Eine spektrographische Bestimmung der Sonnenparallaxe.

Von *F. Küstner*.

Die erste mit dem Bonner Spektrographen angestellte Beobachtungsreihe, deren Ergebnisse ich in A. N. 3972-73 mitgeteilt habe, hatte eine sehr hohe innere Genauigkeit der Messung gezeigt. Die Fehler in den resultierenden radialen Sternengeschwindigkeiten rührten nur zum kleineren Teile von den »Linienfehlern«, unter denen wieder die Fehler in der genauen Identifizierung der Linien und somit in den für sie anzunehmenden Wellenlängen die Hauptrolle spielten. Bei dieser Sachlage schien es mir einen guten Erfolg zu versprechen, durch eine besonders angeordnete Beobachtungsreihe die Erdgeschwindigkeit und hieraus die Sonnenparallaxe zu bestimmen. Denn bei einer solchen Reihe, wo es sich nicht um die absolute radiale Geschwindigkeit, sondern nur um ihre Differenz beobachtet zu entgegengesetzten Jahreszeiten handelt, fallen offenbar die Linienfehler der letztgenannten Art gänzlich fort, wenn man stets dieselben Linien zur Messung heranzieht. Sorgt man noch für ein möglichst gleichförmiges Arbeiten bei der Aufnahme sowohl wie bei der Ausmessung der einzelnen Spektrogramme, so werden auch instrumentelle und persönliche Fehler aus der Differenz herausfallen.

Um dies zu erproben, habe ich im Sommer 1904 und in dem darauf folgenden Winter eine Reihe von Aufnahmen des Arktur gemacht, da dieser Stern sich wegen seiner großen Helligkeit, die einen feinen Spalt bei kurzer Expositionszeit anzuwenden erlaubt, und wegen seines Spektrums mit zahlreichen sehr scharfen Linien besonders dazu eignet, und auch sein Abstand von der Ekliptik ein mäßiger ist, so daß noch $\frac{6}{7}$ der Erdgeschwindigkeit zur Wirkung kommen. Ferner scheint seine eigene radiale Geschwindigkeit konstant zu sein; doch muß in Strenge diese Frage zunächst noch offen gelassen werden. Gerade auch zur Ermittlung etwaiger sehr kleiner periodischer oder fortschreitender Änderungen der Radialgeschwindigkeit dieses oder auch anderer Sterne und ebenso zur scharfen Untersuchung erwiesener Änderungen werden streng differentiell angeordnete Reihen, wie die vorliegende, ersichtlich aus denselben Gründen, wie sie oben bezüglich der jährlich oszillierenden Erdgeschwindigkeit angeführt sind, von besonderem Nutzen sein.

Einige von den Aufnahmen waren durch Wolken oder schlechte Luft mißlungen und mußten von vornherein ausgeschlossen werden. Es blieben als brauchbar die nachfolgenden 18 Platten übrig. Ich bemerke ausdrücklich, daß sämtliche überhaupt zur Messung herangezogenen Platten hier mitgeteilt und verwertet sind, sowie auch im einzelnen durchaus keine Einstellung irgend einer Linie unterdrückt ist.

Alle Aufnahmen sind in derselben Lage des Instruments: Achse voran, Kamera unten, und möglichst nahe im Stundenwinkel $+1^h$ gemacht, also im Sommer hart an der Abenddämmerung, im Winter hart an der Morgendämmerung. Die Spaltweite betrug durchweg 0.015 Millimeter. Die Expositionszeit wurde entsprechend den äußeren Umständen so genommen, daß tunlichst dieselbe Intensität des photographischen Bildes erzielt wurde. Die Höhe des Spektrums, die das Sternbild auf dem Spalt in etwa $1\frac{1}{2}$ Minute durchlief, ist stets nahe gleich 0.17 mm gemacht. Bei dieser Höhe bleibt die Krümmung der Sternlinien noch unmerklich klein (die ganze Pfeilhöhe beträgt rechnermäßig 0.00008 mm), so daß bei der Messung ihre volle Länge ins Auge gefaßt werden kann, und die Expositionszeiten halten sich in mäßigen Grenzen; andererseits sind die Linien lang genug, um eine sichere und von den Zufälligkeiten der Kornablagerung etc. möglichst freie Einstellung zu gewähren. Das Eisenbogenlicht ist je dreimal: unmittelbar vor und nach der Sternaufnahme und doppelt so lange in der Mitte exponiert, mit Ausnahme der ersten Platte 205, wo es nur vorher und nachher, und der Platte 305, wo es dreimal gleich lange exponiert ist. Die erzielte Stärke des Eisenspektrums, die außer von der Expositionszeit wesentlich auch von dem jeweiligen Abstand der Elektroden und der hierdurch bedingten Intensität des Bogens abhängt, ist nahe immer dieselbe gewesen, mit Ausnahme der ersten beiden Platten, wo sie etwas geringer war. Bei den ersten drei Platten 205, 207 und 212 hatte ich ferner versuchsweise das Sternspektrum nach der halben Expositionszeit für $\lambda > 4305$ abgeblendet, um die Überexposition dieses intensiveren Teiles des Sternspektrogrammes zu verhindern. Die genaue Durchsicht dieser Platten ergab jedoch, daß auf die Benutzung dieses Spektralgebietes für den vorliegenden Zweck ganz verzichtet werden konnte, und ich habe deshalb von der Pl. 214 an immer das ganze Sternspektrum gleich lange exponiert und von dem Abblendungsschieber, dessen Handhabung mir bei aller Vorsicht und bei guter Klemmung der Kassette doch Bedenken erregte, keinen Gebrauch mehr gemacht.

Zur Erläuterung im übrigen sei auf A. N. 3972 p. 179 verwiesen. Nur bezüglich der Prismen Temperatur ist noch zu bemerken, daß diese 1903 an einem kleinen gebogenen Thermometer abgelesen ist, das von Töpfer mit der Skala außen auf der Metallwand, mit dem Gefäß eben innen frei im Luftraum des Prismengehäuses angebracht war. Bei der großen Temperaturträchtigkeit der Prismen war zu befürchten, daß dieses Thermometer nicht in aller Schärfe die Temperatur der Prismen selbst angeben möchte. Ich habe deshalb 1904

Mai 14 ein anderes Thermometer (Celsius, Nr. 59) mit langer Skala angebracht und seitdem zur Bestimmung der Prismen-temperatur abgelesen, dessen Gefäß eingekittet ist in einen Glasblock mit polierter Oberfläche und von möglichst ähn-

licher Größe wie die Prismen und sich innen im Prismengehäuse zwischen dem ersten und zweiten Prisma hart am Gange der Lichtstrahlen befindet.

Achtzehn Aufnahmen des Arktur am Bonner Spektrographen.

Platte Nr.	1904-5	Stundenw. Mitte	Exp.	Höhe mm	Prismen-temperatur		Rohr-temperatur		Fokus		Eisen Sekunden	Luft	Bemerk. bei Beob.
					A	E	A	E	Kam.	Rohr			
205	Juni 24	+1 ^h 24 ^m 1	20 ^m	0.16	+20°8	+20°8	+21°0	+20°7	8.63	14.70	15 15	2-3	nicht ganz klar ¹⁾
207	» 26	+1 24.9	20	0.19	+17.0	+17.0	+16.3	+16.1	8.63	14.70	8 16 8	1-2	gut klar
212	» 29	+1 20.8	17	0.19	+17.2	+17.2	+17.0	+16.6	8.63	14.70	10 20 10	2	gut klar
214	» 30	+1 18.9	17	0.17	+20.5	+20.5	+21.0	+20.7	8.63	14.70	10 20 10	2	ziemlich gut klar
219	Juli 6	+2 2.5	20	0.18	+20.3	+20.2	+20.1	+19.8	8.63	14.70	10 20 10	1-2	ein wenig dunstig
223	» 8	+2 4.5	30	0.18	+24.0	+24.0	+23.2	+22.7	8.75	14.90	10 20 10	1-2	leicht dunstig
225	» 9	+2 7.3	23	0.16	+24.5	+24.4	+24.1	+23.3	8.75	14.90	10 20 10	2-3	etwas belegt
227	» 11	+2 9.5	18	0.16	+24.1	+24.0	+23.5	+23.0	8.75	14.90	10 20 10	2-3	bisw. 3, gut klar
229	» 12	+2 9.4	20	0.17	+25.0	+25.0	+25.0	+24.8	8.75	14.90	10 20 10	2-3	bisw. 3, gut klar
305	Dez. 22	-0 35.8	23	0.17	- 1.5	- 1.5	- 1.8	- 1.8	8.60	13.90	15 15 15	2-3	klar
309	» 31	-0 3.3	20	0.18	- 3.5	- 3.6	- 4.2	- 4.6	8.60	13.90	12 24 12	2-3	gut klar
310	» 31	+0 22.3	20	0.16	- 3.6	- 3.6	- 4.7	- 4.8	8.60	13.90	12 24 12	2-3	gut klar ²⁾
319	Jan. 7	+0 31.4	22	0.18	+ 2.0	+ 2.0	+ 1.6	+ 1.5	8.60	13.70	12 24 12	3	klar, hellste Dämm.
322	» 8	+0 21.2	24	0.18	+ 1.5	+ 1.6	+ 1.6	+ 1.8	8.60	13.70	12 24 12	3-4	gut klar
325	» 12	+0 31.7	21	0.17	+ 3.0	+ 3.0	+ 2.8	+ 2.6	8.60	13.70	12 24 12	3	klar
326	» 12	+0 57.3	20	0.17	+ 2.9	+ 2.9	+ 2.5	+ 2.3	8.60	13.70	12 24 12	2-3	bisw. leichte Wolk. ³⁾
329	» 14	+0 43.0	23	0.17	- 2.5	- 2.5	- 3.2	- 3.6	8.60	13.70	12 24 12	2-3	gut klar
332	» 15	+0 51.8	27	0.19	- 7.2	- 7.2	- 7.7	- 7.7	8.60	13.70	12 24 12	3-4	bisw. 4! gut klar

¹⁾ leichte Wolkenstreifen ziehen vorüber

²⁾ kurz vor Sonnenaufgang

³⁾ zuletzt fast Tag

Bemerkungen bei der Ausmessung:

Pl. 205 u. Pl. 207 Eisenspektrum etwas schwach, so daß namentlich die Fe-Linien 11 u. 28 etwas matt sind

Pl. 219 Eisen- und Sternspektrum beide sehr kräftig; die Sternlinien öfters fein und deshalb schwierig einzustellen

Pl. 223 Sternspektrum etwas zu stark; die Sternlinien öfters sehr fein und schwierig mit dem Faden, der sie fast ganz verdeckt, einzustellen

Pl. 227 etwas schwieriger auszumessen; die Sternlinien sind im allgemeinen schlechter begrenzt als sonst

Pl. 322 Sternspektrum etwas schwach; die Sternlinien vielfach breiter als sonst, matt und verwaschen

Pl. 329 schöne Aufnahme; Sternlinien besonders scharf.

