

Tafeln und Formeln
aus
Astronomie und Geodäsie

für die Hand des Forschungsreisenden,
Geographen, Astronomen und Geodäten

Von

Dr. Carl Wirtz

Universitätsprofessor in Straßburg i. E.

Vorbemerkung.

Die vorliegende Tafelsammlung setzt sich als allgemeine Grenze der Genauigkeit ungefähr die 5stellige logarithmische Rechnung. Mehr kann und soll sie nicht leisten. Verlangt der Rechner höhere Schärfe, so stehen ihm je nach dem Felde seiner Tätigkeit mehrere Tafelwerke zu Gebote, die auf dem Gebiete der Ortsbestimmung und der theoretischen Astronomie die 7stellige Genauigkeit innehalten¹⁾.

Was jene Tafeln in getrennten Sammlungen bieten, das vermag infolge der geringeren Genauigkeitsansprüche unsere Tafel in einem Bande zu vereinigen.

Sie verfolgt ein doppeltes Ziel. Der erste Teil ist der geographischen Ortsbestimmung und der mathematischen Geographie gewidmet. Berücksichtigt werden nur solche Methoden, die der Forschungsreisende in fernen Ländern mit kleinem Universalinstrument und Spiegelsextant wirklich einschlagen kann. Rechnungsgenauigkeit etwa $0^{\circ}1$ und $1''$. Beobachtungen am Passageninstrument blieben ganz außer acht. Denn dieser schwere Apparat ist kein Expeditionsinstrument. Der geographische Reisende, der in erster Linie Geograph und Geologe, nicht Astronom ist, wird sich neben einem leichten Universal nicht auch noch mit einem Durchgangsinstrument ausrüsten. So handelt es sich denn nur um Methoden, die auf Beobachtungen von Zenitdistanzen beruhen. Anders steht es um astronomisch-geodätische Expeditionen, etwa zur Festlegung eines kolonialen geodätischen Netzes; da treten Forderungen hervor, die diese Tafel nicht erfüllen will²⁾.

Der zweite Teil bringt eine Auswahl von Tafeln zur theoretischen Astronomie, die teils der Bahnbestimmung, teils der Ephemeridenrechnung dienen. Die Genauigkeitsgrenze ist wieder die einer 5stelligen logarithmischen Rechnung. Einige Inkonsistenzen hier wie im ersten Teil sind nur scheinbar. Bei genauerer Bahn- und Ephemeridenrechnung oder bei der Bearbeitung alter Kometen, deren

¹⁾ Th. Albrecht, Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen. 4. Aufl Leipzig 1908. VIII u. 348 S. gr. 8°. — L. Ambronn, J. Domke, Astronomisch geodätische Hilfstafeln. Mit 15 Nomogrammen. Berlin 1909. VI u. 142 S. gr. 8°. — J. Bauschinger, Tafeln zur theoretischen Astronomie. Mit 2 lithogr. Tafeln. Leipzig 1901. IV u. 148 S. gr. 8°.

²⁾ Vergl. des Verfassers „Allgemeine Bemerkungen zur Ortsbestimmung auf Reisen“, Zeitschr. f. Math. u. Phys. 64 (1917) 274.

mittlere Beobachtungsfehler häufig über $\pm 20''$ hinausgehen, wird man die Tafeln mit Gewinn gebrauchen.

Der Studierende und der Astronom findet in beiden Teilen des Buches alle diejenigen Tabellen und Zahlenwerte, deren er bei Beobachtungen an kleinen Instrumenten, an Universal und Refraktor, bei Kometen- und Planetenrechnungen bedarf. Der Forschungsreisende wird den I. Teil benutzen und der Astronom kann bei häufig vorkommenden genäherten Rechnungen sich mit Vorteil der kurzen Tafeln des II. Teiles bedienen, deren Schärfe in den für definitive Bahnbestimmungen und einfachere Störungsrechnungen bestimmten Teilen meist völlig zureicht. An geodätischen Tafeln und Formeln wurden einige mit aufgenommen, die bei der Bearbeitung von Messungen zur Kartierung eines Gebietes zur Hand sein sollen. Genauigkeit und Grad der Ausführlichkeit paßt sich eng dem Zweck an. Topographie blieb unberücksichtigt, es sei denn, daß man die in mehrfacher Einrichtung vorkommenden Tafeln zur barometrischen Höhenmessung dazu rechnen will.

Die Erläuterungen lehren den Gebrauch der Tafeln und führen in Beispielen die Methoden vor. Für einige Formelgruppen, die eine kompliziertere Rechnung, aber keine besonderen Tafeln erfordern, mußten Beispiele in die Zusammenstellung der Formeln eingereiht werden.

Interpolationstäfelchen sind nirgends beigegeben. Sie würden im Verhältnis zuviel Raum einnehmen und wären überdies von geringem Nutzen, da der erfahrene Rechner und sicher der moderne Forschungsreisende hier zum bequemeren und leistungsfähigeren Rechenschieber greift.

Die Sammlung wird auch für den Liebhaber der Astronomie von Wert sein, der neben den Tafeln zur mathematischen Geographie und theoretischen Astronomie einige weitere findet, die bei der Bearbeitung von Helligkeitsbeobachtungen nützlich sind. Dieselben Tafeln dienen dann freilich auch der Vorbereitung der Einzelheiten und der Reduktion für astrometrische Beobachtungen.

Das Buch entstand aus dem Wunsche, alle die Tafeln bequem zusammen zu haben, die bei vielen astronomischen Arbeiten, in Forschung und Lehre, gebraucht werden. Die Meinung über den Nutzen einer Tabelle hängt allerdings von Zufälligkeiten persönlicher Erfahrung, von Art und Umfang des Arbeitsgebietes ab. Die für jedes Zahlenwerk so wichtige typographische Ausgestaltung ließ sich den Zeitumständen angemessen noch befriedigend durchführen.

Bei der Korrektur bin ich in dankenswerter Weise von Dr. K. Schiller in Straßburg i. E. unterstützt worden.

Z. Zt. im Heeresdienst, Februar 1918.

C. Wirtz.

Empfehlenswerte Logarithmentafeln.

Sechsstellig: Bremikers logarithmisch-trigonometrische Tafeln mit sechs Dezimalstellen. Neu bearbeitet von Th. Albrecht. Berlin, R. Stricker.

E. Hammer, Sechsstellige Tafel der Werte $\log \frac{1+x}{1-x}$. Leipzig, B. G. Teubner 1902.

Fünfstellig: Th. Albrecht, Logarithmisch-trigonometrische Tafeln mit fünf Dezimalstellen. Berlin, P. Stankiewicz.

E. Becker, Logarithmisch-trigonometrisches Handbuch auf fünf Dezimalen. Leipzig, B. Tauchnitz.

C. Bremikers logarithmisch-trigonometrische Tafeln mit fünf Dezimalstellen. Besorgt von A. Kallius. Berlin, Weidmann. — Dezimale Unterteilung des Grades.

Dazu als Ergänzung:

M. von Rohr, Die Logarithmen der Sinus und Tangenten für 0° bis 5° und der Cosinus und Cotangenter für 85° bis 90° von tausendstel zu tausendstel Grad. Berlin, Weidmann, 1900.

F. G. Gauß, Fünfstellige vollständige logarithmische und trigonometrische Tafeln. Halle, E. Strien; Stuttgart, K. Wittwer.

J. Peters, Fünfstellige Logarithmentafel der trigonometrischen Funktionen für jede Zeitsekunde des Quadranten. Berlin, G. Reimer 1912.

F. W. Rex, Fünfstellige Logarithmentafeln. Stuttgart, J. B. Metzler 1884, 1904.

Vierstellig: C. Bremikers Tafeln vierstelliger Logarithmen. Besorgt von A. Kallius. Berlin, Weidmann. — Dezimale Unterteilung des Grades.

F. G. Gauß, Vierstellige logarithmische und trigonometrische Tafeln. Schulausgabe. Halle, E. Strien.

F. W. Rex, Vierstellige Logarithmentafeln. Stuttgart, J. B. Metzler.

Dreistellig: J. Peters, Dreistellige Tafeln für logarithmisches und numerisches Rechnen. Berlin, P. Stankiewicz 1913.

Dreistellige Logarithmentafeln sind auch diesem Buche (Tafel 72) angehängt.

Als astronomische Ephemeride ist für den Forschungsreisenden besonders geeignet

Astronomisch-Nautische Ephemeriden für das Jahr

Herausgegeben von dem k. k. maritimen Observatorium in Triest. Triest.

Das handliche Buch erscheint in deutscher und italienischer Ausgabe und hält in den Ortsangaben gerade die Genauigkeit inne, die für den Forschungsreisenden die Rechnungsschärfe bildet, nämlich $0''$ und $1''$.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Erläuterung der Tafeln	I
----------------------------------	---

Tafeln.

Erster Teil.

Tafeln zur mathematischen Geographie und Ortsbestimmung.

1a. Immerwährende Sonnenephemeride	3, 65
1b. Scheinbarer Radius und Horizontalparallaxe der Sonne	74
1c. Verbesserung k wegen Jahresanfang	74
2. Verwandlung von Bogenmaß in Zeitmaß	75
3. Verwandlung von Zeitmaß in Bogenmaß	76
4. Verwandlung der Mittleren Zeit in Sternzeit	77
5. Verwandlung der Sternzeit in Mittlere Zeit	78
6. Verwandlung von Stunden, Minuten und Sekunden in Dezimalteile des Tages und umgekehrt	79
7. Halbe Tagebogen	4, 80
8. Stundenwinkel im Ersten Vertikal	5, 82
9. Zenitdistanz im Ersten Vertikal	5, 84
10. Verwandlung der Thermometer- und Barometer-Skalen	86
11. Reduktion des Quecksilberbarometers auf 0° (Messingskala)	87
12. Verwandlung von Graden und Minuten in Sekunden	89
13a. Mittlere Refraktion	5, 90
13b. Verbesserung der mittleren Refraktion wegen Lufttemperatur	91
13c. Verbesserung der mittleren Refraktion wegen Luftdruck	92
13d. Logarithmische Refraktionstafel für große Zenitdistanzen	93
13e. Logarithmische Verbesserung der Refraktion wegen Luftdruck	95
13f. Logarithmische Verbesserung der Refraktion wegen Lufttemperatur	96
13g. Mittlere Refraktion als Funktion der wahren Zenitdistanz	97
14. Refraktionstafel für Mikrometermessungen	6, 98
15a. Kimmtiefe	7, 99
15b. Verbesserung der mittleren Kimmtiefe wegen Differenz der Wasser- und Lufttemperatur	99
16a. Zur Reduktion auf den Meridian: $m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$	8, 100
16b. Zur Reduktion auf den Meridian: $n = \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$	100
17. Stundenwinkel der größten Sonnenhöhe	9, 105
18. Höhenparallaxe der Sonne	106
19. Höhenparallaxe der Planeten	106

Bemerkung. Stehen bei den Seitenzahlen zwei Angaben, so bezieht sich die erste auf die Erläuterung im Text, die zweite auf die Tafel. Eine einzelne Seitenangabe gilt für die Tafel.

	Seite
20a. Genäherte Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris: R_o	9, 107
20b. Genäherte Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris: S_o	108
21a. Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris: M_o	10, 109
21b. Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris: N_o	110
22. Genähertes Azimut von Polaris	10, 111
23. Zur Berechnung des genauen Azimuts von Polaris	11, 113
24. Zur Berechnung des Azimuts für ein beliebiges Gestirn	11, 115
25. Parallaktische Vergrößerung des Mondradius	14, 120
26a. Verkürzung des Sonnen- und Mondradius durch Refraktion	14, 121
26b. Korrektion der vorstehenden Tafel 26a	121
27. Reduktion der Mondparallaxe	14, 121
28a. Zur Berechnung der Refraktion in Distanz: 41 ϱ } Mond-	15, 122
28b. Zur Berechnung der Refraktion in Distanz: A } distanzen:	123
28c. Zur Berechnung der Refraktion in Distanz: B } III. Korrektion	124
28d. Verbesserung der Refraktion in Distanz wegen Lufttemperatur	125
28e. Verbesserung der Refraktion in Distanz wegen Luftdruck	126
29. Höhenparallaxe des Mondes	127
30. Monddistanzen: IV. Korrektion, höhere parallaktische Glieder	15, 128
31. Monddistanzen: V. Korrektion, kleine parallaktische und Refrak-	
tionsglieder	16, 130
32. Monddistanzen: VI. Korrektion, Verbesserung wegen Erdfigur	16, 131
33. Monddistanzen: VII. Korrektion, Verbesserung wegen Sonnenpar-	
allaxe	16, 132
34. Genäherte Reduktion der scheinbaren auf wahre Monddistanz	21, 133
35. Zur Berechnung der Distanz naher Sterne	24, 135
36a. Präzession in Rektaszension $\mu\alpha$	24, 136
36b. Präzession in Deklination $\mu\delta$	24, 137
37. Zur Berechnung der Präzession in Rektaszension und Deklination	
und in den Bahnelementen	24, 138
38a. Differentielle Präzession in Rektaszension und Deklination	26, 139
38b. Zehnjährige Präzession in Positionswinkel	26, 146
39. Aberration in Positionswinkel und Distanz	27, 149
40. Ellipsoidische Erdfigur	28, 152
41. Tafeln zur sphäroidischen Übertragung	29, 154
42a. Meridianbogen M vom Äquator bis zur Breite φ	33, 157
42b. Interpolationsfaktoren der zweiten Differenzen für Minutenteilung .	33, 158
43. Zur Berechnung der parallaktischen Faktoren	33, 159
44. Dimensionen der Erde nach Helmert-Hayford	34, 160
45. Normalzeiten der wichtigeren Länder	161
46a. Maßvergleichungen	34, 162
46b. Lineare Ausdehnungskoeffizienten für 1° C innerhalb der gewöhn-	
lichen Gebrauchstemperaturen	35, 162
47. Barometrische Höhenmessung	35, 163
Ia. Schwerekorrektion für die geographische Breite	35, 163
Ib. Schwerekorrektion für Seehöhe	35, 163
IIa. Korrektion der Temperatur für Änderung der Schwere mit	
der Breite	36, 163
IIb. Korrektion der Temperatur für Feuchtigkeit	36, 164
IIc. Zur genäherten Berechnung des Dampfdrucks im oberen	
Niveau	36, 164
III. $18400 \cdot \log \frac{760}{p}$	36, 165
IV. Temperaturkorrektion	36, 166
V. Korrektion wegen Abnahme der Schwere mit der Höhe	36, 167

VI. Korrektionsfaktor zum Übergang auf linear mit der Höhe ab-	
nehmende Lufttemperatur	36, 167
VII. Zur genäherten Berechnung der Höhe	37, 168
VIII. Logarithmische Höhentafeln	38, 169
48. Sättigungsdrucke des Wasserdampfes	39, 171

Zweiter Teil.

Tafeln zur theoretischen Astronomie.

49. Julianische Periode	39, 172
50a. Wahre Anomalie in der parabolischen Bewegung	40, 174
50b. Wahre Anomalie in der Parabel für große v	41, 177
51a. Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen: $\log f, \log E$	42, 178
51b. Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen: $\log G$	179
51c. Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen: $\log H$	180
52. Perihelzeit in parabelnahen Bahnen	43, 181
53. Auflösung der Keplerschen Gleichung für $e < 0.25$	44, 182
54. Auflösung der Keplerschen Gleichung für $e < 0.6$	44, 182
55. Zur Ermittlung der Sehne in der parabolischen Bewegung . .	45, 183
56. Verhältnis $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}} = y$ in der Parabel	45, 183
57a. Verhältnis $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}} = y$ in Ellipse und Hyperbel: $\log y^2$	46, 184
57b. Zur Ermittlung von $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}} = y$ in Ellipse und Hyperbel: ξ	186
58 Enckes f-Tafel	48, 187
59. Zur Berechnung der Differentialquotienten in der Parabel . .	49, 188
60. Bahnverbesserung für große Exzentrizitäten	51, 191
61a. Interpolation nach der Besselschen Formel	53, 193
61b. Interpolation nach der Newtonschen Formel	53, 194
62. Astronomische Konstanten	55, 196
63. Mathematische Konstanten	196

Dritter Teil.

Formeln.

64. Berechnung der Beobachtungsfehler	55, 197
65. Auflösung von Gleichungen mit drei Unbekannten nach der Methode der kleinsten Quadrate	56, 198
66. Formeln zur Ortsbestimmung	59, 199
Zeitbestimmung aus einer Zenitdistanz	199
Breitenbestimmung aus einer Zenitdistanz	199
Berechnung der Zenitdistanz	199
Berechnung des Azimuts	200
Azimut und Zeit aus einer Distanzmessung	200
Längenbestimmung aus einer Sternbedeckung	204
67. Formeln zur theoretischen Astronomie	59, 209
Äquatoreale Koordinaten (α, δ) in ekliptikale (λ, β)	209
Anomalie und Radiusvektor in der Ellipse	209
Gaußsche Aquatorkonstanten	210
Geozentrischer Ort	210
Transformation der Bahnlage	211
Heliozentrische Koordinaten	212
Allgemeine Beziehungen in der Ellipse	212

Anhang.

	Seite
68. Refraktionstafeln nach Radau's Theorie	59, 213
68a. Normale Refraktion	60, 213
68b. Temperaturfaktor A	215
68c. Faktor α	216
68d. Faktor τ	216
68e. Luftdruckfaktor B	217
68f. Faktor β	217
69. Mittlere Extinktion	61, 218
a. Argument Wahre ZD	218
b. Argument Scheinbare ZD	218
70. Photometrische Größenklassen und Intensitäten	61, 219
71. Reduktion beobachteter Zeiten auf die Sonne. Scheinbare Sonnenlänge	62, 220
72. Dreistellige Logarithmentafel	221
a. Additions- und Subtraktionslogarithmen	221
b. Logarithmen der Zahlen	222
c. Logarithmen der trigonometrischen Funktionen	224
d. Logarithmen der trigonometrischen Funktionen der in Zeit ausgedrückten Winkel	227
73. Phasenwinkel	230, 231
74. Wahrscheinlichkeitsintegral	232

ERLÄUTERUNGEN.

I. Immerwährende Sonnenephemeride.

Als erste Tafel der Sammlung ist eine immerwährende Sonnenephemeride aufgenommen. Sie enthält im Hauptteil (Tafel Ia) die scheinbare Rektaszension, die scheinbare Deklination, die Zeitgleichung und die Sternzeit im mittleren Mittag auf 1° und $0'1$ genau, außerdem den Logarithmus des Radiusvektors R der Sonne auf 5 Dezimalstellen. Alle Angaben beziehen sich auf den mittleren Greenwicher Mittag. Für die Monate Januar und Februar stehen in der Argumentspalte unter G und S nebeneinander die für ein Gemeinjahr und ein Schaltjahr gültigen Daten.

Die Tafel Ib enthält den scheinbaren Sonnenradius auf $1''$ und die Äquatoreal-Horizontalparallaxe auf $0''1$ von 10 zu 10 Tagen. Mittlerer scheinbarer Sonnenradius = $15'59''63$, mittlere Horizontalparallaxe = $8''80$.

Durch die Tafel Ic wird die Übertragung der Sonnenephemeride auf ein beliebiges Jahr zwischen 1900 und 1950 ermöglicht. Sie gibt die Verbesserungen k wegen Jahresanfang in Bruchteilen des Tages an, die man Jahr für Jahr an die Greenwichzeit anbringen muß, bevor man in die Ephemeride eingeht. Die Schaltjahre sind durch ein * gekennzeichnet. Für Tafel Ib spielen diese Korrekturen k der Zeit keine Rolle.

Die Ephemeride gilt für eine Schiefe der Ekliptik $\varepsilon = 23^{\circ}27'0$. In den Jahren 1900—1950 kann durch diese feste Annahme von ε ein Fehler von $0^{\circ}3$ in die Rektaszension und $0'3$ in die Deklination hineingetragen werden, soweit er nur von der gleichförmigen Abnahme der mittleren Schiefe herröhrt. Infolge der Nutation und der Planetenstörungen treten weitere mögliche Fehler von 3° in Rektaszension und $0'2$ in Deklination hinzu.

Jedenfalls vermag man dieser Sonnenephemeride für den Tafelzeitraum Örter zu entnehmen, die auf etwa 3° und $0'5$ und auf 3 Einheiten der 5^{ten} Stelle im $\log R$ genau sind. Diese Schärfe reicht für viele Beobachtungen hin, wie sie der Forschungsreisende anstellt. Z. B. genügt sie, um das Azimut der Sonne zum Zweck der Bestimmung der magnetischen Deklination abzuleiten, sie genügt auch für manche genäherte Beobachtungen und Übungsrechnungen des Studierenden. Außerdem wird man es angenehm empfinden, stets eine Übersichtsephemeride der Sonne für einen langen Zeitraum zur

Hand zu haben, ohne auf die Bände der Jahressphemeriden zurückgreifen zu müssen.

Die seltener gebrauchte scheinbare Länge der Sonne (ζ) findet man mit der gleichen Genauigkeit aus der Tafel 71.

Beispiel. Gesucht Ort der Sonne (α , δ), Zeitgleichung (ζ), Radiusvektor ($\log R$) für 1904 Februar 23 4^h 22^m 4^s M. Z. Greenwich und die Sternzeit (Θ_0) im mittleren Greenwicher Mittag dieses Tages.

$$\begin{array}{r} 1904 \text{ Febr. } 23\cdot182 \\ k + 0\cdot391 \\ \hline \text{Febr. } 23\cdot573 \end{array}$$

Die einfache Interpolation für Febr. 23·573 liefert

$$\alpha 22^{\text{h}} 22^{\text{m}} 14^{\text{s}} \quad \delta - 10^{\circ} 10' 5'' \quad \zeta + 13^{\text{m}} 39^{\text{s}} \quad \log R 9\cdot99544$$

Um Θ_0 zu erhalten, schaltet man für Febr. 23 + k = Febr. 23·391 ein und findet $\Theta_0 22^{\text{h}} 7^{\text{m}} 52^{\text{s}}$

Aus dem Nautical Almanac 1904 ergeben sich in guter Übereinstimmung dieselben Größen wie folgt

$$\begin{aligned} \alpha 22^{\text{h}} 22^{\text{m}} 15^{\text{s}} \quad \delta - 10^{\circ} 10' 4'' \quad \zeta + 13^{\text{m}} 41^{\text{s}} \quad \log R 9\cdot99545 \\ \Theta_0 22^{\text{h}} 7^{\text{m}} 51^{\text{s}} \end{aligned}$$

Einfach konstruierte Sonnentafeln, aus denen sich der Ort der Sonne mit geringer Mühe für beliebige Zeiten zwischen —800 und +2200 auf $\pm 1''$ genau berechnen lässt, hat Stürmer herausgegeben:

C. M. Stürmer, Sonnentafeln nach Leverriers Elementen der Sonnenbahn. Ein Hilfsbuch für Chronologie, Astronomie, mathematische Geographie und Nautik. 75 S. Würzburg 1875. 4°.

Diese Tafeln genügen bei der Bearbeitung von Kometen früherer Jahrhunderte, auch noch für die meisten Kometen des 18. Jahrhunderts.

2. Verwandlung von Bogenmaß in Zeitmaß.

3. Verwandlung von Zeitmaß in Bogenmaß.

4. Verwandlung der mittleren Zeit in Sternzeit.

5. Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit.

6 Verwandlung von Stunden, Minuten und Sekunden in Dezimalteile des Tages und umgekehrt.

7. Halbe Tagbogen.

Die Tafel berücksichtigt die Refraktion im Horizont. Der Stundenwinkel t im Moment des scheinbaren Auf- und Unterganges ergibt sich aus:

$$\cos t = \frac{\cos 90^\circ 35' - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

Bequemer ist es aber, zuerst den Stundenwinkel im Horizont ohne Refraktion zu berechnen nach:

$$\cos t = -\tan \varphi \tan \delta, \text{ oder nach: } \tan \frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos(\varphi + \delta)}}$$

und dann die Verbesserung dt wegen Refraktion an den Stundenwinkel des wahren Auf- oder Unterganges anzubringen:

$$dt = \frac{2^m 33}{\sqrt{\cos(\varphi - \delta) \cos(\varphi + \delta)}}$$

8, 9. Stundenwinkel und Zenitdistanz im Ersten Vertikal.

$$\cos t = \frac{\tan \delta}{\tan \varphi}$$

$$\cos z = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi}$$

$$\tan \frac{1}{2}t = \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta)}{\sin(\varphi + \delta)}} \quad \tan \frac{1}{2}z = \sqrt{\frac{\tan \frac{1}{2}(\varphi - \delta)}{\tan \frac{1}{2}(\varphi + \delta)}}$$

10. Verwandlung der Thermometer- und Barometer-Skalen.

II. Reduktion des Quecksilberbarometers auf 0° (Messingskala).

12. Verwandlung von Graden und Minuten in Sekunden.

13. Refraktion.

Die Refraktionstafel ist in doppelter Anordnung gegeben.

Auf die Tafel der numerischen mittleren Refraktion (Tafel 13a), die für 760 mm Luftdruck und $+10^\circ C$ Temperatur gilt, folgen die numerischen Korrekturen wegen Temperatur und Luftdruck (Tafel 13 b, c), ausreichend bis $85\frac{1}{2}^\circ$ Zenitdistanz. Thermometer- und Barometergrenzen sind soweit gesteckt, daß die Tafeln auch für extreme Fälle ausreichen, wie sie auf Forschungsreisen in polaren Regionen und in großen Meereshöhen vorkommen (Hochasien, Anden, Südpolarkontinent, Grönlandisches Inlandeis).

Für große Zenitdistanzen wäre die Interpolation unbequem, die Rechnung ungenau geworden. Da aber Messungen in niedrigen Höhen, insbesondere bei Polarreisen, sich nicht vermeiden lassen und ausgenutzt werden müssen, wurde von 85° an die Refraktions-tafel logarithmisch gegeben (Tafel 13 d—f). Vier Dezimalen entsprechen der Genauigkeit der Beobachtungen sowohl als auch der Refraktionswerte. Die Refraktion in Bogensekunden geht hervor durch die Formel:

$$\log \text{Refr.} = \log (\alpha \tan z) + A \log B + \lambda \log \gamma$$

Die numerische Refraktionstafel gibt die Besselschen Werte wieder, die logarithmische enthält die $\log(\alpha \operatorname{tg} z)$, λ und A nach den auf Gyldéns Theorie gestützten „Tables de réfraction de l'observatoire de Pulkovo“¹⁾ in vereinfachter und abgekürzter Gestalt; doch sind auch hier die logarithmischen Verbesserungen wegen Barometer und Thermometer nach Bessel angesetzt.

Hat als Barometer ein Quecksilberbarometer gedient, so ist die Ablesung zunächst auf 0° zu reduzieren (Tafel 11).

Die „mittlere Refraktion als Funktion der wahren Zenitdistanz“ (Tafel 13g) braucht man bei Berechnung der scheinbaren Zenitdistanz aus der wahren. Bis 70° kann man innerhalb der Genauigkeitsgrenze von $0''.5$ die Argumente als identisch annehmen. Die numerischen Verbesserungstafeln wegen Barometer und Thermometer (Tafel 13b, c) gelten auch hier.

Beispiel 1.	Scheinb. ZD = $80^\circ 45'$	Bar. auf 0° = 671 mm
		Therm. = + $33^\circ 5$
	Mittl. Refr. $5' 43''$	
	Verbess. wegen Temp. - 27	
	" " Luftdruck - 37	
		Wahre Refr. 4 39

Beispiel 2.	Scheinb. ZD = $87^\circ 22' 43''$	Bar. auf 0° = 768.8 mm
		Therm. = - $10^\circ 3$
	$\lg \alpha \operatorname{tg} z$ 2.9684	λ 1.259 A 1.028
	$\lg B + 99$	$A \lg B + 102$
	$\lg \gamma + 311$	$\lambda \lg \gamma + 392$
		lg Refr. 3.0178 Refr. = $1042'' = 17' 22''$

Die Verwandlung der Bogensekunden in Minuten lässt sich aus Tafel 12 entnehmen. —

Beim Gebrauch der Refraktionstafel möge man sich stets vergegenwärtigen, daß die Refraktionstafel eine physikalische Tafel ist, keine Logarithmentafel.

Refraktionstafeln nach Radaus Theorie bringt der Anhang, Tafel 68.

14. Refraktionstafel für Mikrometermessungen.

Zur bequemeren und strengen Berechnung der Refraktion für Mikrometermessungen hat Bessel²⁾ eine besondere Konstante eingeführt, auf die man zurückgreifen muß, wenn es sich um große Abstände der verbundenen Gestirne handelt, also um Distanzen, wie

¹⁾ Petersburg 1905.

²⁾ F. W. Bessel, Astron. Untersuch. I (1841), S. 198.

sie die photographische Platte, das Heliometer oder auch ein Spiegelinstrument zulassen. Für fadenmikrometrische Messungen im Felde des Fernrohrs führen einfachere Formeln zum Ziel, wenn überhaupt die Strahlenbrechung eine Rolle spielt; jedenfalls dürfen dann Barometer und Thermometer wohl immer vernachlässigt werden.

Hier sei nur der am häufigsten vorkommende Fall angeführt. Eine gemessene Distanz s' soll wegen Refraktion verbessert werden. Wir bilden zunächst aus Tafel 14 (Argument wahre Zenitdistanz ζ) die Konstante κ unter Berücksichtigung der meteorologischen Ablesungen:

$$\log \kappa = \log \kappa_0 + A_0 \log B + \lambda_0 \log \gamma$$

wo $\log B$ und $\log \gamma$ den Tafeln 13 e, f entnommen werden. Bezeichnet ferner

ζ die wahre Zenitdistanz der Mitte des die beiden Sterne verbindenden Bogens

p den Positionswinkel der verbundenen Sterne in der Bogenmitte

q den parallaktischen Winkel in der Bogenmitte

s' die scheinbare (gemessene) Distanz in Bogensekunden

s die wahre Distanz

so ist die Verbesserung Δs von s' wegen Refraktion

$$s - s' = \Delta s = s' \kappa (1 + \tan^2 \zeta \cos^2(p - q))$$

$p - q$ stellt den Winkel dar, den die Distanz mit dem Vertikalkreis einschließt. Der parallaktische Winkel q kann leicht mit Hilfe der Tafel 24 (vgl. die Erläuterung dazu) abgeleitet werden.

Beispiel. $s' = 6923''42$ $\zeta = 82^\circ 34'3$ $p - q = 114^\circ 23'$

Bar. = 771 mm Therm. = -6°

$$\begin{array}{l} \text{tg}^2 \zeta \ 1.7696 \\ \cos^2(p - q) \frac{9.2316}{1.0012} \end{array} \quad \begin{array}{l} \lg \kappa_0 \ 6.3597 \quad A_0 \ 0.989 \quad \lambda_0 \ 1.164 \\ \lg B + 111 \quad A_0 \lg B + 110 \\ \lg \gamma + 241 \quad \lambda_0 \lg \gamma + 280 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \lg \kappa \ 6.3987 \\ \lg s' \ 3.8403 \end{array}$$

$$\lg(1 + \tan^2 \zeta \cos^2(p - q)) \frac{1.0425}{\text{lg } \Delta s \ 1.2815}$$

$$\Delta s = +19''12 \quad s = 6942''54$$

15. Kimmtiefe.

Befindet sich der Reisende an der Küste, so kann er sich für Beobachtungen, die nicht alle mit seinen Expeditionsmitteln erreichbare Genauigkeit verlangen, die Beziehung zur Lotlinie durch die Kimm herstellen und mit dem Sextanten Kimmabstände messen. Bedeutet h die Augeshöhe des Beobachters über dem Meeresspiegel in Meter, so ist die Kimmtiefe k gegeben durch

$$k = 1'779 \sqrt{h}$$

Durch die Anbringung der Verbesserung $\Delta k = o'37$ ($t_w - t_L$) wird man in den meisten Fällen einen Gewinn an Genauigkeit erzielen. Man bedarf dazu der Kenntnis der Lufttemperatur t_L in Augeshöhe und der Wassertemperatur t_w ; letztere wird man sich schwer beschaffen können, wenn man sich an einer Steilküste hoch über dem Wasser befindet.

Der Hauptsache nach soll aber auch die Tabelle für Δk den Beobachter nur vor allzu großem Vertrauen auf die Kimmtiefentafel warnen.

16. Zur Reduktion auf den Meridian.

Zenitdistanzen, die in Stundenwinkel nicht weit vom Meridian entfernt beobachtet sind, lassen sich bequem auf die Kulminationszenitdistanz reduzieren und ergeben dann die Breite φ nach der einfachen Meridianformel.

Es sei

$$A = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin z_0}, \quad \begin{aligned} z_0 & \text{ Meridian-Zenitdistanz:} \\ z_0 & = \varphi - \delta \text{ für obere Kulmination} \\ z_0 & = 180^\circ - (\varphi + \delta) \text{ für untere Kulmination} \end{aligned}$$

so kommt

$$\varphi = \delta + z - A \cdot m + A^2 \cdot \cotg z_0 \cdot n$$

Die Größen

$$m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin i''} \quad \text{und} \quad n = \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$$

enthält die Tafel 16; sie reicht in Stundenwinkel bis 40^m und genügt für alle zweckmäßig angelegten Beobachtungen. Die vernachlässigten Glieder übersteigen in keinem praktisch vorkommenden Falle den Betrag von $o'5$. Allzu große Annäherung an das Zenit wird man ja schon aus instrumentellen Gründen zu meiden suchen.

Beispiel. $t = + 24^\text{m} 30^\text{s} 4$ $\delta = - 3^\circ 0' 0''$ $\varphi = + 51^\circ 32'$

$$\begin{array}{r} \text{Wahres } z \quad 54^\circ 45' 29'' \\ \delta \quad - 3 \quad 0 \quad 0 \\ \hline \text{Red. auf Mer.} \quad \underline{14 \quad 57} \\ \varphi \quad + 51 \quad 30 \quad 32 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \varphi \cos 9.7938 & \lg A^2 9.765 & m = 1178''1 \\ \delta \cos 9.9994 & \cotg z_0 9.853 & n = \quad 3.36 \\ z_0 = 54^\circ 32' \cosec 0.0891 & \lg n \quad 0.526 & \\ \lg A \quad 9.8823 & & 0.144 \\ \lg m \quad \underline{3.0711} & & \\ 2.9534 - 898''2 & & \\ + \quad 1.4 & & \\ \hline \text{Red. auf Mer.} - 14' 56''8 & & \end{array}$$

17. Stundenwinkel der größten Sonnenhöhe.

Liegt eine Reihe von Zirkummeridian-Zenitdistanzen der Sonne vor, so hätte man für jede gemessene Zenitdistanz die zugehörige Sonnendeklination zu nehmen und die Rechnung für jeden Stundenwinkel mit einer anderen Deklination zu führen. Statt dessen verfährt man bequemer, wenn man die Stundenwinkel der Sonne nicht vom Meridian, sondern vom Moment der größten Sonnenhöhe aus zählt. Bewegte Gestirne erreichen ja die größte Höhe nicht im Meridian, sondern bei wachsender Deklination (Bewegung gegen Norden) erst nach dem Meridiandurchgang, bei abnehmender Deklination vor dem Durchgang. Dieser Stundenwinkel σ der größten Höhe ergibt sich durch:

$$\sigma = 0^{\circ}2546 (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \delta) \mu$$

wo μ die stündliche Änderung der Sonnendeklination um Mittag bezeichnet. Man kann nun alle Beobachtungen mit nur einer Deklination berechnen, wenn man diese für den Augenblick des wahren Mittags der Ephemeride entnimmt. Zur bequemen Bestimmung von σ dient Tafel 17, die die Größen

$$a = 0^{\circ}2546 \operatorname{tang} \varphi \quad b = -0^{\circ}2546 \operatorname{tang} \delta$$

und μ enthält, daneben zur Übersicht auch noch die Sonnendeklinationen auf volle Grade gibt. Die Vorzeichen für a und b sind von der Seite des Arguments her zu entnehmen. Dann ist

$$\sigma = (a + b) \mu$$

Beispiel. Oktober 1 $\varphi = +51^{\circ}5$ $\delta = -3^{\circ}0$

$$\begin{array}{r} a \quad +0^{\circ}320 \\ b \quad +0^{\circ}013 \\ \hline a + b \quad +0^{\circ}333 \end{array} \quad \mu = -58'' \quad \sigma = -19^{\circ}4$$

d. h. die größte Höhe der Sonne tritt $19^{\circ}4$ vor dem wahren Mittag ein.

18. Höhenparallaxe der Sonne.

19. Höhenparallaxe der Planeten.

20, 21. Polarisbreite.

