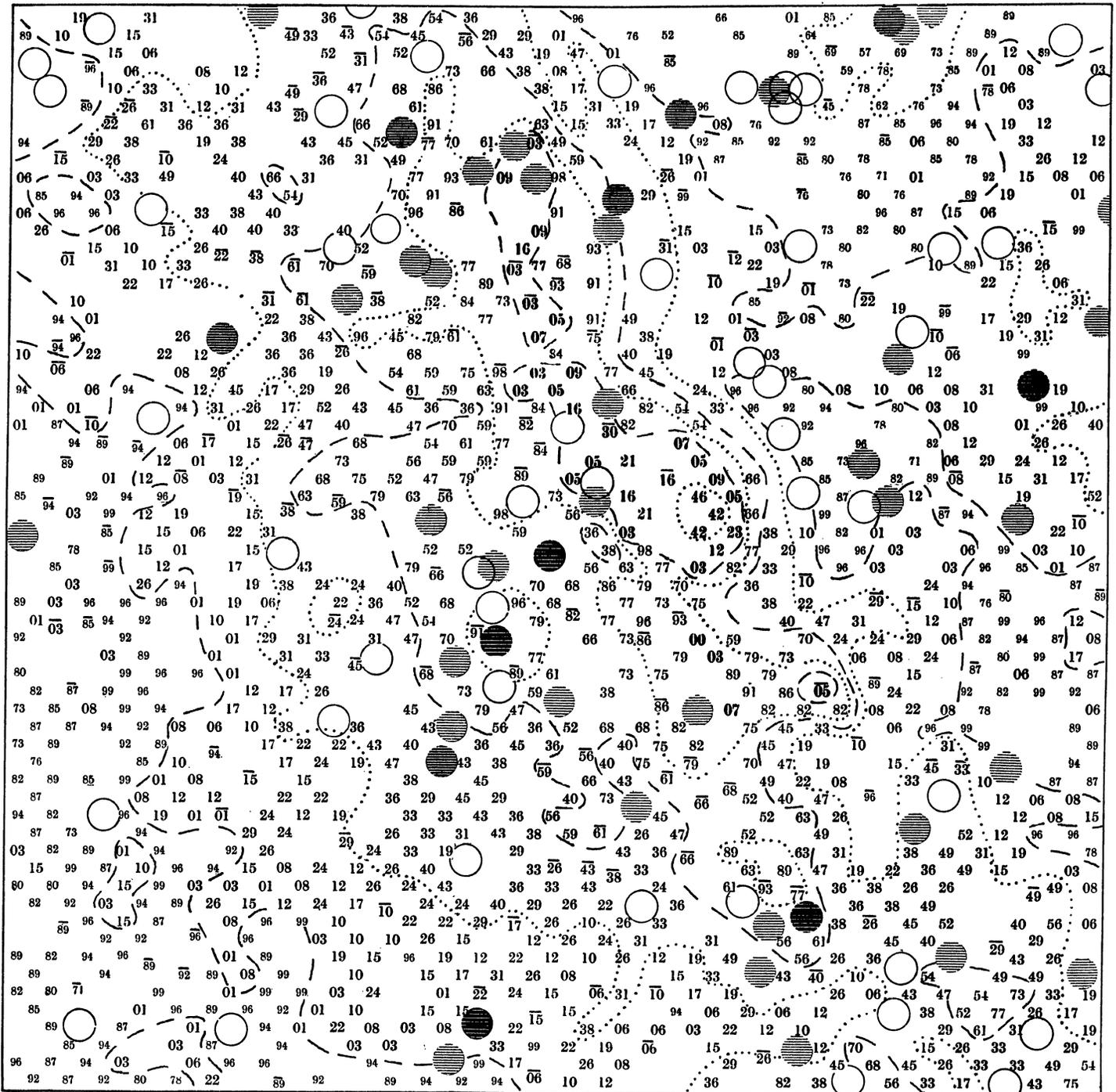
C 642. Zentralstern δ Serpens, 18^h 51^m 16^s + 4° 4' (1900).



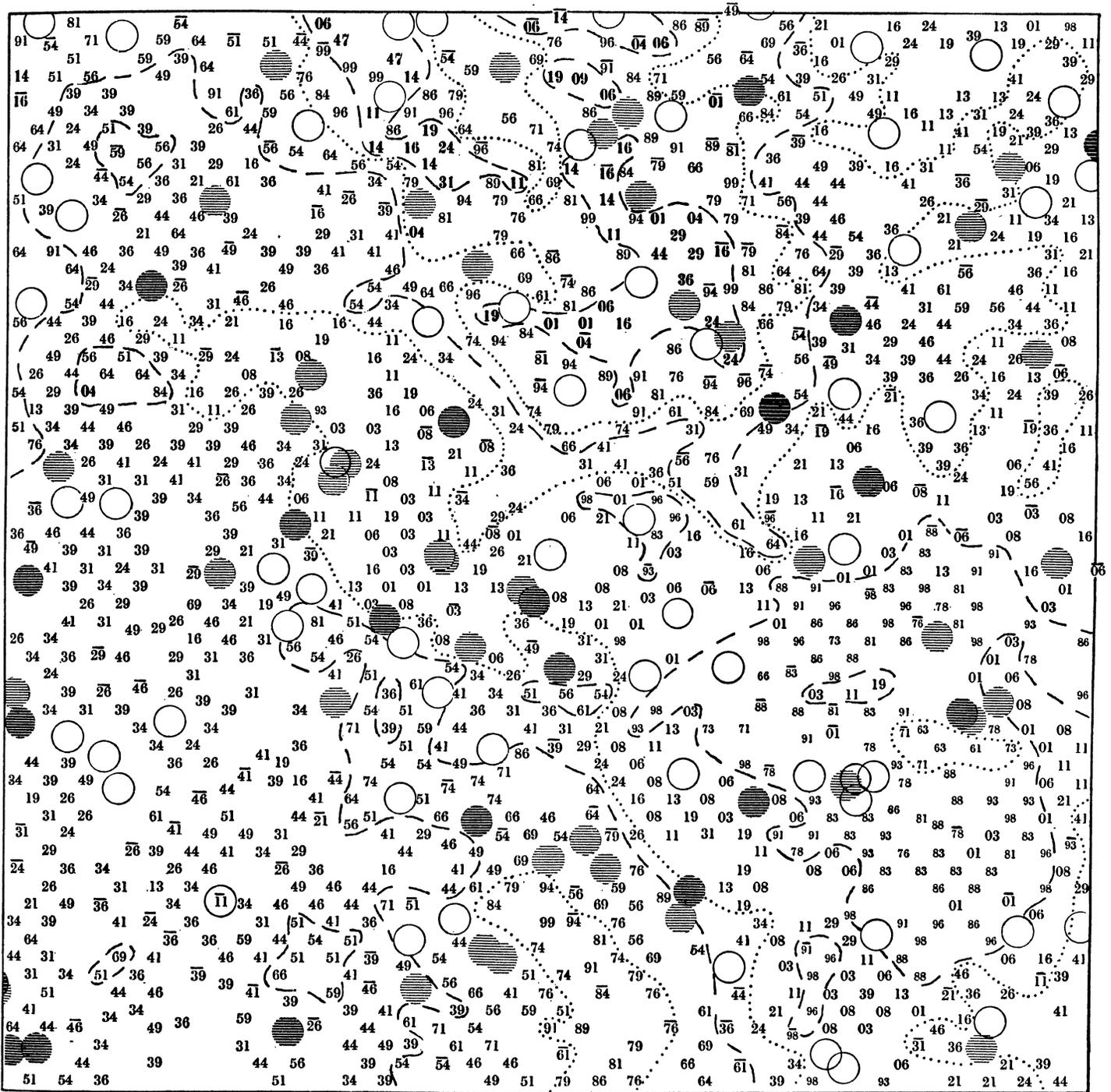
C 539. Zentralstern δ Aquilae, 19h 20m 27s + 2° 55' (1900).



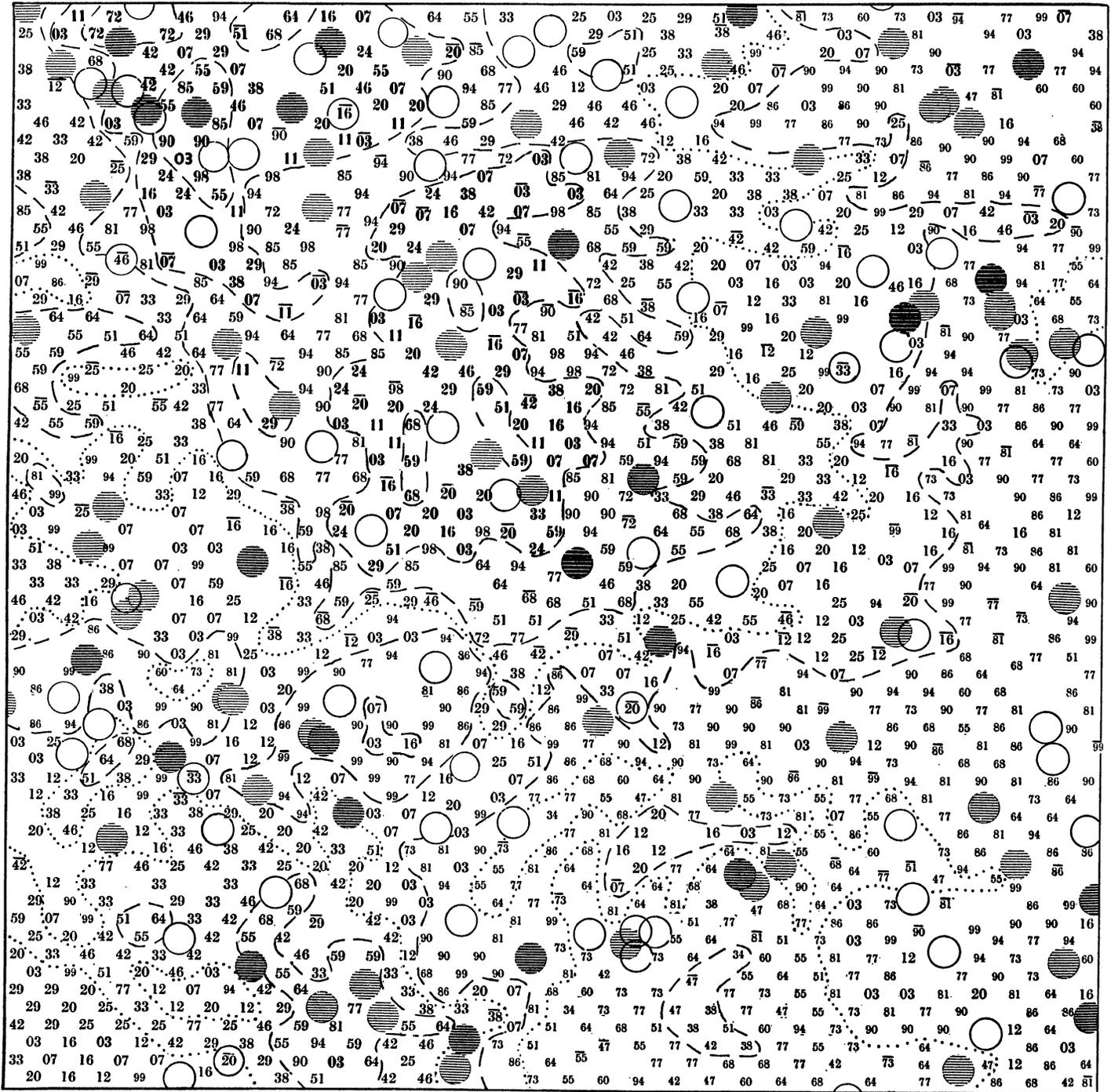
C545. Zentralstern ζ Aquilae, 19h 0m 49s + 13° 43' (1900).