Die Platten sind von mir im April dieses Jahres mit dem Töpferschen Mikroskop ausgemessen worden, vor- und rückwärts und in zwei Lagen der Platte, genau in der in A. N. 3972 beschriebenen Weise, die sich vorzüglich bewährt hatte. Die Lagendifferenz II—I, die also eliminiert und außerdem bei dieser wesentlich differentiellen Reihe überhaupt von keiner besonderen Bedeutung ist, hat beiläufig bemerkt $+0^R0030 = +0.68$ km betragen, was genau mit dem 1903 für mich gefundenen Werte $+0^R0028$ übereinstimmt. Die zwei Eisenspektren zu beiden Seiten des Sterns hatten einen lichten Abstand von 0.30 mm und eine Höhe von je 0.30 mm. Es sind zwei Stellen der Eisenlinien im Abstände $D = 0.30$ mm gleich weit über und unter der Mitte des Sternspektrums eingestellt. Die Korrektion $+aD^2$ wegen Krümmung der Linien ist an jede einzelne gemessene Eisenlinie angebracht; der Koeffizient a hat den Wert

$$a = +0^R04042 - 0^R000091 (x_1 - 100^R),$$

der zur Ergänzung der in A. N. 3972 für den Bonner Spektrographen mitgeteilten Instrumentalkonstanten hier nachgetragen sei. Die fortschreitenden Fehler der Schraube sind gemäß der dort angegebenen Tabelle berücksichtigt, die sehr kleinen periodischen Fehler sind vernachlässigt; ich habe

jedoch, um etwaige Reste der Schraubenfehler noch weiter abzuschwächen, die Platten 205, 207, 212, 214, 219, 305, 309, 310, 319, 322 in gewohnter Weise mit der Eisenlinie 4337 auf 114^R10 in Lage I und 85^R90 in Lage II aufgelegt, die anderen aber um 10^R5 verschoben auf 124^R60 und 75^R40 . Dieser Betrag von 10^R5 ist dann der gleichmäßigen Rechnung halber numerisch wieder abgezogen.

Um jede Voreingenommenheit, obschon eine solche nicht zu befürchten war, zu vermeiden, namentlich aber um etwaige unbewußte Änderungen in der persönlichen Auffassung der einzelnen Linien unschädlich zu machen, sind Sommer- und Winterplatten abwechselnd, jedoch in unregelmäßiger Folge, ausgemessen. Die angewandte Vergrößerung ist die gewöhnlich auch sonst hier benutzte 12 malige gewesen, wie sie das schwächste Okular mit dem zweitstarken Objektiv des Mikroskops gibt. Eine stärkere Vergrößerung schien mir eher von Nachteil zu sein, da dann nur die körnige Struktur des photographischen Bildes unangenehm mehr hervortritt, und die reine Schärfe des Einstellens auch bei der schwachen Vergrößerung schon eine sehr hohe und jedenfalls völlig genügende ist.

Die Ausmessung hat sich auf den Teil des Spektrums zwischen $\lambda 4171$ und $\lambda 4248$ beschränkt, weil hier besonders

viele und gut definierte Sternlinien auftreten und auch das Eisenspektrum zahlreiche Linien mittlerer Stärke enthält. Dadurch ist ein enger Anschluß zwischen beiden möglich, worauf zur Elimination namentlich von Verziehnungen der photographischen Schicht, dann aber allgemein von Fehlern der Abbildung und der Messung hier besonderes Gewicht zu legen ist. Außerdem beträgt die Dispersion in diesem violetten Teile des vom Spektrographen scharf abgebildeten Spektrums $1 \text{ mm} = 12^{\text{A}}$, während sie im blauen Teile bei $\lambda 4400$ nur $1 \text{ mm} = 16^{\text{A}}$ ist; die Meßgenauigkeit ist also ceteris paribus im Verhältnis 4:3 größer.

Bei Auswahl der einzelnen Sternlinien wurde darauf geachtet, daß sie möglichst auf allen Platten gleichmäßig scharf abgebildet waren. Namentlich mußten solche sonst gute Linien ausgeschlossen werden, die in unmittelbarer Nähe schwache Begleiter zeigten, da letztere bei den unvermeidlichen Schwankungen in der Intensität und in der Schärfe des Sternspektrums sich mehr oder weniger mit dem Bilde der Hauptlinie vermischen und ihre Einstellung in wechselnder Weise beeinflussen konnten. Die unzweideutige Identifizierung der Linien mit Rowlands Sonnenlinien und die exakte Festsetzung ihrer Wellenlängen kommt dagegen, wie schon eingangs erwähnt, nicht in Frage, solange es sich nur um die Beobachtung von Änderungen der Geschwindigkeit handelt, mögen diese nun von der periodischen Bewegung der Erde oder des Sterns herrühren.

Es sind folgende 16 Linien ausgewählt. Diese Zahl schien nach den früheren Erfahrungen ausreichend, um in ihrem Mittel den zufälligen Fehler im Vergleich zu dem unvermeidlichen konstanten Fehler einer Platte genügend herabzudrücken. Ihre Wellenlängen sind entnommen aus Rowland »Preliminary table of solar spectrum wave-lengths«, Astroph. Journal Bd. I. Im Spektrographen zusammenfließende Linien sind mit Gewichten gleich der Intensität bei Rowland, wobei Intensität 0 das Gewicht $\frac{1}{2}$ erhalten hat, zu Mitteln vereinigt.

Wellenlängen der 16 Sternlinien nach Rowland.

Linie Nr.	Wellenlänge und Bezeichnung bei Rowland	Wellenlänge angenommen
11	4171.068 <i>Fe</i> 4	4171.140
	4171.213 <i>Ti</i> , — 4	
12	4179.408 <i>Cr</i> , <i>Co</i> 0	4179.523
	4179.542 <i>V</i> , — 3 <i>d?</i>	
13	4185.058 <i>Fe</i> , <i>Cr</i> 4	4185.058
15	4190.874 <i>C</i> , <i>Co</i> 1 <i>Nd?</i>	4190.874
18	4200.045 — 1 <i>N</i>	4200.114
	4200.148 <i>Fe</i> 2	
18a	4203.730 <i>Cr</i> 2	4203.730
18b	4206.735 — 1	4206.830
	4206.862 <i>Fe</i> 3	
18c	4210.494 <i>Fe</i> 4	4210.523
	4210.561 — 3	
18d	4217.720 <i>La</i> , <i>Fe</i> - <i>Cr</i> 5 <i>d?</i>	4217.720
20	4222.382 <i>Fe</i> 5	4222.382
20a	4235.298 <i>Mn</i> 2	4235.389
	4235.450 <i>Mn</i> 3	

Linie Nr.	Wellenlänge und Bezeichnung bei Rowland	Wellenlänge angenommen
21	4238.918 — 0	4238.965
	4238.970 <i>Fe</i> 5	
22	4239.890 <i>Mn</i> 3	4239.975
	4240.014 <i>Fe</i> 3	
	4240.115 — 1	
23	4245.243 — 0 <i>N</i>	4245.439
	4245.422 <i>Fe</i> 4	
	4245.520 — 2	
25	4246.996 <i>Y?</i> 5	4246.958 *)
25a	4247.464 — 1	4247.566
	4247.591 <i>Fe</i> 4	

es folgen hierauf zwei sehr schwache Linien:

4247.726	0
4247.886	0

die sich bei 25a bisweilen als »verwaschen nach Rot«, oder »Comes nach Rot« verraten haben, ohne jedoch die Einstellung von 25a zu stören.

*) korr — 0.038A s. A. N. 3973.

Bemerkungen über das Aussehen im Stern im allgemeinen:

11. Etwas breit. — 12. Breit. — 13. Fein, scharf, in dunkler Fläche. — 15. Fein, hell, scharf. — 18. Etwas breit. — 18a. Sehr fein, scharf, in dunkler Fläche. — 18b. Hell, kräftig, scharf. — 18c. Fein, hell, scharf. — 18d. Fein, grau. — 20. Fein, hell, scharf. — 20a. Fein, grau, scharf; es ist einmal, bei Pl. 214, bemerkt: spaltet sich! — 21. Fein, grau. — 22. Hell, kräftig, etwas breit. — 23. Hell, etwas breit und etwas verwaschen. — 25. Hell, scharf. — 25a. Hell, scharf.

Bei der Auswahl der Eisenlinien sind die starken Doppel- und auch sonst Linien, bei denen Begleiter irgendwie hätten stören können, nicht mitgenommen. Es sind folgende 16 Linien ausgewählt.

Wellenlängen der 16 zum Anhalt benutzten Linien des Eisenbogens.