Zur Berechnung der Polhöhe aus Zenitdistanzen von Polaris sind zwei Tafeln beigegeben. Die eine dient zur genäherten Ableitung des Ergebnisses auf etwa $0^{\circ}1$ genau, die andere soll die genaue Berechnung erleichtern.

Als fester Wert der Poldistanz p_0 , mit dem alle Polaristabellen entworfen sind, wurde genommen

$$p_0 = 4000'' = 1^{\circ}6'40'' \text{ oder } \delta = +88^{\circ}53'20''$$

eine Deklination, die Polaris um 1922 erreichen wird. Zum Übergang auf wahre Poldistanz p der Epoche sind die Täfelchen für $\frac{p}{p_0}$, $\frac{p^2}{p_0^2}$, $\frac{p^3}{p_0^3}$ hinzugefügt.

Zur genäherten Polhöhenbestimmung genügt die Formel

$$\varphi = (90^\circ - z) + \frac{p}{p_0} R_0 + \frac{p^2}{p_0^2} S_0$$

wo $R_0 = -p_0 \cos t$ und $S_0 = \frac{1}{6} p_0^3 \sin i' \tan \varphi \sin^2 t$

R_0 und S_0 nebst den Verbesserungsfaktoren für andere Deklinationen findet man in den Tafeln 20a, b.

Soll die Bogensekunde innegehalten werden, so berechnet man das einfache Hauptglied $-p \cos t$ direkt mit der wahren Deklination der Epoche; das zweite und dritte Glied leitet man mit Hilfe kurzer Täfelchen (21a, b) ab. Setzen wir

$$M_0 = \frac{1}{6} p_0^3 \sin i'' \tan \varphi \quad N_0 = \frac{1}{6} p_0^3 \sin^2 i'' (1 + 3 \tan^2 \varphi) \sin^2 t \cos t$$

so wird:

$$\varphi = (90^\circ - z) - p \cos t + \frac{p^2}{p_0^2} M_0 \sin^2 t + \frac{p^3}{p_0^3} N_0$$

Beispiel. 1915 Oktober 6 in $\varphi = +45^\circ 40'$.

$$\begin{aligned} \text{Wahres } z &= 43^\circ 25' 27'' & t &= 21^h 48^m 31^s & \delta_{\text{app}} &= +88^\circ 51' 25'' \\ p &= 1^\circ 8' 35'' = 4115'' \end{aligned}$$

Genäherte Rechnung (Tafel 20a, b).

$$\begin{array}{r} 90^\circ - z \quad 46^\circ 34' 6 \\ R = -56.0 \times 1.029 \quad - 57.6 \\ S = +0.2 \times 1.06 \quad + 0.2 \\ \hline \varphi = +45^\circ 37' 2 \end{array}$$

Strenge Rechnung (Tafel 21a, b).

$$\begin{array}{lll} \lg p \quad 3.61437 & M = 40'' \times 1.059 = 42'' 3 & 90^\circ - z \quad 46^\circ 34' 33'' \\ \hline \cos t \quad 9.92423 & \lg M \quad 1.626 & -p \cos t \quad - 57.36.2 \\ 3.53860 & \sin^2 t \quad \frac{9.469}{1.095} & + M \sin^2 t \quad + 12.4 \\ 3456'' 2 & & + N \quad + 0.2 \\ & & \hline & & \varphi = +45^\circ 37' 9'' \end{array}$$

22, 23. Polarisazimut.

Tafeln für das Azimut des Polarsterns findet man ebenfalls in zweifacher Anordnung.

Der Tafel 22 für das genäherte Azimut liegt wieder die Poldistanz $p_0 = 4000''$ zugrunde. Sie liefert die Azimute bei sorgfäl-

tiger Interpolation auf $1' - 2'$ genau, und das reicht in den meisten Fällen für die Bestimmung der magnetischen Deklination mit Expeditionsmitteln. Selbst für die Orientierung einer fliegenden Vermessung kommt man mit der Bogenminute aus. Das Azimut A_n wird vom Nordpunkt aus positiv über Ost, Süd, West gezählt. Für andere Poldistanzen p hat man den Tafelwert A_o mit dem Faktor $\frac{p}{p_0}$ zu multiplizieren. Die Vorzeichen stehen auf der Seite des Vertikalargumentes (Stundenwinkel).

Der genauen Bestimmung des Azimutes des Polarsterns dient die nächste Tafel 23. Die strenge Formel für A_n ist bequemer als irgend eine der bisher zur Tabulierung benutzten Reihenentwicklungen. Setzt man:

$$a = \cot \delta \tan \varphi \cos t$$

so ist:

$$\tan A_n = -\cot \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{I-a}$$

Die Größe $\log \frac{I}{I-a}$ enthält die Tafel 23 in Einheiten der

fünften Dezimale mit dem Argument $\log a$. Das Vorzeichen von a ist zu beachten. Die Methode genügt rechnungsmäßig für die Festlegung der Seitenrichtung in einem kolonialen Dreiecksnetz und ist auch für geographische Zwecke jederzeit bequem. Fünfstellig gibt sie noch in den Digressionen von Polaris Bruchteile der Bogensekunde (etwa $0''2$), vierstellig bleibt die zehntel Minute immer sicher.

Beispiel. 1915 Oktober 10 in $\varphi = +36^\circ 47' 50''$.

$$t = +2^h 5^m 36^s \quad \delta_{app} = +88^\circ 51' 26'' \quad p = 1^\circ 8' 34'' = 4116''$$

Genäherte Rechnung
(Tafel 22).

$$A_o = -44' \quad \frac{p}{p_0} = 1.029$$

$$A_n = -0^\circ 45' 13''$$

Strenge Rechnung
(Tafel 23).

$$\begin{aligned} &-\cot \delta \quad 8.29990_n \quad \cot \delta \quad 8.29990 \\ &\sec \varphi \quad 0.09650 \quad \text{tg } \varphi \quad 9.87392 \\ &\sin t \quad 9.71685 \quad \cos t \quad 9.93123 \\ &\lg \frac{I}{I-a} + 557 \quad \lg a \quad 8.10505 \\ &\text{tg } A_n \quad 8.11882_n \\ &A_n = -0^\circ 45' 11'' 6 \end{aligned}$$

24. Zur Berechnung des Azimuts für ein beliebiges Gestirn (Zeitazimut).

Bei der Verwertung der astronomischen Messungen zur Standlinienmethode bedarf man der Kenntnis des genäherten Azimuts A der beobachteten Gestirne aus φ , δ und t , ebenso zur raschen Be-

stimmung der magnetischen Deklination und zu Hilfs- und Reduktionsrechnungen mancherlei Art. Liegt die Genauigkeitsgrenze bei etwa $0^{\circ}1$, so läßt sich das Azimut mit einer kurzen Tafel bequem und sicher ableiten, einer Tafel, die meines Erachtens den umfangreichen Azimuttabellen verschiedener Konstruktion vorzuziehen ist. Die eleganteste dieser Tabellen, Perrins A-B-C-Tafel, die man in allen neueren nautischen Tafelsammlungen findet, nimmt mindestens 18 Seiten größten Formats ein, verlangt ein dreimaliges Eingehen in drei Tafeln mit je zwei Argumenten und eine algebraische Addition zweier den Tafeln entnommenen Größen. Überdies ist geographische Breite und Deklination auf Werte unter 60° beschränkt. An Arbeit wird gegenüber der hier gegebenen Formel nichts gewonnen, an Sicherheit und Genauigkeit stehen jene Tafeln unserer kleinen dreistelligen Rechnung nach, die stets $0^{\circ}1$ genau ergibt.

Zählen wir das Azimut A vom Nordpunkt aus über Ost, Süd, West herum, so rechnen wir:

$$a = \cot \delta \tan \varphi \cos t$$

$$\tan A = \cot \delta \sec \varphi \sin t \frac{I}{a - I}$$

Die Tafel 24 gibt nun mit dem Argument $\log a$ den Wert $\log \frac{I}{a - I}$ auf 3 Stellen, und das genügt, um in allen Fällen des Zehntel Grades versichert zu sein. Man hat auf das Vorzeichen von a zu achten und danach den Tafelteil zu wählen, in den man mit $\log a$ eingehen muß. Die Tangente läßt das Azimut A um 180° zweideutig, aber um diesen Betrag ist man nie in Ungewißheit.

Beispiel 1.

$$\begin{array}{ll} \delta = -23^{\circ}07 & \cot 0.371_n \quad \cot 0.371_n \\ \varphi = -50.52 & \sec 0.196 \quad \tg 0.084_n \\ t = -6^h 34^m 1^s = -98^{\circ}50 & \sin 9.995_n \quad \cos 9.170_n \\ & \lg \frac{I}{a - I} 9.848_n \quad \lg a 9.625_n \\ & \hline \end{array}$$

$$\tg A 0.410_n$$

$$A = N 111^{\circ} 3 O = S 68^{\circ} 7 O$$

Beispiel 2.

$$\begin{array}{ll} \delta = -12^{\circ}97 & \cot 0.638_n \quad \cot 0.638_n \\ \varphi = +46.87 & \sec 0.165 \quad \tg 0.028 \\ t = -3^h 1^m 16^s = -45^{\circ}32 & \sin 9.852_n \quad \cos 9.847 \\ & \lg \frac{I}{a - I} 9.371_n \quad \lg a 0.513_n \\ & \hline \end{array}$$

$$\tg A 0.026_n$$

$$A = N 133^{\circ} 3 O = S 46^{\circ} 7 O$$

Beispiel 3 (Polarstern).

$$\begin{aligned}
 \delta &= +88^\circ 86 & \cot 8.300 & \cot 8.300 \\
 \varphi &= +36.80 & \sec 0.097 & \operatorname{tg} 9.874 \\
 t &= +2^h 5^m 36^s = +31^\circ 40' & \sin 9.717 & \cos 9.931 \\
 && \lg \frac{I}{a-I} 0.005_n & \lg a 8.105 \\
 && \hline
 && \operatorname{tg} A 8.119_n
 \end{aligned}$$

$$A = N 179^\circ 25' + 180^\circ O = N 0^\circ 75' W$$

Mit Hilfe der gleichen Tafel läßt sich in ebenso bequemer Weise der parallaktische Winkel q am Gestirn berechnen. Wir haben dann:

$$\begin{aligned}
 a &= \cot \varphi \tan \delta \cos t \\
 \tan q &= -\cot \varphi \sec \delta \sin t \frac{I}{a-I}
 \end{aligned}$$

25—34. Monddistanzen.

Die Methode der Monddistanzen bewährt ihre Leistungsfähigkeit in hohen Breiten, auf Polarreisen. In niederen Breiten bieten sich zur Längenbestimmung heutigen Tages die drahtlosen Signale dar und das Gewicht der Empfangsapparate für Funkentelegraphie ist geringer als das der Instrumente, deren man zur genauen Bestimmung des Mondortes bedarf, dessen Schärfe zur Längenbestimmung überdies nie an die der drahtlosen Signale heranreicht, ganz abgesehen von der Einfachheit in Beobachtung und Rechnung, die die Signale vor den Mondmethoden voraus haben. Bei Reisen in polaren Gebieten aber befindet man sich meistens, so in der Antarktis, außerhalb der Reichweite der großen drahtlosen Stationen, und dann wird in Polnähe die Längenbestimmung oder die Bestimmung der Greenwich-Zeit durch Monddistanzen gleichwertig mit den topographischen Aufnahmen der Expedition.

Die zufällige Genauigkeit, die man bei der Messung von Monddistanzen an Spiegelinstrumenten erreicht, wird den mittleren Fehler $\pm 20''$ kaum unterschreiten. Wir dürfen demnach die Methode zur Berechnung so auswählen, daß sie die einzelne Bogensekunde nicht mehr zu verbürgen braucht. Die kürzeste und übersichtlichste Reduktion der scheinbaren topozentrischen Distanz auf die wahre geozentrische besteht nun darin, daß man nur die wesentlichste Verbesserung, nämlich das Hauptglied der Parallaxenwirkung des Mondes auf die Distanz direkt genau berechnet. Alles Übrige, also die Summe der Refraktion und der höheren Glieder der Parallaxe pflegt man dann einer Tafel mit drei Argumenten (der scheinbaren Distanz und den Höhen der beiden Gestirne) zu entnehmen, die indes weder bequem noch genau in der Interpolation ist. Sie beansprucht ferner

einen großen Raum, nämlich je nach der Anordnung bis zu 22 Seiten größten Formates (Elfordsche Methode).

Hier ist ein anderer Weg eingeschlagen. Die einzelnen Glieder werden getrennt behandelt und zu ihrer Ermittelung Tafeln gegeben, die entweder direkt oder durch eine kleine Rechnung zum Ziele führen. Diese Trennung erlaubt auch eine strenge Berücksichtigung der einzelnen bestimmenden Elemente, so der Thermometer- und Barometerstände für die Refraktion und der schwankenden Größe der Mondparallaxe für die höheren Glieder der parallaktischen Verschiebung. Außerdem wird von vornherein die Erdfigur in einer einfachen Weise eingeführt, bei der man des Mondazimutes nicht bedarf.

Zunächst seien die einzelnen für die Reduktion der Monddistanzen zusammengestellten Tabellen kurz besprochen.

Tafel 25 enthält die Vergrößerung des Mondradius durch die parallaktische Wirkung. Die immer positive Korrektion verwandelt den Radius der Ephemeride in den scheinbaren topozentrischen Mondradius, ohne Strahlenbrechung. Diese bewirkt wiederum eine Zusammendrückung der Mond- und Sonnenscheibe, und den Betrag der Verkürzung geben die Tafeln 26a, b an mit den beiden Argumenten Zenitdistanz (ZD) z des Gestirns und Winkel q der gemessenen Distanz mit dem Vertikalkreis. Die Haupttafel 26a gilt für Barometer 760 mm, Thermometer +10° und den mittleren Radianwert 15'40"; den Übergang auf andere scheinbare Radien vermittelt das Täfelchen 26b. Bei großen Refraktionsbeträgen in Radius könnte man mit den Tafeln 13b, c noch den Stand der meteorologischen Instrumente berücksichtigen. Hat man den Winkel q bei der Messung nicht mitgeschätzt, so findet man ihn leicht durch eine dreistellige Rechnung nach der Formel

$$\tan \frac{q_{\odot}}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s - z_{\odot}) \sin(s - D)}{\sin s \sin(s - z_{\odot})}} \quad \tan \frac{q_{\zeta}}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s - z_{\zeta}) \sin(s - D)}{\sin s \sin(s - z_{\odot})}}$$

$$s = \frac{z_{\zeta} + z_{\odot} + D}{2}$$

z_{ζ} scheinbare ZD des Mondes

z_{\odot} „ „ „ der Sonne

D „ „ Distanz.

Mit \odot (Sonne) soll weiterhin das mit dem Mond verbundene Gestirn bezeichnet werden, also auch Planet oder Fixstern.

Die Äquatoreal-Horizontalparallaxe Π des Mondes wird vor Beginn der Rechnung durch die positive Korrektion

$$d\Pi = +\Pi \frac{e^2 \sin^2 \varphi}{2}$$

übertragen auf den Punkt, in dem die Vertikale im Beobachtungsort die Erdachse schneidet. Dieser Punkt heißt der Normalpunkt des Beobachtungsortes. Für $d\text{II}$ hat man Täfelchen 27; e ist die Exzentrizität der Meridianellipse der Erde, also $\log e^2 = 7.8275$ mit der Abplattung $a = \frac{1}{297}$.

Zur Berechnung der Refraktion in Distanz dient die Tafelgruppe 28a—e.

Die mittlere Besselsche Refraktion ϱ für 751.5 mm, +9°3 lässt sich darstellen in der Form:

$$\varrho = 57''796 \operatorname{tang}(z - 4.1\varrho) \\ [1.76190]$$

Bis $ZD = 80^\circ$ erreicht der Fehler dieser Formel erst 0''04, bei $ZD 83^\circ$ beträgt er 0''8, bei 84° wächst er auf 1''. Jedenfalls genügt die Formel innerhalb aller praktischen Grenzen. Unsere Tafel 28a gibt daher zunächst den Wert 4.1ϱ mit dem Argument scheinbare ZD. Bedeutet nun

Z die größere scheinbare ZD,
 z „ kleinere „ „ „

der zum Abstand verbundenen Gestirne, so rechnet man:

$$\operatorname{tang} N = \frac{\cos(Z - 4.1\varrho)}{\cos(z - 4.1\varrho)}$$

Refraktion in Distanz = $(A + B) \operatorname{cosec} D$

$A = 115''59 \operatorname{cosec} zN$ mit dem Argument N , $B = -115''59 \cos D$ [$\log \text{const.} = 2.09293$] mit dem Argument D liefern die Tafeln 28b, c. Die Refraktion wird um nicht mehr als 1'' fehlerhaft sein. Da die Konstante der Tafeln so gewählt ist, daß die Refraktionsformel sich möglichst der Besselschen mittleren Refraktion anschließt, so gelten auch die dieser zugrunde liegenden meteorologischen Daten (751.5 mm, +9°3); zur Verbesserung der gewonnenen Refraktion in Distanz wegen Standes der meteorologischen Instrumente ist daher noch die folgende Tafel 28d, e beigefügt. Die Verbesserung wegen Refraktion nennen wir die III. Korrektion der Monddistanzen. Die Tafel gilt natürlich ganz allgemein. Man befreit mit ihrer Hilfe auch beobachtete Sterndistanzen von Refraktion. Das ist wichtig bei der Prüfung eines Spiegelinstrumentes durch direkte Messungen am Himmel. Alle Abstände werden durch die Strahlenbrechung verkleinert.

Höhere parallaktische Glieder, die vom Quadrat der Mondparallaxe II abhängen, berücksichtigt die IV. Korrektion. Sie lautet:

$$\text{IV} = (\text{II} \sin z_C)^2 \operatorname{cotg} D \frac{\sin i''}{2} - (\text{II} \sin z_C \cos q_C)^2 \operatorname{cotg} D \frac{\sin i''}{2}$$

Beide Teile sind gleich gebaut und werden daher derselben Tafel 30 mit verschiedenem Argument entnommen. Das erste Mal geht man mit dem Argument Höhenparallaxe des Mondes $\Pi \sin z_{\zeta}$ ein, die man aus der vorhergehenden Tafel 29 entnimmt, das zweite Mal mit dem Argument $\Pi \sin z_{\zeta} \cos q_{\zeta} = I + II$, der Summe der schon direkt berechneten I. und II. Korrektion; die algebraische Differenz beider Glieder ergibt die Korrektion IV. Das Vorzeichen von $(I + II)$ bleibt wegen des Quadrates außer Betracht. Die Tafel gilt für die mittlere Parallaxe $\Pi_0 = 57' 30''$; zum Übergang auf die wirkliche Parallaxe Π hat man die aus der Tafel folgende Korrektion mit $\left(\frac{\Pi}{\Pi_0}\right)^2$ zu multiplizieren. Der Faktor steht in dem beigefügten kleinen Tafelchen.

In die V. Korrektion gehen kleine Glieder der parallaktischen und der Refraktionswirkung ein, als deren Ausdruck man hat:

$$V = (\Pi \sin z_{\zeta} - \varrho_{\zeta}) \varrho_{\odot} \frac{\sin q_{\zeta} \sin q_{\odot}}{\sin D} \sin i'' \\ - (2\Pi \varrho_{\zeta} \sin z_{\zeta} - \varrho_{\zeta}^2) \sin^2 q_{\zeta} \cot D \frac{\sin i''}{2}$$

wo ϱ_{ζ} , ϱ_{\odot} die Refraktion für Mond und Gestirn bezeichnet. Die Tafel 31 gibt sofort den ganzen Betrag mit den drei Argumenten Distanz, ZD des Mondes und ZD des Gestirns. Sie entspricht der mittleren Parallaxe $\Pi_0 = 57' 30''$; wegen der Kleinheit der Werte bedarf das Glied keiner weiteren Korrektion.

Die Tafel 32 für die Verbesserung wegen Erdfigur, VI. Korrektion, wurde folgendermaßen eingerichtet. Wir haben zunächst:

$$K = \Pi e^a (\sin \delta_{\odot} \operatorname{cosec} D - \sin \delta_{\zeta} \cot D)$$

und tabulieren:

$$A = 23''2 \sin \delta_{\odot} \operatorname{cosec} D \quad B = -23''2 \sin \delta_{\zeta} \cot D$$

Damit wird

$$K = A + B$$

und die Verbesserung wegen Erdfigur:

$$VI = K \sin \varphi$$

Der Konstante $23''2$ liegt die mittlere Parallaxe $57' 30''$ und die Erdabplattung $a = \frac{1}{297}$ zugrunde.

Ist das mit dem Monde verbundene Gestirn die Sonne, so hat man an die Distanz noch den Einfluß der Sonnenparallaxe $\pi = 8''8$ anzubringen (VII. Korrektion). Man entnimmt die Verbesserung bequem der Tafel 33, die die Werte:

$$A = -8''8 \cos z_{\zeta} \operatorname{cosec} D \quad B = +8''8 \cos z_{\odot} \cot D$$

mit je zwei Argumenten enthält. Dann wird die Verbesserung wegen Sonnenparallaxe:

$$\text{VII} = A + B$$

Für einen Planeten mit der Horizontalparallaxe π_p als Distanzgestern ist die mit der Sonnentafel gefundene Verbesserung der Monddistanz noch zu multiplizieren mit dem Faktor $\frac{\pi_p}{8.8}$.

Das Verfahren zur Reduktion einer Monddistanz gestaltet sich nun folgendermaßen, wobei wir voraussetzen, daß die ZD von Mond und Gestern nicht beobachtet sind, sondern berechnet werden müssen. Das ist auch bei Beobachtungen zu Lande wohl immer der Fall und auch sicherer als die Beobachtung; auf Landreisen kennt man den gelegten Ort der Beobachtung stets genauer als das zur See möglich ist.

Wir setzen die folgenden Bezeichnungen fest:

$z_{\mathbb{C}}$ Scheinbare ZD des Mondes

z_{\odot} „ „ „ Gestirns

$z_{\mathbb{C}}^o$ Wahre ZD des Mondes

z_{\odot}^o „ „ „ Gestirns

Π Äquatoreal-Horizontalparallaxe des Mondes

π „ „ „ „ Gestirns

$\varrho_{\mathbb{C}}$ Refraktion für den Mond

ϱ_{\odot} „ „ das Gestirn

$q_{\mathbb{C}}$ Winkel am Mond zwischen Vertikalkreis und Distanz

q_{\odot} „ „ Gestirn „ „ „ „ „

D Scheinbare Distanz

D_o Wahre Distanz im Erdmittelpunkt

$z_{1\mathbb{C}}$ und Π_x sind die entsprechenden auf den Normalpunkt des Beobachtungsortes bezogenen Größen.

a) Ableitung der scheinbaren ZD von Mond und Gestirn. Die geozentrische Deklination $\delta_{\mathbb{C}}^o$ reduziert man auf den Normalpunkt durch

$$\delta_{1\mathbb{C}} - \delta_{\mathbb{C}}^o = d\delta = e^2 \Pi_x \sin \varphi \cos \delta$$

Die Korrektion hat das Vorzeichen der geographischen Breite und kann dem beigefügten Täfelchen, dem eine mittlere Mondparallaxe von $57'$ zugrunde liegt, entnommen werden.

$$d\delta = e^2 \Pi_r \sin \varphi \cos \delta$$

$\varphi \backslash \delta$	0°	15°	30°
0°	0.0	0.0	0.0
10°	0.1	0.1	0.1
20°	0.1	0.1	0.1
30°	0.2	0.2	0.2
40°	0.2	0.2	0.2
50°	0.3	0.3	0.3
60°	0.3	0.3	0.3
70°	0.4	0.3	0.3
80°	0.4	0.4	0.3
90°	0.4	0.4	0.3

Mit der Deklination δ_{rc} und dem geozentrischen Stundenwinkel t_{rc} , der ungeändert für den Normalpunkt gilt, berechnet man die Zenitdistanz z_{rc} des Mondes. Man hat dafür allgemein als bequeme Formeln, einmal:

$$\tan N = \cot \varphi \cos t$$

$$\cos z = \sin \varphi \sin(N + \delta) \sec N$$

oder

$$\cos z = \cos \varphi \sin(N + \delta) \operatorname{cosec} N \cos t$$

und dann:

$$\begin{aligned}\tan N &= \operatorname{cosec} \frac{1}{2}(\varphi - \delta) \sin \frac{1}{2}t \sqrt{\cos \varphi \cos \delta} \\ \sin \frac{1}{2}z &= \sin \frac{1}{2}(\varphi - \delta) \sec N\end{aligned}$$

Die zweite $\cos z$ -Formel für kleine φ .

Die gleiche Rechnung führt man für das andere Gestirn durch, bei dem aber zwischen Normalpunkt und Erdmittelpunkt nicht unterschieden zu werden braucht. Will man der halben Bogenminute in z immer sicher sein, so muß man fünfstellig rechnen, und zwar bei $ZD < 20^\circ$ nach dem zweiten Formelpaar für $\sin \frac{1}{2}z$.

Beim Mond gehen wir jetzt von der Zenitdistanz z_{rc} über auf die scheinbare z_C durch:

$$z_C - z_{rc} = \Pi_r \sin z_{rc} \tan(45^\circ + \frac{1}{2} \Pi_r \cos z_{rc})$$

d. h. wir nehmen den Wert $\Pi_r \sin z_{rc}$ aus der Tafel 29 und bringen noch wegen des Faktors $\tan(45^\circ + \frac{1}{2} \Pi_r \cos z_{rc})$ die positive Verbesserung aus dem nachstehenden Täfelchen an. Mittlere Parallaxe des Täfelchens wieder $= 57'$.

Verbesserung der Höhenparallaxe.

z_{\odot}	Korrektion
0°	0.0'
10	+ 0.2
20	0.3
30	0.4
40	+ 0.5
50	+ 0.5
60	0.4
70	0.3
80	+ 0.2
90	0.0

Die Höhenparallaxe für das andere Gestirn finden wir in den Tafeln 18, 19.

An die so gewonnenen ZD von Mond und Gestirn kommt dann noch die Strahlenbrechung, die mit dem Argument wahre ZD von 70° an in der Tafel 13g steht. So gehen schließlich die der weiteren Rechnung zugrunde zu legenden scheinbaren ZD z_{\odot} und z_{\odot} hervor.

b) Ableitung der scheinbaren Distanz. Beobachtet ist der Abstand der Ränder der Gestirne. Für den Mond fügen wir dem geozentrischen Radius die parallaktische Vergrößerung (Tafel 25) hinzu und gehen mit Hilfe der Tafeln 26a, b auf den schrägen durch Refraktion verkürzten Radius in Richtung der Distanz über. Bringt man den einen oder beide verbesserten Radien an die gemessene Distanz an, so gewinnt man die scheinbare Mittelpunktsdistanz D der Gestirne.

c) Übergang auf die wahre Distanz im Erdmittelpunkt. Wir rechnen direkt mit vierstelligen Logarithmen die I. und II. Korrektion der scheinbaren Distanz nach:

$$I = -\Pi_1 \cos z_{\odot} \operatorname{cosec} D \quad II = \Pi_1 \cos z_{\odot} \cot D$$

und entnehmen dann in der schon beschriebenen Weise die ferneren Verbesserungen den Tafeln, mit deren Hilfe man ohne das Azimut des Mondes zu kennen den Unterschied

$$D_0 - D = I + II + III + IV + V + VI + VII$$

findet. Bei Fixsternen fällt VII fort.

d) Ableitung der Greenwich-Zeit. Seit zehn und mehr Jahren enthalten die selbständigen großen Ephemeriden (Nautical Almanac London, Connaissance des temps Paris, American ephemeris Washington) keine Vorausberechnungen der geozentrischen Monddistanzen mehr. Nur das Nautische Jahrbuch (Berlin) bringt noch

eine beschränkte Anzahl ausgewählter Distanzen. In den meisten Fällen muß man daher ohne Distanzephemeride die Schlußrechnung anlegen. Am zweckmäßigsten dürfte man in folgender Weise vorgehen.

Mit Hilfe der gegliedten Länge λ' des Beobachtungsortes leitet man die genäherte Greenwich-Zeit T' der Beobachtung ab, entnimmt für diese Zeit der Ephemeride die geozentrischen Örter α_C , δ_C , α_\odot , δ_\odot von Mond und Gestirn und bestimmt die geozentrische Distanz D_R entweder aus:

$$\tan M = \tan \delta_C \sec(\alpha_\odot - \alpha_C)$$

$$\cos D_R = \sin \delta_C \cos(M - \delta_\odot) \cosec M$$

oder durch:

$$\tan M = \tan \frac{1}{2}(\alpha_\odot - \alpha_C) \cos \frac{1}{2}(\delta_\odot + \delta_C) \cosec \frac{1}{2}(\delta_\odot - \delta_C)$$

$$\sin \frac{1}{2}D_R = \sin \frac{1}{2}(\alpha_\odot - \alpha_C) \cos \frac{1}{2}(\delta_\odot + \delta_C) \cosec M$$

Rechnet man Distanzen $> 50^\circ$ nach der $\cos D$ -Formel, solche $< 50^\circ$ nach der $\sin \frac{1}{2}D$ -Formel, so erzielt man bei fünfstelliger Rechnung eine Mindestgenauigkeit von $5''$ in D_R . Ob im einzelnen Falle diese Reduktionsschärfe genügt, hängt von der Qualität der Beobachtung ab. Sechsstellige Logarithmen reichen immer aus.

Wäre die angenommene Länge λ' richtig, so fänden wir die beobachtete wahre Distanz D_o gleich der berechneten D_R . Das ist im allgemeinen nicht der Fall und man muß die Verbesserung der angenommenen Länge oder Greenwich-Zeit ermitteln. Zu dem Zwecke sei:

$d\alpha$ die Änderung der Rektaszension des Mondes in 1^m mittlerer Zeit in Bogensekunden

$d\delta$ die Änderung der Deklination des Mondes in 1^m mittlerer Zeit

dD die Änderung der Monddistanz in 1^m mittlerer Zeit.

Dann haben wir

$$dD = \frac{\cos \delta_C \cos \delta_\odot \sin(\alpha_C - \alpha_\odot)}{\sin D_o} \cdot d\alpha - \frac{\cos \delta_C \sin \delta_\odot - \sin \delta_C \cos \delta_\odot \cos(\alpha_C - \alpha_\odot)}{\sin D_o} \cdot d\delta$$

und die Verbesserung dT der angenommenen Greenwich-Zeit wird:

$$dT = 60 \cdot \frac{D_o - D_R}{dD} \text{ in Zeitsekunden.}$$

Der Koeffizient von $d\delta$ läßt sich leicht logarithmisch gestalten. Wenn

$$\tan w = \tan \delta_\odot \sec(\alpha_C - \alpha_\odot)$$

so schreibt sich der Ausdruck für dD :

$$dD = \frac{\cos \delta_C \cos \delta_\odot \sin(\alpha_C - \alpha_\odot)}{\sin D_o} \cdot d\alpha + \cotg D_o \tg(\delta_C - w) \cdot d\delta$$

Das ganze Verfahren soll durch ein Beispiel erläutert werden. (Siehe S. 22/23.)

Dasselbe Beispiel wird in dem vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Lehrbuch der Navigation¹⁾ behandelt. Durch eine der aus den Grundformeln von Lexell und Dunthorne abgeleiteten Formeln wird dort gefunden $D_o = 65^\circ 4' 20''$, und dann mit Hilfe der Distanzephemeride des Nautischen Jahrbuches $T = 9^h 0^m 24^s$. Die Übereinstimmung liegt weit innerhalb der Unsicherheiten der Rechnung; denn im „Lehrbuch“ wird die direkte Berechnung des $\tan \frac{1}{2} D_o$ nur fünfstellig geführt.

Die Untersuchung der Fehlereinflüsse lehrt, daß Fehler der Zenitdistanzen z_\odot und z_ζ in der gesuchten Reduktion der scheinbaren Distanz D auf die wahre D_o nicht viel ausmachen. Ein Fehler von $1'$ in den ZD wird nur selten einen solchen von mehr als $1''$ in dem Werte $D_o - D$ nach sich ziehen. Man sieht daraus, daß man zwei kleine Verbesserungen vernachlässigen darf: einmal die Übertragung $d\delta$ der Deklination des Mondes auf den Normalpunkt (Maximum $0^\circ 4'$ in δ_ζ) und dann die Korrektion der Höhenparallaxe des Mondes $\Pi_1 \sin z_\zeta$ wegen des tang-Faktors (Maximum $0^\circ 5'$). Beide Täfelchen sind daher auch mehr zum Überblick in den erläuternden Text, nicht in die Tafelsammlung aufgenommen worden.

Den Schluß der Tafelgruppe zur Berechnung von Monddistanzen bildet eine Tafel 34 der genäherten Reduktion der scheinbaren auf wahre Monddistanz für die mittlere Mondparallaxe $\Pi_o = 57'$. Sie erfordert die drei Argumente z_\odot , z_ζ , D . Zum Übergang auf die wirkliche Parallaxe Π ist der Faktor $\frac{\Pi}{\Pi_o}$ hinzugefügt. Als beiläufige

Kontrolle der Rechnung mag die Tabelle willkommen sein. Für unser Beispiel entnehmen wir mit $z_\odot = 62^\circ 6'$, $z_\zeta = 32^\circ 0'$, $D = 65^\circ 2'$ den Wert $D_o - D = -5'$.

Jede Einstellung des Mondrandes ist mit eigentümlichen von Fall zu Fall schwankenden Beugungs- und Irradiationsfehlern behaftet. Strebt man in polaren Gebieten nach einer möglichst hohen Genauigkeit zur Festlegung eines Fundamentalmeridians, so empfiehlt es sich daher, den Distanzstern nicht auf den Rand, sondern auf eine passende Mondformation zu stellen. Dies läßt mit besonderer Schärfe die sehr regelmäßige, scheinbar elliptische Wallebene Plato zu, in deren auffallend dunkle Fläche nach Erfahrungen des Verf. der helle Sternpunkt mit großer Sicherheit hineingestellt werden kann, selbst mit den gewöhnlichen kleinen Sextantenfernrohrchen. Die Mitte der Formation hat nach Messungen, die J. Franz²⁾ auf photographischen Platten vornahm, die selenographischen Koordinaten (l Länge, b Breite):

Wallebene Plato Mitte $l = -9^\circ 10' 8''$ $b = +51^\circ 25' 8''$.

¹⁾ 2. Aufl. Bd. II. S. 391. Berlin 1906.

²⁾ J. Franz, Die Randlandschaften des Mondes. Nov. act. K. Leop. D. Ak. 99, Nr. 1. Halle 1913. S. 68, Breslauer Nr. 736, Mittel aus E- und W-Ecke.