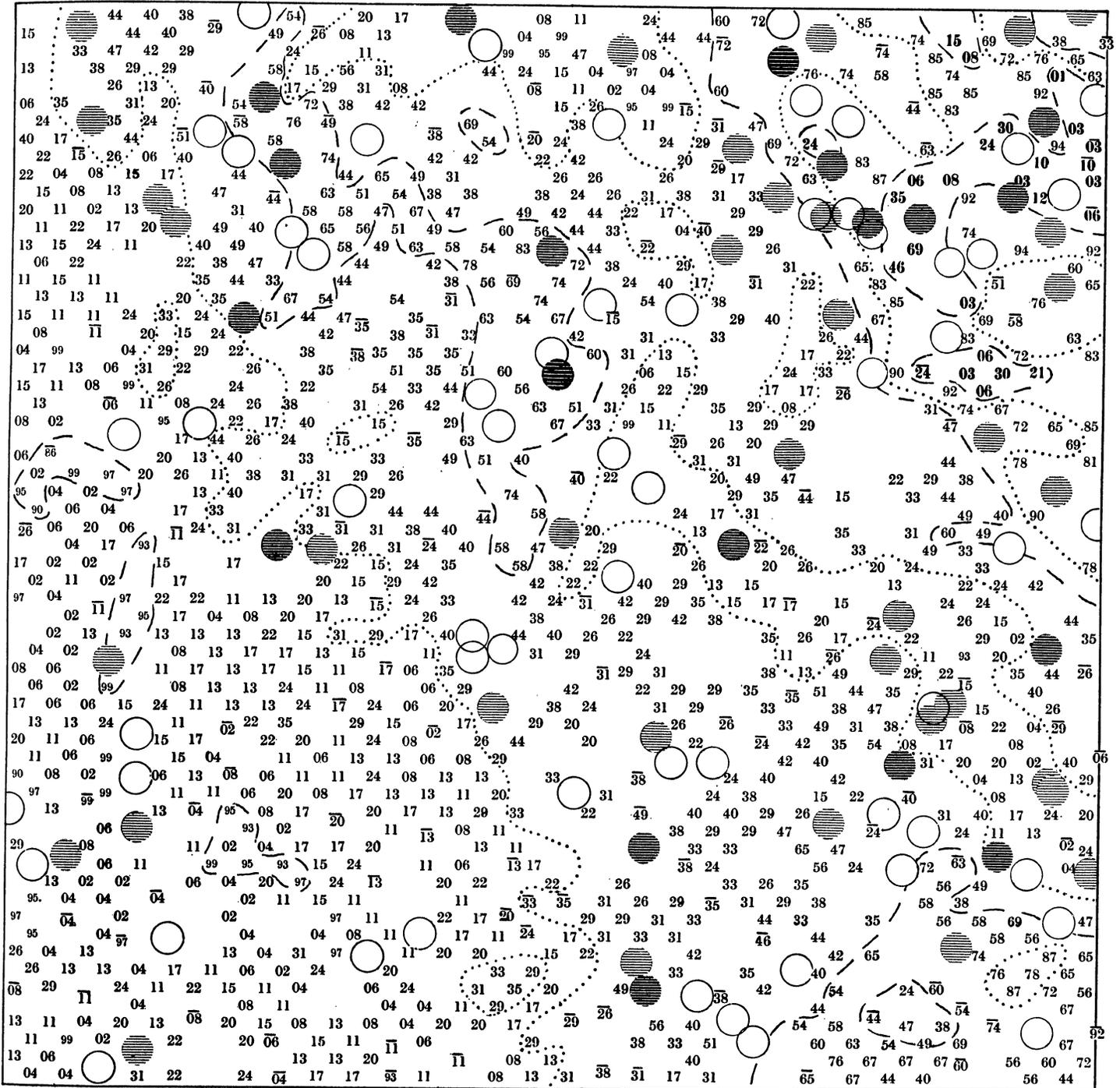


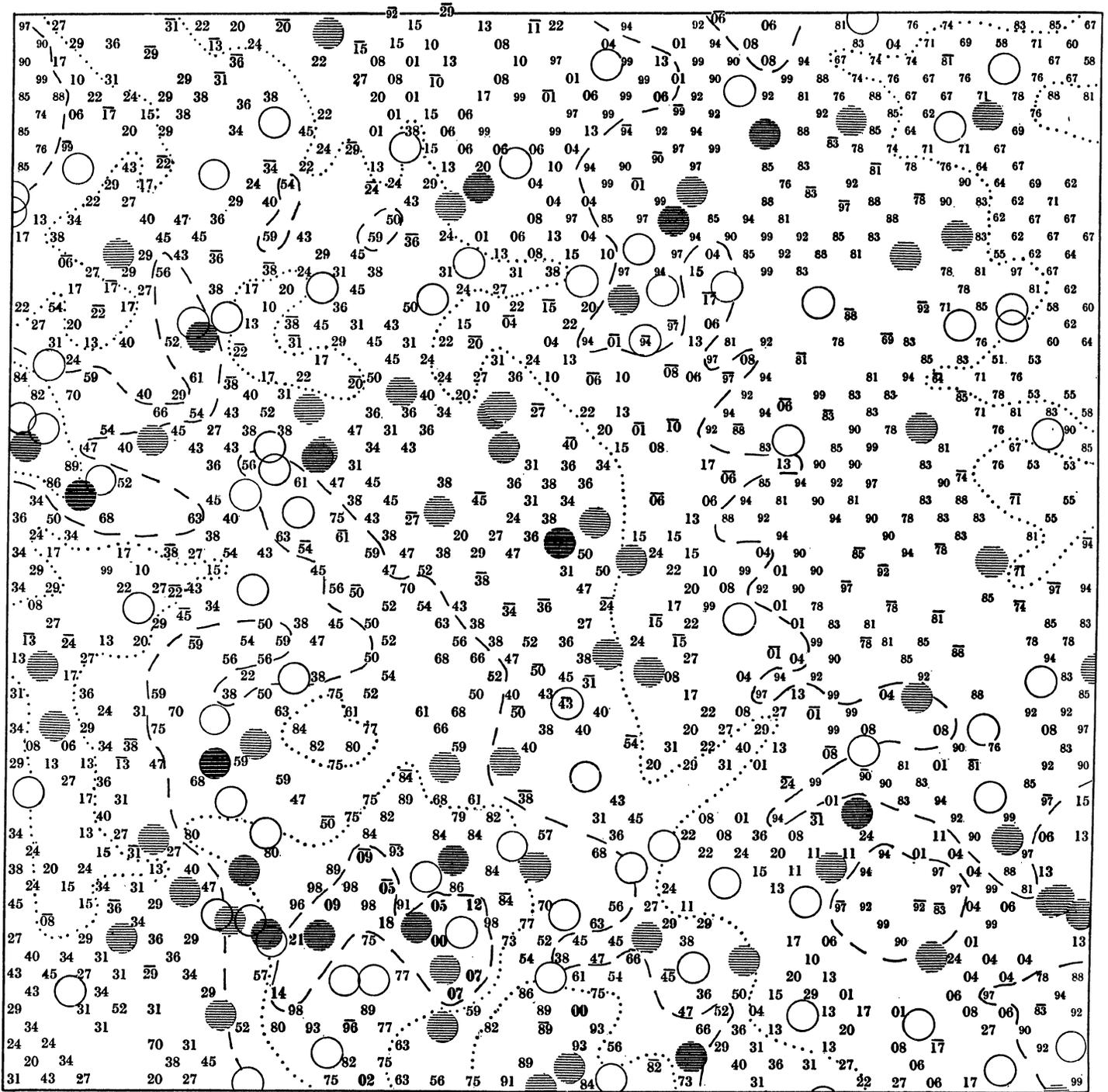
C 836. Zentralstern γ Aquilae, 19^h 41^m 30^s + 10° 22' (1900).



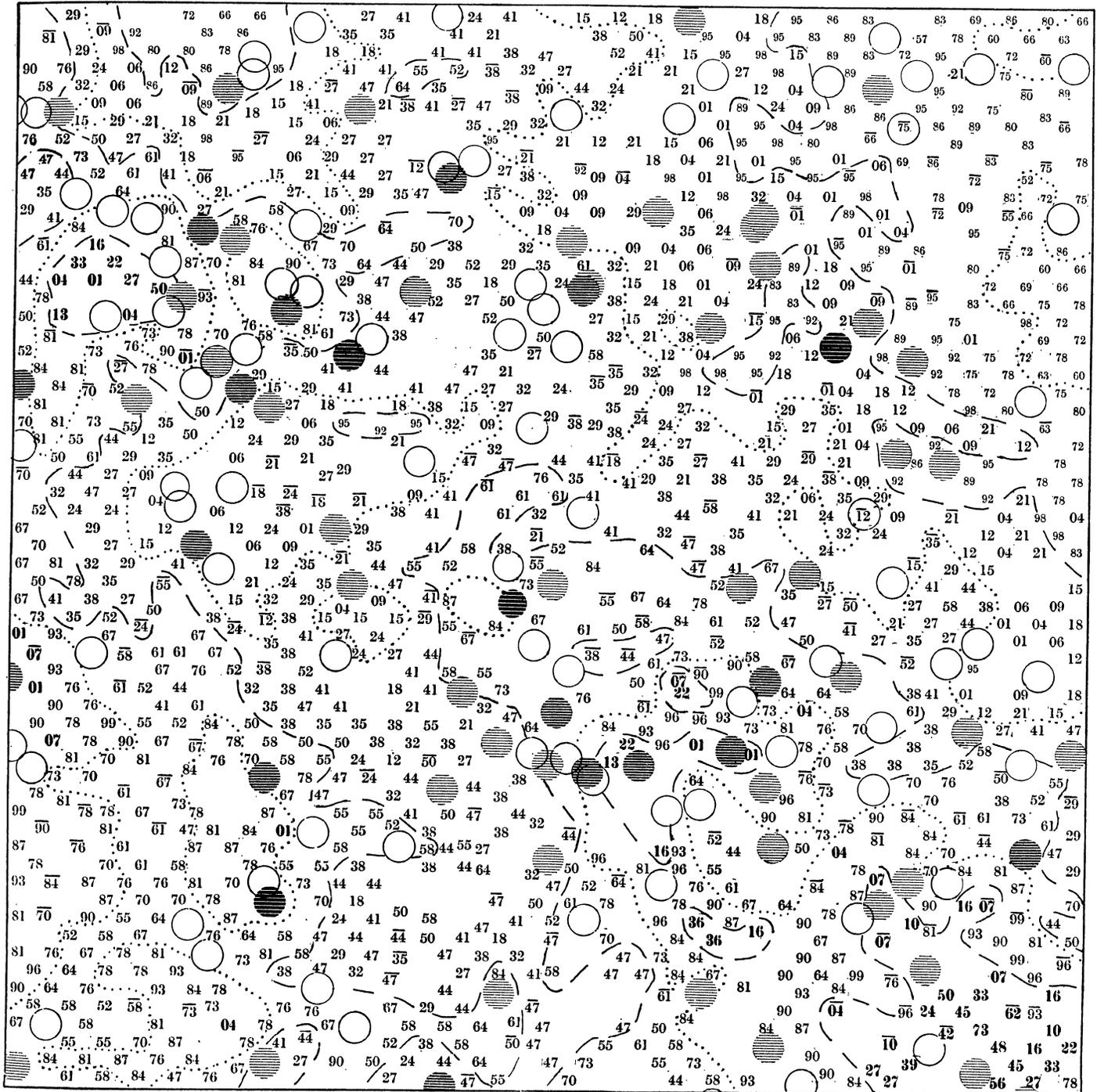
C 523. Zentralstern 13 Vulpeculae, 19h 49m 13s + 23° 49' (1900).



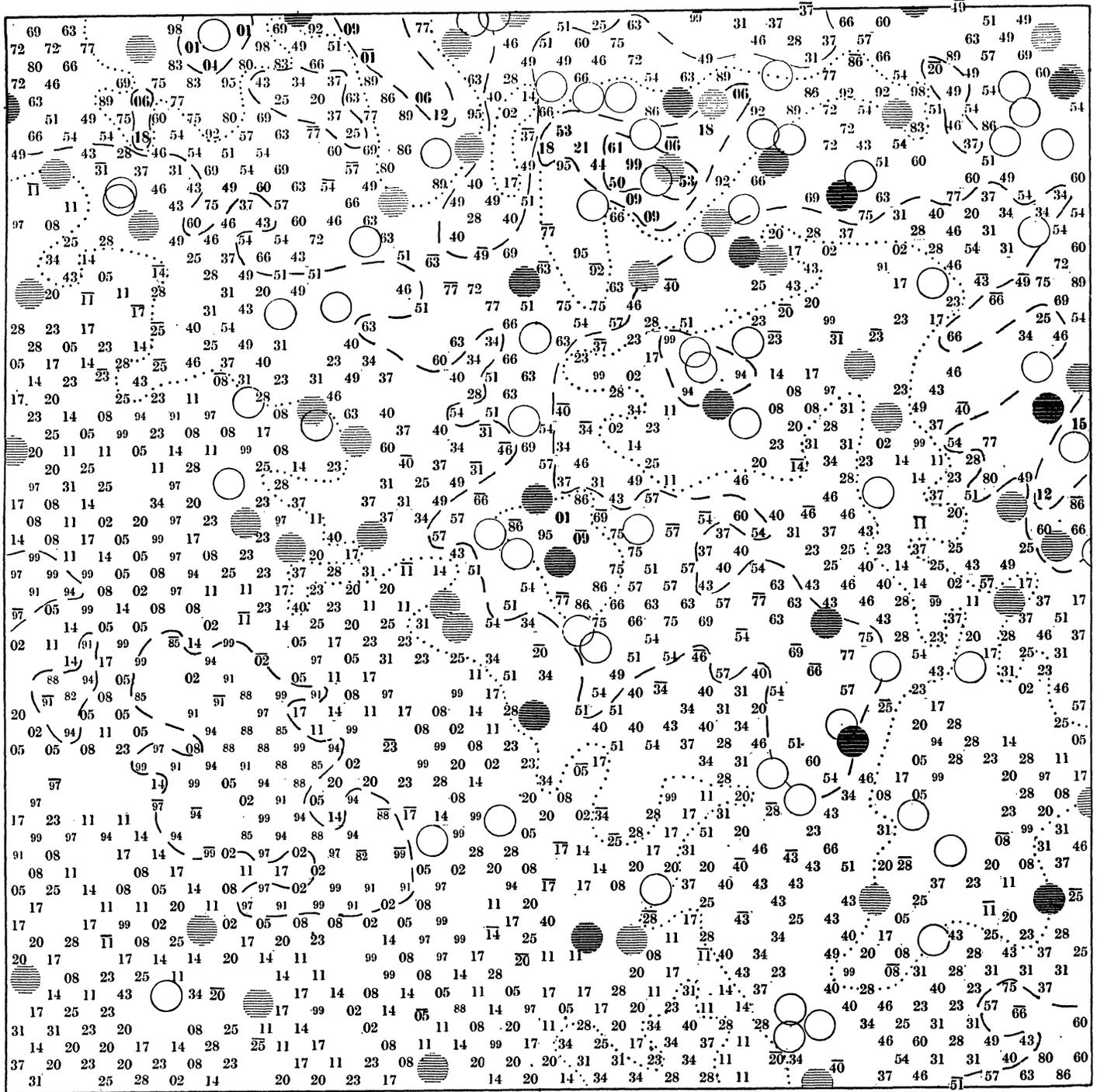




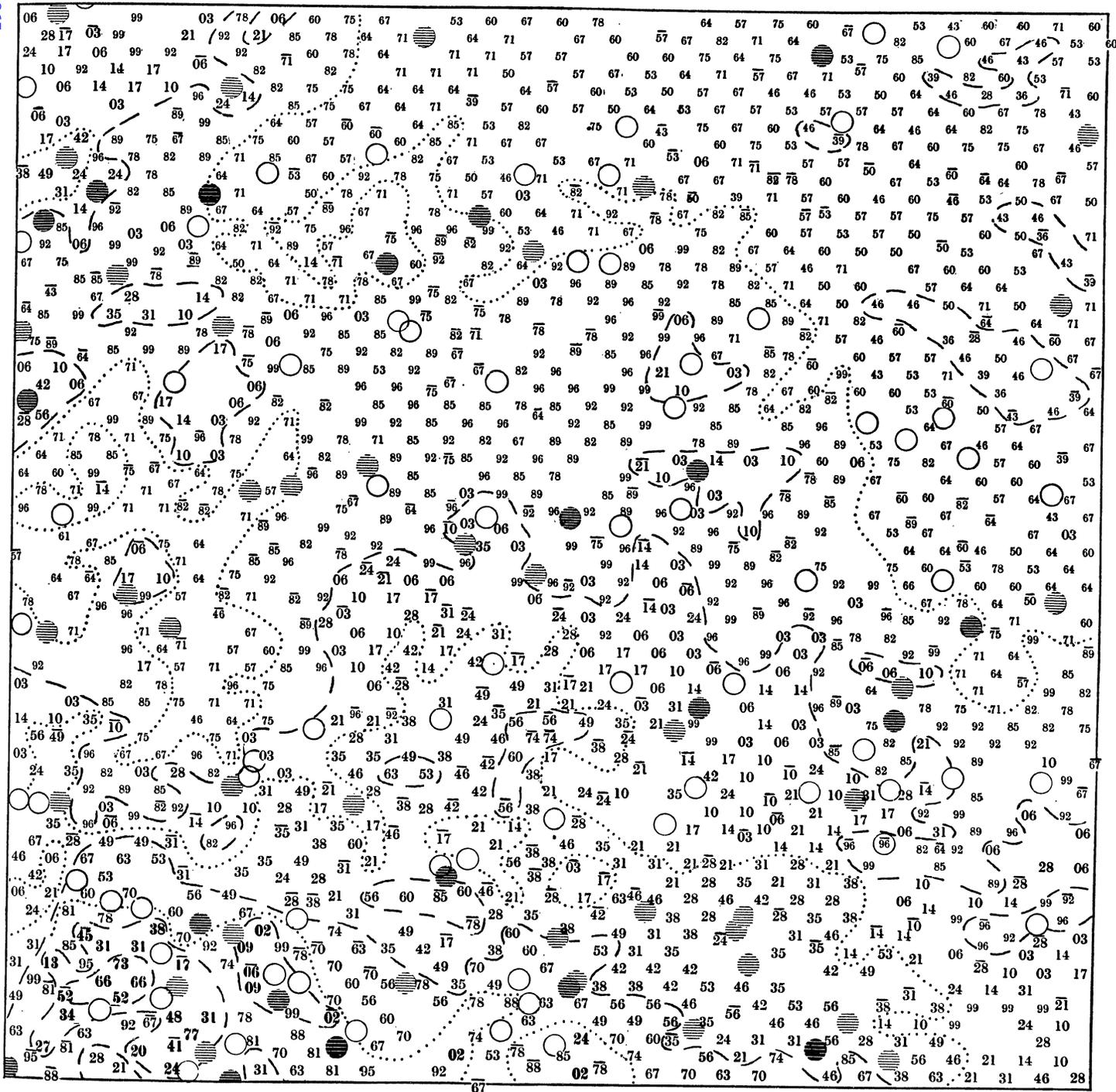
C 630. Zentralstern δ Cygni, $19^h 41^m 51^s + 44^\circ 53'$ (1900).