Linie Nr.	λ	$\mathcal{F}$	Linie Nr.	λ	$\mathcal{F}$
11	4171.078	9	21	4216.344	9
12	4175.799	10	22	4219.523	9
13	4181.918	14	23	4222.387	11
14	4185.054	11	25	4233.781	15
16	4191.611	18	26	4236.095	19
18	4202.169	20	27	4238.980	10
19	4204.120	8	28	4245.433	6
20	4210.521	11	29	4247.604	11

Diese Wellenlängen sind nach Kayser angesetzt, jedoch sind die folgenden 6 Linien um die nebenstehenden Beträge:

11	+0.009	25	+0.010
18	—0.026	26	—0.023
19	—0.020	28	+0.010

die oben bereits angebracht sind, korrigiert, da die vorliegenden Spektrogramme selbst, nach einer vorläufigen Ausgleichung, diese Korrekturen durchaus verlangten. Von einem Versuch, die angenommenen Wellenlängen der Eisenlinien mit denen der Sternlinien völlig homogen zu machen,

habe ich abgesehen, weil dieses in Strenge aus bekannten Gründen zur Zeit doch nicht möglich und hier auch, da nur der absolute Wert der Sternengeschwindigkeit davon beeinflußt wird, ohne Bedeutung ist. Als beiläufiges Maß der relativen Intensität $\mathcal{F}$ ist die Breite, gemessen in Schraubenteilen auf einer besonderen stark exponierten Platte, angegeben.

Die rechnerische Auswertung der Messungen ist wie in A. N. 3972 nach dem Hartmannschen Verfahren geschehen. Zunächst sind für die Eisenlinien die Mittel aus beiden Lagen gebildet und wegen Krümmung der Linien und fortschreitender Fehler der Schraube korrigiert. Diese beobachteten Werte

sind verglichen mit den aus den oben angegebenen Wellenlängen mittels der allgemeinen Dispersionsformel (A. N. 3972 p. 182) berechneten und für enge Temperaturintervalle tabulierten Schraubenwerten, den sogenannten Referenzspektren. Die kleinen Differenzen B—R sind alsdann graphisch durch eine einfache und glatte Kurve ausgeglichen und so die Korrekturen des angewandten Referenzspektrums erhalten. Die Darstellung der Messungen ist aus der folgenden Zusammenstellung der bei den einzelnen Platten und Linien übrigen Abweichungen $v = \text{Beob.} - \text{Kurve}$ in Einheiten der IV. Dezimale der Revolution ($1^R = 0.25 \text{ mm}$) zu ersehen.

Übrigbleibende Abweichungen der Eisenlinien: Beobachtung — Kurve.

Linie	Platte																		Mittel
	205	207	212	214	219	223	225	227	229	305	309	310	319	322	325	326	329	332	
11	-34	+1	-4	+6	+26	-9	+13	+17	+11	+6	+11	+11	+14	+5	0	+8	+8	+6	+5 = +0.0002
12	+29	-1	+13	-3	-22	-3	-9	-14	-6	-7	-14	+3	-4	-2	-1	-4	-2	-4	-3 — 1
13	+11	-8	-20	-21	-31	+4	-36	-18	-18	-10	-2	-24	-26	-17	-9	-19	-8	-18	-15 — 5
14	+29	+15	+18	+43	+40	+36	+38	+22	+32	+16	+9	+18	+18	-5	+9	+20	+3	+29	+22 + 7
16	-60	-3	0	-8	+22	-17	+11	+8	-12	-13	-10	-25	-4	+29	-3	-4	-9	-23	-7 — 2
18	+5	+7	-15	-4	-24	-10	-2	+5	+6	+9	+21	+21	+14	+5	+9	+5	+8	+39	+5 + 2
19	+24	-10	+6	-12	-18	-6	-20	-30	-18	+20	-9	+11	+4	-12	-1	+8	+8	-16	-4 — 1
20	+27	-11	-6	-5	-9	+5	-9	-3	-21	-16	-4	-5	-18	+1	-10	-22	-13	-15	-7 — 2
21	+23	+13	+4	+7	+21	+20	+15	+16	+40	-5	-5	+5	+2	+5	+1	+10	+2	+6	+10 + 3
22	-25	+3	+19	+5	0	-8	+3	+8	+10	-6	+8	-5	+4	-13	+9	0	0	-3	0 0
23	-57	-18	-8	+3	+1	-11	-6	-10	-16	+7	-7	-12	+4	+4	-8	-1	+3	+10	-7 — 2
25	+5	+7	-18	-10	+8	+8	+4	+12	-17	-9	-5	-7	-9	-10	-4	+5	-19	-8	-4 — 1
26	+34	-3	+5	-19	-12	-24	-22	-13	+4	+8	+26	+13	-1	+10	+6	-9	+26	0	+2 + 1
27	+60	+9	-9	+6	-19	+17	-4	-12	-13	+8	-20	-7	+6	+6	+3	+8	-2	+1	+2 + 1
28	-49	-13	-2	+8	+21	+2	+2	+18	+8	-5	-1	+10	+3	-11	0	-4	-20	-7	-2 — 1
29	-24	+7	+8	+6	-4	-4	+22	-5	+7	-3	+5	-8	-5	+6	-2	-1	+5	+5	+1 0
Summen	+247	62	73	84	139	92	108	106	118	74	80	92	69	71	37	64	63	96	
Durchschnitt	-249	67	82	82	139	92	108	105	121	74	77	93	67	70	38	64	73	94	
	± 31	8	10	10	17	12	13	13	15	9	10	12	8	9	4	8	9	12	

Am Fuß sind für jede Platte die Summen der positiven und der negativen v angegeben, die sich aufheben müssen, da sonst eine unzulässige Verschiebung des Nullpunktes vorliegen würde; darunter der durchschnittliche Wert eines v absolut genommen. Das Mittel dieser Werte ist $\pm 0.00012 = \pm 0.0004$; die Darstellung ist somit sehr gut, und dies gilt ersichtlich auch für die einzelnen Platten mit Ausnahme allein der ersten. Bei dieser ist das durchschnittliche v fast dreimal so hoch und es treten ganz ungewöhnliche Sprünge in den Messungen bis zu $0.0011 = 0.003 \text{ mm}$ auf, die ich mir nur durch Verziehnungen der photographischen Schicht, die ausnahmsweise aus unbekannten Gründen bei dieser Platte erfolgt zu sein scheinen, erklären kann. Rechts in der Tabelle stehen die Linienmittel der v in Einheiten von 0.0001 und umgerechnet in Ängström-Einheiten, die also als relative aus diesen Messungen folgende Verbesserungen der angenommenen Wellenlängen anzusprechen sind. Die Werte sind sehr klein und übersteigen im allgemeinen nicht die Grenzen ihrer zufälligen Fehler. Dies gilt insbesondere auch bei den sechs Linien 11, 18, 19, 25, 26 und 28. Die oben nach vorläufigem Überschlagn eingeführten Korrekturen der Kayser'schen Wellenlängen dieser Linien werden somit bestätigt, und

man erkennt zugleich, daß die Anbringung dieser verhältnismäßig starken Verbesserungen tatsächlich geboten war. Es ist dabei für den vorliegenden Zweck ganz gleichgültig, ob ihr Ursprung in Besonderheiten oder Fehlern der Messung bei mir oder bei Kayser, oder in Verschiedenheiten der Abbildung der Linien durch den Prismen-Spektrographen oder das sechsmal stärker dispergierende Gitter, oder sonst wo zu suchen ist. Die stärksten Abweichungen, außer diesen schon berücksichtigten, finden sich bei den Linien 13 und 14. Da sie jedoch benachbarte Linien nahe gleich und im entgegengesetzten Sinne betreffen, so wird der Zug der Kurve durch sie nicht beeinflußt; ich habe deshalb nichts weiter an den Wellenlängen der Eisenlinien geändert und die obigen Ausgleichen als definitive betrachtet.

Erst nachdem dies abgeschlossen war, ist an die Auswertung der Messungen der Sternlinien gegangen. Es sind zunächst auch hier die Mittel aus beiden Lagen der Platte gebildet und wegen der fortschreitenden Fehler der Schraube korrigiert worden; dies gibt die beobachteten Werte B. Die Werte R der Rechnung folgen aus dem betreffenden, mit den oben angegebenen Rowlandschen Wellenlängen berechneten Referenzspektrum unter Hinzufügung der durch die

Ausgleichung der Messungen der Eisenlinien gelieferten Korrekturen desselben. Die Differenzen B—R sind die beobachteten Linienverschiebungen in Schraubenteilen, die durch Multiplikation mit dem Faktor

$$s = \frac{(\lambda - \lambda_0)^{3/2}}{\lambda} \cdot \frac{2L}{(-c)}$$

wie er sich durch Differenzierung der Dispersionsformel ergibt, in Geschwindigkeiten in Kilometern verwandelt sind. Hierin sind λ_0 und c die Konstanten der Dispersionsformel, geltend

für das jeweils angewandte Referenzspektrum, d. h. für die jeweilige Temperatur, während L die Lichtgeschwindigkeit in vacuo in Kilometern bedeutet, wofür vorläufig der runde Wert 300000 km genommen ist. Im folgenden sind die beobachteten Geschwindigkeiten g für jede Platte und jede Linie mitgeteilt. Das Aussehen der Linien im allgemeinen ist schon oben bei den Wellenlängen mitgeteilt; über abweichende Beschaffenheit und etwaige Störungen der Linienbilder auf den einzelnen Platten geben die den Beobachtungen angehangenen Noten Auskunft.

Einzelne beobachtete radiale Geschwindigkeiten.