Beispiel. 1904 Februar 25 Distanz α Leonis — Mond (entfernter Rand).

$$\begin{aligned}\varphi &= +49^{\circ} 15' 0 \\ \lambda &= 20^{\circ} 48' 0 \text{ W} = 1^{\text{h}} 23^{\text{m}} 12^{\text{s}} \text{ W} \\ 7^{\text{h}} 36^{\text{m}} 45^{\text{s}} \text{ MOZt} &\quad \text{Beob. } D' = 65^{\circ} 25' 31''\end{aligned}$$

$$8 \quad 59 \quad 57 \quad \text{Grw-Zt} \quad \frac{16}{16} \quad \frac{13}{13}$$

$$\begin{aligned}\text{C} &\quad * \\ \alpha & \quad 5^{\text{h}} 33^{\text{m}} 7^{\text{s}} \quad 10^{\text{h}} 3^{\text{m}} 17^{\text{s}} \\ t & + 0^{\text{h}} 20' 51'' \quad - 4^{\text{h}} 9' 19'' \\ \delta^\circ & + 18^{\circ} 3' 1'' \quad + 12^{\circ} 26' 0'' \\ d\delta & + 0'.3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}II & \quad 58' 35'' \\ d II & \quad + 7 \\ II_x & \quad 58' 42\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}r_{\text{C}} & \quad 15' 59'' \\ \text{Vergröß.} & \quad + 14 \\ \text{Refr.} & \quad 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D & = 65 \quad 9' 18'' \\ \lg H_t & \quad 3.5468 \\ \cos z^* & \quad 9.6624 \\ \sec D & \quad 0.0422 \\ \lg I & \quad 3.2514_n \\ 1 & - 1784'' \\ \lg II & \quad 3.1409 \\ \cos(Z-4.1\varrho) & \quad 9.6643 \\ \cos(z-4.1\varrho) & \quad 9.9287 \\ \lg N & \quad 9.7356 \\ N & \quad 28^{\circ} 54'\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T' & = 8^{\text{h}} 59^{\text{m}} 57^{\text{s}} \\ D_o - D & = -5', 0'' \\ D_o & = 65^{\circ} 4' 18''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha & \quad \delta \\ \text{C} & \quad 5^{\text{h}} 33^{\text{m}} 7^{\text{s}} 35' \\ * & \quad 10^{\text{h}} 3' 17.35' \\ \alpha_* - \alpha^c & \quad 4^{\text{h}} 30' 10.00' \\ \tg \delta^c & \quad 9.51312 \\ \sec(\alpha_* - \alpha^c) & \quad 0.41792 \cos(M - \delta_*)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tg M & \quad 9.93104 \\ M + 40^{\circ} 28' 12'' & \quad \cosec M \quad 0.18772 \\ M - \delta_* & \quad + 28' 2' 14'' \\ D_o - D_R & \quad D_R \quad 65^{\circ} 4' 35'' \\ & \quad - 17''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bar./Thm.} & \quad \frac{-2}{III = + 96} \\ + 98'' \lg \text{Refr.} & \quad 1.9921\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Bar.} & \quad 762 \text{ mm} \\ \text{Therm.} & \quad + 20^\circ \\ (* - \text{C Rand}) & \quad \frac{-2.5}{31 \quad 56.4}\end{aligned}$$

$$\frac{N + \delta}{16 \quad 13} \quad 58 \quad 41.4 \quad 34 \quad 14.5$$

$\sin \varphi$	9.87942	9.87942	$d\alpha + 2^{\circ}42 = + 36'3$	$d\delta + 1''4$
$\sin(N + \delta)$	9.93165	9.75027	$\operatorname{tg} \delta_*$	9.3434
$\sec N$	0.11982	0.03225	$\sec(\alpha - \alpha_*)$	0.4179
$\cos z$	9.93089	9.66194	$\operatorname{tg} w$	9.7613
$Z_r \sin Z_r$	$31^\circ 28'4$	$62^\circ 40'1$	$w + 29^\circ 59'7$	
Korr.	+ 30.7	+ 0.4	$\delta_{C-W} - 11^\circ 56'6$	
Refr.	$\frac{-0.6}{31 58.9}$	$\frac{-1.8}{62 38.3}$		
z_C	31 59.5			
z_C	32°0	s 79°9 cosec 0.007		
z_O	62.6	s— z_C 47.9 sin 9.870		
D	65.2	s—D 14.7 sin 9.404		
	$\frac{159.8}{159.8}$	$s-z_O$ 17.3 cosec 0.527	$1.5359_n - 34''35$	
		$\operatorname{tg} \frac{1}{2} q_C$ 9.808	$\frac{-0.14}{\operatorname{lg}(D_o - D_R)}$	
		q_C 65°4	$dD = \frac{-34'5 \operatorname{lg} 1.5378_n}{\operatorname{lg}(D_o - D_R) \frac{1.2304_n}{0.6926}}$	
			$dT = + 29''6$	$\frac{\operatorname{lg} 6o}{\operatorname{lg} dT} \frac{1.7782}{1.4708}$
			T = $9^h 0^m 26^s 6$	

Die Berechnung derartiger Beobachtungen ist allerdings ziemlich umständlich.

35. Zur Berechnung der Distanz naher Sterne.

Die Distanz naher Sterne braucht man z. B. bei der Untersuchung von Mikrometerschrauben, bei der Bestimmung der Brennweite von Objektiven aus den linearen Dimensionen auf photographischen Platten, bei der Reduktion photographischer oder heliometrischer Messungen.

Durch das Täfelchen 35, das für Abstände bis $6500'' = 1^\circ 48' 20''$ ausreicht, wird die sphärische Rechnung zurückgeführt auf die einfachen Formeln:

$$\begin{aligned}\log \tan N &= \log \Delta\alpha^{(s)} - \log \Delta\delta^{(s)} + \log \sqrt{\cos \delta_1 \cos \delta_2} + a + b \\ \log \sin \frac{1}{2}s &= \log \Delta\delta^{(s)} - b - \log \cos N \\ \log s^{(s)} &= \log \sin \frac{1}{2}s + b\end{aligned}$$

$\Delta\alpha$ ist dabei in Zeitsekunden, $\Delta\delta$ in Bogensekunden vorausgesetzt und s wird in Bogensekunden erhalten. Für Winkel N geht man nur von \tan auf \cos über.

Beispiel.	α_1	$4^h 20^m 23^s 422$	δ_1	$+ 14^\circ 27' 51'' 35$
	α_2	$4 \quad 22 \quad 42.165$	δ_2	$+ 15 \quad 54 \quad 54.28$
	$\Delta\alpha$	$138^s 743$	$\Delta\delta$	$5222'' 93$

$\lg \Delta\alpha$	2.142211	$\lg \Delta\delta$	3.717914
cpl lg $\Delta\delta$	6.282086	cpl b	4.384533
$\sqrt{\cos \delta_1 \cos \delta_2}$	9.984518	sec N	0.029943
a	5.560634	$\sin \frac{1}{2}s$	8.132390
b	5.615467	b	5.615468
$\lg N$	9.584916	$\lg s$	3.747858
			$s = 5595'' 75$

Zur Verbesserung einer gemessenen Distanz wegen Refraktion dient Tafel 14.

36, 37. Präzession.

Den Tafeln 36a, b der Präzession in Rektaszension und Deklination, p_α und p_δ , liegen die Präzessionskonstanten für 1925.0 nach Newcomb zugrunde.

Die nächste Tafel 37 der Werte m , n (gleichfalls nach Newcomb) dient der genaueren Berechnung der Präzession bei der Übertragung von Sternörtern auf verschiedene Äquinoktien. Bedeuten α_1 , δ_1 die Koordinaten für das Äquinox t_1 und α_2 , δ_2 jene für t_2 , sei ferner α' , δ' der genäherte Sternort für die mittlere Zeit $\frac{1}{2}(t_1 + t_2)$ und $\tau = t_2 - t_1$, so hat man:

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \alpha_1 + m^{(s)}\tau + n^{(s)}\tau \sin \alpha' \operatorname{tg} \delta' \\ \delta_2 &= \delta_1 + n^{(s)}\tau \cos \alpha'\end{aligned}$$

Log m^(s), log n^(s), log n^("") entnimmt man für die Zeit $\frac{1}{2}(t_x + t_a)$ der Tafel 37. α' , δ' bildet man leicht mit Hilfe der beiden Täfelchen 36a, b der genäherten Werte p_α , p_δ . Die zeitlichen Grenzen der Tafel für m, n sind soweit ausgedehnt, daß sie alle Sternkataloge seit Bradley umfaßt. Für Vergleichsternörter, wie man sie zu Planeten- und Kometenbeobachtungen auf 0°01 und 0°1 genau braucht, genügt die Stellenzahl der Werte m, n immer. Daß die Genauigkeit der Übertragung auf moderne Äquinoktien für die alten Kataloge abnimmt, verschlägt nichts, da deren innere Unsicherheit die der Übertragung weit übersteigt. Für Polsterne ist das Rechnungsverfahren nicht mehr zulässig.

Die jährliche Präzession p_α , p_δ für den Ort α , δ ergibt sich aus

$$p_\alpha = m^{(s)} + n^{(s)} \sin \alpha \operatorname{tg} \delta$$

$$p_\delta = n^{(")} \cos \alpha$$

Beispiel 1. τ Piscium. Epoche und Äquinox $t_x = 1875.0$; zu übertragen auf $t_a = 1900.0$. μ_α , μ_δ Eigenbewegung in AR und Dekl.

α_1	1 ^h 4 ^m 46 ^s 785	δ_1	+ 29° 25' 31" 49	μ_α	0°00 555
$12.5 \times p$	+ 41.1		+ 4	μ_δ	- 0°04 13
α'	I 5 27.9	δ'	+ 29 29 32		$\frac{1}{2}(t_x + t_a) = 1887.5$
Präz.	+ I 22.128		+ 8 0.89		lg τ 1.39794
EB	+ 0.139		—		lg m ^(s) 0.48744
α_2	I 6 9.052	δ_2	+ 29 33 31.35		lg n ^(s) 0.12597

In Übereinstimmung mit den strengen Werten.

Selbst für den folgenden extremen Fall bei nahe $\delta = + 80^\circ$ wird im Ort noch die Genauigkeit von 0°01, 0°1 gewahrt.

Beispiel 2. 47 H Cephei. Epoche und Äquinox $t_x = 1875.0$; zu übertragen auf $t_a = 1900.0$.

α_1	2 ^h 49 ^m 33 ^s 643	δ_1	+ 78° 55' 16" 96	μ_α	- 0°01 125
$12.5 \times p$	+ I 36.5		+ 3 4	μ_δ	+ 0°02 10
α'	2 51 10.1	δ'	+ 78 58 21		$\frac{1}{2}(t_x + t_a) = 1887.5$
Präz.	+ 3 13.274		+ 6 7.78		lg τ 1.39794
EB	— 0.281		+ 0.53		lg m ^(s) 0.48744
α_2	2 ^h 25 ^m 46 ^s 636	δ_2	+ 79° 1' 25" 27		lg n ^(s) 0.12597
	51				sin α' 9.83208

Strenger Wert: 46°642, 25°28, also nur 0°001 Fehler im Bogen größten Kreises.

$$+ 76^{\circ} 803 \quad 1.88538$$

$$+ 116.471 \quad 2.06622$$

$$+ 367^{\circ} 78 \quad 2.56559$$

Die Anwendung der Größen p , $\log \pi$, Π wird in den Formeln zur theoretischen Astronomie, Tafel 67, gelehrt.

In der Rubrik ε steht die mittlere Schiefe der Ekliptik.

38. Differenzielle Präzession.

Die Tafeln 38a vermitteln die bequeme Übertragung von Rektassensions- und Deklinationsdifferenzen auf andere Äquinoktien. Setzen wir

$$A = 10 \cdot n \sin i' \cos \alpha \operatorname{tg} \delta$$

$$B = 10 \cdot \frac{1}{15} n \sin i' \sin \alpha \sec^2 \delta$$

$$C = -10 \cdot 15 n \sin i' \sin \alpha$$

so hat man für die differenzielle Präzession P' die folgenden Ausdrücke:

$$10 \cdot P'(\alpha) = A \cdot \Delta\alpha^m + B \cdot \Delta\delta' \quad \Delta \alpha \text{ in Zeitminuten}$$

$$10 \cdot P'(\delta) = C \cdot \Delta\alpha^m \quad \Delta \delta \text{ in Bogenminuten}$$

Die Größen A , B , C enthalten die Tafeln, die mit einer Konstante

$$n = 20^\circ 0447 \text{ für } 1925.0 \text{ (nach Newcomb)}$$

gerechnet sind. Als Tafelargument dient der mittlere Ort (α_m, δ_m) der verbundenen Gestirne für die Mittelepoche.

Beispiel. Es sei

$$1900.0 \quad \Delta\alpha = 6^\mathrm{m} 22^\mathrm{s} 54 \quad \Delta\delta = 8' 9'' 2$$

$$1909.0 \quad \alpha_m 2^\mathrm{h} 12^\mathrm{m} 5 \quad \delta_m + 61^\circ 18'$$

auf Äquinox 1918.0 zu übertragen. Wir finden

$$\begin{array}{llll} A + 0^\circ 090 & A \cdot \Delta\alpha^m = 0^\circ 574 & C - 0'' 478 & C \cdot \Delta\alpha^m \\ B + 0.009 & B \cdot \Delta\delta' + 0.073 & & 10 \cdot P'(\delta) \} + 3'' 11 \\ \hline 10 \cdot P'(\alpha) & = 0.501 & & 18 \cdot P'(\delta) + 5.59 \\ 18 \cdot P'(\alpha) & = 0.902 & & \end{array}$$

$$\text{Also} \quad 1918.0 \quad \Delta\alpha = 6^\mathrm{m} 23^\mathrm{s} 44 \quad \Delta\delta = 8' 14'' 8$$

Für die Präzession in Positionswinkel $P'(p)$ (Tafel 38b) besteht die Formel:

$$10 \cdot P'(p) = 10 \cdot n \sin \alpha \sec \delta$$

wo n in Bogenminuten ausgedrückt, $n = 0^\circ 33408$, ist.

Beispiel. Den Positionswinkel $1900.0 \ p = 218^\circ 22' 3$ auf 1918.0 zu übertragen. α_m , δ_m wie im vorhergehenden Beispiel.

Man entnimmt der Tafel $10 \cdot P'(p) + 3.82$
und hat $18 \cdot P'(p) + 6.88$

$$\text{Also} \quad 1918.0 \quad p = 218^\circ 29' 2$$

39. Aberration in Positionswinkel und Distanz.

Die Tafeln 39 geben die Wirkung der Aberration in Positionswinkel p und Distanz s .

Setzen wir:

$$\begin{aligned} c &= \operatorname{tg} \varepsilon \sin \delta + \sin \alpha \cos \delta && \text{Schiefe der Ekliptik} \\ d &= \cos \alpha \cos \delta && \varepsilon = 23^\circ 27' \end{aligned}$$

und bedeuten C und D die Besselschen Größen zur Reduktion auf scheinbaren Ort:

$$C = -20''47 \cos \odot \cos \varepsilon \quad D = -20''47 \sin \odot$$

\odot wahre Länge der Sonne,

so gelten für die Aberration Δp in Positionswinkel und Δs in Distanz die Formeln:

$$\begin{aligned} \Delta p &= -\left(\frac{C}{60} \cos \alpha + \frac{D}{60} \sin \alpha\right) \tan \delta \\ \Delta s &= \{c(1000 \sin 1'' \cdot C) - d(1000 \sin 1'' \cdot D)\} \cdot \frac{s}{1000} \end{aligned}$$

wo s in Bogensekunden ausgedrückt und Δp in Bogenminuten, Δs in Bogensekunden erhalten wird. Die Vorzeichen verstehen sich im Sinne des Überganges vom beobachteten auf den aberrationsfreien Wert.

Nun würden tabuliert die Größen:

$$\begin{aligned} K &= -\left(\frac{C}{60} \cos \alpha + \frac{D}{60} \sin \alpha\right) \\ L &= c(1000 \sin 1'' \cdot C) - d(1000 \sin 1'' \cdot D) \end{aligned}$$

und damit kommt einfach:

$$\Delta p = K \tan \delta \quad \Delta s = \frac{s}{1000} L$$

Die Tafelgröße L ist die Aberration für $s = 1000''$. Die von Jahr zu Jahr nicht viel schwankenden Besselschen Werte C und D entstammen dem Berliner Jahrbuch 1918 für den mittleren Greenwicher Mittag des betreffenden Tages.

Die Einheiten für K sind die 0.01 , für L die 0.01 .

Die Tafeln reichen für die meisten Messungen in p und s aus. Bei sehr großen Distanzen werden die Tafeln immer noch als Kontrolle willkommen sein.

Beispiel. Sept. 11 $\alpha = 14^h 22^m$ $\delta = -24^\circ 2$
 $p = 133^\circ 24'2$ $s = 1522''13$

Man findet

$$\begin{aligned} K &= +21 & \Delta p &= -0.09 \\ L &= -7 & \Delta s &= -0.11 \end{aligned}$$

40. Ellipsoidische Erdfigur.

Die Tafel der Dimensionen des Erdellipsoids mit dem Argument der geographischen Breite φ beruht auf den Werten

Äquatorradius $a = 6378200 \text{ m}$ (Helmert¹), 1907)

Abplattung $\alpha = \frac{1}{297.0}$ (Hayford²), 1909).

Diese Abplattung wurde von der Pariser Ephemeridenkonferenz 1911 angenommen.

Die Hilfsgrößen S und C erleichtern die Bildung der Ausdrücke $\varrho \sin \varphi'$ und $\varrho \cos \varphi'$, wo φ' die geozentrische Breite bedeutet. Es ist

$$S = \frac{1 - e^2}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad C = \frac{1}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad e = \sqrt{2 \alpha - \alpha^2}$$

und dann

$$\varrho \sin \varphi' = S \sin \varphi \quad \varrho \cos \varphi' = C \cos \varphi$$

Um in $\log \varrho$ die Seehöhe h des Beobachtungsortes zu berücksichtigen, hat man die Verbesserung anzubringen

$$\Delta \log \varrho^{\text{VI}} = 0.06810 \times h.$$

h wird in Metern ausgedrückt, $\Delta \log \varrho$ in Einheiten der sechsten Dezimale erhalten.

Täfelchen für $\Delta \log \varrho$.

h	$\Delta \log \varrho$
0m	0.0 ^{VI}
100	6.8 ^{6.8}
200	13.6 ^{6.8}
300	20.4 ^{6.8}
400	27.2 ^{6.8}
500	34.0 ^{6.9}
600	40.9 ^{6.8}
700	47.7 ^{6.8}
800	54.5 ^{6.8}
900	61.3 ^{6.8}
1000	68.1
2000	136.2
3000	204.3
4000	272.4
5000	340.5

¹) F. R. Helmert, Bericht über die Tätigkeit des Zentralbür. der Internat. Erdmess. im Jahre 1906. Berlin 1907, S. 5.

²) J. F. Hayford, Suppl. Investig. in 1909 of the fig. of the earth and isostasy. Washington 1910, S. 39 u. 54.

41. Sphäroidische Übertragung von Breiten, Längen und Azimuten.

Eine häufig wiederkehrende geodätische Hauptaufgabe besteht in der Übertragung der geographischen Lage auf der sphäroidischen Erdoberfläche. Bezeichnen wir mit

φ die geographische Breite des Ausgangspunktes

A das geodätische nordöstliche Azimut der Richtung nach dem Endpunkt

s die Entfernung beider Punkte oder die Länge der geodätischen Linie

φ' die geographische Breite des Endpunktes

A' das nordöstliche Azimut der Richtung nach dem Ausgangspunkt

l den sphäroidischen Längenunterschied beider Punkte,

so haben wir es zunächst mit der Aufgabe zu tun: aus φ und A im Ausgangspunkt und der linearen Entfernung s die Werte φ' , A' , l im Endpunkt zu berechnen. Ist nun ferner R der Krümmungshalbmesser im Meridian, N der Krümmungshalbmesser in 90° Azimut, $\delta = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$, so können wir die gesuchten Unterschiede $\varphi' - \varphi$ und l des Endpunktes gegen den Ausgangspunkt der Strecke s in folgende Reihe nach Potenzen von s entwickeln:

$$\begin{aligned}\varphi' - \varphi &= \frac{s\varrho}{R} \cos A - \frac{s^2\varrho}{2RN} \tang \varphi \sin^2 A - \frac{s^3\varrho}{6R\mathbf{N}^2} (1 + 3t^2) \sin^2 A \cos A \\ &\quad - \frac{3\delta s^2\varrho}{4RN} \sin 2\varphi \cos^2 A\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l \cos \varphi &= \frac{s\varrho}{N} \sin A + \frac{s^2\varrho}{N^2} \tang \varphi \sin A \cos A + \frac{s^3\varrho}{3N^3} (1 + 3t^2) \sin A \\ &\quad - \frac{s^3\varrho}{3N^3} (1 + 4t^2) \sin^3 A\end{aligned}$$

$$t = \tang \varphi \qquad \varrho = 206264''806 [5.314425]$$

Nachdem $\varphi' - \varphi$ und l bekannt, rechnen wir A' mit Hilfe der bequemen und sehr genauen Mittelbreitenformel

$$A' - A = 180^\circ + l \sin \frac{\varphi' + \varphi}{2}$$

Nun führen wir zur Umgestaltung folgende Abkürzungen ein:

$$u = s \cos A \qquad v = s \sin A$$

$$i = \frac{(1)(2)}{2\varrho} \tang \varphi \qquad k = \frac{(2)^2}{\varrho} \tang \varphi \qquad \log \frac{i}{2\varrho} = 4.38454 - 10$$

$$\log \frac{i}{\varrho} = 4.68557 - 10$$

wo (1) und (2) die Schreiberschen Größen bedeuten:

$$(1) = \frac{\varrho}{R} \quad (2) = \frac{\varrho}{N}$$

Unsere Reihen gehen dann über in:

$$\varphi' - \varphi = u(1) - v^2 i - \frac{1}{6\varrho^2}(1)(2)^2(1 + 3t^2) \cdot v^2 u - \frac{3\delta}{4\varrho}(1)(2) \sin 2\varphi \cdot u^2$$

$$l \cos \varphi = v(2) + v u k + \frac{1}{3\varrho^2}(2)^3(1 + 3t^2) \cdot s^2 v - \frac{1}{3\varrho^2}(2)^3(1 + 4t^2) \cdot v^3$$

und die Tabulierung legen wir in folgender Weise an. Außer einer Tafel für $\log i$ und $\log k$ nach Argument φ berechnen wir:

$$\left| \begin{array}{l} \beta_1 = -\frac{1}{6\varrho^2}(1)(2)^2(1 + 3t^2) \cdot v^2 u \\ \beta_2 = -\frac{3\delta}{4\varrho}(1)(2) \sin 2\varphi \cdot u^2 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} \mu_1 = +\frac{1}{3\varrho^2}(2)^3(1 + 3t^2) \cdot s^2 v \\ \mu_2 = -\frac{1}{3\varrho^2}(2)^3(1 + 4t^2) \cdot v^3 \end{array} \right.$$

und ordnen β_1 , β_2 , μ_1 , μ_2 mit den zwei Argumenten φ und der Reihe nach $\log v^2 u$, $\log u^2$, $\log s^2 v$, $\log v^3$ an. Damit lauten die bequemen Gebrauchsformeln:

$$\varphi' - \varphi = u(1) - v^2 i + \beta_1 + \beta_2$$

$$l \cos \varphi = v(2) + v u k + \mu_1 + \mu_2$$

$$A' - A = 180^\circ + l \sin \left(\varphi + \frac{\varphi' - \varphi}{2} \right)$$

Die Tafeln sind soweit ausgedehnt, daß sie bis zu $s = 32$ km benutzt werden können. Darüber hinaus verliert die Formel in unseren Breiten schnell an Genauigkeit, aber bis zu dieser Grenze wird man nur selten um mehr als $0''001$ in φ und l , und $0''01$ im Azimut fehlen. Selbst für eine Seite von $s = 38.8$ km in $\varphi = 53^\circ$ ergaben sich gegen Schreibers Methode nur Abweichungen von $0''001$ in φ , $0''002$ in λ und $0''01$ in A ; dabei hatten die Hilfstäfelchen stark extrapoliert werden müssen.

Die Vorzüge der Rechnung liegen in der Einfachheit aller Operationen und in der Einheitlichkeit des Argumentes; als solches kommt in Breite nur φ des Ausgangspunktes in Frage. Ebenso klar sind die Vorzeichenregeln für die Korrekturen.

Die Maximalbeträge, zu denen die zweiten Glieder $v^2 i$ und $v u k$ im Rahmen der Tafel bei $\varphi = 60^\circ$ ansteigen, belaufen sich auf $4''4$; sie werden also durch 4-stellige logarithmische Rechnung gerade auf $0''001$ ermittelt und besitzen dann jene Genauigkeit, die dieser abgekürzten Reihe bis $s = 32$ km innewohnt.

Die beigegebenen Tafeln erstrecken sich über die mittleren Breiten $40^\circ - 60^\circ$ und beruhen auf Bessels Erdfigur, im Gegensatz zu unsren astronomischen Zwecken dienenden Erdatafeln, denen das Ellipsoid nach Helmert-Hayford zugrunde liegt. Da indes viele

Landesaufnahmen europäischer Staaten, darunter die an Areal ausgedehntesten, die Besselschen Werte benutzen, sind auch die Tafeln zur sphäroidischen Übertragung damit gerechnet.

Besonders vorteilhaft gestaltet sich die Reihenentwicklung für niedere Breiten, also für koloniale Vermessungen. Die Korrektionsglieder werden dann wegen der auftretenden Faktoren $\tan \varphi$, $\sin 2\varphi$ möglichst klein, wie die folgende Übersicht zeigt.

Maximale Beträge der Korrektionsglieder für $s=31623\text{ m}$
 $[\log s = 4.50000]$ bei

	$\varphi = 0^\circ$	30°
$v^2 i$	0	$1''47$
$v u k$	0	1.46
β_1	$0''002$	0.004
β_2	0	0.022
μ_1	0.008	0.017
μ_2	0.008	0.020

Die Tafeln werden in Äquatornähe noch bequemer im Gebrauch und die Übertragungsschärfe ist für jene Regionen mehr als genügend; denn über 4 cm Punktfehler bei 35 km Seitenlänge kann nicht vorkommen. Südwestafrika, Ostafrika, Neuguinea, die Südseeinseln sind Länder, in denen diese Reihenentwicklung praktisch vollständige Schärfe erzielen würde. Vielfache Kontrollrechnungen haben gelehrt, daß die Methode auch in unsren Breiten selten um mehr als 5 cm fehlt.

Tafeln für die Schreiberschen Größen (1) und (2) mit Bessels Konstanten, die ebenfalls zur Hand sein müssen, wurden an vielen Stellen veröffentlicht; erwähnt seien nur Th. Albrecht, Formeln u. Hilfstafeln f. geogr. Ortsbest. 4. Aufl. Leipzig 1908. Taf. 32k. — L. Ambronn, J. Domke, Astron.-geodätische Hilfstafeln. Berlin 1909. Taf. 29. — W. Jordan, Handb. d. Vermessungskunde. III. Bd. 6. Aufl. Stuttgart 1916. S. [9] und [30]. — Rechnungsvorschr. f. d. trigon. Abteil. d. Landesaufnahme. Formeln und Tafeln zur Berechnung der geographischen Koordinaten. Erste, zweite, dritte Ordnung. Berlin.

Liegt die umgekehrte Aufgabe vor, d. h. sollen die Azimute A , A' und die Länge s der geodätischen Linie aus den Breiten- und Längendifferenzen abgeleitet werden, so kann man ohne neue Tafeln durch folgende einfache Formeln zum Ziel gelangen:

$$\cotg \frac{1}{2}(A' + A) = - \frac{(1)}{(2)(\varphi' - \varphi)} \cos \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)$$

$$A' - A = 180^\circ + 1 \sin \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)$$

$$s = \frac{\varphi' - \varphi}{(1) \sin \frac{1}{2}(A' + A)} = - \frac{1 \cos \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)}{(2) \cos \frac{1}{2}(A' + A)}$$

Die Formel wahrt bei mittleren Breiten bis $s = 32$ km ungünstigsten Falles in A die Genauigkeit von $0''1$ und in s diejenige von 4 cm. Der Unsicherheit von $0''1$ in A entspricht bei $s = 32$ km eine Querverschiebung von 1.5 cm.

Das folgende Beispiel gilt für eine Seitenlänge von $s = 30.2$ km. Die Schreibersche Methode führt auf genau identische Ergebnisse für φ' , λ' , A' .

Beispiel.

$$\begin{aligned}
 \varphi & 53^\circ 19' 41'' 380 \\
 \lambda & 19 34 56.747 \\
 A & 155 56 17.78 \\
 \lg s & 4.4797926 \\
 \cos A & 9.9605215_n \\
 \sin A & 9.6103627 \\
 \lg u & 4.4403141_n \\
 \lg(1) & 8.5098869 \\
 & 2.9502010_n \\
 u(1) & — 891''663 \\
 -v^2 i & — 0.515 \\
 \beta_1 + & 4 \\
 \beta_2 — & 19 \\
 \varphi' - \varphi & — 14' 52'' 193 \\
 \varphi' & 53^\circ 4' 49'' 187 \\
 \hline
 \lg v & 4.0901553 \\
 \lg(2) & 8.5088473 \\
 & 2.5990026 \\
 v(2) + 397''194 & \\
 vuk & — 2.300 \\
 \mu_1 + & 19 \\
 \mu_2 — & 5 \\
 \lg \cos \varphi & + 394.908 \\
 \lg \cos \varphi & 2.5964959 \\
 \cos \varphi & 9.7761423 \\
 \lg l & 2.8203536 \\
 l + 11' 1'' 232 & \\
 \lg l & 2.8203536 \\
 \sin \varphi_m & 9.9035109 \\
 \lg l \sin \varphi_m & 2.7238645 \\
 l \sin \varphi_m + 8' 49'' 498 & \\
 A' - A & 180^\circ 8' 49'' 50 \\
 A' & 336 5 7.28 \\
 \lambda' & 19 45 57.979
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi_m & 53^\circ 12' 15'' 28 \\
 \lg v^2 & 8.1803 \\
 \lg i & 1.5313 \\
 & 9.7116 \\
 \lg v^2 u & 12.6206 \\
 \lg v & 4.0902 \\
 \lg u & 4.4403_n \\
 \lg k & 1.8313 \\
 & 0.3618_n \\
 \lg s & 8.9596 \\
 \lg s^2 v & 13.0498 \\
 \lg v^3 & 12.2705
 \end{aligned}$$

42. Meridianbogen M vom Äquator bis zur Breite φ .

Bei der Berechnung rechtwinkliger sphäroidischer Koordinaten auf der Erdoberfläche und für kartographische Entwürfe mancherlei Art braucht man vielfach die lineare Länge M des Meridianbogens vom Äquator bis zur vorgelegten Breite φ . Die kurze Tafel 42a enthält diesen Wert in solcher Ausdehnung, daß man ihr die Größe M für jede beliebige Breite zwischen 0° und 90° entnehmen kann.

Den Tafeln liegt wieder aus den in Nr. 41 (S. 30) dargelegten Gründen Bessels Erdfigur zugrunde. Das Intervall beträgt zwar einen vollen Grad, die beigefügten Interpolationsgrößen erlauben indes die bequeme Ableitung aller Zwischenwerte auf 1—2 cm genau. Zu dem Zwecke steht hinter der I. Differenz der 7stellige $\log \Delta(1'')$, wo $\Delta(1'') = \frac{\text{I. Diff.}}{3600}$ ist, und dann folgt die Spalte der natürlichen II. Differenzen. Beigegeben wurden noch die Interpolationsfaktoren der II. Differenzen für Minutenunterteilung (Tafel 42b). Am besten geht man bei der Interpolation vom nächst gelegenen Tafelwert aus und berechnet den Einfluß der II. Differenzen mit dem Rechenschieber; die III. Differenzen machen innerhalb der angestrebten Genauigkeit von 0.01 m nichts mehr aus.

Beispiel 1. $\varphi = 48^\circ 12' 34'' 742$ II. D. + 19.35
 (754^{''} 742)

$M(48^\circ) \quad 5317885.23$	$\log \Delta(1'') \quad 1.4897534$	$+ 23310.52$
$+ 23308.92$	2.8777985	$- 1.60$
$M = 5341194.15 \text{ m}$	4.3675519	$+ 23308.92$
(Strenger Wert .150)		

Beispiel 2. $\varphi = 52^\circ 37' 32'' 671$ II. D. + 18.86
 ($- 22 27. 329 = - 1347'' 329$)

$M(53^\circ) \quad 5874014.72$	$\log \Delta(1'') \quad 1.4900524$	$- 41641.47$
$- 41643.68$	3.1294737n	$- 2.21$
$M = 5832371.04 \text{ m}$	4.6195261n	$- 41643.68$
(Strenger Wert .046)		

43. Parallaktische Faktoren.

Die Tafel erleichtert die Berechnung der parallaktischen Faktoren. Sie beruht auf der Sonnenparallaxe $\pi = 8''80$ und der von der Pariser Ephemeridenkonferenz vom Oktober 1911 für den Gebrauch der astronomischen Jahrbücher angenommenen Erdabplattung $a = \frac{1}{297}$ (für Erdradius ρ zum Beobachtungsort). Dreistellige Rechnung genügt für alle Kometen und die gewöhnlichen Beobachtungen der kleinen Planeten.

Ist α, δ der geozentrische, α', δ' der topozentrische Ort des Gestirns, t sein Stundenwinkel, A sein Erdabstand, so hat man als Parallaxe in α und δ zum Übergang vom beobachteten topozentrischen auf den geozentrischen Ort:

$$(\alpha - \alpha')^s = \frac{I}{A} (\pi \varrho \cos \varphi')^s \sin t \sec \delta$$

$$\tan \gamma = \tan \varphi' \sec t \quad \gamma < 180^\circ$$

$$(\delta - \delta')'' = \frac{I}{A} (\pi \varrho \sin \varphi')'' \sin (\gamma - \delta) \operatorname{cosec} \gamma$$

Beispiel. $\varphi = +48^\circ 35'$ $t = -3^h 18^m 4$ $\delta = +8^\circ 27'$ $\log A = 9.827$

$\lg(\pi \varrho \cos \varphi')^s$	9.590	$\operatorname{tg} \varphi'$	0.052	$\lg(\pi \varrho \sin \varphi')''$	0.817
$\sin t$	9.882 _n	$\operatorname{sec} t$	0.188	$\sin(\gamma - \delta)$	9.894
$\sec \delta$	0.005	$\operatorname{tg} \gamma$	0.240	$\operatorname{cosec} \gamma$	0.062
$\lg(I : A)$	0.173	γ	60° I	$\lg(I : A)$	0.173
$\lg(\alpha - \alpha')^s$	9.650 _n	$\gamma - \delta + 51.6$		$\lg(\delta - \delta')''$	0.946
$\alpha - \alpha'$	- 0°447			$\delta - \delta'$	+ 8°83

44. Dimensionen der Erde.

Der Tabelle der Erddimensionen liegt zugrunde der Äquatorradius $a = 6378200.00$ m nach Helmert (1907) und der von der internationalen Ephemeridenkonferenz in Paris 1911 zur Berechnung der Parallaxe vorgeschriebene Wert der

$$\text{Abplattung } \alpha = \frac{I}{297.0} \text{ nach Hayford (1909).}$$

Aus den beiden Daten a und α wurden die übrigen Größen mit 8steligen Logarithmen berechnet. Bei der Ableitung des Meridianquadranten Q ist das Quadrat der Abplattung α berücksichtigt, $Q = a \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha^2}{16} \right)$, für die Oberfläche F die 8te Potenz der Exzentrizität e mitgenommen, $F = 4b^2\pi \left(1 + \frac{2}{3}e^2 + \frac{3}{5}e^4 + \frac{4}{7}e^6 + \frac{5}{9}e^8 \right)$.

45. Normalzeiten der wichtigeren Länder.

46 a. Maßvergleichungen.

Die Zahlenangaben beziehen sich auf das legale Meter (1 Meter = 443.296 Pariser Linien); um auf das internationale Meter überzugehen sind den Logarithmen + 580 Einheiten der VIII. Dezimalstelle hinzuzufügen.

46b. Lineare Ausdehnungskoeffizienten für 1° C innerhalb der gewöhnlichen Gebrauchstemperaturen.

Die Tafel enthält die linearen Ausdehnungskoeffizienten von einigen Metallen und Materialien, die für astronomische und geodätische Apparate in Betracht kommen.

47. Barometrische Höhenmessung.

Die Tafeln zur barometrischen Höhenbestimmung kommen in mehrfacher Einrichtung vor.

Die Anordnung der ersten Gruppe (Tafel I—VI) ist im wesentlichen diejenige, die Angot¹⁾ seinen barometrischen Höhentafeln gegeben hat. Sie gründen sich auf die Laplacesche Formel:

$$Z = 18400 \left[1 + \frac{k(Z + 2z_0)}{2R} \right] (1 + \alpha \Theta) \log \frac{p_0}{p},$$

wo

p_0 den Luftdruck auf der unteren Station bedeutet,

p den Luftdruck auf der oberen,

z_0 die Meereshöhe der unteren Station,

Z die Niveaudifferenz beider Stationen,

R den Erdradius,

k den Koeffizienten, der die Abnahme der Schwere mit der Höhe berücksichtigt,

Θ die für geographische Breite und Feuchtigkeit verbesserte Temperatur,

α den Ausdehnungskoeffizienten der Luft ($\alpha = 0.00366$).

Erfolgte die Messung mit Quecksilberbarometern, so sind die Stände p_0 und p nicht nur auf 0° (Tafel II) zu reduzieren, sondern auch wegen der Schwereänderung mit der geographischen Breite und der Seehöhe zu verbessern. Hierzu dienen die Tafeln Ia und Ib. Durch Tafel Ia wird die Reduktion des Quecksilberbarometers auf die geographische Breite $\varphi = 45^\circ$ vollzogen, durch Tafel Ib die Schwerekorrektion für Seehöhe berücksichtigt, die in doppelter Weise angegeben ist. Für Hochebenen ist in dem Korrektionsausdruck

$$-\frac{kzp}{R}$$
 der Koeffizient $k = \frac{5}{4}$ gesetzt, für die freie Atmosphäre (Messungen im Ballon) $k = 2$. Für einen Berg nimmt man das Mittel der beiden Verbesserungen.