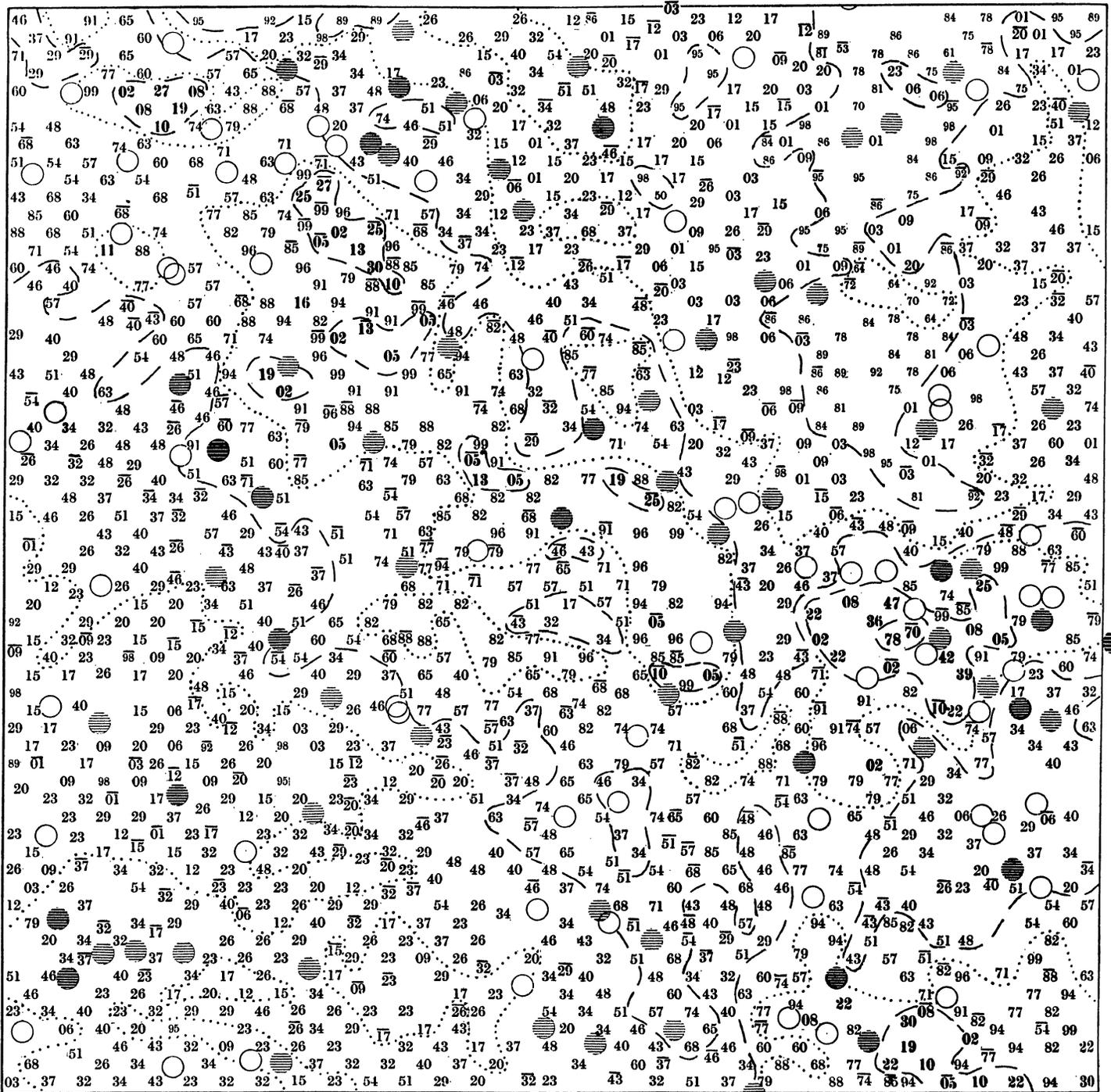
C 525. Zentralstern γ Cygni, $20^h 18^m 38^s + 39^\circ 56'$ (1900).



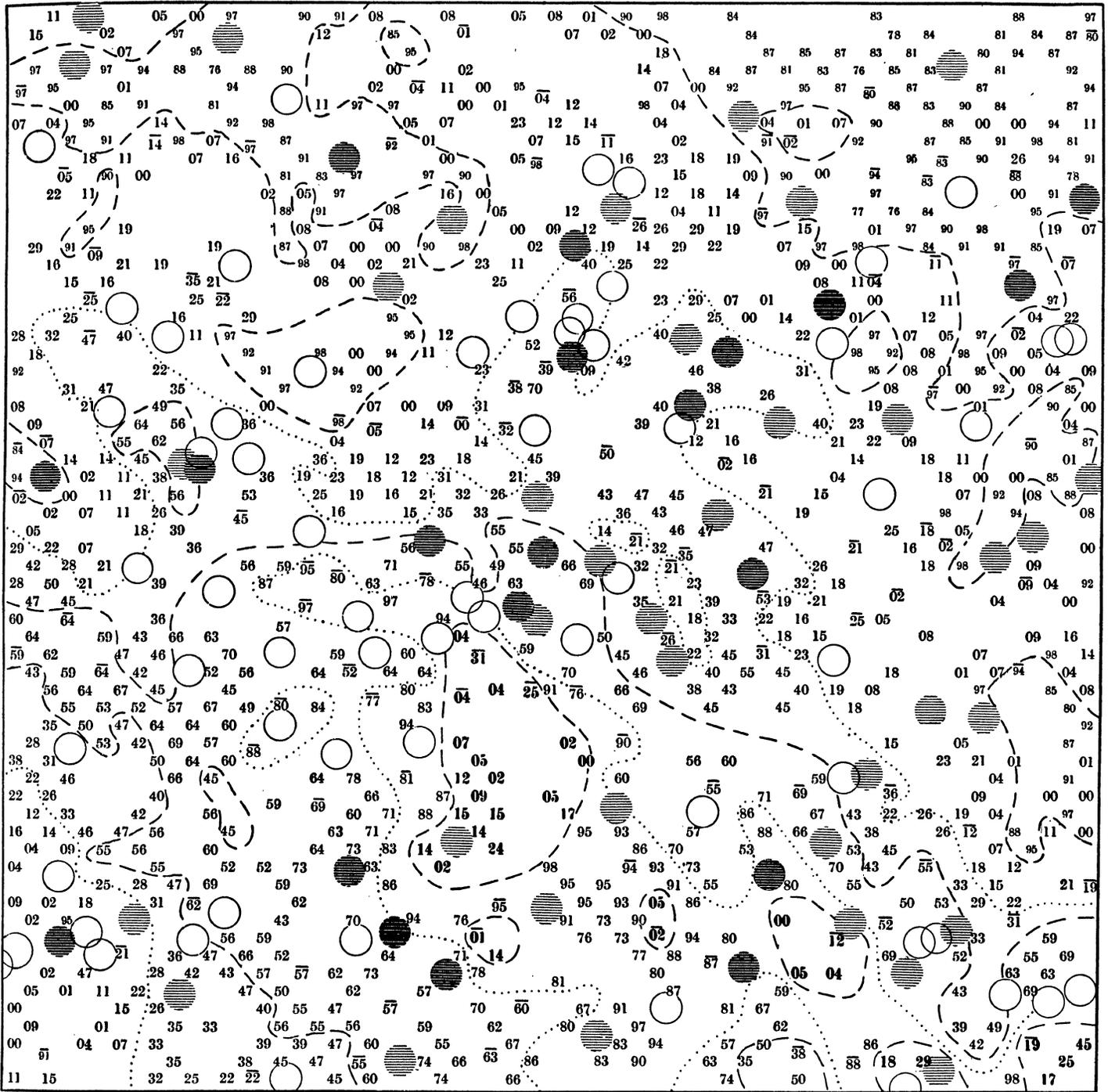
C 638. Zentralstern σ Cygni, 21h 13m 29s + 38° 59' (1900).



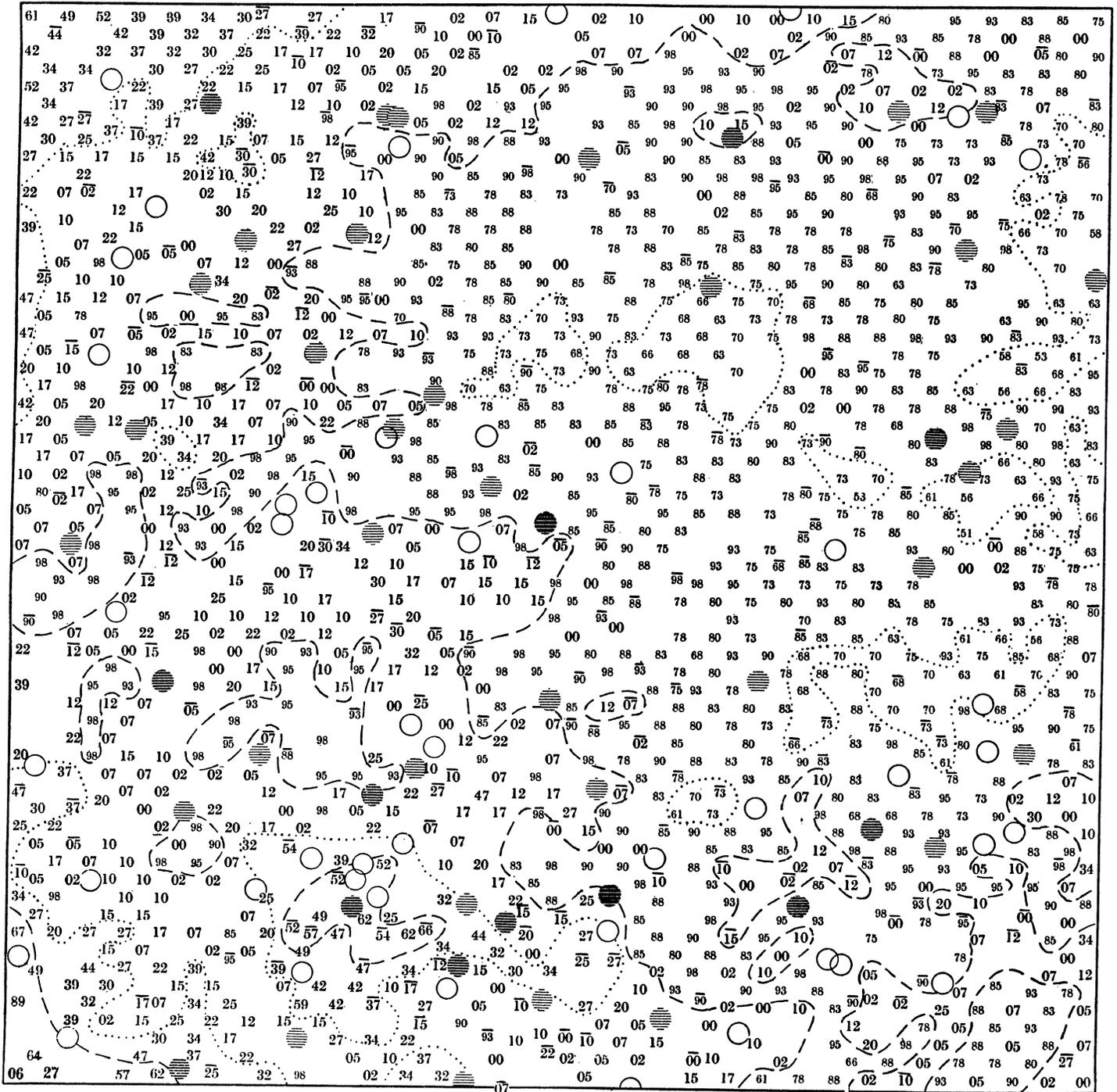
C 531. Zentralstern 33 Cygni, 20h 11m 4s + 56° 16' (1900).



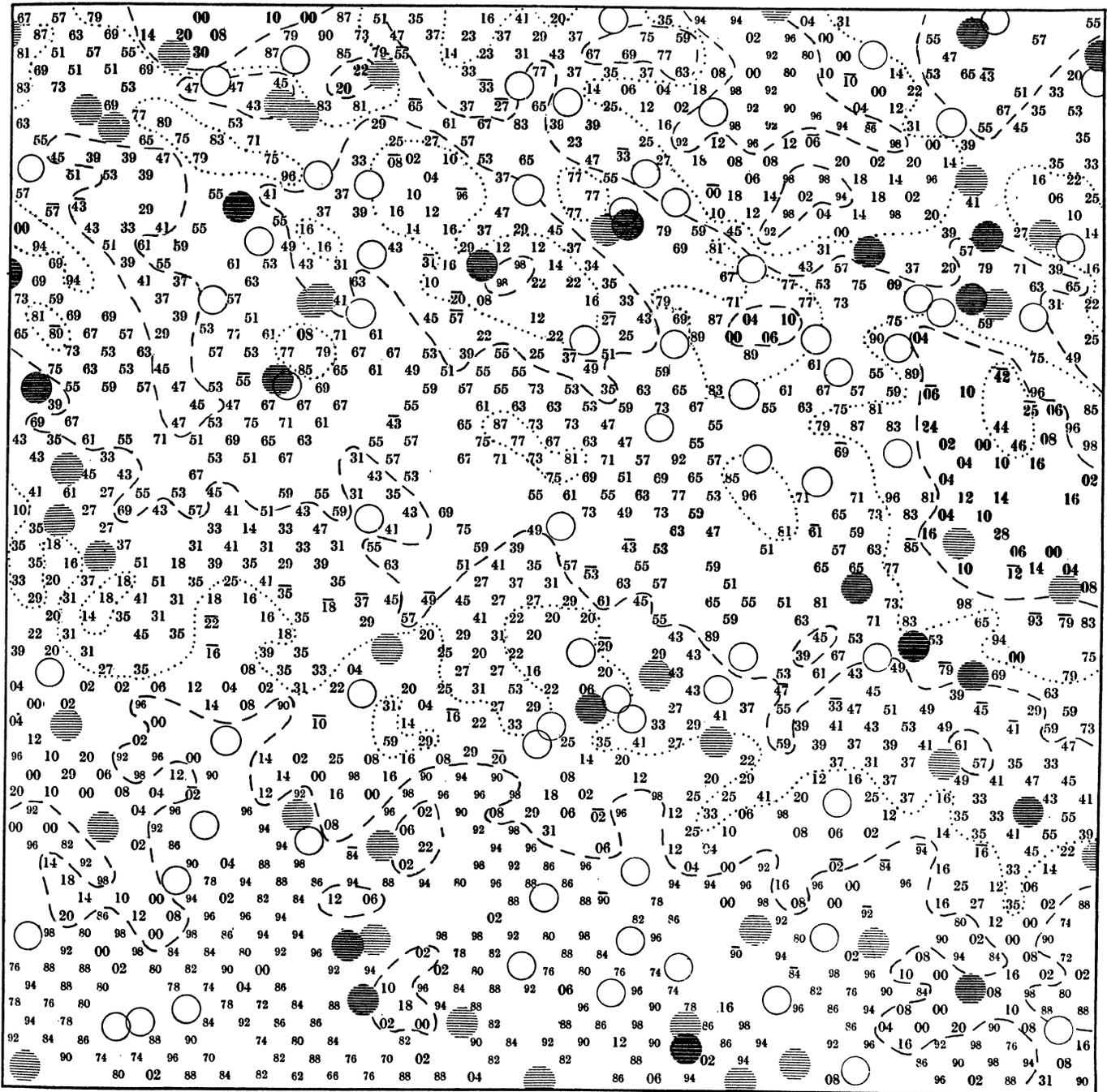
C 533. Zentralstern π^2 Cygni, 21h 43m 6s + 48° 51' (1900).