Linie Nr.	g km	v_1 km	v_2 km	Linie Nr.	g km	v_1 km	v_2 km	Linie Nr.	g km	v_1 km	v_2 km
Pl. 205.				Pl. 214.				Pl. 223.			
11	+15.16 ⁹	-2.85	-1.60	11	+17.90	-1.96	-0.71	11	+18.54	-2.10	-0.85
12	20.23	+2.22	-0.49	12	22.17	+2.31	-0.40	12	23.44 ⁷	+2.80	+0.09
13	18.86	+0.85	-0.81	13	21.03	+1.17	-0.49	13	22.09	+1.45	-0.21
15	16.02	-1.99	-1.50	15	18.59 ¹	-1.27	-0.78	15	20.00	-0.64	-0.15
18	18.60	+0.59	-1.23	18	21.99 ¹¹	+2.13	+0.31	18	23.60	+2.96	+1.14
18a	15.08	-2.93	+0.54	18a	17.41 ⁷	-2.45	+1.02	18a	17.32	-3.32	+0.15
18b	19.65 ¹	+1.64	+1.59	18b	20.64	+0.78	+0.73	18b	20.49	-0.15	-0.20
18c	17.72	-0.29	+1.33	18c	17.82 ⁷	-2.04	-0.42	18c	16.49 ¹	-4.15	-2.53
18d	20.20	+2.19	+0.10	18d	22.13	+2.27	+0.18	18d	22.41 ⁶	+1.77	-0.32
20	15.62	-2.39	-0.61	20	17.33 ¹¹	-2.53	-0.75	20	18.97	-1.67	+0.11
20a	19.18	+1.17	+2.25	20a	18.71 ¹³	-1.15	-0.07	20a	18.56	-2.08	-1.00
21	20.49	+2.48	+1.18	21	21.27 ⁵	+1.41	+0.11	21	21.70	+1.06	-0.24
22	17.70	-0.31	-0.33	22	20.11	+0.25	+0.23	22	20.96	+0.32	+0.30
23	18.19	+0.18	+0.36	23	20.16	+0.30	+0.48	23	22.42 ⁴	+1.78	+1.96
25	19.00	+0.99	+0.13	25	20.28	+0.42	-0.44	25	21.90	+1.26	+0.40
25a	+16.44	-1.57	-0.93	25a	+20.26 ¹⁰	+0.40	+1.04	25a	+21.42	+0.78	+1.42
	+18.01				+19.86				+20.64		
Pl. 207.				Pl. 219.				Pl. 225.			
11	+16.99	-1.44	-0.19	11	+18.74	-1.32	-0.07	11	+17.87	-2.47	-1.22
12	22.15	+3.72	+1.01	12	22.75	+2.69	-0.02	12	23.12	+2.78	+0.07
13	20.06	+1.63	-0.03	13	22.10	+2.04	+0.38	13	21.43	+1.09	-0.57
15	18.68	+0.25	+0.74	15	19.87	-0.19	+0.30	15	19.47	-0.87	-0.38
18	19.38	+0.95	-0.87	18	22.30	+2.24	+0.42	18	23.25	+2.91	+1.09
18a	14.34	-4.09	-0.62	18a	16.62 ⁵	-3.44	+0.03	18a	18.48	-1.86	+1.61
18b	18.00 ^a	-0.43	-0.48	18b	20.64	+0.58	+0.53	18b	19.87	-0.47	-0.52
18c	16.25	-2.18	-0.56	18c	18.18	-1.88	-0.26	18c	18.61	-1.73	-0.11
18d	20.92 ⁵	+2.49	+0.40	18d	22.98	+2.92	+0.83	18d	21.33	+0.99	-1.10
20	16.90	-1.53	+0.25	20	17.44	-2.62	-0.84	20	17.75	-2.59	-0.81
20a	17.09	-1.34	-0.26	20a	+18.85	-1.21	-0.13	20a	20.36 ⁷	+0.02	+1.10
21	19.28	+0.85	-0.45					21	21.14 ¹	+0.80	-0.50
22	18.63	+0.20	+0.18					22	19.02	-1.32	-1.34
23	18.39	-0.04	+0.14					23	20.41	+0.07	+0.25
25	20.55	+2.12	+1.26					25	22.44	+2.10	+1.24
25a	+17.22	-1.21	-0.57					25a	+20.91	+0.57	+1.21
	+18.43								+20.84		
Pl. 212.											
11	+17.74 ²	-1.57	-0.32								
12	21.63 ⁷	+2.32	-0.39								
13	20.76	+1.45	-0.21								
15	19.01	-0.30	+0.19								
18	+21.65	+2.34	+0.52								

Linie Nr.	g	v_1	v_2
Pl. 227.			
	km	km	km
11	+19.71	-1.00	+0.25
12	24.58	+3.87	+1.16
13	24.14	+3.43	+1.77
15	20.36	-0.35	+0.14
18	22.11	+1.40	-0.42
18a	16.14 ⁵	-4.57	-1.10
18b	20.60	-0.11	-0.16
18c	19.54	-1.17	+0.45
18d	23.02	+2.31	+0.22
20	18.93	-1.78	0.00
20a	19.94 ¹¹	-0.77	+0.31
21	21.72	+1.01	-0.29
22	20.52	-0.19	-0.21
23	19.61	-1.10	-0.92
25	20.80	+0.09	-0.77
25a	+19.60 ¹⁰	-1.11	-0.47
	+20.71		

Pl. 229.			
11	+18.79	-1.43	-0.18
12	22.38	+2.16	-0.55
13	21.93	+1.71	+0.05
15	19.33	-0.89	-0.40
18	22.10	+1.88	+0.06
18a	15.93	-4.29	-0.82
18b	20.21 ¹	-0.01	-0.06
18c	19.85 ¹	-0.37	+1.25
18d	22.37	+2.15	+0.06
20	18.71	-1.51	+0.27
20a	20.90	+0.68	+1.76
21	21.06	+0.84	-0.46
22	20.02	-0.20	-0.22
23	18.89	-1.33	-1.15
25	21.16	+0.94	+0.08
25a	+19.91	-0.31	+0.33
	+20.22		

Pl. 305.			
11	-29.11	-0.07	+1.18
12	26.72	+2.32	-0.39
13	27.12	+1.92	+0.26
15	29.17	-0.13	+0.36
18	27.37	+1.67	-0.15
18a	33.27	-4.23	-0.76
18b	29.73 ⁷	-0.69	-0.74
18c	31.59	-2.55	-0.93
18d	26.93 ³	+2.11	+0.02
20	29.81	-0.77	+1.01
20a	30.03	-0.99	+0.09
21	27.70 ⁵	+1.34	+0.04
22	28.39	+0.65	+0.63
23	30.77 ⁷	-1.73	-1.55
25	28.20	+0.84	-0.02
25a	-28.74 ⁹	+0.30	+0.94
	-29.04		

Linie Nr.	g	v_1	v_2
Pl. 309.			
	km	km	km
11	-31.05	-0.91	+0.34
12	27.98	+2.16	-0.55
13	28.52	+1.62	-0.04
15	29.82	+0.32	+0.81
18	29.13	+1.01	-0.81
18a	34.32	-4.18	-0.71
18b	30.62 ⁷	-0.48	-0.53
18c	30.07	+0.07	+1.69
18d	29.53 ⁹	+0.61	-1.48
20	32.33	-2.19	-0.41
20a	31.48	-1.34	-0.26
21	28.63	+1.51	+0.21
22	30.42	-0.28	-0.30
23	28.56	+1.58	+1.76
25	29.72 ¹	+0.42	-0.44
25a	-30.14 ⁹	0.00	+0.64
	-30.14		

Pl. 310.			
11	-31.35 ⁴	-1.49	-0.24
12	27.43	+2.43	-0.28
13	28.39	+1.47	-0.19
15	30.05	-0.19	+0.30
18	29.11	+0.75	-1.07
18a	34.22 ⁸	-4.36	-0.89
18b	30.38	-0.52	-0.57
18c	31.18	-1.32	+0.30
18d	27.21 ⁷	+2.65	+0.56
20	30.76	-0.90	+0.88
20a	31.00	-1.14	-0.06
21	29.36	+0.50	-0.80
22	29.70	+0.16	+0.14
23	28.52	+1.34	+1.52
25	28.72	+1.14	+0.28
25a	-30.39	-0.53	+0.11
	-29.86		

Pl. 319.			
11	-31.43 ⁹	-0.79	+0.46
12	26.56	+4.08	+1.37
13	29.21	+1.43	-0.23
15	30.12	+0.52	+1.01
18	28.48	+2.16	+0.34
18a	33.77	-3.13	+0.34
18b	30.61	+0.03	-0.02
18c	34.02	-3.38	-1.76
18d	29.20	+1.44	-0.65
20	32.07	-1.43	+0.35
20a	32.80	-2.16	-1.08
21	29.28	+1.36	+0.06
22	29.99	+0.65	+0.63
23	31.63	-0.99	-0.81
25	29.08	+1.56	+0.70
25a	-31.95	-1.31	-0.67
	-30.64		

Linie Nr.	g	v_1	v_2
Pl. 322.			
	km	km	km
11	-31.89	-1.18	+0.07
12	27.93	+2.78	+0.07
13	27.80	+2.91	+1.25
15	31.19	-0.48	+0.01
18	27.93	+2.78	+0.96
18a	33.74	-3.03	+0.44
18b	30.37	+0.34	+0.29
18c	32.52	-1.81	-0.19
18d	28.39 ⁵	+2.32	+0.23
20	32.96	-2.25	-0.47
20a	31.56	-0.85	+0.23
21	29.36	+1.35	+0.05
22	31.09	-0.38	-0.40
23	32.60	-1.89	-1.71
25	30.64	+0.07	-0.79
25a	-31.39	-0.68	-0.04
	-30.71		

Pl. 325.			
11	-32.07	-1.39	-0.14
12	28.27	+2.41	-0.30
13	28.70 ⁷	+1.98	+0.32
15	31.84	-1.16	-0.67
18	28.33	+2.35	+0.53
18a	33.84	-3.16	+0.31
18b	30.19	+0.49	+0.44
18c	31.88 ¹	-1.20	+0.42
18d	28.73	+1.95	-0.14
20	32.27 ¹	-1.59	+0.19
20a	32.40	-1.72	-0.64
21	28.76	+1.92	+0.62
22	30.82	-0.14	-0.16
23	30.87	-0.19	-0.01
25	30.07	+0.61	-0.25
25a	-31.83 ⁹	-1.15	-0.51
	-30.68		