Der Einfluß der geographischen Breite und der Feuchtigkeit läßt sich bequem mit der Temperatur vereinigen, indem man als korrigierte Lufttemperatur Θ nimmt:

¹⁾ A. Angot, Sur la formule barométrique. Ann. du bur. centr. météorol., Année 1896. B. Mémoires, S. 159. Paris 1898.

$$\Theta = \frac{t_0 + t}{2} + 0^{\circ}71 \cos 2\varphi + 51^{\circ}36 \frac{f_0}{p_0} + 51^{\circ}36 \frac{f}{p}.$$

φ ist die geographische Breite, t_0 f_0 p_0 Temperatur, Dampfspannung und Druck auf der unteren Station, t f p hat die entsprechende Bedeutung für die obere Station. Tafel IIa gibt die Breitenkorrektion der Temperatur $+ 0^{\circ}71 \cos 2\varphi$, Tafel IIb mit den Argumenten f und p die Größe $+ 51^{\circ}36 \frac{f}{p}$. Ist der Dampfdruck f im oberen Niveau nicht beobachtet, so kann man mit Hilfe von Tafel IIc seinen genäherten Wert ableiten. Jedenfalls ist dieses Verfahren der völligen Vernachlässigung der Feuchtigkeit der oberen Station unbedingt vorzuziehen, um so mehr, da das zugrunde liegende empirische Gesetz der geometrischen Progression in der Abnahme des Dampfdrucks mit der Höhe überraschend genau zutrifft. Die beiläufige Höhe Z des oberen Niveaus über dem unteren ist für diesen Zweck stets mehr als hinreichend nahe bekannt.

Mit Hilfe der Tafeln I und II bestimmt man so p_0 , p , Θ . Dann schreibt sich die Höhenformel:

$$Z = Z_1 (1 + \alpha \Theta) \left[1 + \frac{k}{2R} (Z + 2z_0) \right],$$

wo

$$Z_1 = 18400 \cdot \log \frac{p_0}{p}$$

Die Haupttafel III gibt den Wert $18400 \cdot \log \frac{760}{p}$, sodaß ein

Blick in die Tafel für einen vorgelegten Barometerstand p sofort die rohen Meereshöhen anzeigt. Bildet man die Differenz der Tafelwerte für p und p_0 , so erhält man die Niveaudifferenz Z_1 beider Stationen gültig für die Temperatur 0° und ohne Berücksichtigung der Änderung der Schwerkraft. Eine zweite Näherung Z_2 , die der Temperatur Rechnung trägt, ist gegeben durch:

$$Z_2 = Z_1 + \alpha \Theta Z_1$$

Die Verbesserung $+ \alpha \Theta Z_1$ liefert die Tafel IV.

Der definitive Höhenunterschied Z der Stationen geht nun hervor, wenn man noch die Korrektion wegen Abnahme der Schwere mit der Höhe anbringt:

$$Z = Z_2 + \frac{k Z_2 (Z_2 + 2z_0)}{2R}$$

Tafel V enthält diese stets positive Korrektion unter der Annahme $k = 2$ (freie Atmosphäre).

Das Korrektionsglied wegen Temperatur (Tafel IV) ist nur streng richtig unter Annahme einer konstanten Temperatur für die Luftschicht zwischen den beiden Beobachtungsstationen. Setzt man aber voraus — und das wird durchweg der Wahrheit näher kommen —

daß die Temperatur linear mit der Höhe abnimmt, so ist von den aus der Rechnung nach der gewöhnlichen Formel erhaltenen Höhen der durch die Tafel VI angegebene Bruchteil abzuziehen. Nur bei großen Höhendifferenzen kann die Korrektion merklich werden, meist wird sie kleiner bleiben als die Beobachtungsfehler.

Beispiel. Höhendifferenz zwischen dem Pic du Midi und dem Observatorium Bagnères-de-Bigorre ($\varphi = +43^\circ$, $z_0 = 547$ m). Gemessen mit Quecksilberbarometern 1896 Juni II.

Station	Druck ohne Schwerecorr.	Schwerecorr.		Druck mit Schwerecorr.	Temperatur	Dampf- spannung	Bemerkungen
		für φ Tafel Ia	für z Tafel Ib				
Bagnères .	mm	mm	mm	mm	mm	mm	¹⁾ Korrektion f. Hochebene
Pic du Midi	719.4	-0.13	-0.06 ¹⁾	719.2	+17°5	9.4	²⁾ „ „ Berg
	543.2	-0.10	-0.38 ²⁾	542.7	+ 2.1	3.0	

Korrektion der Temperatur

$$\frac{t_0 + t}{2} + 9^{\circ}80$$

$$\text{Tafel IIa} \quad + 0.05$$

$$\text{„ IIb } \left\{ \begin{array}{l} + 0.67 \\ + 0.29 \end{array} \right.$$

$$\Theta = +10.81$$

$$\text{Tafel III } \left\{ \begin{array}{ll} 542.7 & 2691.1 \text{ m} \\ 719.2 & 4410 \end{array} \right.$$

$$Z_1 = \frac{2250.1}{}$$

$$\text{Tafel IV } + 89.2$$

$$\text{„ V } + 1.3$$

$$\text{„ VI } - 0.6$$

$$Z = 2340.0 \text{ m}$$

Braucht nicht die äußerste Genauigkeit erreicht zu werden und soll nur die Verbesserung wegen Lufttemperatur Berücksichtigung finden, so führt folgendes Verfahren schnell zum Ziel. Man bildet

$$n = \frac{p_0}{p},$$

entnimmt der mit dem Argument n entworfenen Tafel VII die zugehörige Höhendifferenz Z_1 und korrigiert Z_1 noch wegen Temperatur nach Tafel IV oder sucht das Temperaturglied $+\alpha\Theta Z$ direkt mit dem Rechenschieber auf, wie man auch die ganze Rechnung am bequemsten und hinreichend scharf mit dem Rechenschieber erledigt.

Man setzt hier einfach $\Theta = \frac{t_0 + t}{2}$.

Beispiel (wie vorhin).

$$\begin{aligned} p_0 & 719.2 \text{ mm} & \Theta & + 9^{\circ}80 \\ p & 542.7 \text{ „} & & \\ n & 1.325 & Z_1 & 2249 \text{ m} \\ & & & + \alpha\Theta Z + 81 \text{ „} \\ & & & Z & 2330 \text{ m} \end{aligned}$$

Für die erste Reduktion während der Reise und für Ballonfahrten wird diese Methode die kürzeste sein.

Kurz und bequem lässt sich die barometrische Höhenformel auch logarithmisch tabulieren. Unter Beibehaltung der festgesetzten Bezeichnungen schreiben wir:

$$Z = (\log p_0 - \log p) \times 18400 \left(1 + \alpha \frac{t_0 + t}{2} \right) \times \left(1 + 0.377 \frac{f_0 + f}{p_0 + p} \right)$$

$$\times (1 + 0.00265 \cos 2\varphi) \times \left(1 + \frac{Z + 2z_0}{R} \right)$$

und erhalten durch Logarithmierung mit leicht ersichtlicher Bedeutung der Faktoren A, B, C, D:

$$\log Z = \log (log p_0 - log p) + log A + log B + log C + log D$$

Die $\log A$, $\log B$, $\log C$, $\log D$ stehen in den Tafeln VIIIa, b, c, d auf vier Dezimalen genau; $\log B$, $\log C$, $\log D$ sind in Einheiten der 4. Dezimale gegeben. Hat man die Dampfspannungen f_0 und f nicht gemessen, so entnimmt man $\log B$ mit dem rechts stehenden

Vertikalargument $\frac{t_0 + t}{2}$ (Mittel der Lufttemperaturen an beiden Stationen); für gewöhnliche Zwecke reicht dieses Verfahren immer aus. Vor Beginn der Rechnung werden die Ablesungen am Quecksilberbarometer auf die Quecksilbertemperatur 0° (Tafel II) und wegen Schwere (Tafel Ia, b) reduziert.

Beispiel (wie vorhin).

p_0	719.2 mm	\log	2.8568	$t_0 + 17.5$	f_0	9.4 mm		
p	542.7 „	\log	2.7346	$t + 2.1$	f	3.0 „		
$p_0 + p$	1261.9 mm	$\log \frac{p_0}{p}$	0.1222	\log	9.0871	$\frac{t_0 + t}{2} + 9.8$	$\frac{f_0 + f}{2}$	6.2 mm
				$\log A$	4.2801			
				$\log B$	+ 16		φ	+ 43°
				$\log C$	+ 1			
				$\log D$	+ 2			
				$\log Z$	3 3691	$2 z_0$	1094 m	
				Z	2339 m	Z	2000 „	
						$Z + 2 z_0$	3094 m	

Hätte man, statt mit $\frac{f_0 + f}{2}$, mit $\frac{t_0 + t}{2}$ den $\log B$ entnommen, so käme $Z = 2341$ m heraus. —

Rechnet man mit Quecksilberständen, die nur auf den Gefrierpunkt, nicht auch auf Normalschwere reduziert sind, so wäre statt der Konstante 18400 in die barometrische Höhenformel die neue Konstante 18446 für Erhebungen in der freien Atmosphäre (Ballon) und 18429 für Bergbesteigungen einzuführen.

48. Sättigungsdrucke des Wasserdampfes.

Die Tafel beruht auf den Beobachtungen von Regnault, berechnet von Broch¹⁾, verbessert nach Wiebe²⁾ und umgerechnet auf die Wasserstoffskala. Sie gibt zu dem durch Messungen am Hypsothermometer gewonnenen Siedepunkt T des Wassers den zugehörigen atmosphärischen Druck p in Millimetern Quecksilber von 0° und normaler Schwere an und dient so der Kontrolle der leicht veränderlichen Federbarometer.

In der dritten Spalte stehen noch, lediglich um den Überblick zu unterstützen, die durch Siedepunkt T oder Druck p festgelegten rohen Meereshöhen $Z_0 = 18400 \log \frac{760}{p}$, die mit Hilfe der Haupttafel III in den Tafeln 47 zur barometrischen Höhenmessung gebildet worden sind.

49. Julianische Periode.

Die Tafel dient dazu, das Intervall zwischen zwei gegebenen weit auseinanderliegenden Daten der christlichen Zeitrechnung (des julianischen und gregorianischen Kalenders) in Tage zu verwandeln oder umgekehrt von einem Datum auf ein durch eine große Anzahl Tage davon getrenntes überzugehen. Bei astronomischen Rechnungen kommt diese Aufgabe häufig vor; erinnert sei nur an die Untersuchung von veränderlichen Sternen, an die Ableitung der mittleren Anomalie bei Planeten und kurzperiodischen Kometen, der wahren Anomalie für parabolische und parabelnahe Bahnen, an die Diskussion von Perioden aller Art. Die Haupttafel a beginnt mit dem Jahre 0 und gibt die Tage der julianischen Periode für den nullten Januar jedes 4^{ten} Jahres der christlichen Zeitrechnung. Die Interpolationstafel b enthält die Zahl der Tage für 4 Jahre an jedem nullten Tag des Monats. Da die Tabelle in erster Linie für neuere astronomische Beobachtungen bestimmt ist, wurde sie auf die vorchristliche Zeit nicht ausgedehnt.

Der Gebrauch der Tafel ist so einfach, daß ein Beispiel zur Erläuterung genügt.

Beispiel. Gesucht das Intervall in Tagen zwischen

140 März 21.96 MZ Greenw. (Von Ptolemäus beobachtetes Frühlingsäquinox)

und 1915 März 21.20 „ „ (Frühlingsäquinox).

140 März 21.96

1915 März 21.20

1772 192

2 419 402

81.96

1 176.20

1772 273.96

2 420 578.20

Intervall = 648 304^{d24}

¹⁾ Trav. et Mém. du Bur. intern. des Poids et Mes. 1 A 22; Paris 1881.

²⁾ Ztschr. f. Instrkde. 13, 329; 1893 und Tafeln f. d. Spannkr. d. Wasserdampfes, 2. Ausg., Braunschweig 1903.

50. Wahre Anomalie in der parabolischen Bewegung.

Es wird die Umkehrung der Barkerschen Tafel gegeben, wie sie zum ersten Mal Bauschinger¹⁾ nach dem Vorgange von Burckhardt²⁾ und Leverrier³⁾ in bequemer Anordnung und Ausdehnung berechnet und veröffentlicht hat. Schon im Jahre 1816 stellte allerdings Gauß eine gleiche Tafel von ähnlichem Umfange her, die zu dem Argument $[3.700\ 5216] \cdot \frac{t}{q^{\frac{3}{2}}} = [3.700\ 5216] \cdot M$ den Wert v auf 0'001 genau angibt. Die schöne Tafel, deren Gauß später nie mehr gedenkt⁴⁾, wurde erst im Jahre 1906 von Brendel⁵⁾ aus dem Nachlasse herausgegeben; sie umfaßt 11 Druckseiten. —

Entsprechend der hier angestrebten Genauigkeit sind die wahren Anomalien v in Tafel 50a nur auf volle Sekunden verzeichnet.

Bedeutet v die wahre Anomalie in der Parabel, q die Periheldistanz, t die seit dem Periheldurchgang verflossene Zeit, so ist

$$M = \frac{t}{q^{\frac{3}{2}}}$$

das Argument der Tafel für die wahre Anomalie v . Sei ferner M_0 ein Tafelargument und v_0 der zugehörige Funktionswert, so findet man das zu M gehörige v durch

$$v = v_0 + (M - M_0) A,$$

wenn man A oder $\log A$ mit dem Argument $\frac{M + M_0}{2} = M_0 + \frac{M - M_0}{2}$

der Tafel entnimmt. Für die Interpolationsrechnung genügt in allen Fällen vierstellige logarithmische Rechnung. Soll umgekehrt zu einem vorgelegten v der Wert M gesucht werden so hat man

$$M - M_0 = \frac{v - v_0}{A},$$

wo man A oder $\log A$ gleich schätzungsweise für das Argument

$v_0 + \frac{v - v_0}{2}$ interpolieren kann.

Der Radiusvektor r in der Parabel folgt aus

$$r = q \sec^2 \frac{v}{2}$$

Bei großen v werden alle Tafeln unbequem und versagen schließlich. Unsere Tafel bricht daher bei $\log M = 4.60$, $v = 169^{\circ}8$

¹⁾ J. Bauschinger, Taf. z. theoret. Astron. Leipzig 1901. Taf. XV.

²⁾ J. C. Burckhardt, Connaissance des temps pour 1818. Paris 1815. S. 319.

³⁾ U. J. Leverrier, Annales de l'observ. de Paris. Bd. I. Paris 1855. S. 226.

⁴⁾ Auch nicht A. N. 20 (1843) 299 (Nr. 474), wo Gauß sich auf Burckhardts Tafel bezieht.

⁵⁾ C. F. Gauß Werke, VII. Bd. S. 351. Leipzig 1906.

ab. Die folgende kleine Tafel 50b ermöglicht dann die Ermittlung von v schon von $v = 155^\circ$ an bis $v = 180^\circ$. Sie verlangt die Durchrechnung der einfachen Formeln:

$$\frac{I}{M} = \frac{q^{\frac{3}{2}}}{t}$$

$$\sin w = \sqrt[3]{[2.34090] \cdot \frac{I}{M}} \quad w \text{ im II. Quadranten}$$

$$v = w + \delta$$

Beispiel 1. $t = -36^d 55' 39''$ $\log q = 9.51907$

$\lg t$	1.56294	$\lg A$	5.3983	$\frac{v}{2}$	$-54^\circ 57' 58''$
$\lg q^{\frac{3}{2}}$	9.27861		7.6365		
$\lg M$	2.28433		3.0348		
$\lg M_o$	2.28			$\sec^2 \frac{v}{2}$	0.48210
	0.00433	108° 57' 54''			
		+ 18 3	1083''	$\lg q$	9.51907
				$\log r$	0.00117
		v = -109° 15' 57''			

Beispiel 2. $t = +10000^d$ $\log q = 9.51907$

$\lg q^{\frac{3}{2}}$	9.27861	w	170° 44' 32''	$\frac{v}{2}$	85° 22' 16''	\sec^2	2.18626
$\lg t$	4.00000	δ				$\lg q$	9.51907
$\lg(M:M_o)$	5.27861	v	170° 44' 33''			$\log r$	1.70533
	2.34090						
	7.61951						
sin w	9.20650						

Beispiel 3. $v = -7^\circ 18' 48''$ $\log q = 9.51907$ Gesucht t.

$$v_0 \quad 6^\circ 57' 8''$$

$$v \quad \underline{7 \quad 18 \quad 48}$$

$$21 \quad 40 = 1300'' \quad \lg 3.1139$$

$$\lg A \quad \underline{3.6971}$$

$$M_o \quad 5.0$$

$$\quad \quad \quad \underline{9.4168}$$

$$M \quad \underline{+ 0.2611}$$

$$M \quad \underline{5.2611}$$

$$\lg M \quad 0.72108$$

$$\lg q^{\frac{3}{2}} \quad \underline{9.27861}$$

$$\lg t \quad 9.99969$$

$$t = -0^d 99928$$

51. Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen.

Eine der kürzesten und bequemsten Methoden, die wahre Anomalie v und den Radiusvektor r in parabelnahen Bahnen zu ermitteln, hat Th. v. Oppolzer¹⁾ ausgearbeitet. Aus den Bahnelementen werden zunächst die konstanten Größen abgeleitet:

$$\varepsilon = \frac{1-e}{1+e} \quad \alpha = \frac{f}{q^{\frac{1}{2}}} \sqrt{\frac{1+e}{2}} \quad \beta = \varepsilon E$$

Die $\log f$ und $\log E$ entnimmt man der Tafel 51a mit dem Argument ε . ε selbst kann bequem mit der Tafel V in den „Fünfstelligen Logarithmentafeln“ von F. W. Rex²⁾ (S. 113) gebildet werden, die zum Argument $\log x$ den Wert $\log \frac{1+x}{1-x}$ angibt. Dann folgt die Rechnung für jeden Ort:

$$M = \alpha t \quad x = \frac{\tan \frac{1}{2} w}{f} \quad n = \beta x^2$$

w wird mit Argument M der parabolischen Tafel 50a entlehnt; es ist der dort mit v bezeichnete Winkel, der aber hier nicht die wahre Anomalie darstellt.

$$\tan \frac{1}{2} v = x G H$$

$$\Theta = \varepsilon \tan^2 \frac{v}{2}$$

G mit Argument n aus Tafel 51 b,
H mit den Argumenten n und ε aus
Tafel 51 c.

$$r = \frac{q \left(1 + \tan^2 \frac{v}{2} \right)}{1 + \Theta}$$

Die Tafelgrenzen sind soweit ausgedehnt, daß sie von kurzperiodischen Kometen nur in den seltensten Fällen überschritten werden.

Beispiel. $e = 0.86400 \quad \log q = 9.60095 \quad t = 26^d 9953$

$$\lg(1-e) \underline{9.13354}$$

$$\lg(1+e) \underline{0.27045}$$

$$\lg \varepsilon \underline{8.86309}$$

$$\varepsilon \underline{0.072962}$$

$$\lg E \underline{9.99905}$$

$$\lg \beta \underline{8.86214}$$

$$\lg \sqrt{\frac{1+e}{2}} \underline{9.98471}$$

$$\lg f \underline{9.98690}$$

$$\lg(1:q^{\frac{1}{2}}) \underline{0.59857}$$

$$\lg \alpha \underline{0.57018}$$

¹⁾ Th. v. Oppolzer, Lehrb. z. Bahnbest. d. Kometen u. Planeten. I. Bd. 2. Aufl. Leipzig 1882. S. 73.

²⁾ Stuttgart 1884.

$\lg t$	1.43130	$\lg x^a$	9.97426	$\operatorname{tg}^a \frac{v}{2}$	9.99864
$\lg M$	2.00148	$\lg n$	8.83640	$\lg \Theta$	8.86173
w	$86^\circ 34' 31''$	n +	0.068612		
$\frac{w}{2}$	43 17 15	$\lg x$	9.98713	$\lg \left(1 + \operatorname{tg}^a \frac{v}{2}\right)$	0.30035
$\operatorname{tg} \frac{w}{2}$	9.97403	$\lg G$	0.01219		9.90130
		$\lg H$	—	$\lg (1 + \Theta)$	0.3049
		$\operatorname{tg} \frac{v}{2}$	9.99932	$\log r$	9.87081
		$\frac{v}{2}$	44° 57' 19"		
		v	89 54 38		

52. Perihelzeit in parabelnahen Bahnen.

Die Ermittlung der Perihelzeit T aus der wahren Anomalie v in parabelnahen Bahnen lässt sich durch eine wenig umfangreiche Tafel nach Th. v. Oppolzer¹⁾ recht bequem gestalten. Bedeutet v_i die zur Zeit t_i zugehörige wahre Anomalie, so hat man für den Periheldurchgang T die Beziehung:

$$T = t_i - \frac{q^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{1+e}} \left(P_1 \operatorname{tg} \frac{v_i}{2} + P_3 \operatorname{tg}^3 \frac{v_i}{2} \right)$$

wo $\log P_1$, $\log P_3$ mit dem Argument

$$\Theta = \frac{1-e}{1+e} \operatorname{tg}^a \frac{v_i}{2}$$

der Tafel 52 entnommen werden. $T - t_i = t$ ist in mittleren Sonnentagen ausgedrückt. Für stark hyperbolische Bahnen (Θ negativ) kann die Vernachlässigung der zweiten Differenzen bei der Interpolation einen Fehler von einer Einheit der 5. Stelle in $\log P_1$ und $\log P_3$ nach sich ziehen.

Beispiel. $e = 0.85240$ $\log q = 9.60493$ $v_i = -72^\circ 57' 58''$

$\frac{v_i}{2}$	$-36^\circ 28' 59''$	$\lg P_1$	2.05314	$\lg q^{\frac{3}{2}}$	9.40740
$\lg(1-e)$	9.16909	$\operatorname{tg} \frac{v_i}{2}$	9.86894n	$\lg \sqrt{1+e}$	0.13387
$\lg(1+e)$	0.26774		—		9.27353
	8.90135		1.92208n — 83.576		1.99328n
$\operatorname{tg}^a \frac{v_i}{2}$	9.73788	$\lg P_3$	1.56607	$\lg(-t)$	1.26681n
$\lg \Theta$	8.63923	$\operatorname{tg}^3 \frac{v_i}{2}$	9.60682n	$T - t_i$	+ 18d4846
$\Theta + 0.043574$			1.17289n — 14.890		
			— 98.466		

¹⁾ Th. v. Oppolzer, Lehrb. z. Bahnbest. d. Kometen u. Planeten. II. Bd. Leipzig 1880. S. 479.

53, 54. Auflösung der Keplerschen Gleichung.

Den Übergang von der Zeit t oder der mittleren Anomalie $M = \mu t$ (μ mittlere tägliche Bewegung) zur wahren Anomalie v vermittelt bei elliptischen Bahnen mäßiger Exzentrizität die exzentrische Anomalie E . Mittlere und exzentrische Anomalie sind verbunden durch die transzendente Keplersche Gleichung

$$M = E - e \sin E$$

aus der bei bekanntem M und e die exzentrische Anomalie E zu bestimmen ist. Mit E gelangt man dann durch bequeme Formeln zur wahren Anomalie v und zum Radiusvektor r .

Handelt es sich wie hier nur um 5stellige Genauigkeit, so führen zwei verwandte von Tietjen angegebene Methoden gleich zum strengen Ergebnis, oder bei höheren Genauigkeitsansprüchen zu einem sehr guten Näherungswert, von dem aus das scharfe Resultat leicht zu erhalten ist.

Nach der Größe der Exzentrizität werden zwei Verfahren innezuhalten sein. Ist $e < 0.25$, so genügt der folgende einfache Formelkomplex:

$$\tan x_0 = \frac{e \sin M}{1 - e \cos M}$$

$$E = M + x_0 - \frac{\sigma}{1 - e \cos M} \quad \begin{array}{l} \sigma \text{ hat das Vorzeichen} \\ \text{von } x_0 \end{array}$$

in dem die Größe σ mit dem Argument x_0 durch Tafel 53 gegeben ist.

Etwas umständlicher wird die Rechnung, wenn die Exzentrizität 0.25 übersteigt, aber noch innerhalb der oberen Grenze von etwa 0.6 bleibt. Dann hat man unter Benutzung der Tafel 54 für $\log C$ mit Argument x_0 zu rechnen:

$$\tan x_0 = \frac{e \sin M}{1 - e \cos M} \quad A = \frac{\cos x_0}{1 - e \cos M}$$

$$\Delta x = -AC \sin^3 x_0$$

$$\delta x = \frac{\Delta x}{\cos x_0 (1 + 2A \sin^2 \frac{1}{2}(x_0 + \frac{1}{2}\Delta x))} \quad \begin{array}{l} \log C \text{ stets positiv.} \\ \Delta x \text{ und } \delta x \text{ in Bogensekunden.} \end{array}$$

$$E = M + x_0 + \delta x$$

Beispiel 1. $e = 0.24532 \quad M = 332^\circ 28' 55''$

$$\lg e \quad 9.38973$$

$$\sin M \quad 9.66467_n$$

$$\cos M \quad 9.94786$$

$$e \sin M \quad 9.05440_n$$

$$e \cos M \quad 9.33759$$

$$\lg(1 - e \cos M) \quad 9.89345$$

$$\operatorname{tg} x_0 \quad 9.16095_n$$

$$\sigma \quad 100''$$

$$\lg \sigma \quad 2.0000_n$$

$$\lg \frac{\sigma}{1 - e \cos M} \quad 2.1066_n$$

Der strenge Wert ist $E = 324^\circ 16' 29''5$

Beispiel 2. $e = 0.55495 \quad M = 34^\circ 19' 36''$

$$\begin{aligned}
 \lg e & 9.74425 & \lg A & 0.20371 & x_0 + \frac{\Delta x}{2} & 29^\circ 4' 40'' \\
 \sin M & 9.75121 & \lg C & 4.52793 & & \\
 \cos M & 9.91690 & \sin^3 x_0 & 9.09751 & & \\
 e \sin M & 9.49546 & \lg \Delta x & 3.82915_n & \frac{1}{2} \left(x_0 + \frac{\Delta x}{2} \right) & 14 32 20 \\
 e \cos M & 9.66115 & \Delta x - 1^\circ 52' 28'' & & & \\
 \lg (1 - e \cos M) & 9.73376 & & & \sin^2 \frac{1}{2} \left(x_0 + \frac{\Delta x}{2} \right) & 8.79948 \\
 \operatorname{tg} x_0 & 9.76170 & M & 34^\circ 19' 36'' & \lg 2A & 0.50474 \\
 x_0 & 30^\circ 0' 54'' & x_0 + 30^\circ 0' 54'' & & \Sigma & 9.30422 \\
 \cos x_0 & 9.93747 & \delta x - 1^\circ 48' 6'' & & I + \Sigma & 0.07972 \\
 \sin x_0 & 9.69917 & E = 62^\circ 32' 24'' & & \cos x_0 (I + \Sigma) & 0.01719 \\
 & & & & \lg \delta x & 3.81196_n \\
 & & & & \delta x - 1^\circ 48' 6'' &
 \end{aligned}$$

Der strenge Wert ist $E = 62^\circ 32' 25''$.

55, 56. Sehne und Verhältnis $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}}$ in der Parabel.

In der parabolischen Bahnbestimmung nach der Olbersschen Methode tritt die Ermittelung der Sehne s zwischen den Endpunkten der zu den Zeiten t_1 und t_2 gehörigen Radienvektoren r_1 und r_2 auf (Eulersche Gleichung). Nach dem Vorgange von Encke lässt sich diese Rechnung durch eine Hilfstafel recht einfach gestalten. Man hat

$$\eta = \frac{2k(t_2 - t_1)}{(r_1 + r_2)^{\frac{3}{2}}} \quad s = (r_1 + r_2)\eta\mu \quad \log 2k = 8.53661$$

$\log \mu$ mit dem Argument η aus Tafel 55.

Will man auch noch das Verhältnis $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}} = y$ kennen, das allerdings bei der Parabel geringes Interesse hat, so rechnet man weiter:

$$\sin \gamma = \eta \mu \quad y = \frac{I + 2 \sec \gamma}{3}$$

oder: man entnimmt $\log y$ direkt mit dem Argument η der nächsten Tafel 56, bei deren Gebrauch man die zweiten Differenzen mit einer Wirkung von höchstens 0.5 Einheiten der 5ten Dezimale durch Schätzung berücksichtigen muß, wenn es auf die letzte Stelle ankommt. Bei der Seltenheit des Gebrauchs dieser Tafel schien es unnötig, das Intervall zu verengern.

Beispiel. $t_2 - t_1 = 12^d 0000 \quad \log r_1 = 9.82707 \quad \log r_2 = 9.63542$

$$\begin{aligned}
 \lg 2k & 8.53661 & \sin \gamma & 9.55403 \\
 \lg (t_2 - t_1) & 1.07918 & \sec \gamma & 0.02980 \\
 \text{cplg } \lg(r_1 + r_2)^{\frac{3}{2}} & 9.93585 & \lg 2 \sec \gamma & 0.33083 \\
 \lg \eta & 9.55164 & \lg (I + 2 \sec \gamma) & 0.49721 \\
 \eta & 0.35616 & \lg 3 & 0.47712 \\
 \lg \mu & 0.00239 & \log y & 0.02009 \\
 \lg (r_1 + r_2) & 0.04277 & & \\
 \lg s & 9.59680 & \text{oder direkt mit } \eta \text{ aus Tafel 56:} \\
 & & \log y & 0.02009
 \end{aligned}$$

57. Verhältnis $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}}$ in Ellipse und Hyperbel.

Jede Methode der Bahnbestimmung führt schließlich auf das Problem, aus zwei nach Lage und Größe gegebenen Radienvektoren die Elemente der Bahn zu ermitteln. Hierbei ist von entscheidender Wichtigkeit die Aufgabe, das Verhältnis y des von den beiden Radienvektoren und dem Stück der Bahnkurve begrenzten Sektors zu dem Dreieck aus eben diesen Radienvektoren und der Sehne ihrer Endpunkte zu ermitteln. Wir bezeichnen mit

$2f$ den Winkel zwischen den beiden Radienvektoren r_1 und r_2 , deren Lage durch die heliozentrischen Örter l_1 , b_1 und l_2 , b_2 gegeben ist,

t_1, t_2 die Beobachtungszeiten, denen die Radienvektoren r_1, r_2 zu gehören,

und haben zu rechnen:

$$\cos 2f = \sin b_1 \sin b_2 + \cos b_1 \cos b_2 \cos(l_2 - l_1)$$

$$\text{oder } \sin^2 f = \sin^2 \frac{1}{2}(l_2 - l_1) \cos b_1 \cos b_2 + \sin^2 \frac{1}{2}(b_2 - b_1)$$

$$m = \frac{k^2(t_2 - t_1)^2}{(2 \cos f \sqrt{r_1 r_2})^3}$$

$$\log k = 8.23558$$

$$\frac{k}{6} = 0.83333$$

$$\log \frac{k}{6} = 9.92082$$

$$l = \frac{\sin^2 \frac{1}{2}f + \tan^2 2\omega}{\cos f}$$

$$h = \frac{m}{\frac{k}{6} + 1 + \xi}$$

Im ersten Versuch wird $\xi = 0$ gesetzt, eine Annahme, die bei exzentrischen Bahnen der Wahrheit nahe kommt. Dann nimmt man mit h aus Tafel 57a den Wert $\log y^2$ und sieht nach, ob wegen ξ eine Verbesserung nötig ist; denn ξ wird von Tafel 57b geliefert mit dem Argument:

$$x = \frac{m}{y^2} - 1$$

Für positive x hat man eine Ellipse, für negative x eine Hyperbel. Mit dem neuen h geht man wieder in die Tafel 57a für $\log y^2$ ein und wiederholt nötigenfalls das einfache Verfahren bis die Rechnung steht, d. h. bis sich für ξ derselbe Wert ergibt.

Beispiel. $t_a - t_i = 259^d 8848 \log r_i = 0.42828 \log r_a = 0.40620$
 $2f = 62^\circ 55' 17''$

f $31^\circ 27' 39''$ $\frac{1}{2}f \quad 15^\circ 43' 49''$

lg k	8.23558	sin ^a $\frac{1}{2}f$	8.86630
lg(t _a — t _i)	2.41478	tg ^a 2ω	6.20814
	0.65036	A	7.34184
	1.30072	B	0.00095
lg(....) ³	1.94766	lg Zähl.	8.86725
lg m	9.35306	lg l	8.93630
		l	0.08636
lg z	0.30103	$\frac{5}{6}$	0.83333
cos f	9.93095		0.91969
lg $\sqrt[r_i]{r_i r_a}$	0.41724		0.91994
lg (...)	0.64922	lg ($\frac{5}{6} + l$)	9.96364
		lg h	9.38942
lg(r _a : r _i)	9.97792	h	0.24514
tg(45° + ω)	9.99448	lg y ^a	0.17226
w — 0° 21' 50"		lg $\frac{m}{y^a}$	9.18080
2ω — 0 43 41		$\frac{m}{y^a}$	0.15163
		x	0.06527
		ξ	0.00025

2. Näherung

Demnach $\log y = 0.086115$

Die zweite Näherung hat also gleich den wahren Wert des gesuchten Verhältnisses y geliefert. Dabei überschreiten die Zahlen des Beispiels bei weitem die in der Anwendung vorkommenden Grenzen. Bei Planetenbahnen empfiehlt sich als brauchbare erste Näherung $x = \sin^a \frac{1}{2}f$, in unserm Falle mithin $x = 0.07352$, wodurch $\xi = 0.00032$, $h = 0.24506$, $\log y^a = 0.17222$ erhalten worden wäre. Trotzdem dann schon der erste Versuch zum wahren Wert von $\log y$ führt, hätte man doch zur Sicherung die zweite Näherung durchrechnen müssen.

Der Einfluß der zweiten Differenzen erreicht an der ungünstigsten Stelle der Tafel 57a bei $h = 0.25 - 0.40$ etwa eine Einheit der 5^{ten} Dezimale. Man kann diese Verbesserung aber bei der linearen Interpolation noch leicht durch Schätzung im Kopf berücksichtigen. In der gleichen Lage ist man ja bei den 7stelligen Tafeln, wenn man dort der letzten Stelle sicher sein will.

58. Zur Berechnung der speziellen Störungen in den rechtwinkligen Koordinaten (Enckes f-Tafel).

Bei parabolischen oder langperiodischen Kometen und bei Planeten, für die nur die Beobachtungen einer Erscheinung vorliegen, empfiehlt sich die Störungsrechnung in den rechtwinkligen Koordinaten nach der für Bahnen jeder Form gleich gut anwendbaren Bond-Enckeschen Methode¹⁾. Ihr Vorzug, Kürze und Übersichtlichkeit der Rechnung, kommt voll zur Geltung, ihr Nachteil, starkes Anwachsen der Störungen, tritt noch nicht auf, es sei denn in Ausnahmefällen.

Zur bequemen Anwendung dieser Methode bedarf man der von Encke entworfenen Tafel der Größe f , die folgende Bedeutung besitzt. Es seien:

x_0, y_0, z_0, r_0 heliozentrische Koordinaten und Radiusvektor in der ungestörten elliptischen Bahn des Himmelskörpers,
 x, y, z, r heliozentrische Koordinaten und Radiusvektor in der gestörten Bahn,
 ξ, η, ζ die Störungen in den Koordinaten,

sodaß

$$x = x_0 + \xi \quad y = y_0 + \eta \quad z = z_0 + \zeta$$

Dann bildet man das Argument q durch:

$$q = \frac{x_0 + \frac{1}{2}\xi}{r_0^2} \xi + \frac{y_0 + \frac{1}{2}\eta}{r_0^2} \eta + \frac{z_0 + \frac{1}{2}\zeta}{r_0^2} \zeta,$$

entnimmt der Tafel 58 den Wert f :

$$\begin{aligned} f &= 3 \left\{ 1 - \frac{5}{2}q + \frac{5 \cdot 7}{2 \cdot 3} q^2 - \frac{5 \cdot 7 \cdot 9}{2 \cdot 3 \cdot 4} q^3 + \frac{5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 11}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} q^4 - \dots \right\} \\ &\approx 3 \cdot \frac{1+q}{1+\frac{7}{2}q+\frac{35}{12}q^2} \end{aligned}$$

und erhält:

$$1 - \frac{r_0^3}{r^3} = f q.$$

In der Störungsrechnung nach den rechtwinkligen Koordinaten tritt weiter der Faktor

$$(w k)^2 m_r 10^7$$

auf. Hier bedeutet w das Intervall der Rechnung in Tagen, m_r die Masse des störenden Planeten, und der Koeffizient 10^7 ist hinzugefügt, um die Störungsbeträge gleich in Einheiten der 7^{ten} Dezimale der astronomischen Einheit zu erhalten, d. h. man rechnet die mit 10^7 multiplizierten Störungen.