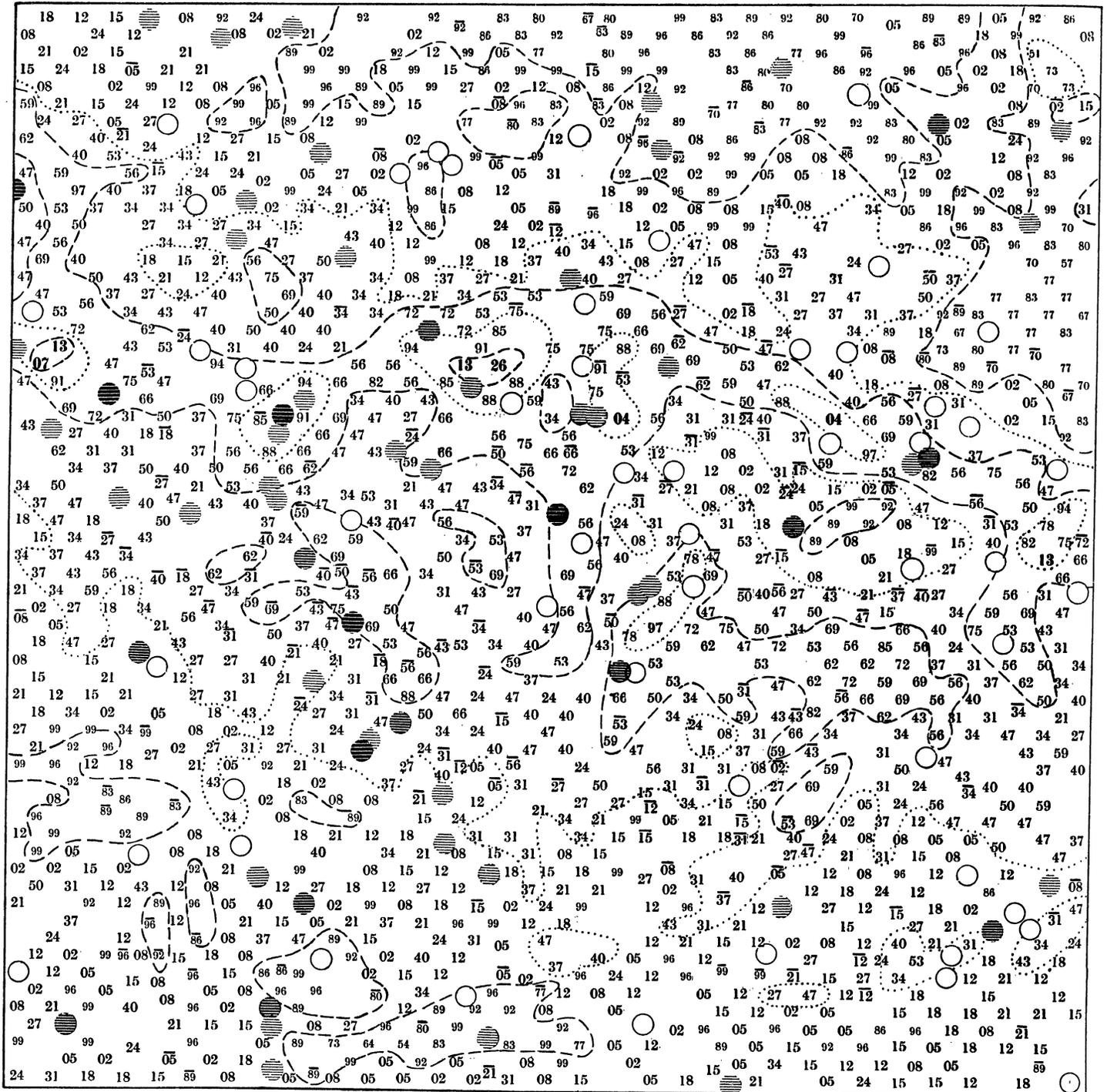
C 763. Zentralstern ζ Cephei, 22h 7m 23s + 57° 42' (1900).



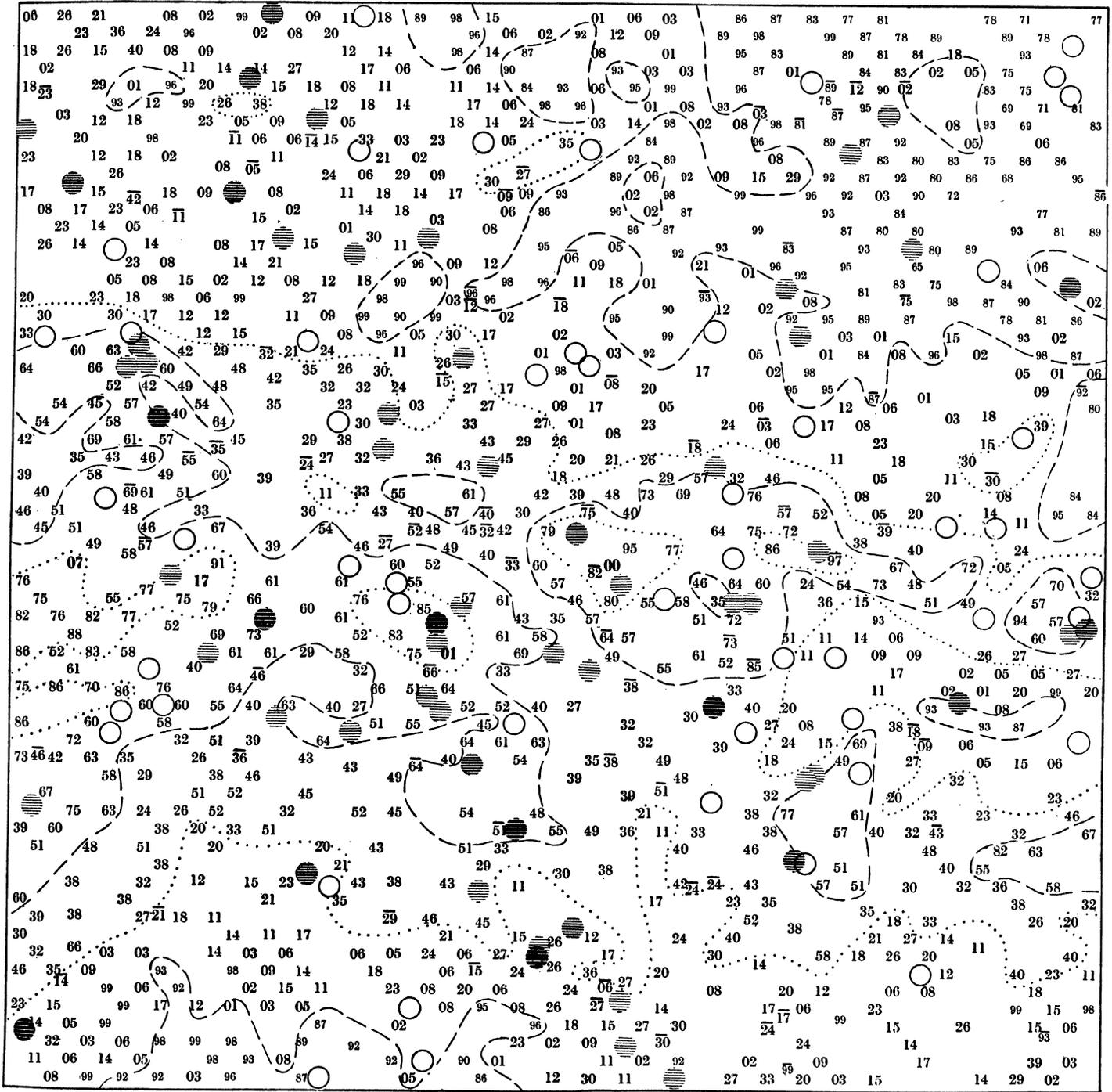
C 535. Zentralstern β Cephei, 21h 27m 22s + 70° 7' (1900).



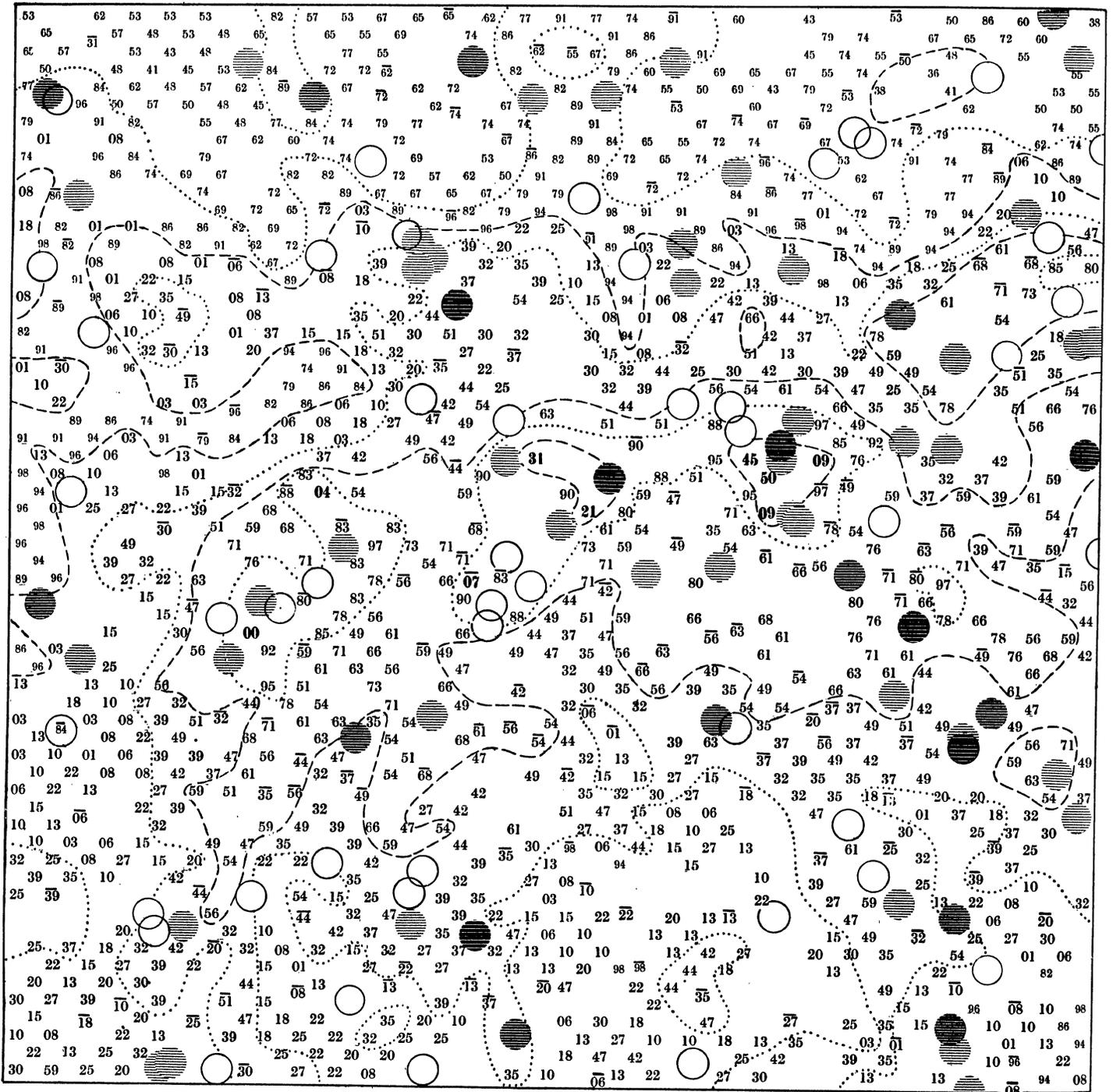
C 650. Zentralstern BAC 8107, 23^h 12^m 9^s + 52° 40' (1900).



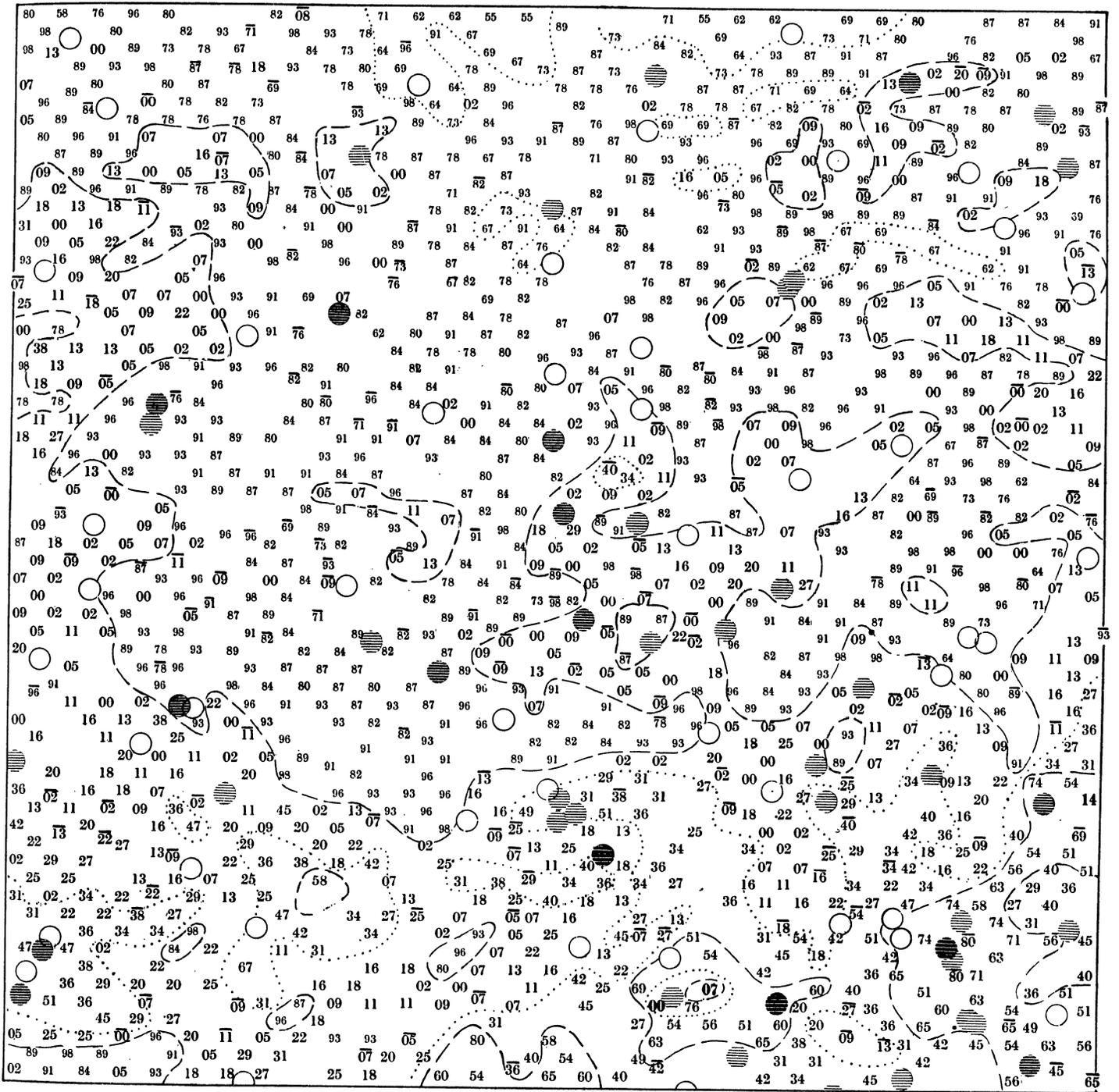
C 537. Zentralstern β Cassiopeiae, $0^h 3^m 50^s + 58^\circ 36'$ (1900).