Pl. 326.			
11	-30.78	+0.23	+1.48
12	28.06	+2.95	+0.24
13	30.59	+0.42	-1.24
15	30.54	+0.47	+0.96
18	29.24	+1.77	-0.05
18a	33.74	-2.73	+0.74
18b	30.88	+0.13	+0.08
18c	31.97	-0.96	+0.66
18d	27.10 ¹	+3.91	+1.82
20	33.73	-2.72	-0.94
20a	33.84	-2.83	-1.75
21	29.86	+1.15	-0.15
22	30.67	+0.34	+0.32
23	31.33	-0.32	-0.14
25	30.40	+0.61	-0.25
25a	-33.46	-2.45	-1.81
	-31.01		

Linie Nr.	g	v_1	v_2
Pl. 329.			
	km	km	km
11	-31.41 ¹	-0.92	+0.33
12	28.21	+2.28	-0.43
13	28.73	+1.76	+0.10
15	31.31	-0.82	-0.33
18	28.96	+1.53	-0.29
18a	34.08	-3.59	-0.12
18b	30.43	+0.06	+0.01
18c	31.55	-1.06	+0.56
18d	27.82	+2.67	+0.58
20	30.37	+0.12	+1.90
20a	32.96	-2.47	-1.39
21	28.85 ¹²	+1.64	+0.34
22	31.26	-0.77	-0.79
23	30.95	-0.46	-0.28
25	29.83	+0.66	-0.20
25a	-31.07 ⁹	-0.58	+0.06
	-30.49		

Linie Nr.	g	v_1	v_2
Pl. 332.			
	km	km	km
11	-30.31	+0.10	+1.35
12	27.96	+2.45	-0.26
13	28.93	+1.48	-0.18
15	31.52	-1.11	-0.62
18	29.08	+1.33	-0.49
18a	33.85	-3.44	+0.03
18b	29.90	+0.51	+0.46
18c	31.68	-1.27	+0.35
18d	29.25	+1.16	-0.93
20	32.73	-2.32	-0.54
20a	31.53	-1.12	-0.04
21	28.02	+2.39	+1.09
22	30.31	+0.10	+0.08
23	30.31	+0.10	+0.28
25	30.00	+0.41	-0.45
25a	-31.20	-0.79	-0.15
	-30.41		

- 1 krumm
- 2 etwas krumm
- 3 verkürzt
- 4 schräg
- 5 matt
- 6 schwierig
- 7 Korn stört
- 8 Fleck stört
- 9 verwaschen nach Rot
- 10 Comes nach Rot
- 11 verwaschen nach Blau
- 12 doppelt?
- 13 spaltet sich

Neben den beobachteten Geschwindigkeiten g sind ihre Abweichungen v_1 vom Mittel der Platte angeführt. Diese Abweichungen treten ersichtlich bei den einzelnen Linien vorwiegend in demselben Sinne auf und zeigen somit, daß die für die Sternlinien — so wie diese hier gesehen und gemessen sind — angenommenen Wellenlängen noch merklich fehlerhaft waren. Obgleich nun diese Fehler die Plattenmittel selbst, da immer dieselben 16 Linien gemessen sind, relativ ungeändert lassen und also das Resultat nicht beeinflussen, so müssen sie doch mit Rücksicht auf die richtige Berechnung der wahrscheinlichen Fehler bestimmt werden. Die Mittel der v_1 mit ihren Vorzeichen, für jede Linie gebildet, ergeben die folgenden Werte l_1 in Kilometern. Durch Multiplikation mit $\lambda: 300000$ gehen diese in Werte $d\lambda$ in Ångström-Einheiten über, die, mit ihrem Vorzeichen zu den angenommenen Wellenlängen addiert, die beobachteten korrigierten Wellenlängen ergeben; letztere sind hier nur des allgemeinen Interesses halber, das sich an das Sternspektrum knüpft, angeführt.

Beobachtete Verbesserungen der Wellenlängen der Sternlinien.

Linie Nr.	l_1	$d\lambda$	korrig. λ
11	-1.25 ^{km}	-0.4017	4171.123
12	+2.71	+0.038	4179.561
13	+1.66	+0.023	4185.081
15	-0.49	-0.007	4190.867
18	+1.82	+0.025	4200.139
18a	-3.47	-0.049	4203.681
18b	+0.05	+0.001	4206.831
18c	-1.62	-0.023	4210.500
18d	+2.09	+0.029	4217.749
20	-1.78	-0.025	4222.357
20a	-1.08	-0.015	4235.374
21	+1.30	+0.018	4238.983
22	+0.02	0.000	4239.975
23	-0.18	-0.002	4245.437
25	+0.86	+0.012	4246.970
25a	-0.64	-0.009	4247.557

Zugleich berechnet sich aus $\Sigma l_1 l_1 = 41.46$ der wahrscheinliche Betrag eines Linienfehlers l_1 gleich ± 1.086 km.

Durch Einführung dieser verbesserten Wellenlängen (oder, wenn man lieber will, durch Berücksichtigung der konstanten Linienfehler; die Auffassung ist für das Resultat hier gleichgültig) erhält man die jetzt bei den einzelnen Beobachtungen noch übrigbleibenden und oben schon angegebenen Fehler $v_2 = v_1 - l_1$. Es folgt weiter im Durchschnitt der wahrsch. Fehler einer Geschwindigkeitsbeobachtung durch eine Linie, gemessen auf einer Platte, nach der Näherungsformel

$$r_1 = \pm 0.8453 \frac{\Sigma v}{\sqrt{m(m-n)}}$$

aus $\Sigma v_1 = 416.51$ $r_1 = \pm 1.26$ km

und nach Verbesserung der Wellenlängen aus

$$\Sigma v_2 = 165.39 \quad r_1 = \pm 0.52 \text{ km.}$$

Die Plattenmittel g oben sind, um dies nochmals zu betonen, von vornherein frei von diesen Linienfehlern und bleiben ungeändert. Sie sind jetzt rechnermäßig von den bekannten periodischen Bewegungen der Erde resp. des Beobachters zu befreien; etwaige periodische Bewegungen des Sterns sind unbekannt und müssen zunächst noch darin bleiben. Die Rechnung ist in aller Strenge durchgeführt, nicht etwa weil die vorliegenden Beobachtungen schon diese Schärfe der Reduktion verlangten, sondern um grundsätzlich und im Hinblick auf spätere, längere und genauere Beobachtungsreihen, hier oder anderswo, nichts an Genauigkeit zu opfern, und um nachzuweisen, welche Beträge denn die einzelnen Glieder namentlich in ihrer vereinten Wirkung tatsächlich erreichen können. Die numerische Berechnung — Logarithmen sind zum Unterschiede von den Zahlen eingeklammert — der auftretenden Konstanten ist deshalb auch ausführlich nachgewiesen, zumal die Verbesserung der wichtigsten von ihnen unser Ziel ist.

Die Korrektur wegen jährlicher Geschwindigkeit der Erde ist zur Kontrolle auf zwei verschiedenen Wegen berechnet. Zunächst nach der bekannten Formel

$$V_a = G \cos \beta (\sin (\odot - \lambda) + e \sin (\Pi - \lambda))$$

worin bedeuten

G die Konstante der Erdgeschwindigkeit, oder die »mittlere« Geschwindigkeit der Erde

λ, β Länge und Breite des Sterns } m. Äqu.
 $\odot, \Pi$ Länge und Perigäum der Sonne } Jahresanfang
 $e = \sin \varphi$ die Exzentrizität der Erdbahn.

Die numerischen Werte für 1905.0 sind

$$\begin{aligned} \lambda &= 202^\circ 54' 27'' & \Pi &= 281^\circ 17' 55'' \\ \beta &= +30^\circ 48' 8'' & \varphi &= 0^\circ 57' 34'' 6 \end{aligned}$$

Die Konstante G berechnet sich aus

$$G = \frac{2\pi a \sec \varphi}{T}$$

wo T die Länge des siderischen Jahres in Sekunden mittlerer Zeit = 31558150 (7.49911) ist.

Die große Halbachse der Erdbahn ist

$$a = \frac{A}{p \cdot \sin 1''}$$

A der Äquatorhalbmesser in km (3.80464) Bessel
 oder (3.80470) Clark

p die Sonnenparallaxe in Bogensekunden.

Wird $p = 8''.800$ als Ausgangswert genommen, so folgt mit Bessels Äquator

$$\begin{aligned} a &= 149480000 \text{ km (8.17458)} \\ G &= 29.765 \text{ km (1.47371)} \end{aligned}$$

[mit Clarks Äquator würde folgen

$$G = 29.769 \text{ km (1.47377);}$$

ich behalte Bessels Wert bei].

Es folgt numerisch für Arktur und 1905.0

$$V_a = (1.40767) \sin (\odot - 202^\circ 54'.5) + 0.419.$$

Die Korrektur wegen täglicher Geschwindigkeit des Beobachters ist:

$$V_d = -G_d \varrho \cos \varphi' \sin t \cos \delta$$

wo ϱ und φ' Radiusvektor und geozentrische Breite des Beobachtungsortes

t und δ Stundenwinkel und Deklination des Sterns sind.