¹⁾ Berl. astron. Jahrb. 1858, S. 307. Berlin 1855.

Entsprechend hat man es bei der Ermittlung der speziellen Störungen in den Elementen mit dem Faktor

$$w k'' m_x$$

zu tun.

Beide Faktoren vereinigt für alle großen Planeten und für die Intervalle $w = 20^d$ und $w = 40^d$ die folgende Übersicht.

Massen und Störungsfaktoren der großen Planeten.

Planet	$\frac{I}{m_x}$	log m_x	log $[(w k)^2 m_x \cdot 10^7]$		log $[w k'' m_x]$	
			$w = 20^d$	$w = 40^d$	$w = 20^d$	$w = 40^d$
Merkur . . .	6000000	3.22185 -10	9.2951 -10	9.8972 -10	8.0729 -10	8.3739 -10
Venus . . .	4e8000	4.38934 -10	0.4626	1.0646	9.2404 -10	9.5415 -10
Erde + Mond	329390	4.48229 -10	0.5555	1.1576	9.3333 -10	9.6344 -10
Mars	3093500	3.50955 -10	9.5828 -10	0.1848	8.3606 -10	8.6616 -10
Jupiter . . .	1047355	6.979906 -10	3.05313	3.65519	1.83094	2.13197
Saturn . . .	3501.6	6.455733 -10	2.52896	3.13102	1.30677	1.60780
Uranus . . .	22869	5.64075 -10	1.71397	2.31603	0.49179	0.79282
Neptun . . .	19700	5.70553 -10	1.77875	2.38081	0.55657	0.85760

$$\log k \ 8.235581 -10$$

$$\log k'' \ 3.550007$$

59. Zur Berechnung der Differentialquotienten in der Parabel.

Für die Berechnung der Differentialquotienten in der Parabel gewährt es eine wesentliche Erleichterung, wenn die Schönfeldschen¹⁾ Größen H, h_i, J, j tabuliert vorliegen.

Man erhält in dem Falle zur Verbesserung der parabolischen Bahn folgende Formeln:

$$\sin b \sin B = -\sin(\alpha - \Omega)$$

$$\sin b \cos B = +\cos i \cos(\alpha - \Omega)$$

$$\cos b = -\sin i \cos(\alpha - \Omega)$$

$$\sin c \sin C = -\sin \delta \cos(\alpha - \Omega)$$

$$\sin c \cos C = +\sin i \cos \delta - \cos i \sin \delta \sin(\alpha - \Omega)$$

$$\cos c = +\cos i \cos \delta + \sin i \sin \delta \sin(\alpha - \Omega)$$

sin b und sin c positiv.

Die Elemente ω , Ω , i beziehen sich auf dieselbe Grundebene und dasselbe Äquinox wie α und δ .

¹⁾ A. N. 113 (1885) 65.

$$\begin{aligned}
 d\alpha \cos \delta = & -\frac{\sin b}{\rho} \cos(B + \omega + \frac{1}{2}v) \frac{k''\sqrt{2}}{\sqrt{r}} dT \quad \log k''\sqrt{2} = 3.70052 \\
 & + \frac{\sin b}{\rho} \frac{i}{\cos \frac{1}{2}v} j \sin(B + \omega + J) dq \\
 & + \frac{\sin b}{\rho} \frac{r \operatorname{tg} \frac{1}{2}v}{\cos \frac{1}{2}v} h_I \cos(B + \omega + H) \frac{1}{2} de \\
 & + \frac{r}{\rho} \sin b \cos(B + \omega + v) ds \\
 & + \frac{r}{\rho} \cos b \sin v dp \\
 & - \frac{r}{\rho} \cos b \cos v dq \\
 \\
 d\delta = & -\frac{\sin c}{\rho} \cos(C + \omega + \frac{1}{2}v) \frac{k''\sqrt{2}}{\sqrt{r}} dT \\
 & + \frac{\sin c}{\rho} \frac{i}{\cos \frac{1}{2}v} j \sin(C + \omega + J) dq \\
 & + \frac{\sin c}{\rho} \frac{r \operatorname{tg} \frac{1}{2}v}{\cos \frac{1}{2}v} h_I \cos(C + \omega + H) \frac{1}{2} de \\
 & + \frac{r}{\rho} \sin c \cos(C + \omega + v) ds \\
 & + \frac{r}{\rho} \cos c \sin v dp \\
 & - \frac{r}{\rho} \cos c \cos v dq
 \end{aligned}$$

ρ Erdabstand, r Radiusvektor des Himmelskörpers. Die Werte H , h_I , J , j entnimmt man mit dem Argument wahre Anomalie v der Tafel 59. dT ergibt sich in Tagen; die gefundenen dq und de müssen mit $\sin i''$ [$\log = 4.68557$] multipliziert werden, um in Längemaß zu erscheinen. Zum Übergang von dp , dq , ds auf die Elementenkorrekturen di , $d\Omega$, $d\omega$ hat man:

$$\begin{aligned}
 di &= \cos \omega \cdot dp - \sin \omega \cdot dq \\
 \sin i \cdot d\Omega &= \sin \omega \cdot dp + \cos \omega \cdot dq \\
 d(\Omega + \omega) &= ds + \operatorname{tg} \frac{1}{2}i \sin i \cdot d\Omega
 \end{aligned}$$

„Die Fälle, wo nicht auch eine vierstellige Rechnung [für die Differentialquotienten] genügen würde, möchten in der Tat zu den größten Seltenheiten gehören“¹⁾.

¹⁾ E. Schönfeld, A. N. 113 (1885) 65.

60. Bahnverbesserung für große Exzentrizitäten.

Die Berechnung der Differentialquotienten der Elemente bei der Verbesserung einer elliptischen Bahn ist stets eine umständliche Arbeit, für die entweder Doppel- oder Kontrollrechnung notwendig, jedenfalls erwünscht ist.

Nun sind ja durch viele Abhandlungen und mehrere Lehrbücher die Formeln bekannt und gebräuchlich, die ohne Tafeln auch für Bahnen großer Exzentrizität zum Ziele führen. Bedient man sich dieser Methoden zunächst, so kann man eine zweite Rechnung nach den Formeln von Th. v. Oppolzer durchführen, für deren Anwendung Tafeln entworfen worden sind. Oppolzers Verfahren bedeutet gegenüber der Rechnung ohne Tafeln keine Abkürzung, ist aber auch nicht länger als jene. Da Oppolzer andere Bestimmungsstücke der Bahn zur Verbesserung gewählt hat, bedeutet die zweifache Berechnung der Differentialquotienten nach beiden Methoden eine durchgreifende Kontrolle.

Die Tafel 60 bringt die Oppolzerschen Hilfsgrößen $\log E_2^v$, $\log E_4^v$, E_o^r , $\log E_4^r$ in zureichendem Umfange. Die durchzurechnenden Formeln der Differentialquotienten für Bahnen großer Exzentrizität (periodische Kometen) gestalten sich jetzt wie folgt.

$$A \sin A' = \cos(\alpha - \Omega) \cos i$$

$$A \cos A' = \sin(\alpha - \Omega)$$

$$m \sin M = \sin i$$

$$m \cos M = -\sin(\alpha - \Omega) \cos i$$

$$B \sin B' = m \sin(M + \delta)$$

$$B \cos B' = \cos(\alpha - \Omega) \sin \delta$$

α , δ müssen sich auf dieselbe Fundamentalebene beziehen, wie Ω , i und ω .

A geozentrische Entfernung.

Hier ist:

$$p = q(i + e)$$

$$\log k = 8.23558 - 10$$

$$\log(-\gamma) = 8.77389n - 10$$

$$\log\left(-\frac{1}{Mod}\right) = 0.36222n$$

$$F \sin F' = \frac{k e \sin v}{r \sqrt{p}}$$

$$F \cos F' = -\frac{k \sqrt{p}}{r^2}$$

$$G \sin G' = -\frac{\sin^2 v}{4(i+e)} \{E_o^r + \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2}v + E_4^r \operatorname{tg}^4 \frac{1}{2}v\}$$

d T wird in Einheiten des mittleren Sonnentages erhalten.

$$G \cos G' = \frac{\sin v \cos^2 \frac{1}{2}v}{2(i+e)} \{1 + E_2^v \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2}v + E_4^v \operatorname{tg}^4 \frac{1}{2}v\}$$

Mit dem Argumente: $\theta = \frac{i - e}{i + e} \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2}v$

$$H \sin H' = -\frac{1}{Mod} \left\{ \frac{q}{r} \cos v - (i - e) G \sin G' \right\}$$

entnimmt man $\log E_2^v$, $\log E_4^v$, E_o^r , $\log E_4^r$ aus Tafel 60.

$$H \cos H' = -\gamma \frac{t - T}{r^2} \sqrt{p}$$

Dann ist:

$$u = \omega + v$$

$$\frac{\cos \delta \cdot d\alpha}{dT} = \frac{r}{A} AF \sin(F' + A' + u)$$

$$\frac{d\delta}{dT} = \frac{r}{A} BF \sin(F' + B' + u)$$

$$\frac{\cos \delta \cdot d\alpha}{de} = \frac{r}{A} AG \sin(G' + A' + u)$$

$$\frac{d\delta}{de} = \frac{r}{A} BG \sin(G' + B' + u)$$

$$\frac{\cos \delta \cdot d\alpha}{d \log q} = \frac{r}{A} AH \sin(H' + A' + u)$$

$$\frac{d\delta}{d \log q} = \frac{r}{A} BH \sin(H' + B' + u)$$

$$\frac{\cos \delta \cdot d\alpha}{d\pi} = \frac{r}{A} A \sin(A' + u)$$

$$\frac{d\delta}{d\pi} = \frac{r}{A} B \sin(B' + u)$$

$$\frac{\cos \delta \cdot d\alpha}{\sin i \cdot d\Omega} = \frac{r}{A} \operatorname{tg} \frac{i}{2} \cos(\alpha - \Omega + u)$$

$$\frac{d\delta}{\sin i \cdot d\Omega} = -\frac{r}{A} \left\{ \sin(\alpha - \Omega + u) \sin \delta \operatorname{tg} \frac{i}{2} + \cos u \cos \delta \right\}$$

$$\frac{\cos \delta \cdot d\alpha}{di} = -\frac{r}{A} \sin u \cos(\alpha - \Omega) \sin i$$

$$\frac{d\delta}{di} = \frac{r}{A} (\sin(\alpha - \Omega) \sin \delta \sin i + \cos \delta \cos i) \sin u$$

$d\pi, d\Omega, di, i$ beziehen sich auf die äquatorealen Elemente.

$$\omega = \pi - \Omega$$

Für die ersten drei Elemente gilt der Radius als Einheit; die drei letzten Elemente werden schon in Bogenmaß verstanden. Es müssen die für die drei ersten Elemente gefundenen Korrektionen mit $\sin i''$ multipliziert werden, wenn die Unterschiede (Beob. — Rechn.), wie gewöhnlich, in Bogensekunden angesetzt werden. $\log \sin i'' = 4.68557$.

61. Interpolation.

Argument	Funktion	I. Diff.	II. Diff.	III. Diff.	IV. Diff.	V. Diff.
a_{-2}	u_{-2}		$\Delta u_{-\frac{3}{2}}$			
a_{-1}	u_{-1}		$\Delta^2 u_{-1}$			
a_0	u_0	$\Delta u_{-\frac{1}{2}}$	$\Delta^2 u_0$	$\Delta^3 u_{-\frac{1}{2}}$	$\Delta^4 u_0$	$\Delta^5 u_{+\frac{1}{2}}$
a_{+1}	u_{+1}	$\Delta u_{+\frac{1}{2}}$	$\Delta^2 u_{+1}$	$\Delta^3 u_{+\frac{3}{2}}$	$\Delta^4 u_{+1}$	$\Delta^5 u_{+\frac{5}{2}}$
a_{+2}	u_{+2}	$\Delta u_{+\frac{3}{2}}$	$\Delta^2 u_{+2}$	$\Delta^3 u_{+\frac{5}{2}}$	$\Delta^4 u_{+2}$	$\Delta^5 u_{+\frac{7}{2}}$
a_{+3}	u_{+3}	$\Delta u_{+\frac{5}{2}}$	$\Delta^2 u_{+3}$	$\Delta^3 u_{+\frac{7}{2}}$	$\Delta^4 u_{+3}$	
a_{+4}	u_{+4}	$\Delta u_{+\frac{7}{2}}$	$\Delta^2 u_{+4}$			
a_{+5}	u_{+5}		$\Delta u_{+\frac{9}{2}}$			

n bezeichne die Phase, ausgedrückt in Bruchteilen der unter sich gleichen Argumentintervalle.

Newton's Interpolationsformel:

$$f(a_n) = u_0 + n \cdot \Delta u_{+\frac{1}{2}} + (\text{II}) \cdot \Delta^2 u_{+1} + (\text{III}) \cdot \Delta^3 u_{+\frac{3}{2}} + (\text{IV}) \cdot \Delta^4 u_{+2} \\ + (\text{V}) \cdot \Delta^5 u_{+\frac{5}{2}}$$

Bessel's Interpolationsformel:

$$f(a_n) = u_0 + n \cdot \Delta u_{+\frac{1}{2}} + (\text{II}) \cdot \frac{\Delta^2 u_0 + \Delta^2 u_{+1}}{2} + (\text{III}) \cdot \Delta^3 u_{+\frac{1}{2}} \\ + (\text{IV}) \cdot \frac{\Delta^4 u_0 + \Delta^4 u_{+1}}{2} + (\text{V}) \cdot \Delta^5 u_{+\frac{1}{2}}$$

Die Faktoren (II), (III), (IV), (V) der 2^{ten} , 3^{ten} , 4^{ten} , 5^{ten} Differenzen für beide Formeln findet man mit dem Argument n in den Tafeln 61a, b. Die in den Formeln vorkommenden Glieder der Differenzreihen sind in dem Schema oben durch fette Schrift kenntlich gemacht.

Die vorteilhafteste Interpolationsformel ist die Bessel'sche; die höheren Differenzen weisen die kleinsten Koeffizienten auf, und alle Differenzen, die man braucht, stehen längs einer Zeile. Sie versagt aber in zwei Fällen. Einmal im Anfangs- und Endintervall einer vorgelegten Tafel, wenn nach dem unregelmäßigen Verlauf der Differenzen eine Extrapolation bedenklich erscheint. Ferner wird die Bessel'sche Formel auch unanwendbar, wenn wenige Intervalle vor dem einzuschaltenden Werte eine irreguläre Stelle liegt, weil sich die Wirkung der Irregularität schon in den Differenzen der benutzten Zeile bemerklich macht. Von beiden Ausnahmen bleibt Newton's Formel unberührt; im ersten Falle sind die er-

forderlichen Glieder der absteigenden Treppe der Differenzen alle vorhanden und im andern Falle unterliegen sie nicht den Einflüssen der Irregularität.

Zur Verfeinerung einer ursprünglich in grobem Intervall angelegten Tafel bedient man sich gerne der Interpolation in die Mitte. Die Phase wird $n = \frac{1}{2}$ und wir haben nach Bessels Formel:

$$f(a_{\pm\frac{1}{2}}) = u_0 + \frac{1}{2} \Delta u_{\pm\frac{1}{2}} - \frac{1}{8} \frac{\Delta^2 u_0 + \Delta^2 u_{\pm 1}}{2} + \frac{1}{128} \frac{\Delta^4 u_0 + \Delta^4 u_{\pm 1}}{2}$$

Die ungeraden Differenzen fallen heraus und die Koeffizienten besitzen bequeme Werte.

Beispiel. Aus der Ephemeride des Merkur 1917.

1917 0 ^h m ZGreenw.	α_{app}	I. Diff.	II. Diff.	III. Diff.	IV. Diff.	V. Diff.
Jan. 4	20 ^h 21 ^m 22 ^s 61					
		+ 3 ^m 13 ^s 56				
5	20 24 36.17		- 33 ^s 36			
		+ 2 40.20	- 3 ^s 39			
6	20 27 16.37		- 36.75	+ 0 ^s 05		
		+ 2 3.45	- 3.34	+ 0 ^s 26		
7	20 29 19.82		- 40.09	+ 0.31		
		+ 1 23.36	- 3.03	+ 0.20		
8	20 30 43.18		- 43.12	+ 0.51		
		+ 0 40.24	- 2.52	+ 0.21		
9	20 31 23.42		- 45.64	+ 0.72		
		- 0 5.40	- 1.80			
10	20 31 18.02		- 47.44			
		- 0 52.84	.			
11	20 30 25.18					

Gesucht α für Jan. 6.70048 $n = 0.70048$

Nach Bessels Formel

$$\begin{aligned}
 n \times \Delta u_{\pm\frac{1}{2}} &+ 86^s476 \\
 (\text{II}) \times \frac{\Delta^2 u_0 + \Delta^2 u_{\pm 1}}{2} &+ 4.031 \\
 (\text{III}) \times \Delta^3 u_{\pm\frac{1}{2}} &+ 0.023 \\
 (\text{IV}) \times \frac{\Delta^4 u_0 + \Delta^4 u_{\pm 1}}{2} &+ 0.003 \\
 (\text{V}) \times \Delta^5 u_{\pm\frac{1}{2}} &\quad 0.000 \\
 &+ 1^m 30^s533
 \end{aligned}$$

Nach Newtons Formel

$$\begin{aligned}
 n \times \Delta u_{\pm\frac{1}{2}} &+ 86^s476 \\
 (\text{II}) \times \Delta^2 u_{\pm 1} &+ 4.205 \\
 (\text{III}) \times \Delta^3 u_{\pm\frac{1}{2}} &- 0.138 \\
 (\text{IV}) \times \Delta^4 u_{\pm 2} &- 0.013 \\
 (\text{V}) \times \Delta^5 u_{\pm\frac{1}{2}} &+ 0.004 \\
 &+ 1^m 30^s534
 \end{aligned}$$

$$\alpha = 20^h 28^m 46^s90$$

62. Astronomische Konstanten.

Die allgemeine Präzession ist nach S. Newcomb angesetzt. Die Konstanten der Nutation, der Aberration und die Sonnenparallaxe wurden von der internationalen Konferenz für Fundamentalsterne zu Paris, Mai 1896, angenommen. Dem mittleren Abstand der Erde von der Sonne liegt der Äquatorradius der Erde nach Helmert 1907 zugrunde. Die Dauer des siderischen und tropischen Jahres (nach Newcomb) gilt für 1900. Das tropische Jahr verkürzt sich in einem Jahrtausend um $-5^{\circ}30' = -0^{\circ}0000614$; das siderische Jahr wächst im gleichen Zeitraum um $+0^{\circ}10' = +0^{\circ}0000011$.

Geschwindigkeit des Lichtes in $1''$ nach Newcomb und Michelson. Durch Aberration und Sonnenparallaxe ist indes auch schon die Lichtgeschwindigkeit festgelegt. Bezeichnet

A die Aberrationskonstante $= 20''47$ (Pariser Konf. 1896)

π die Äquatoreal-Horizontal-Parallaxe der Sonne $= 8''80$ (Pariser Konf. 1896)

V die Lichtgeschwindigkeit in km

μ die mittlere tägliche Bewegung der Erde in ihrer Bahn $= 3548''19283$ (Newcomb)

φ den Exzentrizitätswinkel der Erdbahn $= 0^\circ 57' 35''31$ (Newcomb)

a den Äquatorradius der Erde $= 6378.200$ km (Helmert),

so besteht die Relation:

$$A\pi V = \frac{\mu a \sec \varphi}{86400 \sin 1''} \quad A\pi V = 54035313 [7.73267767]$$

Die Zahl rechts ist so sicher bestimmt, daß sie als Konstante gelten kann. Zu den Werten A und π der Pariser Konferenz 1896 in Verbindung mit Helmers Äquatorradius (1907) gehört dann eine Lichtgeschwindigkeit:

$$V = 299969.54 \text{ km } [5.47707716]$$

63. Mathematische Konstanten.

64, 65. Berechnung der Beobachtungsfehler und Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate.

In den beiden Tabellen 64, 65 sind alle Formeln, Ausdrücke und Zahlenwerte aus der Ausgleichungsrechnung zusammengestellt, deren der Forschungsreisende bei der definitiven Bearbeitung und Kritik seiner astronomischen Beobachtungen bedarf.

Das von Gauß eingeführte Zeichen [] bedeutet die Summe einer endlichen Zahl derjenigen gleichartigen Größen, die der Inhalt der Klammer anzeigt. Durch das Symbol [[v]] wird darauf hingewiesen, daß die absoluten Beträge der Abweichungen v vom

Mittelwert ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen zu summieren sind. Man gewöhne sich daran, die Abweichungen v stets im Sinne (Beobachtung — Mittel) oder (Beobachtung — Rechnung) zu bilden.

Beispiel 1. Mit einem kleinen Spiegelkreis wurden 1897 April 13 von 16^m vor bis 7^m nach der Kulmination 16 Zirkummeridian-Zenitdistanzen der Sonne über einem Ölhorizont gemessen, die die folgenden Werte für die Polhöhe φ des Beobachtungsortes ergeben. Wie genau ist die einzelne Beobachtung und der Mittelwert?

Nr.	φ	Beob.-Mittel = v	v v
1	51° 19' 16''	— 30''	900
2	28	— 18	324
3	37	— 9	81
4	48	+ 2	4
5	55	+ 9	81
6	30	— 16	256
7	58	+ 12	144
8	45	— 1	1
9	56	+ 10	100
10	66	+ 20	400
11	60	+ 14	196
12	61	+ 15	225
13	59	+ 13	169
14	55	+ 9	81
15	30	— 16	256
16	30	— 16	256
Mittel	51° 19' 46''	+ 104	3474
		— 106	
		210	

Mittlerer Fehler einer Beobachtung $\varepsilon = \pm 15''$ 2 $\lg [vv] 3.5408$
 Mittlerer Fehler des Resultats $\varepsilon(W) = \pm 3.8$ $\lg(n-1) 1.1761$
 $\lg(n) 2.3647$

Leitet man aus der Summe $[[v]] = 210$ der ersten Potenz der Fehler die mittleren Beobachtungsfehler ab, so findet sich $\varepsilon = \pm 17''$ 0 und $\varepsilon(W) = \pm 4''$ 2 . $\lg \varepsilon 1.1823$
 $\lg \sqrt{n} 0.6021$
 $\lg \varepsilon(W) 0.5802$

Da die Teilung des Instrumentchens, direkt 20', nur 20'' mit Nonius abzulesen erlaubte, so haben die Beobachtungen an innerer Genauigkeit das geleistet, was man von ihnen fordern darf.

Beispiel 2. Die Zahlen des vorigen Beispiels wurden noch in der Richtung untersucht, ob sich darin eine durch eine Unsicherheit im Uhrstand verursachte für die ganze Reihe konstante Stundenwinkelkorrektion dt zeige. Als zweite Unbekannte ist die Ver-

besserung $d\varphi$ der geographischen Breite eingeführt. Die Bedingungsgleichungen bekommen die Form:

$$d\varphi + b \cdot dt = n,$$

wo für n, um mit kleinen Zahlen rechnen zu können, die Werte Beobachtung — Mittel = v des Beispiels I eingeführt sind. Der Koeffizient b ist so angesetzt, daß sich dt in Zeitminuten ergibt; $d\varphi$ kommt in Bogensekunden heraus.

Bedingungsgleichungen.

Nr.	$a \cdot x + b \cdot y = n$	bb	bn	nn	Rechn.	$B - R = v$	vv
1	$1 \cdot d\varphi - 56 \cdot dt = - 30''$	3136	+ 1680	900	- 9''	- 21''	441
2	$1 - 48 = - 18$	2304	+ 864	324	- 7	- 11	121
3	$1 - 44 = - 9$	1936	+ 396	81	- 7	- 2	4
4	$1 - 39 = + 2$	1521	- 78	4	- 5	+ 7	49
5	$1 - 29 = + 9$	841	- 261	81	- 3	+ 12	144
6	$1 - 25 = - 16$	625	+ 400	256	- 2	- 14	196
7	$1 - 21 = + 12$	441	- 252	144	- 1	+ 13	169
8	$1 - 16 = - 1$	256	+ 16	1	0	- 1	1
9	$1 - 12 = + 10$	144	- 120	100	+ 1	+ 9	81
10	$1 - 7 = + 20$	49	- 140	400	+ 2	+ 18	324
11	$1 - 2 = + 14$	4	- 28	196	+ 3	+ 11	121
12	$1 + 1 = + 15$	1	+ 15	225	+ 3	+ 12	144
13	$1 + 7 = + 13$	49	+ 91	169	+ 5	+ 8	64
14	$1 + 11 = + 9$	121	+ 99	81	+ 6	+ 3	9
15	$1 + 19 = - 16$	361	- 304	256	+ 7	- 23	529
16	$1 + 24 = - 16$	576	- 384	256	+ 9	- 25	625
[aa] = 16	$+ 62$ $- 209$	12365	+ 3561 $- 1567$	3474			3022
[ab] = - 237 [an] = - 2			+ 1994				$n = 16$ $\mu = 2$ $n - \mu = 14$

$$\begin{aligned} \lg [ab] & 2.3747n & + 12365 & + 1994 & \lg [bn] & 3.2934 \\ \lg [aa] & 1.2041 & - 3510 & - 29 & \lg [bb] & 3.9472 \\ 1.1706n & [bb] + 8855 [bn] + 1965 & & & \lg y & 9.3462 \\ \lg [ab] & 2.3747n & & & \lg [ab] & 2.3747n & y = + 0^m 2219 \\ \lg [an] & 0.3010n & & & \lg [ab] & 2.3747n & y = + 13^s 32 \\ 3.5453 & & & & \lg x & 1.7209n & \\ 1.4716 & & & & \lg x & 0.5000 & x = + 3'' 16 \\ & & & & \lg [vv] & 3.4803 & \\ & & & & \lg (n - \mu) & 1.1461 & \\ & & & & & & \\ & & & & \lg \varepsilon & 1.1671 & \varepsilon = \pm 14'' 7 \\ & & & & \lg \sqrt{p_x} & 0.5296 & \\ & & & & \lg \sqrt{p_y} & 1.9736 & \\ & & & & \lg \varepsilon(x) & 0.6375 & \varepsilon(x) = \pm 4'' 34 \\ & & & & \lg \varepsilon(y) & 0.91935 & \varepsilon(y) = \pm 0^m 156 = \pm 9^s 37 \end{aligned}$$

Anmerkung. Die ganze Rechnung läßt sich sehr bequem und hinreichend genau mit dem Rechenschieber erledigen.

Die innerhalb der Rechnungsunsicherheit liegende Übereinstimmung der auf verschiedenem Wege abgeleiteten Fehlerquadratsummen ($[nn_2] = 3038$, $[vv] = 3022$) bestätigt die Richtigkeit der ganzen Rechnung. Das Ergebnis ist demnach:

$$\begin{array}{l|l} d\varphi = + 3''2 & dt = + 13''3 \\ M.F. \pm 4.3 & M.F. \pm 9.4 \\ M.F. \text{ einer Beobachtung } \varepsilon = \pm 14''7 \end{array}$$

und die definitive Polhöhe:

$$\varphi = + 51^\circ 19' 49''2 \quad m.F. \pm 4''3$$

Der Vergleich mit dem Resultat in Beispiel 1 zeigt, daß der m.F. einer Beobachtung etwas kleiner geworden ist. Das mußte man erwarten; denn durch zwei Unbekannte kann ich eine vorgelegte Beobachtungsreihe besser darstellen, als durch eine. Dagegen hat der m.F. der Polhöhe φ ein wenig zugenommen; ebenfalls vorauszusehen, weil das vorher auf eine Unbekannte konzentrierte Material jetzt deren zwei bestimmen muß. —

Ein wertvolles Kriterium für die Beobachtungen bildet auch die Verteilung der Fehler nach der absoluten Größe und deren Vergleich mit der aus der Wahrscheinlichkeitstheorie folgenden Anzahl. Bezeichnet r den wahrscheinlichen Fehler einer Beobachtung ($r = 0.6745 \varepsilon$), so soll danach ein Fehler kleiner als $t \cdot r$ unter 1000 einzelnen Beobachtungen desselben Gegenstandes n mal vorkommen; mit dem Argument t entnimmt man n dem nachstehenden Täfelchen.

t	n		t	n
0.5	264		3.0	957
1.0	500		3.5	982
1.5	688		4.0	993
2.0	823		4.5	998
2.5	908		5.0	999

Zur Anwendung ordnen wir die 16 Fehler v in Beispiel 1 nach ihrer absoluten Größe und erhalten die Reihe

$1'' 2'' 9'' 9'' 10'' 12'' 13'' 14'' 15'' 16'' 16'' 16'' 18'' 20'' 30''$. Da hier $r = \pm 10''3$, so liefert Abzählung und Rechnung das folgende ohne weiteres verständliche Ergebnis für die wirklich auftretende und die theoretisch geforderte Fehleranzahl n .

t	$t \cdot r$	n Beob.	n Rechn.	B - R
0.5	< 5.1	2	4.2	- 2.2
1.0	10.3	6	8.0	- 2.0
1.5	15.5	10	11.0	- 1.0
2.0	20.6	15	13.2	+ 1.8
2.5	25.8	15	14.5	+ 0.5
3.0	< 30.9	16	15.3	+ 0.7

Übersichtlich läßt sich das Resultat der Abzählung auch in dieser Form zusammenstellen:

Zwischen den Grenzen für t.r	n Beob.	n Rechn.	B — R
" 0.0 . . . 5.1	2	4.2	- 2.2
5.1 . . . 10.3	4	3.8	+ 0.2
10.3 . . . 15.5	4	3.0	+ 1.0
15.5 . . . 20.6	5	2.2	+ 2.8
20.6 . . . 25.8	0	1.3	- 1.3
25.8 . . . 30.9	1	0.8	+ 0.2
> 30.9	0	0.7	- 0.7
	16	16.0	

In Anbetracht der geringen Zahl der verglichenen Messungen kann die Übereinstimmung zwischen Erfahrung und Theorie noch als leidlich gelten. Daß die großen Abweichungen etwas häufiger auftreten, als es nach der Theorie sein sollte, ist eine Wahrnehmung, die man gemeinhin macht und die aus der Eigenart des Beobachtungsvorganges nicht schwer zu erklären ist.

66, 67. Formeln.

Die Zusammenstellung bringt an erster Stelle diejenigen Formeln, deren der Forschungsreisende zur Auswertung der Zeit- und Ortsbestimmungen bedarf, und an zweiter Stelle eine Auswahl aus Formeln, die in der elliptischen Bahn zur Bearbeitung von Beobachtungen und zur Herstellung einer Ephemeride dienen können. Gleichungen, die schon in den Tafeln und ihren Erklärungen vorkommen, sind nicht wiederholt.

Der Methode zur Längenbestimmung aus Sternbedeckungen ist ein Täfelchen beigegeben, aus dem man die Korrektion des Erdradius wegen Refraktion bei Okkultationsphänomenen entlehnen kann.

Anhang.

68. Refraktion nach Radau.

Um die Möglichkeit zur Berechnung der Refraktion nach der Theorie von Radau¹⁾ zu gewähren, bietet der Anhang eine auf diese Theorie gestützte Refraktionstafel, die wieder nur die Genauigkeit der Bogensekunde anstrebt.

Ohne auf eine nähere Erläuterung von Radaus Theorie einzugehen, sei hier nur soviel gesagt, als zum Gebrauch der Tafeln erforderlich ist.

¹⁾ R. Radau, Essai sur les réfractions astronomiques. Annales de l'observ. Paris. 19. 1889. — Conn. des temps 1915ff.

Den am Quecksilberbarometer gemessenen Luftdruck hat man wegen Schwere (geographische Breite und Seehöhe des Beobachtungsortes) zu korrigieren. Die Verbesserung wegen geographischer Breite findet man schon in Tafel 47 Ia, die wegen Seehöhe in Tafel 47 Ib. Ferner ist die Barometerablesung auf die Lufttemperatur t zu reduzieren. Bedeutet t' die Temperatur des Quecksilbers, so entnimmt man diese Verbesserung mit dem Argument $t' - t$ der Tafel 11. Auf diese Weise erhält man den weiter zu verwendenden Barometerstand.

Die Tafel 68 a gibt die normale Refraktion ϱ_0 , gültig für Barometer 760 mm Quecksilber bei 0° , Lufttemperatur 0° , Dampfspannung 6 mm, geographische Breite 45° , Seehöhe 0 m. Als Refraktionskonstante liegt der Wert $60^\circ 154$ zugrunde. Man berechnet dann die Temperaturkorrektion $d\varrho_T$, die man an ϱ_0 anzubringen hat, durch

$$d\varrho_T = \varrho_0 A \alpha \tau$$

Die numerischen Faktoren A , α , τ liefern die Tafeln 68 b, c, d. Bildet man nun

$$\varrho' = \varrho_0 + d\varrho_T,$$

so gewinnt man die Luftdruckkorrektion

$$d\varrho_B = \varrho' B \beta$$

und hat schließlich die gesuchte Refraktion

$$\varrho = \varrho' + d\varrho_B$$

B und β in den Tafeln 68 e, f. Die Auswertung der Verbesserungen $d\varrho_T$ und $d\varrho_B$ vermittelt entweder der Rechenschieber oder die dreistellige Logarithmentafel. Die rechnungsmäßige Unsicherheit der gewonnenen Refraktion wird $2''$ nicht übersteigen. Man erkennt leicht die Vereinfachungen, die bei kleinen Zenitdistanzen eintreten: Faktor α ist 1 unterhalb 45° , τ ist 1 unterhalb 80° und β ist 1 unterhalb 60° .

Beispiel 1. Scheinb.ZD= $75^\circ 19' 6''$ Bar.=696.8 mm Therm.=-15°5

ϱ_0	$3' 46''$	$A + 0.063$	$B - 0.083$	Mit Rechenschieber.
$d\varrho_T + 14.5$		$\alpha \quad 1.018$	$\beta \quad 1.002$	
$d\varrho_B - 20.0$		$\varrho_0 \quad 226''$	$\varrho' \quad 240''$	
ϱ	$3 \ 40$			

Beispiel 2. Scheinb.ZD= $87^\circ 22' 7''$ Bar.=768.8 mm Therm.=-10°3

ϱ_0	$16' 21''$	$A + 0.041$	$B + 0.011$	Mit Rechenschieber.
$d\varrho_T + 50.1$		$\alpha \quad 1.239$	$\beta \quad 1.033$	
$d\varrho_B + 11.7$		$\tau \quad 1.004$	$\varrho' \quad 1031''$	
ϱ	$17 \ 23$	$\varrho_0 \quad 981''$		

Tafel 13 hat $\varrho = 17' 22''$ ergeben. (S. 6.)

69. Mittlere Extinktion.

Um die Lichtabsorption beurteilen zu können, die die zu beobachtenden Gestirne durch die Atmosphäre erleiden, ist die Tafel 69 der mittleren Extinktion aufgenommen. Sie gibt an, um wieviel photometrische Größenklassen ein Stern in gegebener Zenitdistanz gegenüber seiner Helligkeit im Zenit geschwächt erscheint. Diese Kenntnis ist für den Beobachter zuweilen von Wert, wenn er wissen will, ob ein bestimmtes Gestirn in großen ZD überhaupt noch bequem sichtbar ist. Wäre der betreffende Stern z. B. von der Größe 3^m0, so könnte man ihn in 86° wahrer ZD nur schwer mit den kleinen Hilfsmitteln zur Ortsbestimmung einstellen; denn er zeigt dann die Größe 3^m0 + 2^m0 = 5^m.

Die Tafel beruht auf Beobachtungen von G. Müller¹⁾; sie gilt im engeren Sinne für Potsdam (Seehöhe 100 m, Barometer 752 mm). In größeren Höhen über dem Meere wird die Extinktion natürlich geringer sein, doch fällt der Unterschied erst in den niedrigen Schichten am Horizont ins Auge. So hat man z. B. für den Säntis (Seehöhe 2504 m, Barometer 569 mm) in 88° wahrer ZD eine Extinktion von 2^m34 gegenüber 3^m10 in Potsdam.