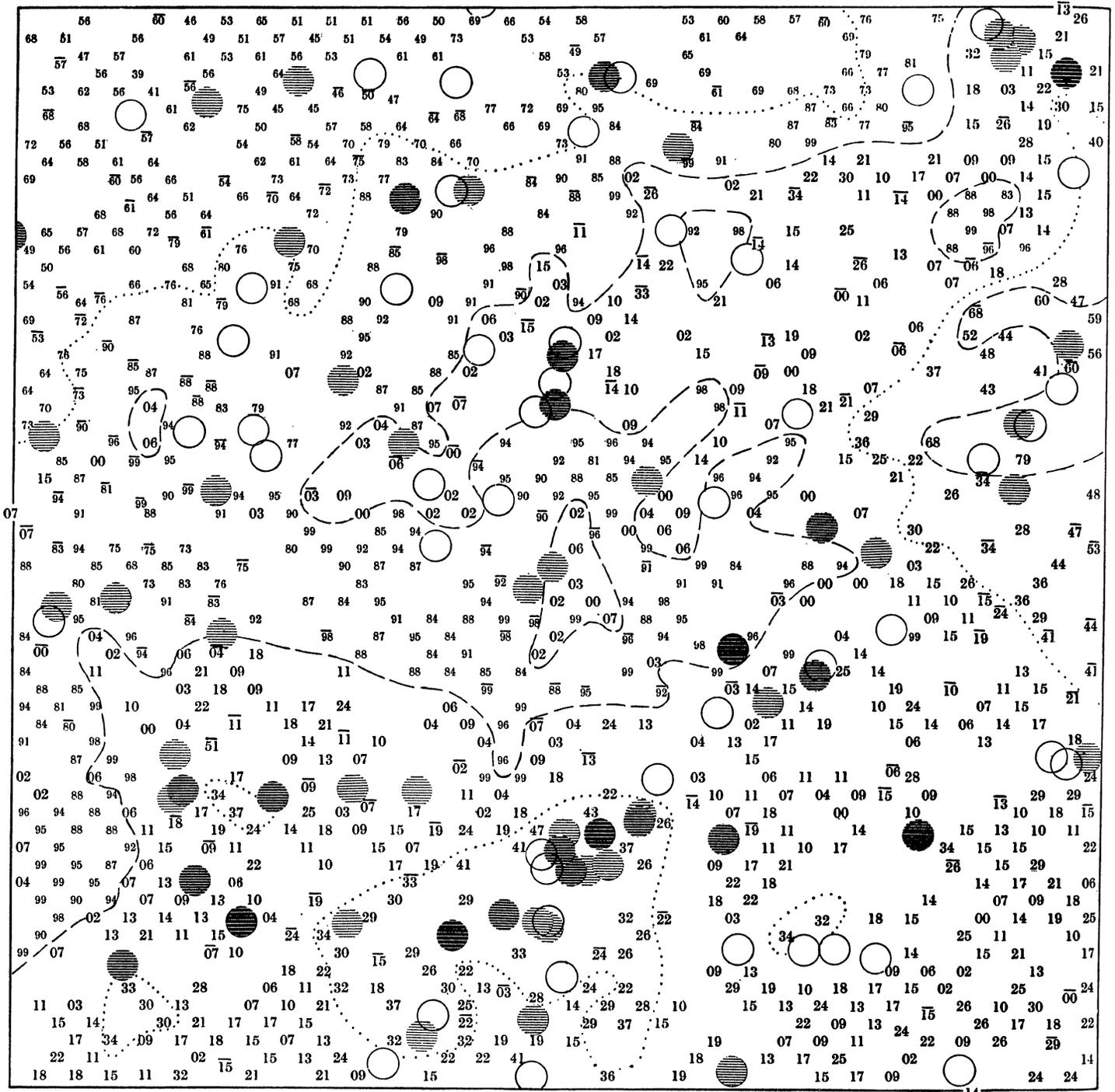
C 594. Zentralstern x Cassiopeiae, Oh 27m 19s + 62° 23' (1900).



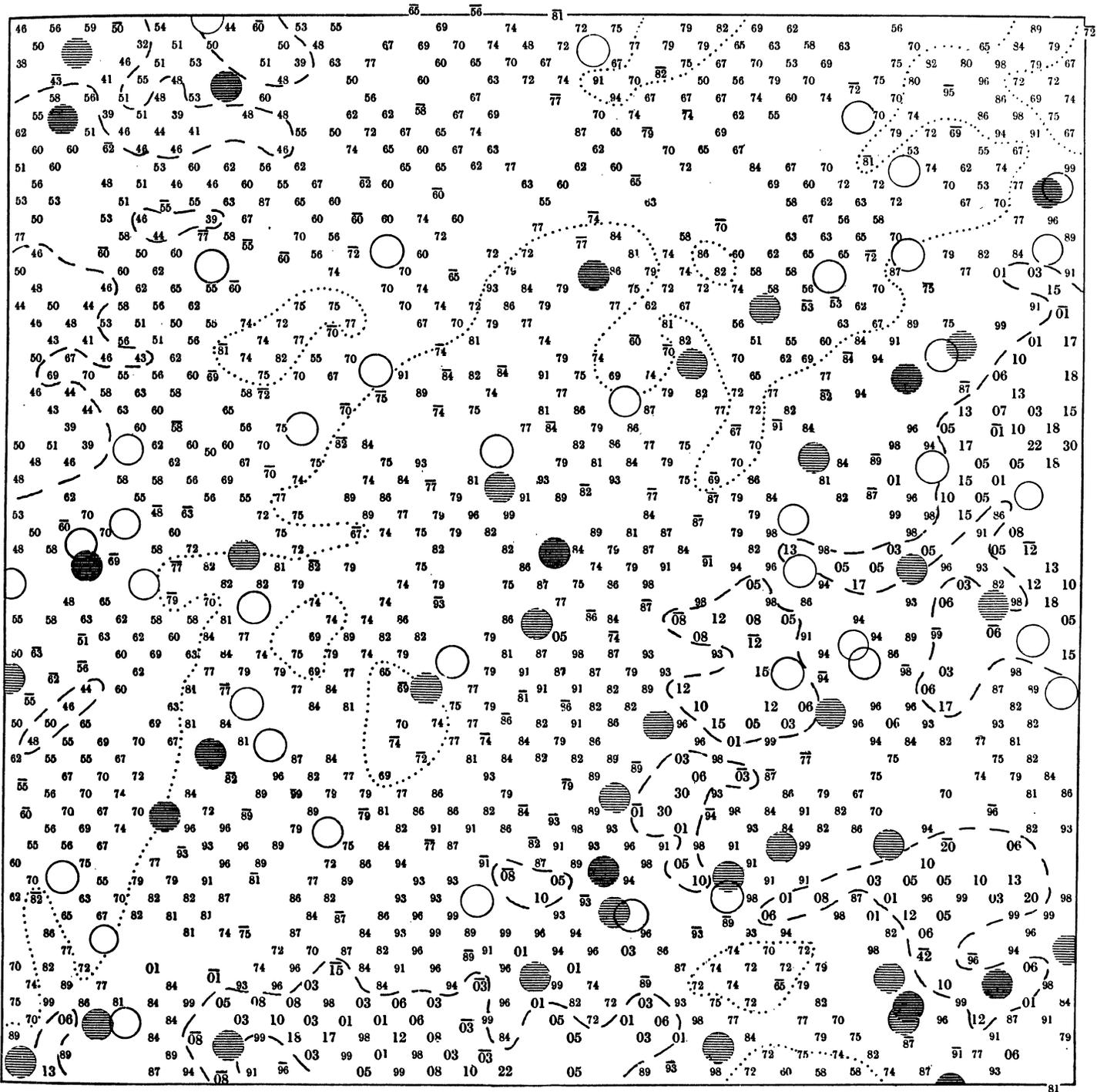
C 654. Zentralstern χ Cassiopeiae, $1^h 27^m 23^s + 58^\circ 43'$ (1900).



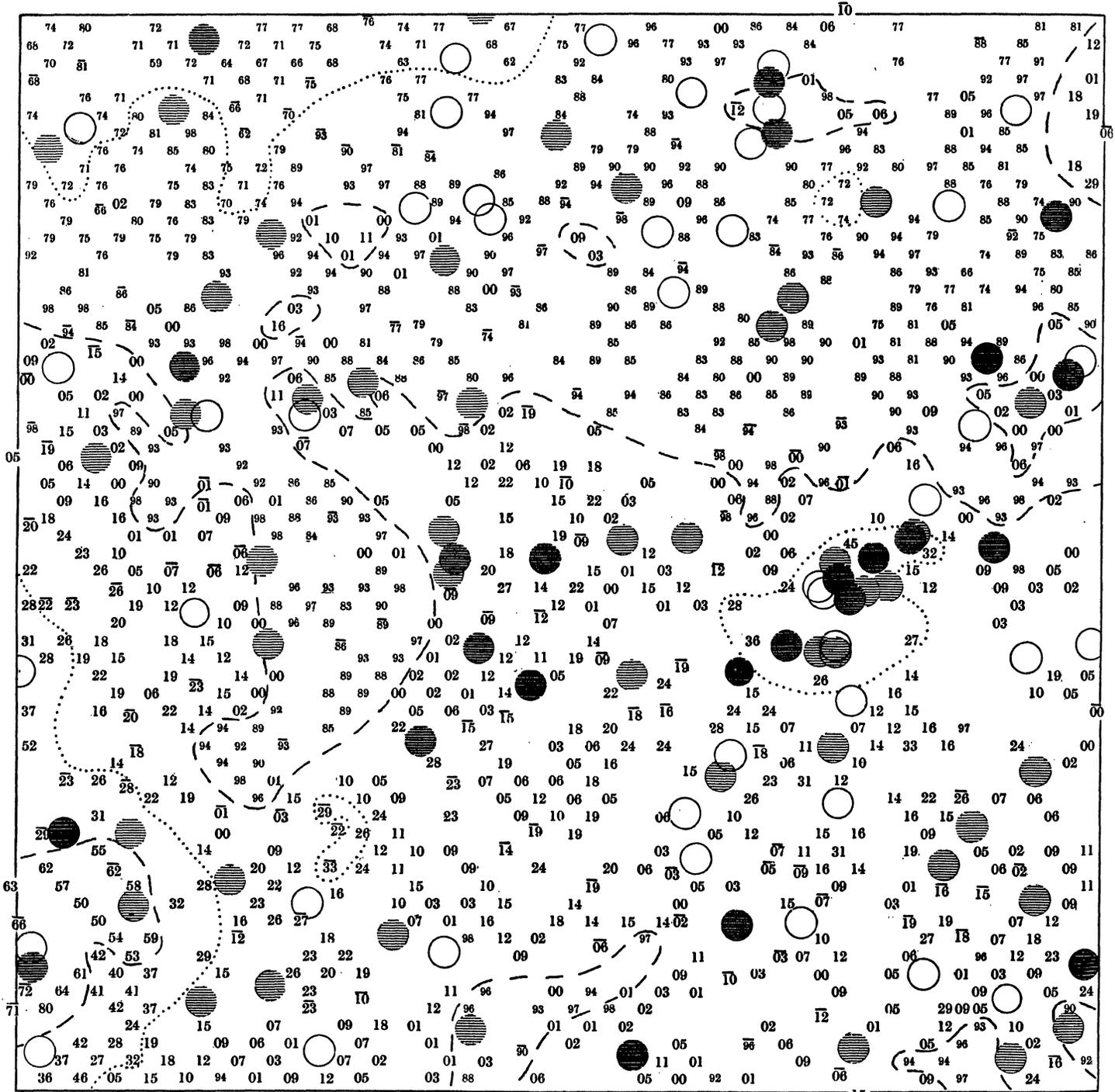
C 551. Zentralstern A Cassiopeiae, 1^h 53^m 44^s + 70° 25' (1900).



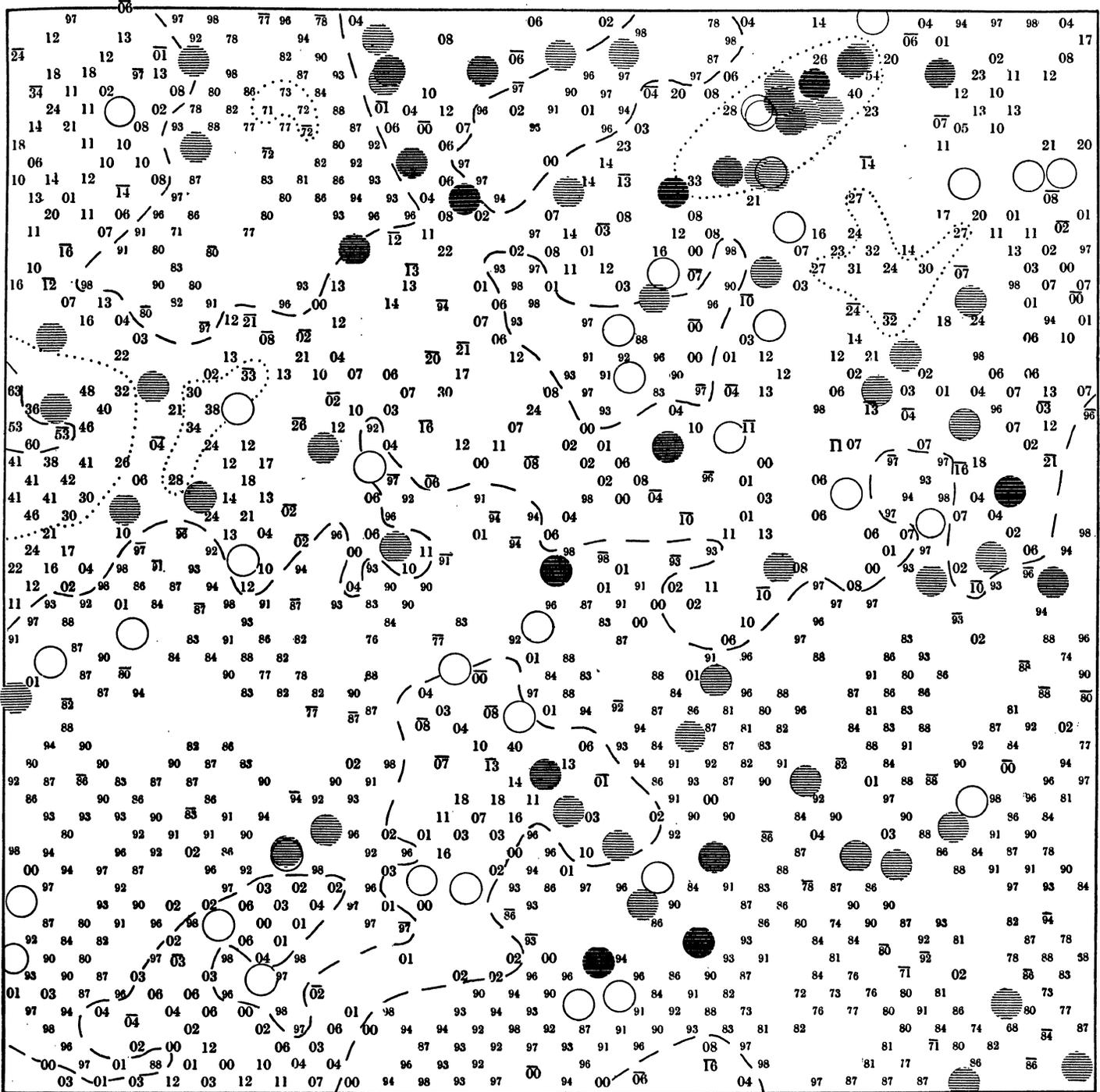
C 829. Zentralstern 4 H Camelopardali, 3h 22m 22s + 55° 6' (1900).