Die Konstante der täglichen Geschwindigkeit berechnet sich

$$G_d = \frac{2\pi A}{\tau}$$

τ die Länge des Sterntages in mittleren Sekunden
 = 86164.1 (4.93533)

$$G_d = 0.465 \text{ km (9.6675)}$$

für Bonn $G_d' = 0.295 \text{ km (9.4698)}$

für Arktur in Bonn

$$V_d = (9.4437_n) \sin t.$$

Die Korrektur wegen monatlicher Geschwindigkeit der Erde folgt, wenn bei der Kleinheit derselben die geringe Neigung und Exzentrizität der Mondbahn außer acht gelassen werden, durch Umschreiben der Sonnenformel:

$$V_m = G_m \cos \beta \sin (\mathcal{C} - \lambda)$$

Zur Berechnung der Konstante G_m setzen wir die

$$\text{Masse des Mondes} = \frac{1}{81.70}$$

mittlere Entfernung des Mondes = 60.27 A

Länge des siderischen Monats in Sterntagen = 27.3965,

so folgt

$$G_m = \frac{60.27}{82.70} \cdot \frac{G_d}{27.3965} = 0.0124 \text{ km (8.0924)}$$

somit für Arktur

$$V_m = (8.0264) \sin (\mathcal{C} - \lambda).$$

Die oben angegebene Formel für V_a enthält wesentlich nur die Geschwindigkeit der Erde in der Keplerschen Ellipse und es fragt sich, ob die Störungen durch die Planeten irgend etwas ausmachen können. Wir erhalten mit leichtester Mühe hierüber Aufschluß und zugleich eine erwünschte einfache und ganz unabhängige Kontrolle für die numerische Rechnung in folgender Weise. Es seien $dX dY dZ$ die äquatorealen Komponenten der Erdgeschwindigkeit relativ gegen den Sonnenmittelpunkt, wie sie ohne weiteres einschließlich der Störungen in aller nötigen Schärfe aus den ersten Differenzen der in den Ephemeriden gegebenen Sonnenkoordinaten (am bequemsten im Berl. Astr. Jahrbuch) zu entnehmen sind, ferner α und δ Rektaszension und Deklination des Sterns für dasselbe mittlere Äquinoktium. Es folgt hieraus die Korrektur wegen jährlicher Geschwindigkeit, wenn ich sie zum Unterschied von der erst berechneten mit V_a' bezeichne:

$$V_a' = dX \cdot \cos \delta \cos \alpha + dY \cdot \cos \delta \sin \alpha + dZ \cdot \sin \delta.$$

Nehmen wir statt $dX dY dZ$ die ersten Differenzen $\Delta X \Delta Y \Delta Z$ in Einheiten der VII. Dezimale der in 12 stündigen Intervallen gegebenen Sonnenkoordinaten (diese Differenzen selbstverständlich interpoliert für die Beobachtungsepoche und streng genommen reduziert auf den Differentialquotient, die letztere Reduktion ist jedoch bei dem 12 stündigen Intervall stets null), so haben wir zum Übergang auf Kilometer und Sekunde zu multiplizieren mit $\frac{a}{10^7 \cdot 43200} = (6.53910)$, wenn Bessels

Äquator und $p = 8''.800$ wie oben genommen werden. Zum Übergang von den Sonnen- auf die Erdkoordinaten ist noch das Vorzeichen umzukehren. Berechnen wir also die Sternkonstanten

$$\begin{aligned} \xi &= (6.53910_n) \cos \delta \cos \alpha & \xi &= (6.43739) \\ \eta &= (6.53910_n) \cos \delta \sin \alpha & \eta &= (6.24711) \\ \zeta &= (6.53910_n) \sin \delta & \zeta &= (6.06636_n) \end{aligned}$$

so ist $V_a' = \xi \cdot \Delta X + \eta \cdot \Delta Y + \zeta \cdot \Delta Z$

eine Formel, die auch schon von Schlesinger im Astroph. J. Bd. IX p. 160 angegeben ist und die praktisch ebenso bequem ist, wie die oben für V_a gegebene und gewöhnlich benutzte, sobald nur die Sternkonstanten berechnet vorliegen. Es dürfte sich wohl empfehlen, diese Sternkonstanten $\xi \eta \zeta$ für alle in Frage kommenden helleren Sterne für Anfang und Ende dieses Jahrhunderts ein für alle mal zu berechnen und an geeigneter Stelle zu veröffentlichen, und zwar sowohl die Logarithmen

wie die Zahlwerte, weil mit letzteren die Berechnung von V_a' mittels einer Rechentafel oder noch besser Rechenmaschine sehr rasch ausgeführt werden kann. Bei Berechnung dieser Formel erspart man sich ferner auch die gesonderte Berechnung des lunaren Gliedes, da es schon in V_a' enthalten ist. Dies Glied darf nicht weggelassen werden,

falls wenigstens die Reduktion auf 0.01 km scharf geführt werden soll, und das wird bei guten spektrographischen Beobachtungen doch sehr bald verlangt werden.

Im folgenden sind die für die vorliegenden Beobachtungen des Arktur zur Kontrolle der Rechnung nach beiden Formeln berechneten Reduktionen zusammengestellt.

Reduktion auf den Schwerpunkt des Sonnensystems.

Platte	V_a	V_m	$V_a + V_m$	V_a'	V_d	V_p	V_s
	km		km	km	km		km
205	-23.601	+ 6	-23.595	-23.593	-0.100	+4	-23.689
207	-23.878	+ 9	-23.869	-23.866	-0.100	+4	-23.962
212	-24.244	+10	-24.234	-24.233	-0.096	+4	-24.325
214	-24.352	+10	-24.342	-24.340	-0.094	+4	-24.430
219	-24.860	0	-24.860	-24.859	-0.141	+4	-24.996
223	-24.973	- 5	-24.978	-24.976	-0.144	+4	-25.116
225	-25.019	- 7	-25.026	-25.025	-0.146	+4	-25.167
227	-25.090	-10	-25.100	-25.100	-0.149	+4	-25.245
229	-25.115	-11	-25.126	-25.125	-0.149	+4	-25.270
305	+24.149	-10	+24.139	+24.139	+0.043	+1	+24.183
309	+25.362	+ 4	+25.366	+25.366	+0.004	0	+25.370
310	+25.364	+ 4	+25.368	+25.368	-0.027	0	+25.341
319	+25.866	+10	+25.876	+25.877	-0.038	0	+25.839
322	+25.905	+ 9	+25.914	+25.915	-0.026	0	+25.889
325	+25.985	+ 1	+25.986	+25.987	-0.038	0	+25.949
326	+25.985	+ 1	+25.986	+25.987	-0.069	0	+25.918
329	+25.975	- 3	+25.972	+25.973	-0.052	0	+25.921
332	+25.959	- 5	+25.954	+25.954	-0.062	0	+25.892

Wie man sieht, stimmt V_a' mit $V_a + V_m$ überein, bis auf einen kleinen systematischen Unterschied, kaum größer als die Unsicherheit der Rechnung, der in maximo 0.003 km erreicht und die kleine Störung der Erdgeschwindigkeit durch die Planeten erkennen läßt.

Bisher haben wir nur die Bewegung der Erde relativ gegen den Mittelpunkt der Sonne betrachtet. Es sind jedoch der Strenge nach die Beobachtungen auf den Schwerpunkt des Sonnensystems zu reduzieren, und wir müssen uns überzeugen, was dies etwa ausmacht. Es ist gestattet, die ein-

zelnen Planeten getrennt zu behandeln — in Betracht kommen eigentlich nur Jupiter und Saturn —, und es können selbstverständlich die kleinen Neigungen und Exzentrizitäten der Planetenbahnen vernachlässigt werden. Die linearen Geschwindigkeiten der Planeten sind dann umgekehrt proportional den Quadratwurzeln aus den großen Halbachsen und es ist ferner, um die entsprechende Geschwindigkeit der Sonne zu erhalten, der Divisor $M+1$ hinzuzufügen, wenn M die Sonnenmasse in Einheiten der Masse des Planeten ist. Also berechnet sich die Konstante der »planetaren« Geschwindigkeit:

$$G_p = \frac{G}{V_{ap}(M+1)}$$

und die an die beobachtete Geschwindigkeit anzubringende Korrektur hat wieder die Form

$$V_p = G_p \cos \beta \sin (l - \lambda),$$

wenn λ β wie zuvor Länge und Breite des Sterns, l die heliozentrische Länge des Planeten bedeuten.

Nimmt man für Jupiter $M = 1047.4$, für Saturn $M = 3501.6$, so berechnet sich

$$G_J = 0.0124 \text{ km (8.0951)}$$

$$G_S = 0.0027 \text{ km (7.4392)}$$

also kann die vereinte Wirkung beider Planeten in maximo 0.015 km erreichen und darf somit in der Tat ebenfalls nicht ohne weiteres vernachlässigt werden, wenn die Reduktion auf 0.01 km richtig sein soll. In der vorliegenden Reihe ist $V_J + V_S = V_p$, das oben schon mit angeführt ist, zu-

fällig nahe null. Die letzte Spalte gibt die ganze Reduktion $V_s = V_a' + V_d + V_p$ der beobachteten Geschwindigkeit auf den Schwerpunkt des Sonnensystems.

In der folgenden Tabelle sind wiederholt und übersichtlich zusammengestellt unter g die obigen Plattenmittel

der direkt beobachteten radialen Geschwindigkeiten, unter V_s die eben berechneten vollständigen Reduktionen, unter $V = g + V_s$ die resultierenden beobachteten Geschwindigkeiten des Sterns relativ gegen den Schwerpunkt des Sonnensystems.

Beobachtete radiale Geschwindigkeiten des Arktur.