Die Haupttafel a läuft mit der wahren ZD als Argument, das bis 75° ZD nach Belieben mit der scheinbaren ZD vertauscht werden darf. Für ZD $\geq 75^\circ$ gibt ein zweites Täfelchen b die Extinktion als Funktion der scheinbaren ZD.

70. Photometrische Größenklassen und Intensitäten.

Die Tafel 70 ist für manche Betrachtungen über das Helligkeitsverhältnis von Gestirnen bequem; ferner wird man sie mit Vorteil benutzen, wenn es sich darum handelt, die Gesamthelligkeit mehrerer nahestehender Sterne abzuleiten oder umgekehrt, aus der Gesamthelligkeit auf Einzelgrößen überzugehen. Die photometrischen Größenklassen M sind mit den Intensitäten J verknüpft durch die Gleichung:

$$J = \frac{I}{2.512^M} \quad \text{oder} \quad \log J = -M \cdot 0.40000$$

wo 2.5119 [$\log = 0.40000$] das durch Definition festgelegte Helligkeitsverhältnis zweier aufeinander folgender photometrischer Sterngrößen bedeutet. Die Intensitäten J beziehen sich auf die Größenklasse 0^m0, deren J = I angenommen ist.

Beispiele. Sei für einen Doppelstern, dessen Komponenten M₁ und M₂ vorliegen, die Totalhelligkeit M abzuleiten, so addiert man die J der Komponenten und entnimmt die zur J-Summe gehörige Größenklasse.

¹⁾ G. Müller, Photometrie der Gestirne. Leipzig 1897. S. 515.

$$\begin{array}{ll} M_1 = 2^m 83 & J_1 = 0.074 \\ M_2 = 5.67 & J_2 = 0.00542 \\ \hline M = 2.75 & J = 0.07942 \end{array}$$

Aus J erhält man durch Rechnung auch $M = -2.5 \log J$.

Häufig kommt es vor, daß für einen Doppelstern die Gesamthelligkeit M und eine Komponente M_1 bekannt sind. Wie hell ist die andere Komponente M_2 ?

$$\begin{array}{ll} M = 4^m 85 & J = 0.0115 \\ M_1 = 5.08 & J_1 = 0.00932 \\ \hline M_2 = 6.65 & J_2 = 0.00218 \end{array}$$

Ferner kann man mit Hilfe der Tafel 70 leicht finden, um wieviel eine bestimmte Größenklasse M_1 heller ist als eine andere M_2 .

$$\frac{M_1 = -0^m 8}{M_2 = 9.3} \quad \frac{J_1 = 2.09}{J_2 = 0.000191} = 10940,$$

der helle Stern besitzt also die 1000fache Leuchtkraft des schwächeren.

Man erkennt, daß die geltenden Ziffern der Tafel nach je 5^m wiederkehren. Für $M = -0^m 8$ hat man z. B. bei $4^m 2$ den Wert $J = 2.09$.

71. Reduktion beobachteter Zeiten auf die Sonne. Scheinbare Sonnenlänge.

Die Tafel 71 ermöglicht den bequemen Übergang von einer beobachteten geozentrischen Zeit auf die Sonne, wie es z. B. bei der Bearbeitung veränderlicher Sterne vorkommt. Bedeutet \odot die scheinbare Länge der Sonne, R den Abstand Sonne-Erde, λ und β die astronomische Länge und Breite des Gestirns, so ist

Heliozentr. Zeit — Geozentr. Zeit = $-8^m 308 R \cos \beta \cos (\odot - \lambda)$ in Zeitminuten. Die Tafel 71 gibt \odot und $\log (8^m 308 \cdot R)$ für den mittleren Greenwicher Mittag eines jeden zehnten Tages des Jahres. Sie bildet zugleich eine Ergänzung der immerwährenden Sonnenephemeride (Tafel 1a), der sie die scheinbare Sonnenlänge \odot hinzufügt. Innerhalb desselben Zeitraumes, für den die Tafeln 1 gelten, kann man ihr mit Hilfe der Zeitreduktion k (Tafel 1c) die Sonnenlänge auf etwa 1 genau entnehmen.

Beispiel. Gesucht scheinbare Länge \odot der Sonne für 1912 Februar 14 3^h 8^m 46^s M. Z. Greenw.

1912 Febr. 14.131	Mit Berücksichtigung der zweiten Differenzen,
<u>$k + 0.453$</u>	deren Einfluß hier 0°005 (nahe das mögliche Maximum) ausmacht, erhält man
Febr. 14.584	$\odot = 324^{\circ}58'$.

Der Nautical Almanac 1912 liefert in guter Übereinstimmung $\odot = 324^{\circ}34'58'' = 324^{\circ}58'3$.

72. Dreistellige Logarithmentafel.

TAFELN.

Ia. Immerwährende Sonnenephemeride.

Mittlerer Greenwicher Mittag.

Tag	Scheinb. A R	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
Januar					
G S	h m s	o '	m s		h m s
0 1	18 40 20	-23 7.6	+ 2 58	9.99267	18 37 22
1 2	18 44 45 4 25	23 3.1 4.5	3 26 28	99267 o	18 41 18
2 3	18 49 10 4 25	22 58.1 5.0	3 55 29	99267 o	18 45 15
3 4	18 53 34 4 24	22 52.7 5.4	4 23 28	99267 o	18 49 12
4 5	18 57 58 4 24	22 46.9 5.8	4 50 27	99267 o	18 53 8
		6.3	27		
5 6	19 2 22	-22 40.6 6.8	+ 5 17 27	9.99268	18 57 5
6 7	19 6 45 4 23	22 33.8 7.2	5 44 27	99269 2	19 1 1
7 8	19 11 8 4 23	22 26.6 7.7	6 11 27	99271 2	19 4 58
8 9	19 15 31 4 23	22 18.9 8.1	6 37 26	99272 2	19 8 54
9 10	19 19 53 4 22	-22 10.8	7 2 25	99274 2	19 12 51
		4 21	8.5		
10 11	19 24 14 4 21	-22 2.3 9.0	+ 7 27	9.99276	19 16 47
11 12	19 28 35 4 21	21 53.3 9.4	7 51 24	99278 2	19 20 44
12 13	19 32 56 4 19	21 43.9 9.8	8 15 24	99280 2	19 24 41
13 14	19 37 15 4 19	21 34.1 10.2	8 38 23	99282 2	19 28 37
14 15	19 41 35 4 20	21 23.9	9 1 23	99284 2	19 32 34
		4 18	10.6		
15 16	19 45 53 4 18	-21 13.3 11.1	+ 9 23 21	9.99287	19 36 30
16 17	19 50 11 4 17	21 2.2 11.4	9 44 21	99290 3	19 40 27
17 18	19 54 28 4 17	20 50.8 11.9	10 5 19	99293 3	19 44 23
18 19	19 58 44 4 16	20 38.9 12.2	10 24 19	99296 3	19 48 20
19 20	20 3 0 4 16	20 26.7	10 43	99299 3	19 52 16
		4 15	12.6		
20 21	20 7 15 4 15	-20 14.1 13.0	+ II 2 17	9.99303	19 56 13
21 22	20 11 29 4 14	20 1.1 13.0	II 19 17	99307 4	20 0 10
22 23	20 15 42 4 13	19 47.7 13.4	II 36 17	99311 4	20 4 6
23 24	20 19 55 4 13	19 34.0 13.7	II 52 16	99315 4	20 8 3
24 25	20 24 7 4 12	19 19.9 14.1	II 7 15	99320 5	20 11 59
		4 11	14.5		
25 26	20 28 18	-19 5.4 14.8	+ II 22 13	9.99324	20 15 56
26 27	20 32 28 4 10	18 50.6 15.1	II 35 13	99329 5	20 19 52
27 28	20 36 37 4 9	18 35.5 15.1	II 48 13	99335 6	20 23 49
28 29	20 40 46 4 9	18 20.0 15.5	II 0 12	99340 5	20 27 45
29 30	20 44 53 4 7	18 4.2 15.8	II 11 11	99346 6	20 31 42
		4 7	16.1		
30 31	20 49 0 4 6	-17 48.1 16.5	+ II 22 9	9.99352	20 35 39
31 32	20 53 6 4 6	17 31.6 16.5	II 31 9	99358 6	20 39 35
Februar					
0 1	20 53 6	-17 31.6 16.8	+ II 31 9	9.99358	20 39 35
1 2	20 57 12 4 6	17 14.8 17.0	II 40 8	99365 7	20 43 32
2 3	21 1 16 4 4	16 57.8 17.4	II 48 7	99372 7	20 47 28
3 4	21 5 20 4 4	16 40.4 17.4	II 55 7	99379 7	20 51 25
4 5	21 9 23 4 3	16 22.7 17.7	II 1 6	99386 7	20 55 21
		4 2	17.9		
5 6	21 13 25	-16 4.8 18.2	+ II 7 5	9.99393	20 59 18
6 7	21 17 26 4 1	15 46.6 18.5	II 12 4	99401 7	21 3 14
7 8	21 21 27 4 1	15 28.1 18.8	II 16 4	99408 7	21 7 11
8 9	21 25 26 3 59	15 9.3 19.0	II 19 3	99416 8	21 11 8
9 10	21 29 25 3 59	14 50.3	II 21 2	99424 8	21 15 4
		3 59	19.3		
10 11	21 33 24	-14 31.0	+ II 23	9.99432	21 19 1

ia. Immerwährende Sonnenephemeride (Fortsetzung).

Tag	Scheinb. AR	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
Februar					
G S	h m s	o '	m s		h m s
10 11	21 33 24	— 14 31.0	+ 14 23	9.99432	21 19 1
11 12	21 37 21 3 57	14 11.5 19.5	14 24 1	99440	21 22 57
12 13	21 41 18 3 57	13 51.8 19.7	14 24 0	99449	21 26 54
13 14	21 45 13 3 55	13 31.8 20.0	14 23 1	99457	21 30 50
14 15	21 49 8 3 55	13 11.6 20.2	14 22 1	99465	21 34 47
	3 55	20.4	3	9	
15 16	21 53 3	— 12 51.2 20.6	+ 14 19	9.99474	21 38 43
16 17	21 56 56 3 53	12 30.6 20.8	14 16 3	99483	21 42 40
17 18	22 0 49 3 53	12 9.8	14 13 3	99492	21 46 37
18 19	22 4 41 3 52	II 48.8 21.0	14 8 5	99500	21 50 33
19 20	22 8 33 3 52	II 27.6 21.2	14 3 5	99510	21 54 30
	3 50	21.3	6	9	
20 21	22 12 23	— II 6.3 21.6	+ 13 57	9.99519	21 58 26
21 22	22 16 13 3 50	10 44.7 21.7	13 51 8	99528	22 2 23
22 23	22 20 3 3 50	10 23.0 21.8	13 43 7	99538	22 6 19
23 24	22 23 51 3 48	10 1.2 22.0	13 36 9	99548	22 10 16
24 25	22 27 39 3 48	9 39.2	13 27	99558	22 14 12
	3 48	22.2	9	10	
25 26	22 31 27	— 9 17.0 22.3	+ 13 18	9.99568	22 18 9
26 27	22 35 14 3 47	8 54.7 22.4	13 8 10	99578	22 22 6
27 28	22 39 0 3 46	8 32.3 22.5	12 58 10	99589	22 26 2
28 29	22 42 46 3 46	8 9.8	12 47 11	99599	22 29 59
März	3 45	22.7	11	11	
1	22 46 31	— 7 47.1 22.8	+ 12 36	9.99610	22 33 55
2	22 50 16 3 45	7 24.3 22.9	12 24 12	99621	22 37 52
3	22 54 0 3 44	7 1.4 23.0	12 12 12	99632	22 41 48
4	22 57 44 3 44	6 38.4 23.1	11 59 13	99644	22 45 45
5	23 1 27 3 43	6 15.3	11 46 13	99655	22 49 41
	3 43	23.2	14	12	
6	23 5 10 3 43	— 5 52.1 23.2	+ 11 32	9.99667	22 53 38
7	23 8 53 3 42	5 28.9 23.3	11 18 14	99678	22 57 35
8	23 12 35 3 42	5 5.6 23.4	11 4 14	99690	23 1 31
9	23 16 16 3 41	4 42.2 23.4	10 49 15	99702	23 5 28
10	23 19 58 3 42	4 18.7 23.5	10 34 15	99713	23 9 24
	3 41	23.5	16	12	
11	23 23 39	— 3 55.2 23.6	+ 10 18	9 99725	23 13 21
12	23 27 19 3 40	3 31.6 23.6	10 2 16	99737	23 17 17
13	23 31 0 3 41	3 8.0 23.6	9 46 16	99749	23 21 14
14	23 34 40 3 40	2 44.4 23.6	9 30 16	99760	23 25 10
15	23 38 20 3 40	2 20.7	9 13 17	99772	23 29 7
	3 39	23.7	17	12	
16	23 41 59	— 1 57.0 23.7	+ 8 56	9 99784	23 33 4
17	23 45 39 3 40	1 33.3 23.7	8 39 17	99796	23 37 0
18	23 49 18 3 39	1 9.6 23.7	8 21 18	99808	23 40 57
19	23 52 57 3 39	0 45.9 23.7	8 4 17	99820	23 44 53
20	23 56 36 3 39	— 0 22.2 23.7	7 46 18	99831	23 48 50
	3 38	23.7	18	12	
21	0 0 14	+ 0 1.5 23.7	+ 7 28	9.99843	23 52 46
22	0 3 53 3 39	0 25.2 23.7	7 10 18	99856	23 56 43
23	0 7 31 3 38	0 48.9 23.7	6 52 18	99868	0 0 39
24	0 11 9 3 38	1 12.5 23.6	6 33 19	99880	0 4 36
25	0 14 48 3 39	1 36.1 23.6	6 15 18	99892	0 8 32
	3 38	23.6	18	12	
26	0 18 26	+ 1 59.7	+ 5 57	9.99904	0 12 29

Ia. Immerwährende Sonnenephemeride (Fortsetzung).

Tag	Scheinb. A R	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
März	h m s	o '	m s		h m s
26	o 18 26 3 38	+ 1 59.7 23.5	+ 5 57 19	9.99904 13	o 12 29
27	o 22 4 3 38	2 23.2 23.5	5 38 18	99917 12	o 16 26
28	o 25 42 3 38	2 46.7 23.5	5 20 19	99929 13	o 20 22
29	o 29 20 3 38	3 10.1 23.4	5 1 18	99942 12	o 24 19
30	o 32 58 3 38	3 33.5 23.4	4 43 18	99954 13	o 28 15
	3 38	23.3			
31	o 36 36	+ 3 56.8	+ 4 25	9.99967	o 32 12
April	3 39	23.2	19	13	
1	o 40 15 3 38	+ 4 20.0 23.2	+ 4 6 18	9.99980 12	o 36 8
2	o 43 53 3 39	4 43.2 23.0	3 48 18	9.99992 13	o 40 5
3	o 47 32 3 39	5 6.2 23.0	3 30 18	0.00005 13	o 44 1
4	o 51 10 3 38	5 29.2 23.0	3 12 18	00018 13	o 47 58
5	o 54 49 3 39	5 52.1 22.9	2 55 17	00031 13	o 51 55
	3 39	22.8	18	12	
6	o 58 28	+ 6 14.9 22.6	+ 2 37 17	0.00043 13	o 55 51
7	i 2 8 3 40	6 37.5 22.6	2 20 17	00056 13	o 59 48
8	i 5 47 3 39	7 0.1 22.6	2 3 17	00069 13	i 3 44
9	i 9 27 3 40	7 22.5 22.4	i 46 17	00081 12	i 7 41
10	i 13 7 3 40	7 44.9 22.4	i 30 16	00094 13	i 11 37
	3 40	22.2	17	12	
11	i 16 47	+ 8 7.1 22.0	+ i 13 15	0.00106 12	i 15 34
12	i 20 28 3 41	8 29.1 22.0	o 58 15	00118 12	i 19 30
13	i 24 9 3 41	8 51.0 21.9	o 42 16	00130 12	i 23 27
14	i 27 50 3 41	9 12.8 21.8	o 26 16	00142 12	i 27 24
15	i 31 31 3 41	9 34.4 21.6	+ o 11 15	00154 12	i 31 20
	3 42	21.4	14	12	
16	i 35 13 3 42	+ 9 55.8 21.3	— o 3 15	0.00166 12	i 35 17
17	i 38 55 3 42	10 17.1 21.1	o 18 15	00178 12	i 39 13
18	i 42 38 3 43	10 38.2 21.0	o 32 14	00189 12	i 43 10
19	i 46 21 3 43	10 59.2 20.7	o 46 14	00201 12	i 47 6
20	i 50 4 3 43	11 19.9 20.6	o 59 13	00213 12	i 51 3
	3 44	20.6	13	11	
21	i 53 48	+ II 40.5 20.4	— i 12 12	0.00224 12	i 54 59
22	i 57 32 3 44	i 2 0.9 20.1	i 24 12	00236 12	i 58 56
23	2 i 16 3 44	i 2 21.0 20.0	i 36 12	00247 12	2 2 53
24	2 5 i 3 45	i 2 41.0 19.8	i 48 12	00258 12	2 6 49
25	2 8 47 3 46	i 3 0.8 19.5	i 59 11	00270 12	2 10 46
	3 46	19.5	11	11	
26	2 12 33 3 46	+ I 3 20.3 19.4	— 2 10 10	0.00281 12	2 14 42
27	2 16 19 3 46	i 3 39.7 19.1	2 20 9	00293 11	2 18 39
28	2 20 6 3 47	i 3 58.8 18.9	2 29 10	00304 11	2 22 35
29	2 23 53 3 47	i 4 17.7 18.6	2 39 8	00315 11	2 26 32
30	2 27 41 3 48	i 4 36.3 17.2	2 47 5	00326 11	2 30 28
Mai	3 49	18.4	8	11	
1	2 31 30 3 49	+ I 4 54.7 18.2	— 2 55 8	0.00337 12	2 34 25
2	2 35 19 3 49	i 5 12.9 17.9	3 3 7	00349 10	2 38 22
3	2 39 8 3 49	i 5 30.8 17.6	3 10 6	00359 11	2 42 18
4	2 42 58 3 50	i 5 48.4 17.4	3 16 6	00370 11	2 46 15
5	2 46 49 3 51	i 6 5.8 17.2	3 22 5	00381 11	2 50 11
	3 51	17.2	5	11	
6	2 50 40	+ I 6 23.0	— 3 27	0.00392	2 54 8

Ia. Immerwährende Sonnenephemeride (Fortsetzung).

Tag	Scheinb. A R	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
Mai	h m s	o '	m s		h m s
6	2 50 40	+ 16 23.0 16.8	— 3 27 5	0.00392 10	2 54 8
7	2 54 32 3 52	16 39.8 16.6	3 32 4	0.00402 10	2 58 4
8	2 58 25 3 53	16 56.4 16.3	3 36 4	0.00412 10	3 2 1
9	3 2 18 3 53	17 12.7 16.0	3 40 4	0.00423 11	3 5 57
10	3 6 12 3 54	17 28.7 15.8	3 42 2	0.00433 10	3 9 54
	3 54		3	9	
11	3 10 6	+ 17 44.5 15.4	— 3 45 2	0.00442 10	3 13 51
12	3 14 o 3 54	17 59.9 15.1	3 47 1	0.00452 10	3 17 47
13	3 17 56 3 56	18 15.0 14.8	3 48 o	0.00461 9	3 21 44
14	3 21 52 3 56	18 29.8 14.5	3 48 1	0.00470 9	3 25 40
15	3 25 48 3 56	18 44.3 14.2	3 49 1	0.00479 9	3 29 37
	3 57		9		
16	3 29 45 3 58	+ 18 58.5 13.9	— 3 48 1	0.00488 9	3 33 33
17	3 33 43 3 58	19 12.4 13.5	3 47 1	0.00497 8	3 37 30
18	3 37 41 3 58	19 25.9 13.2	3 46 1	0.00505 9	3 41 26
19	3 41 40 3 59	19 39.1 12.9	3 43 2	0.00514 8	3 45 23
20	3 45 39 3 59	19 52.0 12.5	3 41 1	0.00522 8	3 49 20
	3 59		8		
21	3 49 38 4 1	+ 20 4.5 12.2	— 3 38 4	0.00530 8	3 53 16
22	3 53 39 4 0	20 16.7 11.9	3 34 4	0.00538 8	3 57 13
23	3 57 39 4 2	20 28.6 11.5	3 30 4	0.00546 8	4 1 9
24	4 1 41 4 2	20 40.1 11.1	3 25 5	0.00553 8	4 5 6
25	4 5 42 4 1	20 51.2 11.1	3 20 5	0.00561 8	4 9 2
	4 3	10.8	8		
26	4 9 45 4 3	+ 21 2.0 10.4	— 3 14 6	0.00569 7	4 12 59
27	4 13 48 4 3	21 12.4 10.1	3 8 6	0.00576 7	4 16 55
28	4 17 51 4 3	21 22.5 9.7	3 1 7	0.00583 7	4 20 52
29	4 21 55 4 4	21 32.2 9.3	2 54 7	0.00590 8	4 24 49
30	4 25 59 4 4	21 41.5 9.3	2 46 8	0.00598 8	4 28 45
	4 4	8.9	7		
31	4 30 3	+ 21 50.4	— 2 38	0.00605 4	4 32 42
Juni	4 6	8.6	6		
1	4 34 9 4 5	+ 21 59.0 8.2	— 2 30 9	0.00611 7	4 36 38
2	4 38 14 4 5	22 7.2 7.8	2 21 10	0.00618 6	4 40 35
3	4 42 20 4 6	22 15.0 7.4	2 11 10	0.00624 7	4 44 31
4	4 46 26 4 6	22 22.4 7.0	2 1 10	0.00631 6	4 48 28
5	4 50 33 4 7	22 29.4 7.0	1 51 10	0.00637 5	4 52 24
	4 7	6.6	5		
6	4 54 40 4 8	+ 22 36.0 6.2	— 1 41 11	0.00642 6	4 56 21
7	4 58 48 4 8	22 42.2 5.9	1 30 11	0.00648 5	5 0 18
8	5 2 55 4 7	22 48.1 5.4	1 19 12	0.00653 5	5 4 14
9	5 7 3 4 8	22 53.5 5.4	1 7 12	0.00658 5	5 8 11
10	5 II 12 4 9	22 58.5 5.0	0 56 11	0.00663 5	5 12 7
	4 8	4.6	5		
11	5 I5 20 4 9	+ 23 3.1 4.2	— 0 44 13	0.00668 4	5 16 4
12	5 I9 29 4 9	23 7.3 4.2	0 31 12	0.00672 4	5 20 0
13	5 23 38 4 9	23 11.2 3.9	0 19 12	0.00676 4	5 23 57
14	5 27 47 4 9	23 14.6 3.4	— 0 7 12	0.00680 4	5 27 53
15	5 31 56 4 9	23 17.5 2.9	+ 0 6 13	0.00684 4	5 31 50
	4 9	2.6	3		
16	5 36 5	+ 23 20.1	+ 0 19	0.00687 5	5 35 47

Ia. Immerwährende Sonnenephemeride (Fortsetzung).

Tag	Scheinb. AR	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
Juni	h m s	o '	m s		h m s
16	5 36 5	+23 20.1	+	0.00687	5 35 47
17	5 40 15 4 10	23 22.3	2.2	00690	3 5 39 43
18	5 44 24 4 9	23 24.0	1.7	00693	3 5 43 40
19	5 48 34 4 10	23 25.4	1.4	00696	3 5 47 36
20	5 52 43 4 9	23 26.3	0.9	00699	3 5 51 33
	4 10	0.5	13		2
21	5 56 53	+23 26.8	+	0.00701	5 55 29
22	6 1 2 4 9	23 26.9	0.1	00704	3 5 59 26
23	6 5 12 4 10	23 26.6	0.3	00706	2 6 3 22
24	6 9 21 4 9	23 25.9	0.7	00708	2 6 7 19
25	6 13 31 4 10	23 24.8	1.1	00710	2 6 11 16
	4 9	1.6	13		2
26	6 17 40	+23 23.2	1.9	0.00712	6 15 12
27	6 21 49 4 9	23 21.3	2.4	00714	2 6 19 9
28	6 25 58 4 9	23 18.9	2.4	00715	1 6 23 5
29	6 30 7 4 9	23 16.1	2.8	00716	1 6 27 2
30	6 34 15 4 8	23 13.0	3.1	00718	2 6 30 58
Juli	4 9	3.6	12		1
1	6 38 24	+23 9.4	4.0	0.00719	6 34 55
2	6 42 32 4 8	23 5.4	4.0	00719	0 6 38 51
3	6 46 40 4 8	23 1.0	4.4	00720	1 6 42 48
4	6 50 48 4 8	22 56.1	4.9	00720	0 6 46 45
5	6 54 55 4 7	22 50.9	5.2	00720	0 6 50 41
	4 7	5.6	11		0
6	6 59 2	+22 45.3	6.0	0.00720	6 54 38
7	7 3 9 4 7	22 39.3	6.0	00720	0 6 58 34
8	7 7 15 4 6	22 32.9	6.4	00719	1 7 2 31
9	7 11 21 4 6	22 26.2	6.7	00718	1 7 6 27
10	7 15 27 4 6	22 19.0	7.2	00717	1 7 10 24
	4 5	7.6	9		2
			9		
11	7 19 32	+22 11.4	7.9	0.00715	7 14 21
12	7 23 37 4 5	22 3.5	8.3	00714	1 7 18 17
13	7 27 41 4 4	21 55.2	8.3	00712	2 7 22 14
14	7 31 45 4 4	21 46.5	8.7	00710	2 7 26 10
15	7 35 48 4 3	21 37.4	9.1	00707	3 7 30 7
	4 3	9.4	6		3
16	7 39 51	+21 28.0	9.8	0.00704	7 34 3
17	7 43 54 4 3	21 18.2	9.8	00702	2 7 38 0
18	7 47 55 4 1	21 8.0	10.2	00699	3 7 41 56
19	7 51 56 4 1	20 57.5	10.5	00695	4 7 45 53
20	7 55 57 4 1	20 46.7	10.8	00692	3 7 49 50
	4 0	11.2	3		3
21	7 59 57	+20 35.5	11.6	0.00689	7 53 46
22	8 3 57 4 0	20 23.9	11.6	00685	4 7 57 43
23	8 7 56 3 59	20 12.0	11.9	00681	4 8 1 39
24	8 11 54 3 58	19 59.8	12.2	00677	4 8 5 36
25	8 15 52 3 58	19 47.2	12.6	00673	4 8 9 32
	3 57	12.9	1		4
26	8 19 49	+19 34.3	14.4	0.00669	8 13 29
27	8 23 46 3 57	19 21.1	13.2	00665	4 8 17 25
28	8 27 42 3 56	19 7.5	13.6	00660	5 8 21 22
29	8 31 37 3 55	18 53.6	13.9	00656	4 8 25 19
30	8 35 32 3 55	18 39.4	14.2	00651	5 8 29 15
	3 54	14.4	2		5
31	8 39 26	+18 25.0	14.8	0.00646	8 33 12
32	8 43 20 3 54	18 10.2	14.8	00641	5 8 37 8

Ia. Immerwährende Sonnenephemeride (Fortsetzung).

Tag	Scheinb. A R	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
August	h m s	o '	m s		h m s
1	8 43 20	+ 18 10.2	+ 6 12	0.00641	8 37 8
2	8 47 13 3 53	17 55.1 15.1	6 8 4	00635	8 41 5
3	8 51 6 3 53	17 39.7 15.4	6 4 4	00630	8 45 1
4	8 54 58 3 52	17 24.0 15.7	6 0 4	00624	8 48 58
5	8 58 49 3 51	17 8.1 15.9	5 54 6	00618	8 52 54
	3 51	16.3	5		6
6	9 2 40	+ 16 51.8 16.5	+ 5 49 7	0.00612	8 56 51
7	9 6 30 3 50	16 35.3 16.8	5 42 7	00605	9 0 48
8	9 10 19 3 49	16 18.5 17.0	5 35 7	00598	9 4 44
9	9 14 8 3 49	16 1.5 17.0	5 28 7	00591	9 8 41
10	9 17 57 3 49	15 44.2 17.3	5 19 9	00584	9 12 37
	3 47	17.5	8		7
11	9 21 44 3 48	+ 15 26.7 17.8	+ 5 11 10	0.00577	9 16 34
12	9 25 32 3 46	15 8.9 18.0	5 1 10	00569	9 20 30
13	9 29 18 3 46	14 50.9 18.3	4 51 10	00561	9 24 27
14	9 33 4 3 46	14 32.6 18.3	4 41 11	00553	9 28 23
15	9 36 50 3 46	14 14.1 18.5	4 30	00545	9 32 20
	3 45	18.7	12		8
16	9 40 35 3 44	+ 13 55.4 19.0	+ 4 18 12	0.00537	9 36 17
17	9 44 19 3 44	13 36.4 19.1	4 6 12	00528	9 40 13
18	9 48 3 3 44	13 17.3 19.4	3 53 13	00520	9 44 10
19	9 51 46 3 43	12 57.9 19.6	3 40 14	00511	9 48 6
20	9 55 29 3 43	12 38.3 19.6	3 26 14	00502	9 52 3
	3 43	19.7	14		8
21	9 59 12	+ 12 18.6	+ 3 12 14	0.00494	9 55 59
22	10 2 53 3 41	11 58.6 20.0	2 58 16	00485	9 59 56
23	10 6 35 3 42	11 38.4 20.2	2 42 15	00476	10 3 52
24	10 10 16 3 41	11 18.1 20.3	2 27 15	00466	10 7 49
25	10 13 56 3 40	10 57.6 20.5	2 11 16	00457	10 11 46
	3 41	20.7	17		9
26	10 17 37 3 39	+ 10 36.9 20.9	+ 1 54 16	0.00448	10 15 42
27	10 21 16 3 39	10 16.0 21.0	1 38 17	00439	10 19 39
28	10 24 56 3 40	9 55.0 21.2	1 21 18	00429	10 23 35
29	10 28 35 3 39	9 33.8 21.4	1 3 18	00420	10 27 32
30	10 32 13 3 38	9 12.4 21.4	0 45	00410	10 31 28
	3 39	21.5	18		10
31	10 35 52	+ 8 50.9	+ 0 27	0.00400	10 35 25
September	3 38	21.6	18		10
1	10 39 30 3 38	+ 8 29.3 21.8	+ 0 9 19	0.00390	10 39 21
2	10 43 8 3 38	8 7.5 21.8	- 0 10 19	00380	10 43 18
3	10 46 45 3 37	7 45.6 21.9	0 29 19	00369	10 47 14
4	10 50 22 3 37	7 23.6 22.0	0 49 20	00359	10 51 11
5	10 53 59 3 37	7 1.4 22.2	1 8 19	00348	10 55 8
	3 37	22.2	20		11
6	10 57 36 3 37	+ 6 39.2 22.4	- 1 28 20	0.00337	10 59 4
7	11 1 13 3 36	6 16.8 22.4	1 48 20	00326	11 3 1
8	11 4 49 3 36	5 54.3 22.5	2 8 20	00315	11 6 57
9	11 8 25 3 36	5 31.7 22.6	2 29 21	00304	11 10 54
10	11 12 1 3 36	5 9.1 22.8	2 49 20	00292	11 14 50
	3 36	22.8	21		11
II	11 15 37	+ 4 46.3	- 3 10	0.00281	11 18 47

I a. Immerwährende Sonnenephemeride (Fortsetzung).

Tag	Scheinb. A R	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
September	h m s	o '	m s		h m s
II 15	15 37	+ 4 46.3	— 3 10	0.00281	II 18 47
12	19 3 36	4 23.5	3 31 21	00269	II 22 43
13	22 48	4 0.6	3 52 21	00257	II 26 40
14	26 24	3 36	4 13 21	00246	II 30 37
15	29 59	3 14.5	4 34	00234	II 34 33
	3 35	23.1	21		
16	33 34	+ 2 51.4	— 4 55	0.00222	II 38 30
17	37 9 3 35	2 28.3	5 17 22	00210	II 42 26
18	40 45	2 5.1	5 38 21	00198	II 46 23
19	44 20	1 41.8	5 59 21	00186	II 50 19
20	47 55	1 18.6	6 21 22	00174	II 54 16
	3 35	23.4	21	12	
21	51 30	+ 0 55.2	— 6 42	0.00162	II 58 12
22	55 6 3 36	0 31.9	7 3	00150	I2 2 9
23	58 41	+ 0 8.5	7 24 21	00138	I2 6 6
24	2 17	— 0 14.8	7 45	00126	I2 10 2
25	5 53	0 38.2	8 6 21	00114	I2 13 59
	3 36	23.4	21	12	
26	9 29	— 1 1.6	— 8 27	0.00102	I2 17 55
27	13 5 3 36	1 25.0	8 47 20	00090	I2 21 52
28	16 41	1 48.4	9 7 20	00078	I2 25 48
29	20 18	2 11.8	9 27 20	00065	I2 29 45
30	23 54	2 35.2	9 47 20	00053	I2 33 41
Oktober	3 37	23.3	20		
1	27 31	— 2 58.5	— 10 7	0.00041	I2 37 38
2	31 9 3 38	3 21.8	10 26 19	00029	I2 41 35
3	34 47	3 45.1	10 45 18	00016	I2 45 31
4	38 25	4 8.3	11 3 18	0.00004	I2 49 28
5	42 3	4 31.5	11 21	9.99991	I2 53 24
	3 39	23.1	18	12	
6	45 42	— 4 54.6	— 11 39 18	9.99979	I2 57 21
7	49 21	5 17.7	11 57	99966	I3 1 17
8	53 0	5 40.7	12 14 16	99954	I3 5 14
9	56 40	6 3.6	12 30	99941	I3 9 10
10	0 20	6 26.4	12 47 17	99928	I3 13 7
	3 41	22.8	15	12	
11	4 I	— 6 49.2	— 13 2	9.99916	I3 17 3
12	7 42	7 11.8	13 18 16	99903	I3 21 0
13	11 24	7 34.4	13 33 15	99890	I3 24 57
14	15 6	7 56.9	13 47 14	99878	I3 28 53
15	18 49	8 19.2	14 1 14	99865	I3 32 50
	3 43	22.2	13	13	
16	22 32	— 8 41.4	— 14 14	9.99852	I3 36 46
17	26 16	9 3.5	14 27	99840	I3 40 43
18	30 0	9 25.5	14 39 12	99827	I3 44 39
19	33 45	9 47.3	14 51 11	99815	I3 48 36
20	37 31	10 9.0	15 2 10	99803	I3 52 32
	3 46	21.6	10	12	
21	41 17	— 10 30.6	— 15 12 10	9.99791	I3 56 29
22	45 4	10 52.0	15 22	99779	I4 0 26
23	48 51	11 13.2	15 31 9	99767	I4 4 22
24	52 39	11 34.2	15 39 8	99756	I4 8 19
25	56 28	11 55.1	15 47	99744	I4 12 15
	3 50	20.7	7	12	
26	4 0 18	— 12 15.8	— 15 54	9.99732	I4 16 12

I a. Immerwährende Sonnenephemeride (Fortsetzung).