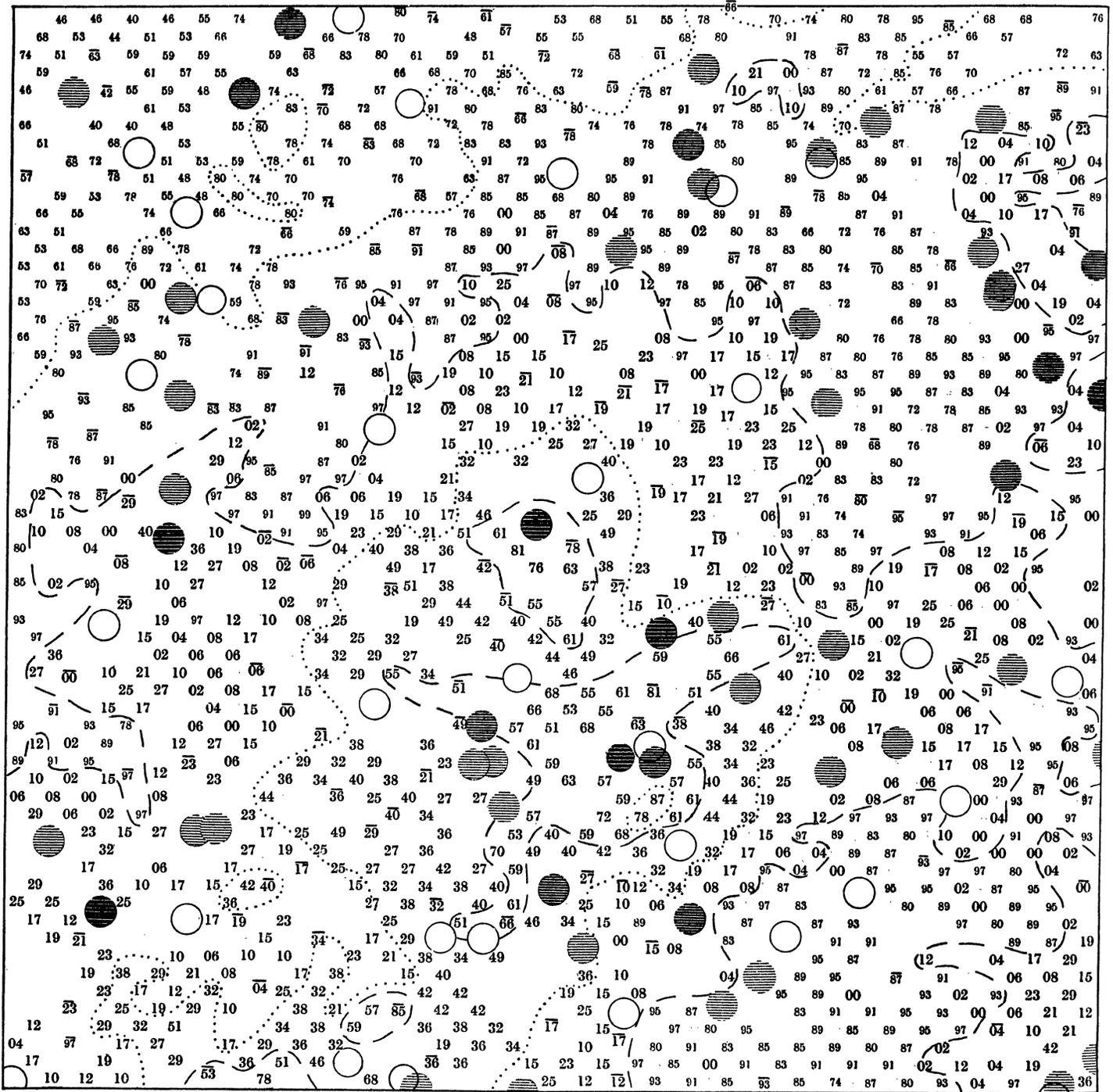
C 658. Zentralstern 10 Camelopardali, 4h 54m 31s + 60° 18' (1900).



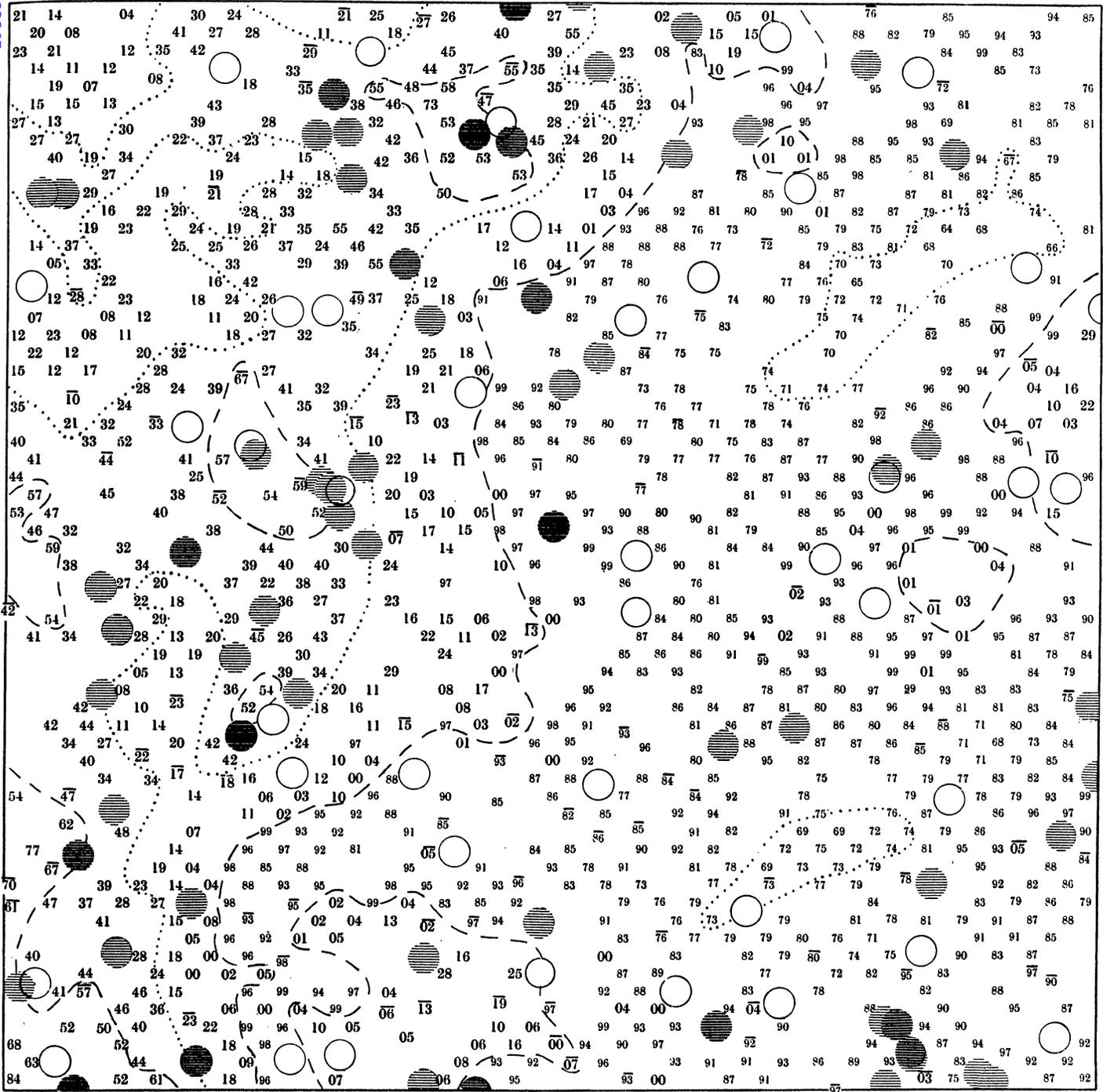
C 678. Zentralstern λ Persei, $3^h 59^m 8^s + 50^\circ 5'$ (1900).



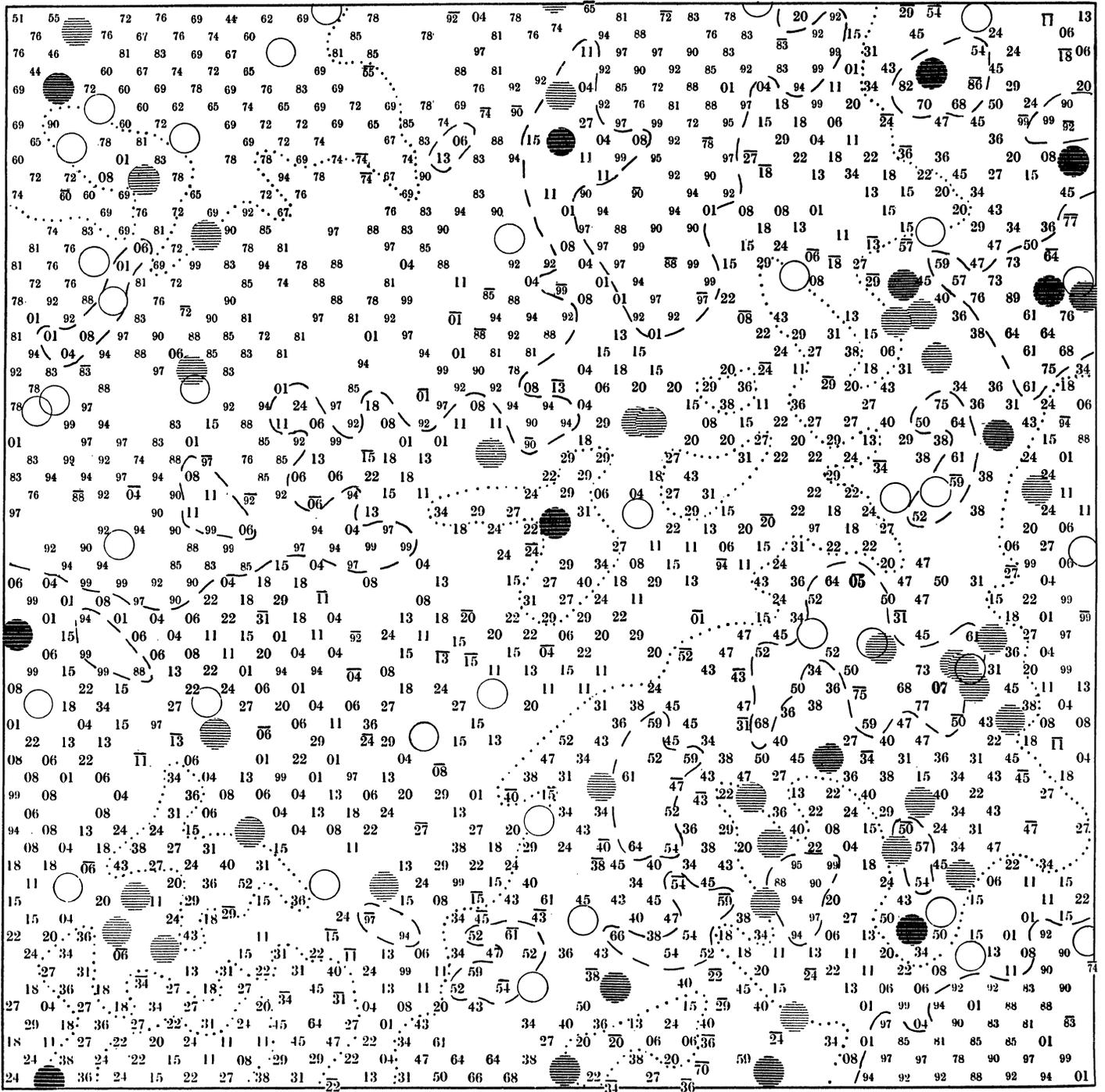
C 662. Zentralstern ε Persei, 3h 51m 8s + 39° 43' (1900).



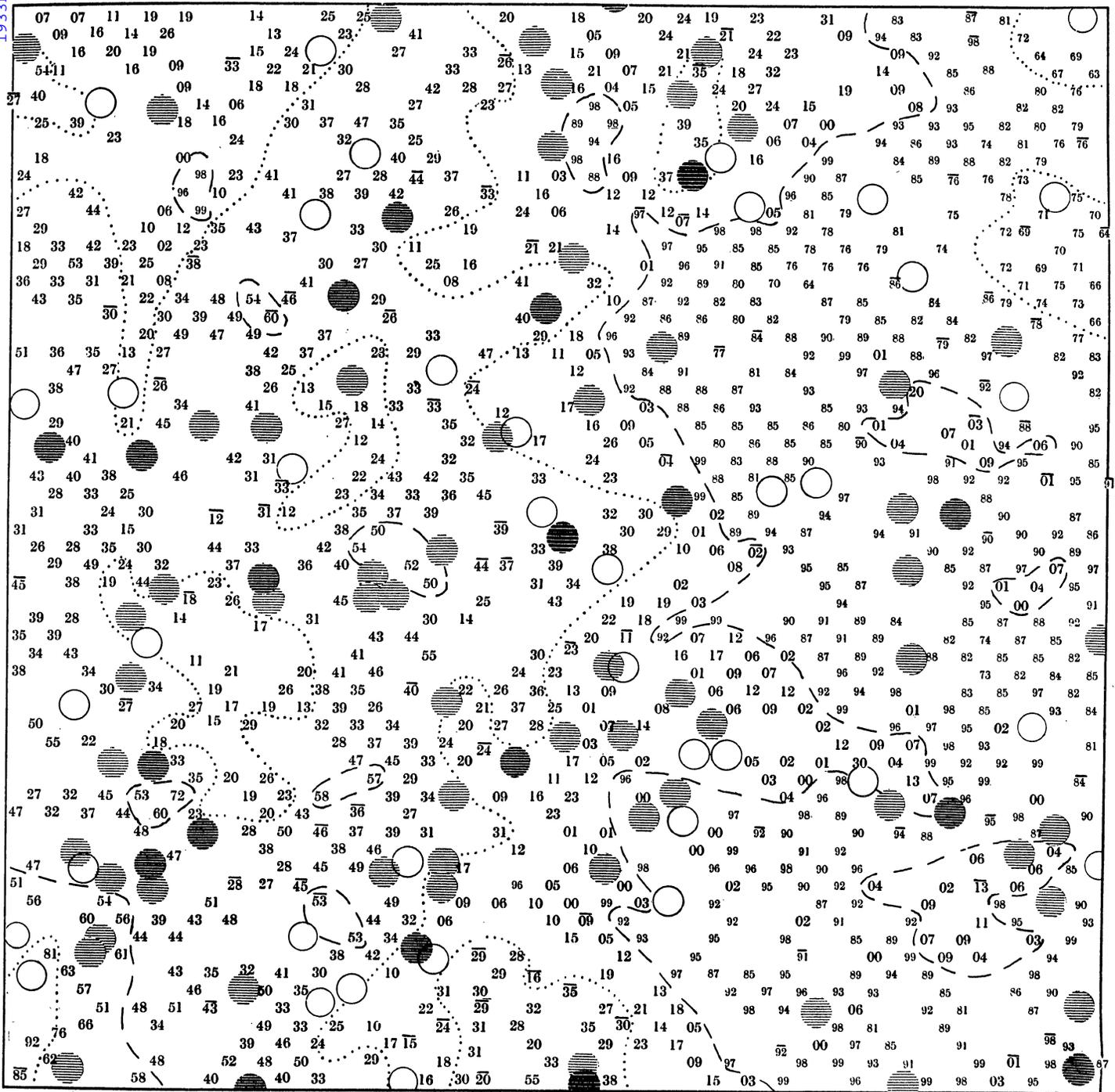
C 626. Zentralstern α Aurigae, $5^h 9^m 18^s + 45^\circ 54'$ (1900).