Platte Nr.	M. Z. Greenwich	g	V_s	V	n	b	v_I	r_1	p	v_{II}
		km	km	km	km		km	km		km
205	1904 Juni 24.373	+18.01	-23.69	-5.68	-0.58	+0.79	-0.73	± 0.82	0.48	-0.74
207	» 26.368	+18.43	-23.96	-5.53	-0.43	+0.80	-0.58	0.44	0.86	-0.59
212	» 29.357	+19.31	-24.32	-5.01	+0.09	+0.81	-0.06	0.43	0.87	-0.06
214	» 30.353	+19.86	-24.43	-4.57	+0.53	+0.82	+0.38	0.45	0.85	+0.38
219	Juli 6.367	+20.06	-25.00	-4.94	+0.16	+0.84	+0.02	0.37	0.95	+0.01
223	» 8.363	+20.64	-25.12	-4.48	+0.62	+0.84	+0.48	0.60	0.67	+0.47
225	» 9.362	+20.34	-25.17	-4.83	+0.27	+0.84	+0.13	0.72	0.56	+0.12
227	» 11.358	+20.71	-25.25	-4.54	+0.56	+0.84	+0.42	0.47	0.82	+0.41
229	» 12.355	+20.22	-25.27	-5.05	+0.05	+0.84	-0.09	0.42	0.89	-0.10
305	Dez. 22.793	-29.04	+24.18	-4.86	+0.24	-0.81	-0.11	0.50	0.79	-0.13
309	» 31.791	-30.14	+25.37	-4.77	+0.33	-0.85	-0.02	0.60	0.67	-0.05
310	» 31.809	-29.86	+25.34	-4.52	+0.58	-0.85	+0.23	0.45	0.85	+0.20
319	1905 Jan. 7.796	-30.64	+25.84	-4.80	+0.30	-0.87	-0.06	0.57	0.71	-0.08
322	» 8.786	-30.71	+25.89	-4.82	+0.28	-0.87	-0.08	0.39	0.92	-0.10
325	» 12.782	-30.68	+25.95	-4.73	+0.37	-0.87	+0.01	0.31	1.03	-0.01
326	» 12.800	-31.01	+25.92	-5.09	+0.01	-0.87	-0.35	0.69	0.58	-0.37
329	» 14.785	-30.49	+25.92	-4.57	+0.53	-0.87	+0.17	0.42	0.89	+0.15
332	» 15.788	-30.41	+25.89	-4.52	+0.58	-0.87	+0.22	0.40	0.91	+0.20

Zur Bequemlichkeit der Rechnung setzen wir die wahre Sternengeschwindigkeit $V = -5.10 \text{ km} + x$. Die in der Reduktion angewandte Konstante der Erdgeschwindigkeit war $G = 29.765 \text{ km}$, der wahre Wert sei $29.765 + y$. Die Bedingungsgleichungen haben die einfache Form $n = x + by$, worin $b = V_a : 29.765$. Die Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate ergibt, wenn zunächst alle Beobachtungen gleiches Gewicht erhalten:

$$\begin{aligned} x &= +0.247 & y &= -0.125 & \sum v_I v_I &= 1.72 \\ \text{w. F.} &= \pm 0.052 & \text{w. F.} &= \pm 0.062 & \text{w. F. einer Beob.} & \\ V &= -4.85 & G &= 29.640 & r &= \pm 0.221 \text{ km} \end{aligned}$$

Die übrigbleibenden Fehler v_I sind oben angegeben. Aus ihrer Quadratsumme 1.72 folgt der w. Fehler einer Beobachtung, d. h. des Wertes einer Platte beruhend auf 16 Linien, $r = \pm 0.221 \text{ km}$, womit die w. Fehler der Unbekannten berechnet sind. Die Fehler v_I halten sich durchweg unter 0.5 km mit Ausnahme der ersten beiden Platten. Die stärkste Abweichung 0.73 km tritt bei der ersten Pl. 205 auf. Diese Platte ist nicht ganz unverdächtig: sie ist, wie bei der Übersicht über die Aufnahmen angeführt war, partiell exponiert, ferner ist das Eisenspektrum nur vor und nach dem Stern aufgenommen, während es bei allen folgenden Platten außerdem auch in der Mitte exponiert ist, und endlich hatte die Ausgleichung der Messungen der Eisenlinien, verglichen mit dem Referenzspektrum, ganz ungewöhnlich große Fehler bei den einzelnen Linien übriggelassen, die den dringenden Verdacht erregten, daß bei dieser Platte Schichtverziehnungen stattgefunden haben. Man wäre also wohl berechtigt, die Pl. 205 ganz fortzulassen. Es würde sich dann ergeben $V = -4.81 \text{ km}$, $G = 29.692 \text{ km}$, und der w. Fehler einer Platte würde auf $\pm 0.184 \text{ km}$ sinken.

Ich führe dies Ergebnis an, will ihm jedoch keinen Vorrang beimessen; denn die einfache Unterdrückung der Pl. 205 möchte trotz der dafür angeführten Gründe willkürlich erscheinen. Es wird vielmehr verlangt werden, daß den Platten allgemein entsprechend ihrer größeren oder geringeren Zuverlässigkeit verschiedenes Gewicht erteilt werde. Als Maßstab hierfür hat zu dienen der spezielle, bei jeder Platte aus den Linienfehlern v_2 sich berechnende w. Fehler einer Linie r_1 . Diese Werte r_1 sind oben notiert; sie gehen von $\pm 0.31 \text{ km}$ bei Pl. 325 bis $\pm 0.82 \text{ km}$ bei Pl. 205. Im Durchschnitt ist, wie auch schon früher berechnet, $r_1 = \pm 0.52 \text{ km}$, woraus der zufällige w. Fehler eines Plattenmittels beruhend auf 16 Linien $r = \pm 0.13 \text{ km}$ folgen würde. Wir haben jedoch soeben aus der Ausgleichung der Platten selbst $r = \pm 0.22 \text{ km}$ gefunden, und es ist somit zu dem zufälligen Fehler noch ein plattenkonstanter Fehler, d. h. ein Fehler, der durch die Zahl der gemessenen Linien nicht weiter vermindert wird, im Betrage von $\pm 0.18 \text{ km}$ hinzugekommen. Dies folgt in erster Näherung; in Wahrheit wird er etwas kleiner sein und kann gleich $\pm 0.16 \text{ km}$ angenommen werden. Der vollständige wahrsch. Fehler einer jeden Platte berechnet sich dann aus $r^2 = \frac{1}{4} r_1^2 + (0.16)^2$ und umgekehrt proportional hierzu ergeben sich die Gewichte p oben, wenn der w. Fehler der Gewichtseinheit gleich $\pm 0.18 \text{ km}$ gesetzt wird. Die Ausgleichung aller 18 Gleichungen mit Rücksicht auf diese Gewichte p , die von 0.48 bis 1.03 laufen, ergibt die Werte:

$$\begin{aligned} x &= +0.265 & y &= -0.135 \\ \text{w. F.} &= \pm 0.048 & \text{w. F.} &= \pm 0.057 \\ V &= -4.835 & G &= 29.630 \end{aligned}$$

die als die wahrscheinlichsten, aus der vorliegenden Beobachtungsreihe folgenden anzunehmen sind; sie unterscheiden sich nur wenig von denen der ersten Ausgleichung.

Die jetzt übrigbleibenden Fehler stehen unter v_{II} und es folgt aus $\sum p v_{II} = 1.17$ der w. Fehler der Gewichtseinheit gleich ± 0.182 km übereinstimmend mit dem Ansatz, so daß an der Annahme ± 0.16 km für den platten-konstanten Fehler nichts zu verbessern ist. Dieser Wert bestätigt die oben bei Auswahl der Linien ausgesprochene Vermutung, daß bereits bei 16 Linien der zufällige Fehler einer Platte kleiner sein werde als der konstante Fehler, und daß somit durch Vermehrung der Zahl der Linien keine merkliche Steigerung der Genauigkeit zu erzielen gewesen wäre. Die einzelnen Linien waren ferner mit aller Sorgfalt so ausgewählt worden, daß sie möglichst alle mit gleicher Schärfe sich einstellen ließen. Es scheint aber doch die Genauigkeit des Einstellens nicht ganz dieselbe bei allen Linien gewesen zu sein und es wären demgemäß auch noch verschiedene Gewichte für die einzelnen Linien zu ermitteln gewesen, in ähnlicher Weise, wie dies oben für die Platten geschehen ist. Ich habe hiervon abgesehen, weil bei dieser kurzen Beobachtungsreihe die Ermittlung der Liniengewichte noch etwas unsicher und zu sehr vom Zufall abhängig geblieben wäre. Die Differenzen dieser Gewichte können auch nicht groß sein und das Ergebnis oben würde durch sie kaum merklich geändert werden. Wir behalten dies also bei und bemerken noch, daß der für die mittlere Erdgeschwindigkeit G gefundene Wert von den Fehlern der Wellenlängen gänzlich frei ist, da wir auf allen Platten immer dieselben Linien gemessen haben, und somit

	km		
1902.3	-4.3	Frost u. Adams	8 Platten,
1903.1	-4.8	"	5 " Yerk. Obs. Vol. 2 p. 177
1902.4	-5.8	Newall	6 " Astroph. J. » 18 » 274
1903.3	-6.6	"	19 " Monthl. N. » 63 » 299
1902.4	-3.7	Lord	7 " " » 65 » 654
1903.4	-6.1	Belopolsky	9 " Astroph. J. » 21 » 317
1904.4	-5.5	"	18 " " » 19 » 102
			" " » 21 » 70

Für die Konstante der Erdgeschwindigkeit haben wir gefunden

$$G = 29.630 \pm 0.057 \text{ km}$$

wobei jedoch mit dem runden Wert für die Lichtgeschwindigkeit in vacuo $L = 300000$ km gerechnet war, der wahrscheinlich etwas zu groß ist. Der sicherste Wert von L ist noch immer der von Newcomb in den Astron. Papers of the American Ephemeris Vol. II p. 202 aus den älteren Beobachtungen von Foucault und Cornu und den späteren von Michelson und ihm selbst (1882) abgeleitete Mittelwert

$$L = 299860 \text{ km w. F. } \pm 30 \text{ km.}$$

Er ist neuerdings sehr nahe wieder bestätigt worden durch zwei Beobachtungsreihen, die der leider zu früh verstorbene Perrotin mit den großen Refraktoren der Sternwarte in Nizza nach der Methode von Fizeau angestellt und in den Comptes Rendus 1902 p. 881 kurz mitgeteilt hat. Die erste Reihe 1900 mit der Station la Gaude in 12 km Abstand ergab

$$L = 299900 \pm 80 \text{ km } 1500 \text{ Beob.}$$

die zweite 1902 mit der Station le Vinaigre in 46 km Abstand

$$L = 299860 \pm 80 \text{ km } 1109 \text{ Beob.}$$

zusammen aus beiden

$$L = 299880 \pm 50 \text{ km nach Perrotin.}$$

der oben berechnete w. Fehler von G als vollständig zu betrachten ist.