Tag	Scheinb. A R	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
Oktober	h m s	o '	m s		h m s
26	14 0 18	—12 15.8	—15 54 6	9.99732	14 16 12
27	14 4 9 3 51	12 36.4 20.6	16 0 5	99721 II	14 20 8
28	14 8 0 3 51	12 56.7 20.3	16 5 5	99710 II	14 24 5
29	14 11 52 3 52	13 16.8 20.1	16 10 5	99698 12	14 28 1
30	14 15 44 3 52	13 36.7 19.9	16 14 4	99687 II	14 31 58
	3 54	19.7	3	II	
31	14 19 38	—13 56.4	—16 17	9.99676	14 35 55
November	3 54	19.5	2		
1	14 23 32	—14 15.9	—16 19	9.99665 II	14 39 51
2	14 27 27 3 55	14 35.2 19.3	16 20 1	99654 II	14 43 48
3	14 31 23 3 56	14 54.2 19.0	16 21 0	99642 II	14 47 44
4	14 35 20 3 57	15 12.9 18.7	16 21 0	99631 II	14 51 41
5	14 39 17 3 57	15 31.5 18.6	16 20 1	99620 II	14 55 37
	3 59	18.2	2	IO	
6	14 43 16	—15 49.7	—16 18	9.99610	14 59 34
7	14 47 15 3 59	16 7.7 18.0	16 15 3	99599 II	15 3 30
8	14 51 15 4 0	16 25.5 17.8	16 12 3	99588 II	15 7 27
9	14 55 16 4 1	16 42.9 17.4	16 8 4	99577 IO	15 II 24
10	14 59 17 4 1	17 0.1 17.2	16 3 5	99567 IO	15 15 20
	4 3	16.9	6	II	
11	15 3 20	—17 17.0	—15 57	9.99556	15 19 17
12	15 7 23 4 3	17 33.6 16.6	15 50 7	99546 IO	15 23 13
13	15 11 27 4 4	17 49.8 16.2	15 42 8	99536 IO	15 27 10
14	15 15 32 4 5	18 5.8 16.0	15 34 8	99526 IO	15 31 6
15	15 19 38 4 6	18 21.5 15.7	15 25 9	99516 IO	15 35 3
	4 7	15.3	10	IO	
16	15 23 45	—18 36.8	—15 15	9.99506	15 38 59
17	15 27 52 4 7	18 51.8 15.0	15 4 II	99497 9	15 42 56
18	15 32 1 4 9	19 6.4 14.6	14 52 12	99487 IO	15 46 53
19	15 36 10 4 9	19 20.8 14.4	14 39 13	99478 9	15 50 49
20	15 40 20 4 10	19 34.7 13.9	14 26 13	99470 8	15 54 46
	4 II	13.7	14	9	
21	15 44 31	—19 48.4	—14 12	9.99461 8	15 58 42
22	15 48 42 4 II	20 1.6 13.2	13 57 15	99453 9	16 2 39
23	15 52 55 4 13	20 14.5 12.9	13 41 16	99444 8	16 6 35
24	15 57 8 4 13	20 27.0 12.5	13 24 17	99436 7	16 10 32
25	16 1 22 4 14	20 39.2 12.2	13 7 17	99429 7	16 14 28
	4 15	11.7	19	8	
26	16 5 37	—20 50.9	—12 48	9.99421 8	16 18 25
27	16 9 52 4 15	21 2.3 11.4	12 29 19	99413 7	16 22 22
28	16 14 9 4 17	21 13.3 11.0	12 10 19	99406 7	16 26 18
29	16 18 26 4 17	21 23.9 10.6	11 49 21	99399 7	16 30 15
30	16 22 43 4 17	21 34.0 10.1	11 28 21	99392 7	16 34 11
Dezember	4 19	9.8	22	7	
1	16 27 2	—21 43.8	—11 6	9.99385 7	16 38 8
2	16 31 21 4 19	21 53.1 9.3	10 43 23	99378 6	16 42 4
3	16 35 41 4 20	22 2.1 9.0	10 20 23	99372 6	16 46 1
4	16 40 1 4 20	22 10.6 8.5	9 56 24	99365 7	16 49 57
5	16 44 22 4 21	22 18.6 8.0	9 32 24	99359 6	16 53 54
	4 21	7.7	25	6	
6	16 48 43	—22 26.3	— 9 7	9.99353	16 57 51

ia. Immerwährende Sonnenephemeride (Schluß).

Tag	Scheinb. AR	Scheinb. Dekl.	Zeitgleichung	log R	Sternzeit
Dezember	h m s	o '	m s		h m s
6	16 48 43	—22 26.3	— 9 7	9.99353	16 57 51
7	16 53 5 22	22 33.5	8 42 25	99347	17 1 47
8	16 57 28 4 23	22 40.2	8 16 26	99341	17 5 44
9	17 1 51 4 23	22 46.5	7 49 27	99335	17 9 40
10	17 6 14 4 23	22 52.4	7 22 27	99329	17 13 37
	4 24	5.4	27	5	
11	17 10 38	—22 57.8	— 6 55 28	9.99324	17 17 33
12	17 15 2 24	23 2.8	6 27 28	99319	17 21 30
13	17 19 27 4 25	23 7.3	5 59 28	99314	17 25 26
14	17 23 52 4 25	23 11.3	5 31 28	99309	17 29 23
15	17 28 17 4 25	23 14.9	5 3	99305	17 33 20
	4 26	3.1	29	4	
16	17 32 43	—23 18.0	— 4 34 29	9.99301	17 37 16
17	17 37 8 25	23 20.7	4 5 30	99297	17 41 13
18	17 41 34 4 26	23 22.9	3 35 30	99293	17 45 9
19	17 46 0 4 26	23 24.6	3 6 29	99290	17 49 6
20	17 50 26 4 26	23 25.9	2 36 30	99287	17 53 2
	4 27	0.7	30	3	
21	17 54 53 4 26	—23 26.6	— 2 6 29	9.99284	17 56 59
22	17 59 19 4 26	23 26.9	1 37 30	99282	18 0 56
23	18 3 45 4 26	23 26.8	1 7 30	99280	18 4 52
24	18 8 12 4 27	23 26.1	0 37 30	99278	18 8 49
25	18 12 38 4 26	23 25.0	— 0 7 30	99276	18 12 45
	4 27	1.5	30	2	
26	18 17 5	—23 23.5	+ 0 23 30	9.99274	18 16 42
27	18 21 31 4 26	23 21.4	0 53 30	99273	18 20 38
28	18 25 57 4 26	23 18.9	1 22 29	99272	18 24 35
29	18 30 23 4 26	23 15.9	1 52 30	99271	18 28 31
30	18 34 49 4 26	23 12.5	2 21 29	99270	18 32 28
	4 26	4.0	29	0	
31	18 39 15 4 25	—23 8.5	+ 2 50 29	9.99270	18 36 25
32	18 43 40 4 25	23 4.2	3 19 29	99269	18 40 21

Die scheinbare Sonnenlänge \odot siehe Tafel 71, S. 220.

1b. Scheinbarer Radius und Horizontalparallaxe der Sonne.
Mittlerer Greenwicher Mittag.

Tag	⊕ Radius	⊕ Parallaxe	Tag	⊕ Radius	⊕ Parallaxe
Jan. 1	16' 18"	9''.0	Juli 10	15' 45"	8''.7
II	16 17	8.9	20	15 46	8.7
21	16 17	8.9	30	15 47	8.7
31	16 15	8.9	Aug. 9	15 48	8.7
Febr. 10	16 14	8.9	19	15 50	8.7
20	16 12	8.9	29	15 52	8.7
März 2	16 10	8.9	Sept. 8	15 54	8.7
12	16 7	8.9	18	15 57	8.8
22	16 4	8.8	28	15 59	8.8
April 1	16 2	8.8	Okt. 8	16 2	8.8
II	15 59	8.8	18	16 5	8.8
21	15 56	8.8	28	16 8	8.9
Mai 1	15 54	8.7	Nov. 7	16 10	8.9
II	15 51	8.7	17	16 12	8.9
21	15 50	8.7	27	16 14	8.9
Juni 31	15 48	8.7	Dez. 7	16 16	8.9
10	15 47	8.7	17	16 17	8.9
20	15 46	8.7	27	16 17	9.0
30	15 45	8.7	37	16 17	9.0
Juli 10	15 45	8.7			

1c. Verbesserung k wegen Jahresanfang.

Jahr	k	Jahr	k	Jahr	k
1900	+ 0 ^d 360	1920*	+ 0 ^d 516	1940*	+ 0 ^d 672
01	+ 0.117	21	+ 0.273	41	+ 0.429
02	- 0.125	22	+ 0.031	42	+ 0.187
03	- 0.367	23	- 0.211	43	- 0.055
04*	+ 0.391	24*	+ 0.547	44*	+ 0.703
1905	+ 0.148	1925	+ 0.305	1945	+ 0.461
06	- 0.094	26	+ 0.062	46	+ 0.218
07	- 0.336	27	- 0.180	47	- 0.024
08*	+ 0.422	28*	+ 0.578	48*	+ 0.734
09	+ 0.180	29	+ 0.336	49	+ 0.492
1910	- 0.062	1930	+ 0.094	1950	+ 0.250
11	- 0.305	31	- 0.149		
12*	+ 0.453	32*	+ 0.609		
13	+ 0.211	33	+ 0.367		
14	- 0.031	34	+ 0.125		
1915	- 0.273	1935	- 0.117		
16*	+ 0.484	36*	+ 0.640		
17	+ 0.242	37	+ 0.398		
18	0.000	38	+ 0.156		
19	- 0.242	39	- 0.086		

* Schaltjahr

2. Verwandlung von Bogenmaß in Zeitmaß.

Grade												Min.				Sek.					
o	o	m	o	o	m	o	n	m	o	b	m	o	h	m	o	h	m	'	m	"	s
o	o	o	60	4	o	120	.8	o	180	12	o	240	16	o	300	20	o	o	o	o	0.00
1	0	4	61	4	4	121	8	4	181	12	4	241	16	4	301	20	4	1	0	4	1.07
2	0	8	62	4	8	122	8	8	182	12	8	242	16	8	302	20	8	2	0	8	2.13
3	0	12	63	4	12	123	8	12	183	12	12	243	16	12	303	20	12	3	0	12	3.20
4	0	16	64	4	16	124	8	16	184	12	16	244	16	16	304	20	16	4	0	16	4.27
5	0	20	65	4	20	125	8	20	185	12	20	245	16	20	305	20	20	5	0	20	5.33
6	0	24	66	4	24	126	8	24	186	12	24	246	16	24	306	20	24	6	0	24	6.40
7	0	28	67	4	28	127	8	28	187	12	28	247	16	28	307	20	28	7	0	28	7.47
8	0	32	68	4	32	128	8	32	188	12	32	248	16	32	308	20	32	8	0	32	8.53
9	0	36	69	4	36	129	8	36	189	12	36	249	16	36	309	20	36	9	0	36	9.60
10	0	40	70	4	40	130	8	40	190	12	40	250	16	40	310	20	40	10	0	40	10.67
11	0	44	71	4	44	131	8	44	191	12	44	251	16	44	311	20	44	11	0	44	11.73
12	0	48	72	4	48	132	8	48	192	12	48	252	16	48	312	20	48	12	0	48	12.80
13	0	52	73	4	52	133	8	52	193	12	52	253	16	52	313	20	52	13	0	52	13.87
14	0	56	74	4	56	134	8	56	194	12	56	254	16	56	314	20	56	14	0	56	14.93
15	1	0	75	5	0	135	9	0	195	13	0	255	17	0	315	21	0	15	1	0	1.00
16	1	4	76	5	4	136	9	4	196	13	4	256	17	4	316	21	4	16	1	4	16.07
17	1	8	77	5	8	137	9	8	197	13	8	257	17	8	317	21	8	17	1	8	17.13
18	1	12	78	5	12	138	9	12	198	13	12	258	17	12	318	21	12	18	1	12	18.20
19	1	16	79	5	16	139	9	16	199	13	16	259	17	16	319	21	16	19	1	16	19.27
20	1	20	80	5	20	140	9	20	200	13	20	260	17	20	320	21	20	20	1	20	20.33
21	1	24	81	5	24	141	9	24	201	13	24	261	17	24	321	21	24	21	1	24	21.40
22	1	28	82	5	28	142	9	28	202	13	28	262	17	28	322	21	28	22	1	28	22.47
23	1	32	83	5	32	143	9	32	203	13	32	263	17	32	323	21	32	23	1	32	23.53
24	1	36	84	5	36	144	9	36	204	13	36	264	17	36	324	21	36	24	1	36	24.60
25	1	40	85	5	40	145	9	40	205	13	40	265	17	40	325	21	40	25	1	40	25.67
26	1	44	86	5	44	146	9	44	206	13	44	266	17	44	326	21	44	26	1	44	26.73
27	1	48	87	5	48	147	9	48	207	13	48	267	17	48	327	21	48	27	1	48	27.80
28	1	52	88	5	52	148	9	52	208	13	52	268	17	52	328	21	52	28	1	52	28.87
29	1	56	89	5	56	149	9	56	209	13	56	269	17	56	329	21	56	29	1	56	29.93
30	2	0	90	6	0	150	10	0	210	14	0	270	18	0	330	22	0	30	2	0	30.00
31	2	4	91	6	4	151	10	4	211	14	4	271	18	4	331	22	4	31	2	4	31.07
32	2	8	92	6	8	152	10	8	212	14	8	272	18	8	332	22	8	32	2	8	32.13
33	2	12	93	6	12	153	10	12	213	14	12	273	18	12	333	22	12	33	2	12	33.20
34	2	16	94	6	16	154	10	16	214	14	16	274	18	16	334	22	16	34	2	16	34.27
35	2	20	95	6	20	155	10	20	215	14	20	275	18	20	335	22	20	35	2	20	35.33
36	2	24	96	6	24	156	10	24	216	14	24	276	18	24	336	22	24	36	2	24	36.40
37	2	28	97	6	28	157	10	28	217	14	28	277	18	28	337	22	28	37	2	28	37.47
38	2	32	98	6	32	158	10	32	218	14	32	278	18	32	338	22	32	38	2	32	38.53
39	2	36	99	6	36	159	10	36	219	14	36	279	18	36	339	22	36	39	2	36	39.60
40	2	40	100	6	40	160	10	40	220	14	40	280	18	40	340	22	40	40	2	40	40.67
41	2	44	101	6	44	161	10	44	221	14	44	281	18	44	341	22	44	41	2	44	41.73
42	2	48	102	6	48	162	10	48	222	14	48	282	18	48	342	22	48	42	2	48	42.80
43	2	52	103	6	52	163	10	52	223	14	52	283	18	52	343	22	52	43	2	52	43.87
44	2	56	104	6	56	164	10	56	224	14	56	284	18	56	344	22	56	44	2	56	44.93
45	3	0	105	7	0	165	11	0	225	15	0	285	19	0	345	23	0	45	3	0	45.30
46	3	4	106	7	4	166	11	4	226	15	4	286	19	4	346	23	4	46	3	4	46.37
47	3	8	107	7	8	167	11	8	227	15	8	287	19	8	347	23	8	47	3	8	47.33
48	3	12	108	7	12	168	11	12	228	15	12	288	19	12	348	23	12	48	3	12	48.30
49	3	16	109	7	16	169	11	16	229	15	16	289	19	16	349	23	16	49	3	16	49.37
50	3	20	110	7	20	170	11	20	230	15	20	290	19	20	350	23	20	50	3	20	50.33
51	3	24	111	7	24	171	11	24	231	15	24	291	19	24	351	23	24	51	3	24	51.40
52	3	28	112	7	28	172	11	28	232	15	28	292	19	28	352	23	28	52	3	28	52.47
53	3	32	113	7	32	173	11	32	233	15	32	293	19	32	353	23	32	53	3	32	53.53
54	3	36	114	7	36	174	11	36	234	15	36	294	19	36	354	23	36	54	3	36	54.60
55	3	40	115	7	40	175	11	40	235	15	40	295	19	40	355	23	40	55	3	40	55.67
56	3	44	116	7	44	176	11	44	236	15	44	296	19	44	356	23	44	56	3	44	56.73
57	3	48	115	7	48	177	11	48	237	15	48	297	19	48	357	23	48	57	3	48	57.80
58	3	52	118	7	52	178	11	52	238	15	52	298	19	52	358	23	52	58	3	52	58.87
59	3	56	119	7	56	179	11	56	239	15	56	299	19	56	359	23	56	59	3	56	59.93
60	4	0	120	8	0	180	12	0	240	16	0	300	20	0	360	24	0	60	4	0	4.00

3. Verwandlung von Zeitmaß in Bogenmaß.

Stunden			Minuten				Sekunden				
h	o	m	o'	m	o'	s	' "	s	' "	s	"
1	15	1	0 15	31	7 45	1	0 15	31	7 45		
2	30	2	0 30	32	8 0	2	0 30	32	8 0		
3	45	3	0 45	33	8 15	3	0 45	33	8 15		
4	60	4	1 0	34	8 30	4	1 0	34	8 30	s	"
5	75	5	1 15	35	8 45	5	1 15	35	8 45	0.1	1.5
6	90	6	1 30	36	9 0	6	1 30	36	9 0	0.2	3.0
7	105	7	1 45	37	9 15	7	1 45	37	9 15	0.3	4.5
8	120	8	2 0	38	9 30	8	2 0	38	9 30	0.4	6.0
9	135	9	2 15	39	9 45	9	2 15	39	9 45	0.5	7.5
10	150	10	2 30	40	10 0	10	2 30	40	10 0	0.6	9.0
11	165	11	2 45	41	10 15	11	2 45	41	10 15	0.7	10.5
12	180	12	3 0	42	10 30	12	3 0	42	10 30	0.8	12.0
13	195	13	3 15	43	10 45	13	3 15	43	10 45	0.9	13.5
14	210	14	3 30	44	11 0	14	3 30	44	11 0	s	"
15	225	15	3 45	45	11 15	15	3 45	45	11 15	0.01	0.15
16	240	16	4 0	46	11 30	16	4 0	46	11 30		
17	255	17	4 15	47	11 45	17	4 15	47	11 45	0.02	0.30
18	270	18	4 30	48	12 0	18	4 30	48	12 0	0.03	0.45
19	285	19	4 45	49	12 15	19	4 45	49	12 15	0.04	0.60
20	300	20	5 0	50	12 30	20	5 0	50	12 30	0.05	0.75
21	315	21	5 15	51	12 45	21	5 15	51	12 45	0.06	0.90
22	330	22	5 30	52	13 0	22	5 30	52	13 0	0.07	1.05
23	345	23	5 45	53	13 15	23	5 45	53	13 15	0.08	1.20
24	360	24	6 0	54	13 30	24	6 0	54	13 30	0.09	1.35
		25	6 15	55	13 45	25	6 15	55	13 45		
		26	6 30	56	14 0	26	6 30	56	14 0		
		27	6 45	57	14 15	27	6 45	57	14 15		
		28	7 0	58	14 30	28	7 0	58	14 30		
		29	7 15	59	14 45	29	7 15	59	14 45		
		30	7 30	60	15 0	30	7 30	60	15 0		

4. Verwandlung der Mittleren Zeit in Sternzeit.

Red.	+ om	+ im	+ zm	+ 3m	
s	h m s	h m s	h m s	h m s	
o	0 0 0	6 5 15	12 10 29	18 15 44	
1	0 6 5	6 11 20	12 16 34	18 21 49	
2	0 12 10	6 17 25	12 22 40	18 27 54	
3	0 18 16	6 23 30	12 28 45	18 33 59	
4	0 24 21	6 29 36	12 34 50	18 40 5	
5	0 30 26	6 35 41	12 40 55	18 46 10	
6	0 36 31	6 41 46	12 47 1	18 52 15	
7	0 42 37	6 47 51	12 53 6	18 58 20	
8	0 48 42	6 53 56	12 59 11	19 4 26	
9	0 54 47	7 0 2	13 5 16	19 10 31	
10	1 0 52	7 6 7	13 11 21	19 16 36	
11	1 6 58	7 12 12	13 17 27	19 22 41	+ s
12	1 13 3	7 18 17	13 23 32	19 28 47	0.0 o o
13	1 19 8	7 24 23	13 29 37	19 34 52	0.1 o 37
14	1 25 13	7 30 28	13 35 42	19 40 57	0.2 1 13
15	1 31 19	7 36 33	13 41 48	19 47 2	0.3 1 50
16	1 37 24	7 42 38	13 47 53	19 53 7	0.4 2 26
17	1 43 29	7 48 44	13 53 58	19 59 13	0.5 3 3
18	1 49 34	7 54 49	14 0 3	20 5 18	0.6 3 39
19	1 55 40	8 0 54	14 6 9	20 11 23	0.7 4 16
20	2 1 45	8 6 59	14 12 14	20 17 28	0.8 4 52
21	2 7 50	8 13 5	14 18 19	20 23 34	0.9 5 29
22	2 13 55	8 19 10	14 24 24	20 29 39	
23	2 20 1	8 25 15	14 30 30	20 35 44	
24	2 26 6	8 31 20	14 36 35	20 41 49	
25	2 32 11	8 37 26	14 42 40	20 47 55	
26	2 38 16	8 43 31	14 48 45	20 54 0	
27	2 44 22	8 49 36	14 54 51	21 0 5	
28	2 50 27	8 55 41	15 0 56	21 6 10	
29	2 56 32	9 1 47	15 7 1	21 12 16	
30	3 2 37	9 7 52	15 13 6	21 18 21	
31	3 8 43	9 13 57	15 19 12	21 24 26	
32	3 14 48	9 20 2	15 25 17	21 30 31	
33	3 20 53	9 26 8	15 31 22	21 36 37	
34	3 26 58	9 32 13	15 37 27	21 42 42	
35	3 33 3	9 38 18	15 43 33	21 48 47	
36	3 39 9	9 44 23	15 49 38	21 54 52	
37	3 45 14	9 50 28	15 55 43	22 0 58	
38	3 51 19	9 56 34	16 1 48	22 7 3	
39	3 57 24	10 2 39	16 7 54	22 13 8	
40	4 3 30	10 8 44	16 13 59	22 19 13	
41	4 9 35	10 14 49	16 20 4	22 25 19	
42	4 15 40	10 20 55	16 26 9	22 31 24	
43	4 21 45	10 27 0	16 32 14	22 37 29	
44	4 27 51	10 33 5	16 38 20	22 43 34	
45	4 33 56	10 39 10	16 44 25	22 49 39	
46	4 40 1	10 45 16	16 50 30	22 55 45	
47	4 46 6	10 51 21	16 56 35	23 1 50	
48	4 52 12	10 57 26	17 2 41	23 7 55	
49	4 58 17	11 3 31	17 8 46	23 14 0	
50	5 4 22	11 9 37	17 14 51	23 20 6	
51	5 10 27	11 15 42	17 20 56	23 26 11	
52	5 16 33	11 21 47	17 27 2	23 32 16	
53	5 22 38	11 27 52	17 33 7	23 38 21	
54	5 28 43	11 33 58	17 39 12	23 44 27	
55	5 34 48	11 40 3	17 45 17	23 50 32	
56	5 40 54	11 46 8	17 51 23	23 56 37	
57	5 46 59	11 52 13	17 57 28	24 2 42	
58	5 53 4	11 58 19	18 3 33	24 8 48	
59	5 59 9	12 4 24	18 9 38	24 14 53	
60	6 5 15	12 10 29	18 15 44	24 20 58	

Reduktion der Sternzeit im mittleren Mittag. Man entnimmt dieser Tafel mit der in Zeit ausgedrückten Länge λ des Beobachtungs-ortes die zugehörige Reduktion und addiert sie zu der Sternzeit im mittleren Mittag, wenn λ {westlich} {östlich} ist.
Subtrahiert sie {von der} Greenwicher Mittag, wenn λ {westlich} {östlich} ist.

5. Verwandlung der Sternzeit in Mittlere Zeit.

Red.	— om	— 1m	— 2m	— 3m	
s	h m s	h m s	h m s	h m s	
0	0 0 0	6 6 15	12 12 29	18 18 44	
1	0 6 6	6 12 21	12 18 35	18 24 50	
2	0 12 12	6 18 27	12 24 42	18 30 56	
3	0 18 19	6 24 33	12 30 48	18 37 2	
4	0 24 25	6 30 40	12 36 54	18 43 9	
5	0 30 31	6 36 46	12 43 0	18 49 15	
6	0 36 37	6 42 52	12 49 7	18 55 21	
7	0 42 44	6 48 58	12 55 13	19 1 27	
8	0 48 50	6 55 4	13 1 19	19 7 34	
9	0 54 56	7 1 11	13 7 25	19 13 40	
10	1 1 2	7 7 17	13 13 31	19 19 46	
11	1 7 9	7 13 23	13 19 38	19 25 52	
12	1 13 15	7 19 29	13 25 44	19 31 59	
13	1 19 21	7 25 36	13 31 50	19 38 5	
14	1 25 27	7 31 42	13 37 56	19 44 11	
15	1 31 34	7 37 48	13 44 3	19 50 17	
16	1 37 40	7 43 54	13 50 9	19 56 23	
17	1 43 46	7 50 1	13 56 15	20 2 30	
18	1 49 52	7 56 7	14 2 21	20 8 36	
19	1 55 59	8 2 13	14 8 28	20 14 42	
20	2 2 5	8 8 19	14 14 34	20 20 48	
21	2 8 11	8 14 26	14 20 40	20 26 55	
22	2 14 17	8 20 32	14 26 46	20 33 1	
23	2 20 24	8 26 38	14 32 53	20 39 7	
24	2 26 30	8 32 44	14 38 59	20 45 13	
25	2 32 36	8 38 51	14 45 5	20 51 20	s
26	2 38 42	8 44 57	14 51 11	20 57 26	m
27	2 44 49	8 51 3	14 57 18	21 3 32	s
28	2 50 55	8 57 9	15 3 24	21 9 38	o
29	2 57 1	9 3 16	15 9 30	21 15 45	37
30	3 3 7	9 9 22	15 15 36	21 21 51	o
31	3 9 14	9 15 28	15 21 43	21 27 57	3
32	3 15 20	9 21 34	15 27 49	21 34 3	40
33	3 21 26	9 27 41	15 33 55	21 40 10	0.5
34	3 27 32	9 33 47	15 40 1	21 46 16	0.6
35	3 33 38	9 39 53	15 46 8	21 52 22	0.7
36	3 39 45	9 45 59	15 52 14	21 58 28	4 16
37	3 45 51	9 52 5	15 58 20	22 4 35	0.8
38	3 51 57	9 58 12	16 4 26	22 10 41	5 53
39	3 58 3	10 4 18	16 10 33	22 16 47	0.9
40	4 4 10	10 10 24	16 16 39	22 22 53	
41	4 10 16	10 16 30	16 22 45	22 29 0	
42	4 16 22	10 22 37	16 28 51	22 35 6	
43	4 22 28	10 28 43	16 34 57	22 41 12	
44	4 28 35	10 34 49	16 41 4	22 47 18	
45	4 34 41	10 40 55	16 47 10	22 53 24	
46	4 40 47	10 47 2	16 53 16	22 59 31	
47	4 46 53	10 53 8	16 59 22	23 5 37	
48	4 53 0	10 59 14	17 5 29	23 11 43	
49	4 59 6	11 5 20	17 11 35	23 17 49	
50	5 5 12	11 11 27	17 17 41	23 23 56	
51	5 11 18	11 17 33	17 23 47	23 30 2	
52	5 17 25	11 23 39	17 29 54	23 36 8	
53	5 23 31	11 29 45	17 36 0	23 42 14	
54	5 29 37	11 35 52	17 42 6	23 48 21	
55	5 35 43	11 41 58	17 48 12	23 54 27	
56	5 41 50	11 48 4	17 54 19	24 0 33	
57	5 47 56	11 54 10	18 0 25	24 6 39	
58	5 54 2	12 0 17	18 6 31	24 12 46	
59	6 0 8	12 6 23	18 12 37	24 18 52	
60	6 6 15	12 12 29	18 18 44	24 24 58	

6. Verwandlung von Stunden, Minuten und Sekunden in Dezimalteile des Tages und umgekehrt.

Tag	h	m	s	Tag	h	m	s	Tag	m	s	Tag	m	s	Tag	
d	h	m	s	d	h	m	s	d	m	s	d	m	s		
0.00	0	0	0	0.50	12	0	0	0.0000	0	0.00	0.0050	7	12.00		
01	0	14	24	51	12	14	24	01	0	8.64	51	7	20.64		
02	0	28	48	52	12	28	48	02	0	17.28	52	7	29.28		
03	0	43	12	53	12	43	12	03	0	25.92	53	7	37.92		
04	0	57	36	54	12	57	36	04	0	34.56	54	7	46.56		
0.05	1	12	0	0.55	13	12	0	0.0005	0	43.20	0.0055	7	55.20		
06	1	26	24	56	13	26	24	06	0	51.84	56	8	3.84		
07	1	40	48	57	13	40	48	07	1	0.48	57	8	12.48		
08	1	55	12	58	13	55	12	08	1	9.12	58	8	21.12		
09	2	9	36	59	14	9	36	09	1	17.76	59	8	29.76		
0.10	2	24	0	0.60	14	24	0	0.0010	1	26.40	0.0060	8	38.40		
11	2	38	24	61	14	38	24	11	1	35.04	61	8	47.04		
12	2	52	48	62	14	52	48	12	1	43.68	62	8	55.68		
13	3	7	12	63	15	7	12	13	1	52.32	63	9	4.32		
14	3	21	36	64	15	21	36	14	2	0.96	64	9	12.96		
0.15	3	36	0	0.65	15	36	0	0.0015	2	9.60	0.0065	9	21.60		
16	3	50	24	66	15	50	24	16	2	18.24	66	9	30.24		
17	4	4	48	67	16	4	48	17	2	26.88	67	9	38.88		
18	4	19	12	68	16	19	12	18	2	35.52	68	9	47.52		
19	4	33	36	69	16	33	36	19	2	44.16	69	9	56.16		
0.20	4	48	0	0.70	16	48	0	0.0020	2	52.80	0.0070	10	4.80		
21	5	2	24	71	17	2	24	21	3	1.44	71	10	13.44		
22	5	16	48	72	17	16	48	22	3	10.08	72	10	22.08		
23	5	31	12	73	17	31	12	23	3	18.72	73	10	30.72		
24	5	45	36	74	17	45	36	24	3	27.36	74	10	39.36		
0.25	6	0	0	0.75	18	0	0	0.0025	3	36.00	0.0075	10	48.00		
26	6	14	24	76	18	14	24	26	3	44.64	76	10	56.64		
27	6	28	48	77	18	28	48	27	3	53.28	77	11	5.28		
28	6	43	12	78	18	43	12	28	4	1.92	78	11	13.92		
29	6	57	36	79	18	57	36	29	4	10.56	79	11	22.56		
0.30	7	12	0	0.80	19	12	0	0.0030	4	19.20	0.0080	11	31.20		
31	7	26	24	81	19	26	24	31	4	27.84	81	11	39.84		
32	7	40	48	82	19	40	48	32	4	36.48	82	11	48.48		
33	7	55	12	83	19	55	12	33	4	45.12	83	11	57.12		
34	8	9	36	84	20	9	36	34	4	53.76	84	12	5.76		
0.35	8	24	0	0.85	20	24	0	0.0035	5	2.40	0.0085	12	14.40		
36	8	38	24	86	20	38	24	36	5	11.04	86	12	23.04		
37	8	52	48	87	20	52	48	37	5	19.68	87	12	31.68		
38	9	7	12	88	21	7	12	38	5	28.32	88	12	40.32		
39	9	21	36	89	21	21	36	39	5	36.96	89	12	48.96		
0.40	9	36	0	0.90	21	36	0	0.0040	5	45.60	0.0090	12	57.60		
41	9	50	24	91	21	50	24	41	5	54.24	91	13	6.24		
42	10	4	48	92	22	4	48	42	6	2.88	92	13	14.88		
43	10	19	12	93	22	19	12	43	6	11.52	93	13	23.52		
44	10	33	36	94	22	33	36	44	6	20.16	94	13	32.16		
0.45	10	48	0	0.95	22	48	0	0.0045	6	28.80	0.0095	13	40.80		
46	11	2	24	96	23	2	24	46	6	37.44	96	13	49.44		
47	11	16	48	97	23	16	48	47	6	46.08	97	13	58.08		
48	11	31	12	98	23	31	12	48	6	54.72	98	14	6.72		
49	11	45	36	99	23	45	36	49	7	3.36	99	14	15.36		

Berlin — Greenwich: + oh 53^m 34^s.91 = + 0d037 2096
 Berlin — Paris: + o 44 13.88 = + 0.030 7162

7. Halbe Tagbogen.

δ	φ	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o			
		o	o	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30										
o	o	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	o			
-50	6	3	5	54	5	44	5	35	5	25	5	15	5	5	4	54	4	44	4	33	4	21	4	9	3	56		
48	3	5	54	45	36	27	18	9	59	49	39	28	17	4	5	53	40	25	48									
46	3	5	55	46	38	30	21	12	5	3	54	45	35	25	14	4	3	51	37	46								
44	3	5	55	47	40	32	24	16	7	59	50	41	32	22	11	4	0	48	44									
42	3	5	56	48	41	34	26	19	11	5	3	55	47	38	29	19	9	59	42									
-40	6	3	5	56	5	49	5	43	5	36	5	29	5	22	5	15	5	7	4	59	4	52	4	44	4	35		
38	3	5	56	50	44	37	31	25	18	11	5	4	57	49	42	34	25	16	38									
36	3	5	57	51	45	39	33	27	21	15	8	5	2	55	48	40	32	24	36									
34	3	5	57	52	46	41	35	30	24	18	12	6	5	0	53	46	39	31	34									
32	2	5	57	52	47	43	37	32	27	21	16	10	4	58	52	45	38	32	32									
-30	6	2	5	58	5	53	5	49	5	44	5	39	5	35	5	29	5	24	5	19	5	14	5	9	5	3		
28	2	5	58	54	50	45	41	37	32	27	23	18	13	7	5	2	56	51	28									
26	2	5	58	55	51	46	43	39	35	30	26	21	17	12	7	5	2	57	26									
24	2	5	59	55	52	48	45	41	37	33	29	25	21	16	12	7	5	3	24									
22	2	5	59	56	53	50	46	43	39	36	32	28	24	21	17	13	9	22										
-20	6	2	6	0	5	57	5	54	5	51	5	48	5	45	5	42	5	39	5	35	5	32	5	29	5	25		
18	2	0	57	55	52	49	47	44	41	38	35	32	29	26	23	20	19	18										
16	2	0	58	56	53	51	48	46	44	41	39	36	33	30	27	24												
14	2	0	58	56	54	52	50	48	46	44	42	39	37	35	32	29	29	14										
12	2	0	59	57	55	54	52	50	48	47	45	43	41	39	37	34												
-10	6	2	6	1	5	59	5	58	5	56	5	55	5	54	5	52	5	51	5	49	5	48	5	46	5	45		
8	2	1	6	0	58	57	56	55	54	53	52	51	50	48	46	45	44	44	46									
6	2	2	0	6	0	58	58	57	56	56	55	54	53	52	51	50	49											
4	2	2	1	0	6	0	59	59	58	58	57	56	56	55	55	54	53	53	54									
-2	2	6	2	6	2	6	2	6	1	6	0	6	0	6	0	6	0	5	59	5	59	5	58	5	58			
0	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	0			
+	2	6	2	6	3	6	3	6	3	6	4	6	4	6	4	6	5	6	5	6	6	6	6	6	7	6		
4	2	3	4	4	4	5	5	5	6	6	8	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
6	2	3	4	5	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	17	19	21	22	24	26	28	30	32	34	36	38		
8	2	3	5	6	7	8	9	10	11	13	14	16	17	19	21	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42		
10	2	4	5	6	8	9	11	13	14	16	17	19	21	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46		
+	12	6	2	6	4	6	6	8	6	9	6	11	6	13	6	15	6	16	6	18	6	20	6	22	6	24		
14	2	4	6	8	8	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51		
16	2	4	7	9	9	12	14	16	19	19	21	24	26	29	32	35	38	41	44	46	48	50	52	54	56	58		
18	2	5	8	10	13	16	18	21	21	23	26	30	33	37	40	44	48	51	55	58	61	64	67	70	73	76		
20	2	5	8	11	14	17	20	23	26	31	36	41	46	51	57	7	2	8	14	21	30	38	46	54	62	70		
+	22	6	2	6	6	9	6	12	6	16	6	19	6	22	6	26	6	29	6	33	6	37	6	41	6	44		
24	2	6	10	13	17	21	24	28	32	36	40	44	49	53	58	7	2	24	28	32	36	40	44	48	52	56		
26	2	6	10	14	18	22	26	31	35	39	44	48	53	58	7	3	9	14	21	28	35	42	48	54	60	66		
28	2	7	11	15	20	24	29	33	38	42	48	53	58	7	3	9	14	21	28	35	42	48	54	60	66	72		
30	2	7	11	16	21	26	31	36	41	46	51	57	7	2	8	14	21	28	35	42	48	54	60	66	72	78		
+	32	6	2	7	12	6	18	6	23	6	28	6	33	6	38	6	44	6	50	6	55	7	1	7	7	14	21	28
34	3	8	13	19	24	30	36	41	47	53	57	6	13	20	27	35	43	50	57	64	71	78	85	92	99	106		
36	3	8	14	20	26	32	38	44	51	57	4	11	19	26	34	43	50	58	65	72	79	86	93	100	107	114		
38	3	9	15	22	28	34	41	48	55	7	2	9	17	25	33	42	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123		
40	3	9	16	23	30	37	44	51	59	6	14	22	31	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136		
+	42	6	3	6	10	6	17	6	25	6	32	6	39	6	47	6	55	7	3	7	11	7	20	7	29	7	38	
44	3	11	18	26	34	42	51	59	7	16	26	35	46	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152		
46	3	11	20	28	37	45	55	7	3	12	22	32	43	54	63	73	82	91	100	109	118	127	136	145	154	163		
48	3	12	21	30	39	48	58	8	18	28	39	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190		
+50	6	3	6	13	6	22	6	32	6	42	6	52	7	2	7	13	7	24	7	35	7	47	7	59	8	72		