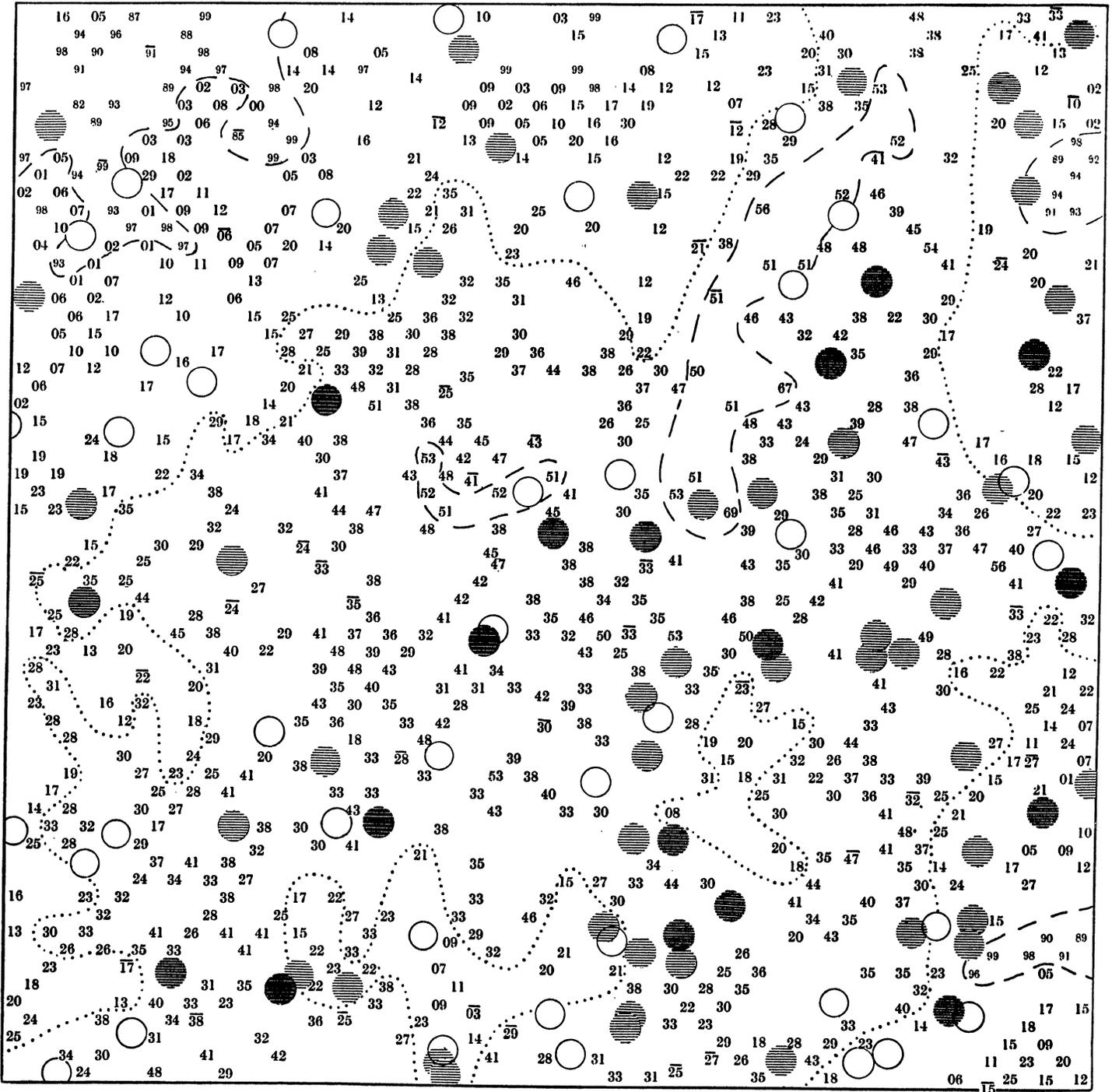
C 609. Zentralstern i Aurigae, 4h 50m 29s + 33° 0' (1900).



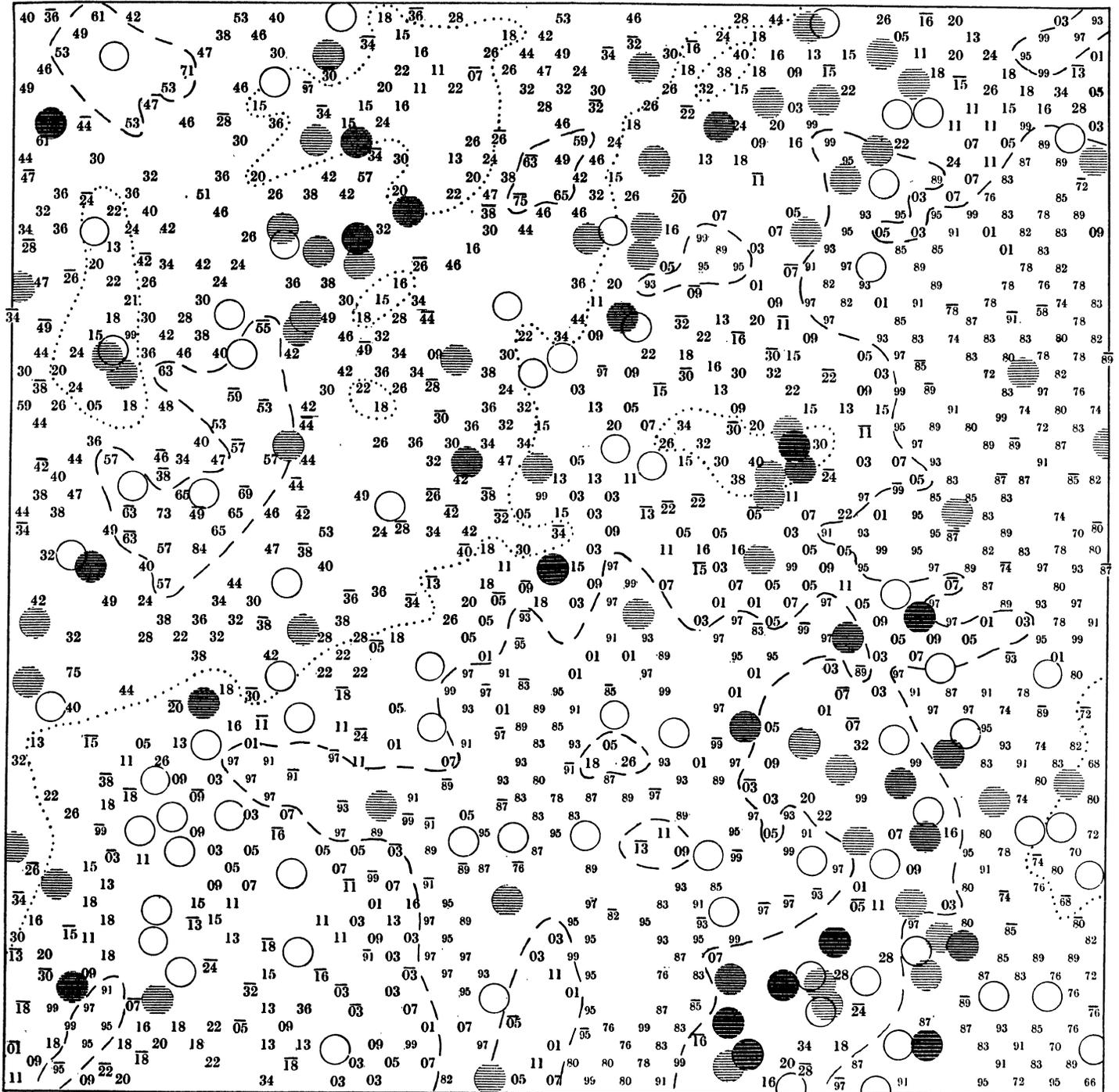
C612. Zentralstern δ Aurigae, 5h 52m 54s + 37° 12' (1900).



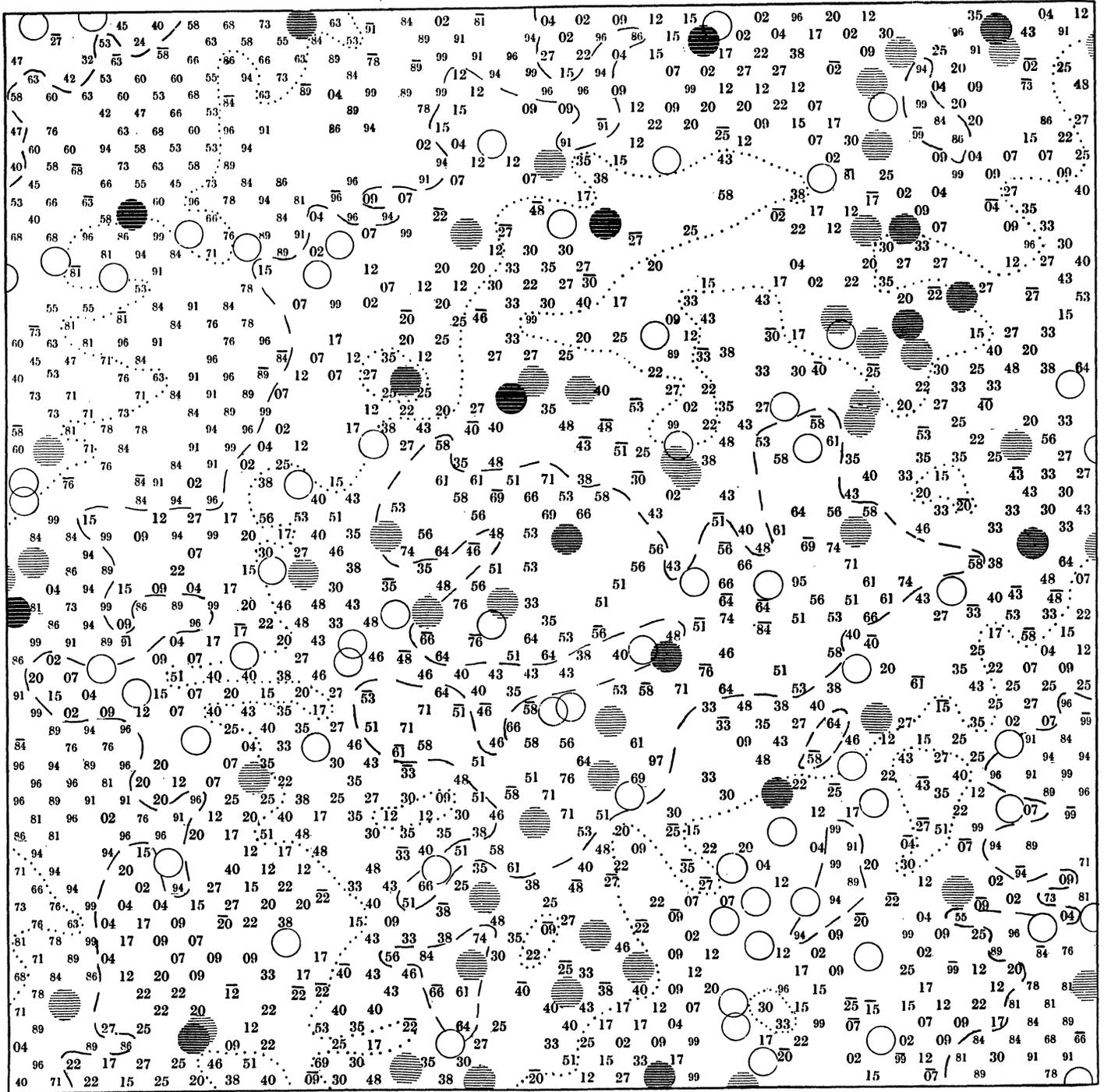
C 614. Zentralstern ζ Tauri, 5h 31m 40s + 21° 5' (1900).



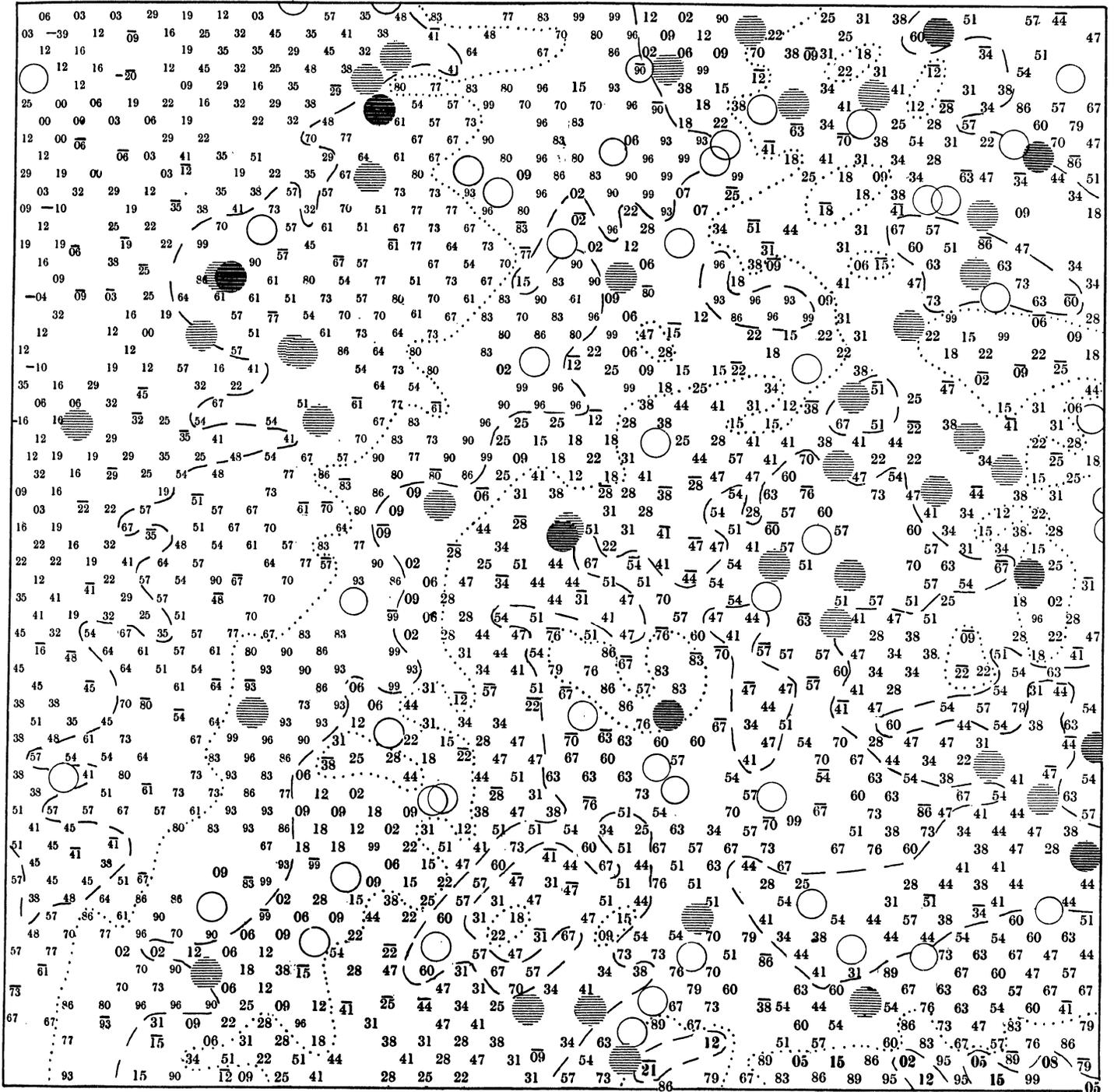
C 622. Zentralstern μ Geminorum, 6h 16m 55s + 22° 34' (1900).