Anders verhält es sich mit der Bestimmung des absoluten Betrages V der Sternengeschwindigkeit. Soll dieser mit möglichster Schärfe ermittelt werden, so braucht allerdings auch hierzu die Linienzahl auf der einzelnen Platte nicht größer genommen zu werden, wegen des Auftretens des konstanten Plattenfehlers, wohl aber müssen auf den verschiedenen Platten möglichst viele verschiedene Linien gemessen werden, um den Fehler der Wellenlängen, der hier mit vollem Betrage eingeht, möglichst abzuschwächen. Der oben berechnete w. Fehler von V gleich ± 0.05 km enthält nur den Messungsfehler und dieser ist verschwindend klein gegenüber dem Wellenlängenfehler. Wir erhalten den letzteren sofort, wenn wir den früher gefundenen wahrscheinlichen Betrag des Liniensfehlers l_1 gleich ± 1.086 km dividieren mit $\sqrt{16}$; dies gibt ± 0.27 km.

Es folgt also die Geschwindigkeit des Arktur relativ zur Sonne, abgeleitet aus 16 Linien gemessen auf 18 Platten:

$$V = -4.83 \pm 0.27 \text{ km Epoche 1904.8.}$$

Zum Vergleich seien die in den letzten Jahren mit anderen Spektrographen gefundenen Werte, soweit sie bisher veröffentlicht sind, zusammengestellt:

Geben wir dem Mittelwert von Newcomb das dreifache Gewicht, so folgt als zur Zeit wahrscheinlichster Wert für die Lichtgeschwindigkeit in vacuo

$$L = 299865 \text{ km w. F. } \pm 26 \text{ km}$$

und der von uns beobachtete Wert für die mittlere Erdgeschwindigkeit lautet hiermit reduziert

$$G = 29.617 \pm 0.057 \text{ km;}$$

der w. F. von G wird durch den rechnungsmäßig noch hinzukommenden kleinen w. F. von L nicht merklich erhöht.

Es war oben, unter Annahme von Bessels Äquator, gefunden, daß der Sonnenparallaxe $p = 8''.800$ die mittlere Erdgeschwindigkeit $G = 29.765$ km entspricht. Beide Größen sind einfach umgekehrt proportional einander und zwar entspricht einer Änderung $dG = -0.100$ km eine Änderung $dp = +0''.0296$. Also folgt als beobachtet die

$$\text{Sonnenparallaxe } p = 8''.844 \text{ w. F. } \pm 0''.017$$

aus 18 Spektrogrammen des Arktur.

Dieses Resultat, das noch näher bei dem besten jetzt bekannten Werte $8''.80$ liegen würde, wenn man die schlechte Platte 205 weglassen wollte, erscheint beachtenswert in zweierlei Hinsicht. Erstens enthält es einen neuen, möglichst scharfen empirischen Beweis für die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips in seiner einfachen in der Reduktion angewandten

Form, und zweitens beweist sein kleiner wahrscheinlicher Fehler die Möglichkeit, die Sonnenparallaxe auf spektrographischem Wege mit aller wünschenswerten Schärfe zu bestimmen.

Es ist ja natürlich nicht meine Absicht gewesen, bereits durch diese ganz kurze Reihe von nur 18 Aufnahmen, deren jede zur Ausmessung einschließlich Justierung der Platte in beiden Lagen noch nicht zwei Stunden Arbeit erfordert hat, die Sonnenparallaxe mit einer Schärfe bestimmen zu wollen, die den besten älteren, auf ein ganz unvergleichlich viel größeres Beobachtungsmaterial gegründeten Bestimmungen gegenüber erheblich ins Gewicht fiele. Ich wollte vielmehr nur zeigen, und eben dies glaube ich erreicht zu haben, daß in der Tat die spektrographische Methode mit den anderen Methoden zur Bestimmung dieser wichtigsten astronomischen Konstante in Wettbewerb treten kann und also auch treten muß. Die einzelne Platte — das Beobachtungselement sozusagen, entsprechend etwa einem vollständigen Messungssatz am Heliometer — hat hier an diesem relativ kleinen Instrument von nur 30 cm Öffnung die Geschwindigkeit mit einem w. Fehler von ± 0.2 km ergeben, d. h. übertragen auf die Sonnenparallaxe von $\pm 0''.06$. Diese elementare Beobachtungsschärfe wäre schon genügend; man darf aber erwarten, daß die großen Spektrographen der Riesenrefraktoren, in ähnlicher Weise gehandhabt, mindestens die doppelte Genauigkeit müssen erzielen lassen. Weiter hindert nichts, den Reihen eine beliebige Ausdehnung zu geben und so das Gewicht des Resultates beliebig zu steigern, da man nicht, wie z. B. bei den Planetenoppositionen oder gar den Venusdurchgängen, an einzelne kurze Zeiträume gebunden ist.

Praktisch wird es am einfachsten und zweckmäßigsten sein, Reihen zur spektrographischen Bestimmung der Sonnenparallaxe zu vereinigen mit den von Frost angeregten und an verschiedenen Observatorien aufgenommenen Beobachtungen der Standard Velocity Stars, deren Liste sich noch etwas erweitern läßt. Am nördlichen Himmel kommen als genügend hell und genügend nahe an der Ekliptik außer α Bootis noch in Frage namentlich: α Arietis, α Persei, α Tauri, β Geminorum, ϵ Leonis, ϵ Virginis, η Bootis und vielleicht auch α Canis minoris, da die scharfe Elimination seiner Bahnbewegung möglich sein wird. Eine ähnliche Anzahl geeigneter Sterne dürfte am südlichen Himmel vorhanden sein.

Bonn, 1905 Juli 14.

Diese Sterne sind dann also, außer zur Opposition der allgemeinen Vergleichung der Instrumente wegen, auch noch in beiden Quadraturen zu beobachten, und zwar immer möglichst nahe im Meridian, oder doch in demselben kleinen Stundenwinkel, und selbstverständlich in derselben Lage des Instrumentes. Hierauf ist besonders zu achten und es darf deshalb die kleine Unbequemlichkeit der Beobachtung in den frühen Morgenstunden durchaus nicht gescheut werden, damit systematische Fehler, wie sie z. B. die Biegung des Spektrographen erzeugen kann, die vom Stundenwinkel und der Lage des Instrumentes abhängen, eliminiert werden. Wie denn überhaupt auf völlig gleichmäßiges Arbeiten bei der Aufnahme und bei der Ausmessung an jedem einzelnen Instrument und bei jedem einzelnen Stern das größte Gewicht zu legen ist. Dagegen ist es nicht notwendig, an den verschiedenen Instrumenten und bei den verschiedenen Sternen nach demselben Schema zu arbeiten; vielmehr wird in dieser Hinsicht eine möglichste Abwechslung, z. B. in der Wahl der Linien, gerade erwünscht sein.

Die ganze Methode ist so einfach und durchsichtig, und läßt sich so streng differentiell handhaben, daß systematische Fehler, deren Eliminierung bei den anderen Methoden zur Bestimmung der Sonnenparallaxe oft so schwierig ist, kaum zu befürchten sind. Bestehen bleibt zunächst noch ein Fehlereinfluß, nämlich der von etwaigen periodischen Bewegungen der betreffenden Sterne herrührende. Ob solche vorhanden sind, darüber werden gerade diese Beobachtungsreihen den besten Aufschluß geben, und es wird hierzu eben sich empfehlen, nicht bloß Aufnahmen zu den Zeiten der Quadraturen, auf die ich mich bei dieser Versuchsreihe hier beschränkt habe, sondern einige wenigstens auch zu anderen Zeiten und namentlich um die Opposition herum zu machen. Im Mittel aus einer größeren Zahl von Sternen könnten solche periodischen Bewegungen, selbst wenn sie unerkannt blieben, auch unmöglich einen konstanten Fehler im Resultat für die Erdgeschwindigkeit erzeugen, sondern höchstens nur den zufälligen Fehler vergrößern.

Durch die Bestimmung der Sonnenparallaxe mit Hilfe der Spektrographie wird ein neues festes Band zwischen Astrophysik und Astrometrie geknüpft, geeignet, diese beiden Zweige der Astronomie, die zu einer Zeit einmal stark auseinander zu streben schienen, eng miteinander zu verbinden, zum Nutzen beider.

F. Küstner.

Sonnenfinsternis 1905 August 30.

Mitteilung von Herrn Ph. Fauth, Landstuhl, 1905 August 30:

»In Landstuhl beobachtete ich die erste Berührung des Sonnenrandes gut $1^h 2^m 4^s$ und das Verlassen des der Sonnenmitte nahen großen Fleckes (letzte Berührung) $2^h 41^m 25^s$ M. E. Z.; um 3^h Uhrvergleichung mit dem telegraphischen Zeitsignal; Notierungen wohl innerhalb der Sekunde genau. Instrumente: a) Sucher von 5 cm (Vergr. 38), b) Sucher von 6 cm (Vergr. 18).«

Mitteilung von Dr. F. Ristenpart, Berlin, 1905 Aug. 31:

»Das Wetter bei der Sonnenfinsternis war in Berlin äußerst ungünstig; nur zwischen ziehenden Wolken konnte die Sonne erhascht werden. Auf der Urania-Sternwarte mißlangen Dr. Witt und mir die beabsichtigten Kontaktbeobachtungen. Dr. Donath konnte wenigstens mit dem 4-Zöller 10 photographische Aufnahmen erlangen (Bildgröße der Sonne 6 cm), die sich sehr brauchbar erweisen.«

Mitteilung von Prof. L. Weber, Kiel, 1905 Sept. 2:

»Im Anschlusse an meine Mitteilungen A.N. 2810 und 3664 betreffend die Finsternisse von 1887 Aug. 18-19 und