C 686. Zentralstern α Orionis, 5h 49m 45s + 7° 23' (1900).

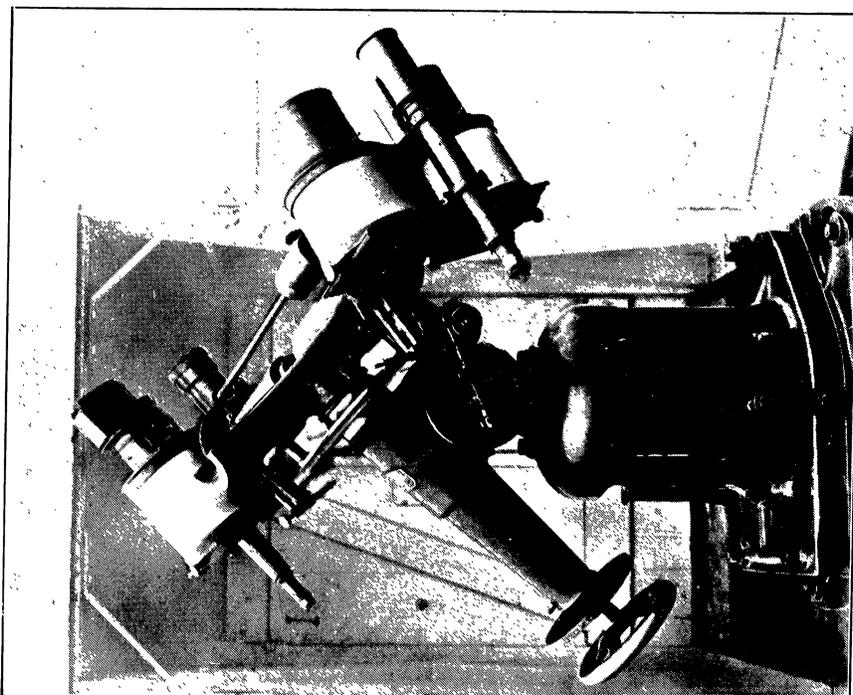


C 735. Zentralstern S Monocerotis, 6h 35m 28s + 9° 59' (1900).

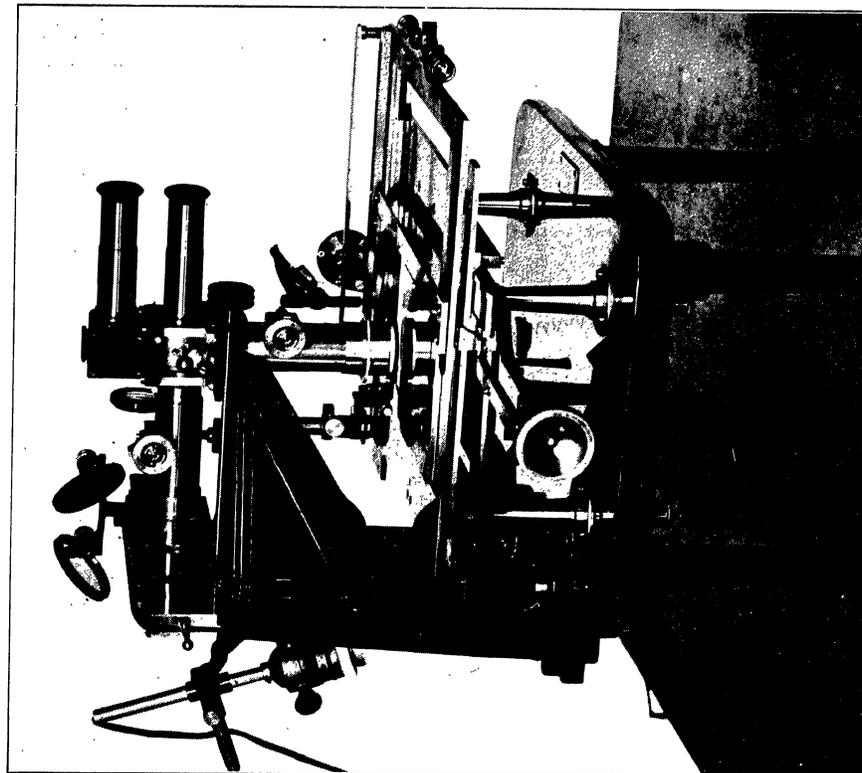


C727. Zentralstern 22 Monocerotis, 7h 6m 45s - 0° 20' (1900).

TAFEL I

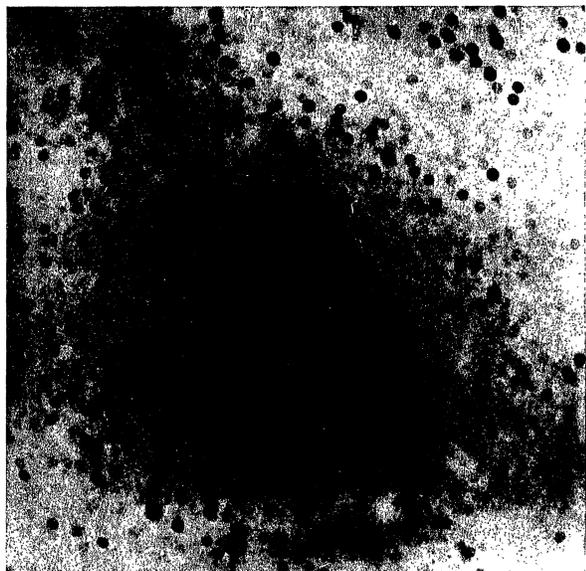


Das photographische Instrument der Sternwarte, Heidelberg.

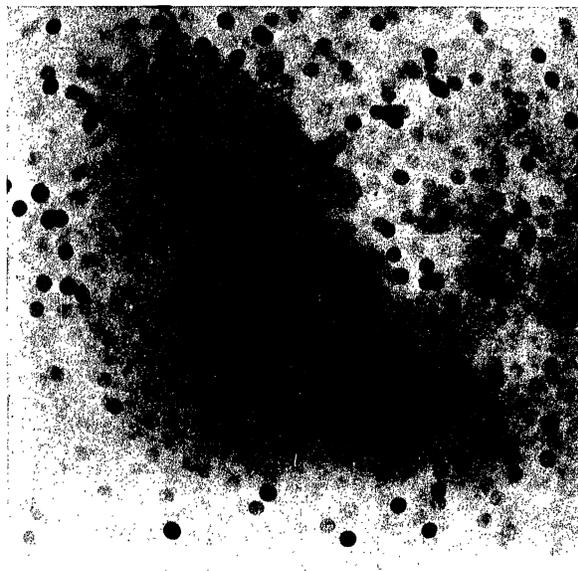


Das Mikrophotometer des Astronomischen Instituts, Amsterdam.

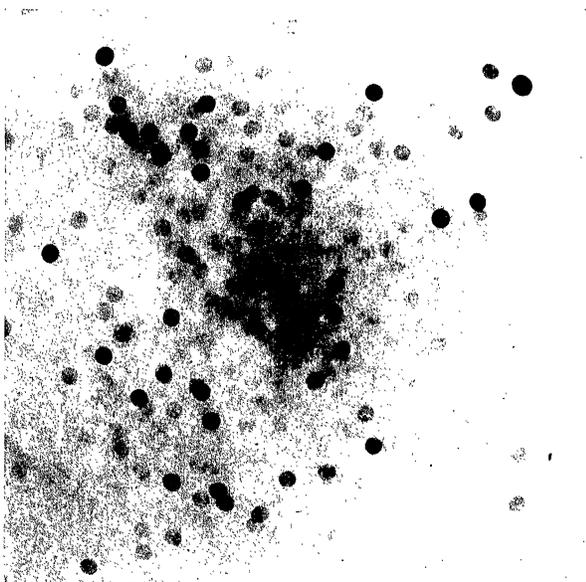
1



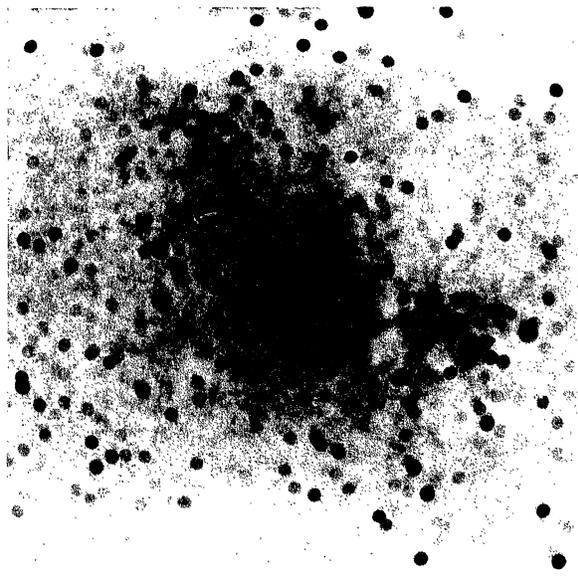
2



3



4

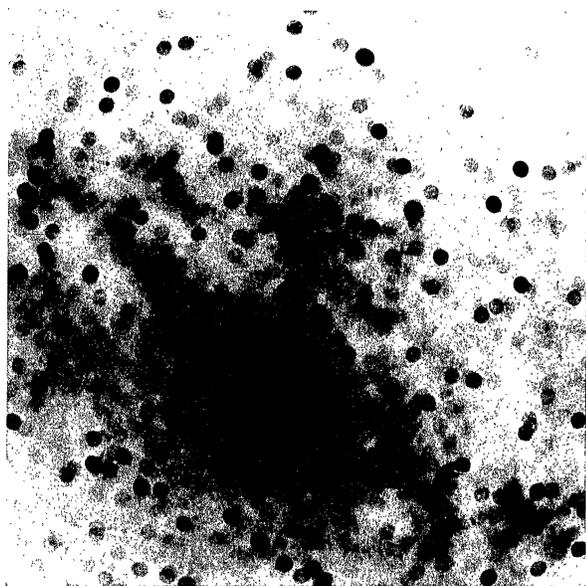


1. C 579 δ Scuti
3. C 521 β Cygni

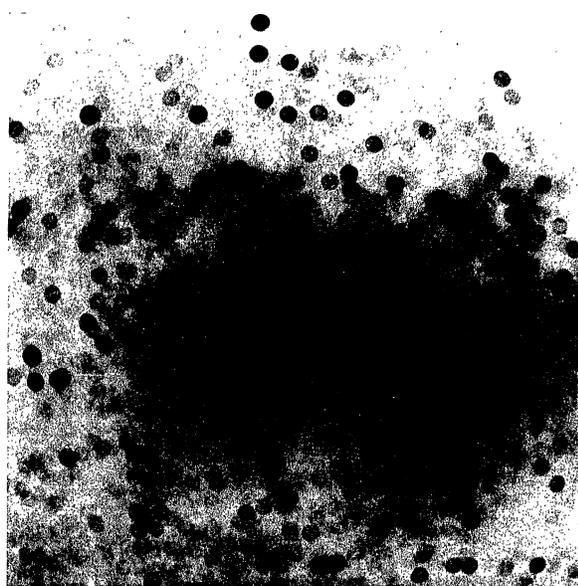
2. C 836 γ Aquilae
4. C 533 γ^2 Cygni

TAFEL III

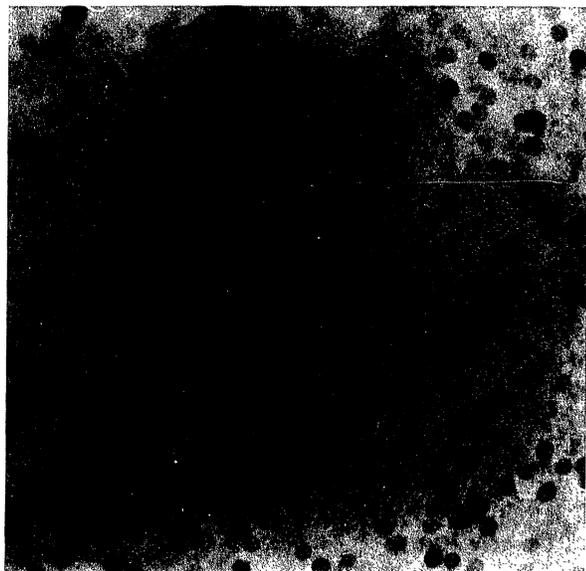
5



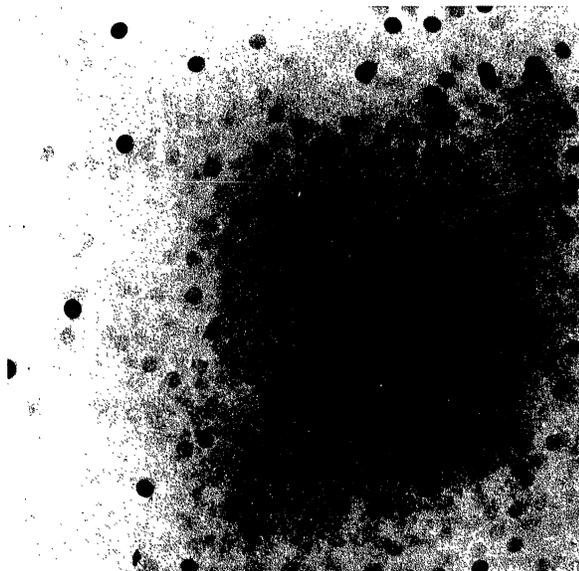
6



7



8



5. C 763 ζ Cephei
7. C 609 ι Aurigae

6. C 654 χ Cassiopeiae
8. C 735 S Monocerotis