7. Halbe Tagbogen (Schluß).

δ	φ	° +30	° +32	° +34	° +36	° +38	° +40	° +42	° +44	° +46	° +48	° +50	° +52	° +54	° +56	° +58	° +60	
-50	3 11	2 54	2 33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+50
48	25	3 10	52	2 31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48
46	37	24	3 9	51	2 31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46
44	48	36	23	3 7	50	2 30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44
42	59	47	35	22	3 7	50	2 30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42
-40	4 8	3 58	3 47	3 34	3 21	3 7	2 50	2 30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+40
38	16	4 7	57	46	34	21	3 7	50	2 31	—	—	—	—	—	—	—	—	38
36	24	16	4 7	57	46	34	22	3 7	51	2 31	—	—	—	—	—	—	—	36
34	31	24	16	4 7	57	46	35	23	3 9	52	2 33	—	—	—	—	—	—	34
32	38	31	24	16	4 7	58	47	36	24	3 10	54	2 34	—	—	—	—	—	32
-30	4 45	4 38	4 31	4 24	4 16	4 8	3 59	3 48	3 37	3 25	3 11	2 55	2 36	—	—	—	—	+30
28	51	45	39	32	25	17	4 9	4 0	50	40	28	3 14	2 57	2 38	—	—	—	28
26	57	52	46	40	34	27	19	11	4 3	53	42	30	3 17	3 1	2 42	—	26	
24	5 3	4 58	53	48	42	35	29	22	14	4 5	56	46	34	20	3 5	2 45	24	
22	9 5	4 5	5 0	55	49	44	38	32	25	17	4 9	4 0	50	38	24	3 9	22	
-20	5 14	5 10	5 6	5 2	4 57	4 52	4 47	4 41	4 35	4 28	4 21	4 13	4 4	3 54	3 43	3 29	+20	
18	19	16	12	8	5 4	59	55	50	45	39	33	33	26	18	4 9	4 0	48	18
16	24	21	18	15	11	5 7	5 3	59	54	49	44	38	31	24	15	4 6	16	
14	29	27	24	21	18	15	11	5 7	5 3	59	54	49	44	37	30	23	14	
12	34	32	30	27	25	22	19	16	12	5 9	5 5	5 0	56	51	45	38	12	
-10	5 39	5 37	5 35	5 33	5 31	5 29	5 26	5 24	5 21	5 18	5 15	5 11	5 8	5 3	4 59	4 53	+10	
8	44	43	41	39	37	36	34	32	30	27	25	22	19	16	5 12	5 8	8	
6	49	47	46	45	44	43	41	40	38	36	35	33	30	28	25	22	6	
4	53	52	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	40	38	36	4	
-2	5 58	5 57	5 57	5 57	5 56	5 56	5 56	5 55	5 55	5 54	5 54	5 53	5 52	5 51	5 50	+2		
0	6 2	6 2	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 4	6 4	6 4	6 4	0	
+2	6 7	6 7	6 8	6 8	6 9	6 9	6 10	6 11	6 11	6 12	6 13	6 14	6 15	6 16	6 17	6 18	-2	
4	11	12	13	13	15	16	17	18	20	21	22	24	26	28	30	32	4	
6	16	18	19	20	22	23	25	26	28	30	32	34	37	40	43	46	6	
8	21	23	24	26	28	30	32	34	37	39	42	45	48	52	56	7 1	8	
10	26	28	30	32	34	37	39	42	45	48	52	56	7 0	7 5	7 10	16	10	
+12	6 31	6 33	6 36	6 38	6 41	6 44	6 47	6 51	6 55	6 58	7 2	7 7	7 12	7 18	7 24	7 31	-12	
14	36	38	41	44	48	51	55	59	7 3	7 8	13	18	24	31	39	47	14	
16	41	44	47	51	55	59	7 3	7 7	12	18	24	30	37	45	54	8 4	16	
18	46	50	53	57	7 2	7 6	11	16	22	28	35	42	51	8 0	8 10	22	18	
20	51	55	7 0	7 4	9	14	20	26	32	39	47	55	8 5	15	28	42	20	
+22	6 57	7 1	7 6	7 11	7 17	7 22	7 29	7 35	7 43	7 50	7 59	8 9	8 20	8 32	8 47	9 4	-22	
24	7 2	7	13	19	25	31	38	45	54	8 3	8 12	24	36	51	9 8	29	24	
26	8	14	20	26	33	40	48	56	8 5	15	27	39	54	9 11	33	10 0	26	
28	14	21	27	34	42	49	58	8 7	18	29	42	57	9 14	35	10 2	42	28	
30	21	28	35	43	51	8 0	8 9	20	31	44	59	9 17	38	10 4	10 43	—	30	
+32	7 28	7 35	7 43	7 51	8 1	8 11	8 21	8 33	8 46	9 1	9 19	9 39	10 6	10 44	—	—	-32	
34	35	43	52	8 1	11	22	34	47	9 3	20	41	10 8	10 46	—	—	—	34	
36	43	52	8 1	11	23	35	48	9 4	21	42	10 9	10 47	—	—	—	36		
38	51	8 1	11	23	35	49	9 4	22	43	10 10	10 48	—	—	—	—	—	38	
40	8 0	11	22	35	49	9 5	23	44	10 10	10 48	—	—	—	—	—	40		
+42	8 10	8 21	8 34	8 49	9 5	9 23	9 44	10 11	10 48	—	—	—	—	—	—	—	-42	
44	20	33	48	9 4	22	44	10 11	10 48	—	—	—	—	—	—	—	—	44	
46	34	46	9 3	21	43	10 10	10 48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46	
48	45	9 2	20	42	10 10	10 48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48	
+50	9 0	9 19	9 41	10 9	10 48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-50	

8. Stundenwinkel im Ersten Vertikal.

$\varphi \backslash \delta$	+20°	+22°	+24°	+26°	+28°	+30°	+32°	+34°	+36°	+38°	+40°	
o h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	o
o 6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	o
+ 1 5 49	5 50	5 51	5 52	5 52	5 53	5 54	5 54	5 54	5 54	5 55	5 55	- 1
2 38	40	42	44	45	46	47	48	49	50	50	50	2
3 27	30	33	35	37	39	41	42	43	45	46	46	3
4 16	20	24	27	29	32	34	36	38	39	41	41	4
+ 5 5 4	5 10	5 15	5 19	5 22	5 25	5 28	5 30	5 32	5 34	5 36	5 36	- 5
6 4 53	5 0	5 6	10	14	18	21	24	27	29	31	31	6
7 42	4 49	4 56	5 1	5 6	11	15	18	21	24	26	26	7
8 30	39	46	4 53	4 59	5 4	8	12	15	19	21	21	8
9 18	28	37	44	51	4 56	5 1	5 6	10	13	16	16	9
+ 10 4 5	4 17	4 27	4 35	4 43	4 49	4 54	4 59	5 4	5 8	5 11	- 10	
11 3 51	4 5	17	26	34	41	47	53	4 58	5 2	6	II	
12 37	3 53	4 6	16	26	34	40	47	52	4 57	5 1	I2	
13 22	41	3 55	4 7	17	26	33	40	46	51	4 56	I3	
14 3 7	28	44	3 57	4 8	18	26	33	40	46	51	I4	
+ 15 2 50	3 14	3 32	3 47	3 59	4 9	4 18	4 26	4 33	4 40	4 46	- 15	
16 32	3 0	20	36	49	4 1	11	19	27	34	40	I6	
17 2 11	2 43	3 6	25	40	3 52	4 3	12	20	28	35	I7	
18 1 48	26	2 52	13	29	43	3 55	4 5	14	22	29	I8	
19 1 17	2 6	37	3 1	18	34	46	3 57	7	15	23	I9	
+ 20 0 0	I 42	2 20	2 47	3 7	3 24	3 37	3 49	4 0	4 9	4 17	- 20	
21 —	I 13	2 2	32	2 55	I 3	28	41	3 52	4 2	II	I2	
22 —	0 0	I 40	2 16	42	3 2	19	33	45	3 55	4 5	22	
23 —	—	I 10	I 57	28	2 51	3 9	24	37	48	3 58	23	
24 —	—	0 0	I 37	2 13	38	2 58	I 5	29	41	52	24	
+ 25 —	—	—	I 9	I 55	2 24	2 47	3 5	3 20	3 33	3 45	- 25	
26 —	—	—	o o	34	2 9	35	2 55	II	25	38	26	
27 —	—	—	—	I 7	I 52	21	44	3 2	I 7	30	27	
28 —	—	—	—	o o	32	2 7	32	2 52	3 8	23	28	
29 —	—	—	—	—	I 5	I 50	I 9	41	2 59	I 5	29	
+ 30 —	—	—	—	—	o o	I 30	2 5	2 30	2 49	3 6	- 30	
31 —	—	—	—	—	—	I 4	I 48	I 7	39	2 57	31	
32 —	—	—	—	—	—	o o	28	2 3	28	47	32	
33 —	—	—	—	—	—	—	I 3	I 47	I 5	37	33	
34 —	—	—	—	—	—	—	o o	27	2 1	26	34	
+ 35 —	—	—	—	—	—	—	—	I 2	I 45	2 14	- 35	
36 —	—	—	—	—	—	—	—	o o	26	2 0	36	
37 —	—	—	—	—	—	—	—	—	I 1	I 44	37	
38 —	—	—	—	—	—	—	—	—	o o	26	38	
39 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I 1	39	
+ 40 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	o o	- 40	
	-20°	-22°	-24°	-26°	-28°	-30°	-32°	-34°	-36°	-38°	-40°	$\varphi \backslash \delta$

8. Stundenwinkel im Ersten Vertikal (Schluß).

$\delta \swarrow \varphi$	+40°	+42°	+44°	+46°	+48°	+50°	+52°	+54°	+56°	+58°	+60°		
o	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	o	
o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	6 o	o	
+	1 5 55	5 56	5 56	5 56	5 56	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57	5 58	— 1	
2	50	51	52	52	53	53	54	54	55	55	55	2	
3	46	47	48	48	49	50	51	51	52	52	53	3	
4	41	42	43	45	46	47	47	48	49	50	51	4	
+	5 536	5 38	5 39	5 41	5 42	5 43	5 44	5 45	5 46	5 47	5 48	— 5	
6	31	33	35	37	38	40	41	42	44	45	46	6	
7	26	29	31	33	35	36	38	40	41	42	44	7	
8	21	24	27	29	31	33	35	37	38	40	41	8	
9	16	19	22	25	27	29	32	34	35	37	39	9	
+	10 5 11	5 15	5 18	5 21	5 23	5 26	5 28	5 31	5 33	5 35	5 37	— 10	
11	6	10	14	17	20	22	25	28	30	32	34	11	
12	5 1	5	9	13	16	19	22	24	27	29	32	12	
13	4 56	5 1	5	8	12	15	18	21	24	27	29	13	
14	51	4 56	5 0	4	8	12	15	18	21	24	27	14	
+	15 4 46	4 51	4 56	5 0	5 4	5 8	5 12	5 15	5 18	5 21	5 24	— 15	
16	40	46	51	4 56	5 0	4	8	12	15	19	22	16	
17	35	41	46	51	4 56	5 1	5	9	12	16	19	17	
18	29	35	41	47	52	4 57	5 1	5	9	13	17	18	
19	23	30	36	42	48	53	4 58	5 2	6	10	14	19	
+	20 4 17	4 25	4 31	4 38	4 43	4 49	4 54	4 59	5 3	5 7	5 11	— 20	
21	11	19	26	33	39	45	50	55	5 0	4	9	21	
22	4 5	13	21	28	35	41	46	52	4 57	5 2	6	22	
23	3 58	7	16	23	30	37	43	48	53	4 58	3	23	
24	52	4 1	10	18	25	32	39	45	50	55	5 0	24	
+	25 3 45	3 55	4 5	4 13	4 21	4 28	4 35	4 41	4 47	4 52	4 58	— 25	
26	38	49	3 59	8	16	23	30	37	43	49	55	26	
27	30	42	53	4 2	11	19	26	33	40	46	52	27	
28	23	35	46	3 56	6	14	22	29	36	42	48	28	
29	15	28	40	50	4 1	9	18	25	32	39	45	29	
+	30 3 6	3 20	3 33	3 44	3 55	4 4	4 13	4 21	4 28	4 35	4 42	— 30	
31	2 57	13	26	38	49	3 59	8	17	24	32	39	31	
32	47	3 4	19	32	43	54	4 3	12	20	28	35	32	
33	37	2 55	11	25	37	48	3 58	8	16	24	32	33	
34	26	46	3 3	17	30	42	53	4 3	12	20	28	34	
+	35 2 14	2 36	2 54	3 10	3 24	3 36	3 48	3 58	4 8	4 16	4 25	— 35	
36	2 0	25	45	3 2	17	30	42	53	4 3	12	21	36	
37	1 44	2 13	35	2 53	9	23	36	48	3 58	8	17	37	
38	26	1 59	24	44	5 1	16	30	42	53	4 3	13	38	
39	1 1	44	2 12	34	2 53	9	23	36	48	3 59	9	39	
+	40 0 0	1 25	1 59	2 23	2 44	3 1	3 16	3 30	3 42	3 54	4 4	— 40	
41	—	1 0	43	2 12	34	2 53	9	23	36	49	4 0	41	
42	—	0 0	25	1 58	23	44	3 1	17	30	43	3 55	42	
43	—	1 0	43	2 11	34	2 53	10	24	38	50	43	43	
44	—	—	0 0	25	1 58	23	44	3 2	17	32	44	44	
+	45	—	—	—	1 0	1 43	2 12	2 34	2 54	3 10	3 25	3 39	— 45
46	—	—	—	—	0 0	25	1 59	24	45	3 3	19	33	46
47	—	—	—	—	1 0	44	2 12	35	2 55	12	27	47	47
48	—	—	—	—	0 0	25	1 59	25	46	3 4	20	48	48
49	—	—	—	—	—	1 1	44	13	36	2 56	13	49	49
+	50	—	—	—	—	—	0 0	1 26	2 0	2 26	2 47	3 6	— 50
51	—	—	—	—	—	—	1 1	1 45	14	38	2 58	51	51
52	—	—	—	—	—	—	0 0	26	2 1	28	49	52	52
53	—	—	—	—	—	—	—	1 1	1 46	16	40	53	53
54	—	—	—	—	—	—	—	0 0	27	2 3	30	54	54
+	55	—	—	—	—	—	—	—	—	1 2	1 47	2 18	— 55
56	—	—	—	—	—	—	—	—	0 0	28	2 5	56	56
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 3	1 49	57	57
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 0	30	58	58
59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 4	59	59
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 0	— 60	— 60

9. Zenitdistanz im Ersten Vertikal.

δ	φ	+20°	+22°	+24°	+26°	+28°	+30°	+32°	+34°	+36°	+38°	+40°		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	1	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	0	
2	87.1	87.3	87.5	87.7	87.9	88.0	88.1	88.2	88.3	88.4	88.5	—	1	
3	84.2	84.7	85.1	85.5	85.7	86.0	86.2	86.4	86.6	86.8	86.9	—	2	
4	81.2	82.0	82.6	83.1	83.6	84.0	84.3	84.6	84.9	85.1	85.3	—	3	
5	78.3	79.3	80.1	80.8	81.5	82.0	82.4	82.8	83.2	83.5	83.8	—	4	
+	6	75.3	76.5	77.6	78.5	79.3	80.0	80.5	81.0	81.5	81.9	82.2	—	5
7	72.3	73.8	75.1	76.3	77.1	77.9	78.6	79.2	79.8	80.2	80.6	—	6	
8	69.1	71.0	72.5	73.9	75.0	75.9	76.7	77.4	78.0	78.6	79.1	—	7	
9	66.0	68.2	69.9	71.5	72.8	73.8	74.8	75.6	76.3	76.9	77.5	—	8	
+	10	62.8	65.3	67.4	69.1	70.5	71.8	72.8	73.8	74.6	75.3	75.9	—	9
11	59.5	62.4	64.7	66.7	68.3	69.7	70.9	71.9	72.8	73.6	74.3	—	10	
12	56.1	59.4	62.0	64.3	66.0	67.6	68.9	70.1	71.1	71.9	72.7	—	11	
13	52.5	56.3	59.3	61.7	63.7	65.4	66.9	68.2	69.3	70.3	71.1	—	12	
14	48.8	53.1	56.4	59.1	61.4	63.3	64.9	66.3	67.5	68.6	69.5	—	13	
15	45.0	49.8	53.5	56.5	59.0	61.1	62.8	64.4	65.7	66.9	67.9	—	14	
+	16	40.8	46.3	50.5	53.8	56.5	58.8	60.8	62.4	63.9	65.1	66.3	—	15
17	36.3	42.7	47.4	51.1	54.1	56.5	58.7	60.5	62.0	63.4	64.6	—	16	
18	31.2	38.7	44.0	48.2	51.5	54.2	56.5	58.5	60.2	61.7	63.0	—	17	
19	25.3	34.4	40.6	45.2	48.8	51.8	54.3	56.5	58.3	59.9	61.3	—	18	
20	18.0	29.5	36.9	42.2	46.1	49.4	52.1	54.4	56.4	58.1	59.6	—	19	
+	21	0.0	24.0	32.8	38.8	43.2	46.8	49.8	52.3	54.4	56.3	57.9	—	20
22	—	16.8	28.3	35.2	40.2	44.2	47.5	50.1	52.4	54.4	56.1	—	21	
23	—	0.0	22.9	31.3	37.0	41.5	45.0	47.9	50.4	52.5	54.4	—	22	
24	—	—	16.2	27.0	33.7	38.6	42.5	45.7	48.3	50.6	52.6	—	23	
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		-20°	-22°	-24°	-26°	-28°	-30°	-32°	-34°	-36°	-38°	-40°	δ	
													φ	

9. Zenitdistanz im Ersten Vertikal (Schluß).

$\delta \swarrow$	+40°	+42°	+44°	+46°	+48°	+50°	+52°	+54°	+56°	+58°	+60°	
o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
o	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	o
+	88.5	88.5	88.6	88.6	88.7	88.7	88.7	88.8	88.8	88.8	88.9	— i
2	86.9	87.0	87.1	87.2	87.3	87.4	87.5	87.5	87.6	87.6	87.7	2
3	85.3	85.5	85.7	85.8	86.0	86.1	86.2	86.3	86.4	86.5	86.5	3
4	83.8	84.0	84.2	84.4	84.6	84.8	84.9	85.1	85.2	85.3	85.4	4
+	82.2	82.5	82.8	83.0	83.3	83.5	83.7	83.8	84.0	84.1	84.2	— 5
6	80.6	81.0	81.4	81.7	81.9	82.2	82.4	82.6	82.8	82.9	83.1	6
7	79.1	79.5	79.9	80.3	80.6	80.9	81.1	81.3	81.6	81.7	81.9	7
8	77.5	78.0	78.5	78.9	79.2	79.5	79.8	80.1	80.3	80.6	80.8	8
9	75.9	76.5	77.0	77.4	77.9	78.2	78.6	78.9	79.1	79.4	79.6	9
+10	74.3	75.0	75.5	76.0	76.5	76.9	77.3	77.6	77.9	78.2	78.4	— 10
11	72.7	73.4	74.1	74.6	75.1	75.6	76.0	76.4	76.7	77.0	77.3	11
12	71.1	71.9	72.6	73.2	73.8	74.3	74.7	75.1	75.5	75.8	76.1	12
13	69.5	70.4	71.1	71.8	72.4	72.9	73.4	73.9	74.3	74.6	75.0	13
14	67.9	68.8	69.6	70.4	71.0	71.6	72.1	72.6	73.0	73.4	73.8	14
+15	66.3	67.3	68.1	68.9	69.6	70.3	70.8	71.4	71.8	72.2	72.6	— 15
16	64.6	65.7	66.6	67.5	68.2	68.9	69.5	70.1	70.6	71.0	71.4	16
17	63.0	64.1	65.1	66.0	66.8	67.6	68.2	68.8	69.4	69.8	70.3	17
18	61.3	62.5	63.6	64.6	65.4	66.2	66.9	67.6	68.1	68.6	69.1	18
19	59.6	60.9	62.1	63.1	64.0	64.9	65.6	66.3	66.9	67.4	67.9	19
+20	57.9	59.3	60.5	61.6	62.6	63.5	64.3	65.0	65.6	66.2	66.7	— 20
21	56.1	57.6	59.0	60.1	61.2	62.1	63.0	63.7	64.4	65.0	65.6	21
22	54.4	56.0	57.4	58.6	59.7	60.7	61.6	62.4	63.1	63.8	64.4	22
23	52.6	54.3	55.8	57.1	58.3	59.3	60.3	61.1	61.9	62.6	63.2	23
24	50.8	52.6	54.2	55.6	56.8	57.9	58.9	59.8	60.6	61.4	62.0	24
+25	48.9	50.8	52.5	54.0	55.3	56.5	57.6	58.5	59.4	60.1	60.8	— 25
26	47.0	49.1	50.9	52.5	53.9	55.1	56.2	57.2	58.1	58.9	59.6	26
27	45.1	47.3	49.2	50.9	52.4	53.7	54.8	55.9	56.8	57.6	58.4	27
28	43.1	45.5	47.5	49.3	50.8	52.2	53.4	54.5	55.5	56.4	57.2	28
29	41.0	43.6	45.7	47.6	49.3	50.7	52.0	53.2	54.2	55.1	56.0	29
+30	38.9	41.7	44.0	46.0	47.7	49.3	50.6	51.8	52.9	53.9	54.7	— 30
31	36.7	39.7	42.2	44.3	46.1	47.8	49.2	50.5	51.6	52.6	53.5	31
32	34.5	37.6	40.3	42.6	44.5	46.2	47.7	49.1	50.3	51.3	52.3	32
33	32.1	35.5	38.4	40.8	42.9	44.7	46.3	47.7	48.9	50.1	51.0	33
34	29.6	33.3	36.4	39.0	41.2	43.1	44.8	46.3	47.6	48.8	49.8	34
+35	26.8	31.0	34.3	37.1	39.5	41.5	43.3	44.9	46.2	47.4	48.5	— 35
36	23.9	28.6	32.2	35.2	37.7	39.9	41.8	43.4	44.9	46.1	47.3	36
37	20.6	25.9	30.0	33.2	35.9	38.2	40.2	41.9	43.5	44.8	46.0	37
38	16.7	23.1	27.6	31.1	34.1	36.5	38.6	40.5	42.1	43.5	44.7	38
39	11.7	19.9	25.1	29.0	32.1	34.8	37.0	38.9	40.6	42.1	43.4	39
+40	0.0	16.1	22.3	26.7	30.1	33.0	35.3	37.4	39.2	40.7	42.1	— 40
41	—	11.4	19.2	24.2	28.0	31.1	33.6	35.8	37.7	39.3	40.8	41
42	—	0.0	15.6	21.5	25.8	29.1	31.9	34.2	36.2	37.9	39.4	42
43	—	—	11.0	18.6	23.4	27.1	30.1	32.5	34.7	36.5	38.1	43
44	—	—	0.0	15.1	20.8	24.9	28.2	30.8	33.1	35.0	36.7	44
+45	—	—	—	10.6	17.9	22.6	26.2	29.1	31.5	33.5	35.3	— 45
46	—	—	—	0.0	14.5	20.1	24.1	27.2	29.8	32.0	33.8	46
47	—	—	—	—	10.2	17.3	21.9	25.3	28.1	30.4	32.4	47
48	—	—	—	—	0.0	14.1	19.4	23.3	26.3	28.8	30.9	48
49	—	—	—	—	—	9.9	16.7	21.1	24.4	27.1	29.4	49
+50	—	—	—	—	—	0.0	13.6	18.8	22.5	25.4	27.8	— 50
51	—	—	—	—	—	—	9.6	16.2	20.4	23.6	26.2	51
52	—	—	—	—	—	—	0.0	13.1	18.1	21.7	24.5	52
53	—	—	—	—	—	—	—	9.3	15.6	19.7	22.8	53
54	—	—	—	—	—	—	—	0.0	12.6	17.4	20.9	54
+55	—	—	—	—	—	—	—	—	8.9	15.0	18.9	— 55
56	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	12.1	16.8	56
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.5	14.4	57
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	11.7	58
59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.1	59
+60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	— 60
	—40°	—42°	—44°	—46°	—48°	—50°	—52°	—54°	—56°	—58°	—60°	δ

10. Verwandlung der Thermometer- und Barometer-Skalen.

Réau-mur	Celsius	Fahren-heit	Celsius	Fahren-heit	Celsius	Pariser Zoll und Linien	Millimeter	Eng-lische Zoll	Milli-meter
o	o	o	o	o	o	" "	mm	"	mm
± o	± 0.00	— 60	— 51.1	+ 32	+ 0.0	11 0	297.8	12.0	304.8
1	1.25	58	50.0	34	1.1	12 0	324.8	13.0	330.2
2	2.50	56	48.9	36	2.2	13 0	351.9	14.0	355.6
3	3.75	54	47.8	38	3.3	14 0	379.0	15.0	381.0
4	5.00	52	46.7	40	4.4	15 0	406.0		
5	6.25	50	45.6	+ 42	+ 5.6	16 0	433.1	17.0	431.8
6	7.50	48	44.4	44	6.7	17 0	460.2	18.0	457.2
7	8.75	46	43.3	46	7.8	18 0	487.3	19.0	482.6
8	10.00	44	42.2	48	8.9	19 0	514.3	20.0	508.0
9	11.25	42	41.1	50	10.0	20 0	541.4		
10	12.50	40	40.0	+ 52	+ 11.1	21 0	568.5	22.0	558.8
11	13.75	38	38.9	54	12.2	22 0	595.5	23.0	584.2
12	15.00	36	37.8	56	13.3	23 0	622.6	24.0	609.6
13	16.25	34	36.7	58	14.4	24 0	649.7	25.0	635.0
14	17.50	32	35.6	60	15.6	25 0	676.7		
15	18.75	30	34.4	+ 62	+ 16.7	26 0	703.8	27.0	685.8
16	20.00	28	33.3	64	17.8			28.0	711.2
17	21.25	26	32.2	66	18.9	27 0	730.9		
18	22.50	24	31.1	68	20.0	1	733.1	29.0	736.6
19	23.75	22	30.0	70	21.1	2	735.4	29.1	739.1
20	25.00	20	28.9	+ 72	+ 22.2	3	737.7	29.2	741.7
21	26.25	18	27.8	74	23.3	4	739.9	29.3	744.2
22	27.50	16	26.7	76	24.4	5	742.2	29.4	746.7
23	28.75	14	25.6	78	25.6	27 6	744.4	29.5	749.3
24	30.00	12	24.4	80	26.7	7	746.7	29.6	751.8
25	31.25	10	23.3	+ 82	+ 27.8	8	748.9	29.7	754.4
26	32.50	8	22.2	84	28.9	9	751.2	29.8	756.9
27	33.75	6	21.1	86	30.0	10	753.4	29.9	759.4
28	35.00	4	20.0	88	31.1	11	755.7		
29	36.25	2	18.9	90	32.2	28 0	758.0	30.0	762.0
30	37.50	o	17.8	+ 92	+ 33.3	1	760.2	30.1	764.5
31	38.75			94	34.4	2	762.5	30.2	767.1
32	40.00	+ 2	16.7	96	35.6	3	764.7	30.3	769.6
33	41.25	4	15.6	98	36.7	4	767.0	30.4	772.1
34	42.50	6	14.4	100	37.8	5	769.2	30.5	774.7
		8	13.3			28 6	771.5	30.6	777.2
35	43.75	10	12.2	+ 102	+ 38.9	7	773.7	30.7	779.8
36	45.00			104	40.0	8	776.0	30.8	782.3
37	46.25	+ 12	— 11.1	106	41.1	9	778.3	30.9	784.8
38	47.50	14	10.0	108	42.2	10	780.5	31.0	787.4
39	48.75	16	8.9	110	43.3	11	782.8	31.1	789.9
		18	7.8					31.2	792.5
40	50.00	20	6.7	+ 112	+ 44.4	29 0	785.0	31.3	795.0
		+ 22	5.6	114	45.6	1	787.3		
		24	4.4	116	46.7	2	789.5		
		26	3.3	118	47.8	3	791.8		
		28	2.2	120	48.9	4	794.1		
		30	1.1	+ 122	+ 50.0				
		+ 32	o,o						

**II. Reduktion des Quecksilberbarometers auf 0°
(Messingskala).**

t° C	460 ^{mm}	480 ^{mm}	500 ^{mm}	520 ^{mm}	540 ^{mm}	560 ^{mm}	580 ^{mm}	600 ^{mm}	620 ^{mm}	t° C
0	mm	0								
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
I	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	I
2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2
3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	3
4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	4
5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	5
6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	6
7	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	7
8	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	8
9	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	9
10	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	10
11	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	11
12	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	12
13	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	13
14	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	14
15	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	15
16	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	16
17	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	17
18	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	18
19	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	19
20	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	20
21	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	21
22	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	22
23	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	23
24	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	24
25	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	25
26	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	26
27	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	27
28	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	28
29	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	29
30	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	30
31	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	31
32	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	32
33	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	33
34	2.5	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	34
35	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	35
36	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	36
37	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	37
38	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	38
39	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	39
40	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	40

Die Verbesserung der Barometerablesung ist
 { negativ } für { positive } Thermometerstände.
 positiv negative

**II. Reduktion des Quecksilberbarometers auf 0°
(Messingskala) (Schluß).**

t° C	620 ^{mm}	640 ^{mm}	660 ^{mm}	680 ^{mm}	700 ^{mm}	720 ^{mm}	740 ^{mm}	760 ^{mm}	780 ^{mm}	t° C
0	mm	0								
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
I	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	I
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2
3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	3
4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4
5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	5
6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	6
7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	7
8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	8
9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	9
10	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	10
11	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	11
12	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	12
13	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	13
14	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	14
15	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	15
16	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	16
17	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	17
18	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	18
19	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	19
20	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	20
21	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	21
22	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	22
23	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	23
24	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	24
25	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	25
26	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	26
27	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	27
28	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	28
29	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	29
30	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	30
31	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	31
32	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	32
33	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	33
34	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3	34
35	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	35
36	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	36
37	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	37
38	3,8	3,9	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	38
39	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	39
40	4,0	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	40

Die Verbesserung der Barometerablesung ist
 { negativ } für { positive } Thermometerstände.
 { positiv } für { negative }

12. Verwandlung von Graden und Minuten in Sekunden.

o°	o''	o'	o''	45'	2700"
1	3 600	1	60	46	2760
2	7 200	2	120	47	2820
3	10 800	3	180	48	2880
4	14 400	4	240	49	2940
5	18 000	5	300	50	3000
6	21 600	6	360	51	3060
7	25 200	7	420	52	3120
8	28 800	8	480	53	3180
9	32 400	9	540	54	3240
10	36 000	10	600	55	3300
20	72 000	11	660	56	3360
30	108 000	12	720	57	3420
40	144 000	13	780	58	3480
50	180 000	14	840	59	3540
60	216 000	15	900	60	3600
70	252 000	16	960		
80	288 000	17	1020		
90	324 000	18	1080		
100	360 000	19	1140		
110	396 000	20	1200		
120	432 000	21	1260		
130	468 000	22	1320		
140	504 000	23	1380		
150	540 000	24	1440		
160	576 000	25	1500		
170	612 000	26	1560		
180	648 000	27	1620		
190	684 000	28	1680		
200	720 000	29	1740		
210	756 000	30	1800		
220	792 000	31	1860		
230	828 000	32	1920		
240	864 000	33	1980		
250	900 000	34	2040		
260	936 000	35	2100		
270	972 000	36	2160		
280	1 008 000	37	2220		
290	1 044 000	38	2280		
300	1 080 000	39	2340		
310	1 116 000	40	2400		
320	1 152 000	41	2460		
330	1 188 000	42	2520		
340	1 224 000	43	2580		
350	1 260 000	44	2640		
360	1 296 000	45	2700		

13a. Mittlere Refraktion.

Bar. 760 mm, Therm. + 10° C.

Scheinbare ZD	Mittlere Refraktion								
0°	0' 0''	45°	0' 58''	68° 0'	2' 23'	80° 0'	5' 19''	88° 0'	18' 18''
1	1 1	46	1 0	20	26 3	10	5 24	10 19	8 50
2	2 1	47	2 2	40	28 2	20	5 29	20 20	2 54
3	3 1	48	5 2	69 0	31 3	30	5 35	30 21	1 59
4	4	49	7	20	33 3	40	5 41	40 22	7 66
			2	40	36 3	50	5 46	50 23	19 72
5	0 5	50	1	9	3		6		78
6	6 1	51	12 3	70 0	2 39	81	0 5 52	89 0 24	37 86
7	7 1	52	14 2	20	42 3		10 5 59	10 26	3 93
8	8 1	53	17 3	40	45 3		20 6 5	20 27	36 102
9	9	54	20 3	71 0	48 3		30 6 12	30 29	18 9 111
			3	20	51 3		40 6 19	40 31	9 122
10	0 10 1	55	1	23	40	50	6 26	50 33	1 133
11	II 1		3		3		7		
12	12 1	56 0'	1	26	72 0	2 57	82	0 6 33	90 0 35 24
13	13 1	20	27 1	20	3 1 4		10 6 41		
14	15 2	40	28 1	40	4 3		20 6 49		
	1	57 0	29 1	73 0	8 4		30 6 57		
15	0 16 1	20	31 2	20	12 4		40 7 5		
16	17 1	40	32 1	40	16 4		50 7 14		
17	18 1		1		4				10
18	19 1	58 0	1	33 1	74 0	3 20	83	0 7 24	
19	20	20	34 1	20	25 5		10 7 33		
	1	40	35 1	40	29 4		20 7 43		
20	0 21 1	59 0	37 2	75 0	34 5		30 7 54		
21	22 2	20	38 1	20	39 5		40 8 5		
22	24 1	40	39 1	40	44		50 8 16		
23	25 1		2		5				12
24	26	60 0	1	41 1	76 0	3 49	84	0 8 28	
	1	20	42 1	10	52 3		10 8 40		
25	0 27 1	40	43 2	20	55 3		20 8 53		
26	28 1	61 0	45 1	30	58 3		30 9 7		
27	30 2	20	46 2	40	1 3		40 9 21		
28	31 1	40	48 2	50	4 3		50 9 36		
29	32		1		3				16
	2	62 0	1	49 2	77 0	4 7	85	0 9 52	
30	0 34 1	20	51 1	10	10 3		10 10 8		
31	35 1	40	52 2	20	13 3		20 10 26		
32	36 1	63 0	54 1	30	17 4		30 10 45		
33	38 2	20	55 1	40	20 3		40 11 4		
34	39 1	40	57 2	50	24 4		50 11 24		
	2		2		3				21
35	0 41 1	64 0	1	59 2	78 0	4 27	86	0 11 45	
36	42 2	20	2	1 2	10	31 4		10 12 7	
37	44 1	40	2	1	20	35 4		20 12 30	
38	45 2	65 0	4 2	30	39 4		30 12 55		
39	47	20	6 2	40	43 4		40 13 22		
	2	40	8 2	50	47 4		50 13 51		
40	0 49 1		2		4				31
41	51 2	66 0	2	10 2	79 0	4 51	87	0 14 22	
42	52 2	20	12 2	10	4 55		10 14 55		
43	54 2	40	14 2	20	5 0 5		20 15 31		
44	56 2	67 0	16 2	30	4 4		30 16 9		
	2	20	19 3	40	9 5		40 16 49		
45	0 58	40	21 2	50	14 5		50 17 32		
			2		5				46
		68 0	2 23	80 0	5 19	88	0 18 18		

13 b. Verbesserung der mittleren Refraktion wegen Lufttemperatur.

Temperatur C	Mittlere Refraktion												Temperatur C
	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	
- 40°	0''	+ 13''	26''	39''	53''	67''	81''	96''	112''	129''	146''	164''	- 40°
35	0	+ 11	23	34	46	59	71	85	99	114	128	144	35
30	0	+ 10	20	30	40	51	62	74	86	99	112	125	30
25	0	+ 8	17	26	35	44	53	63	74	84	96	107	25
- 20	0	+ 7	14	22	29	37	45	53	62	71	80	90	- 20
- 18	0	+ 7	13	20	27	34	41	49	57	65	74	83	- 18
16	0	+ 6	12	18	25	31	38	45	52	60	68	77	16
14	0	+ 6	11	17	23	29	35	41	48	55	62	70	14
12	0	+ 5	10	15	21	26	32	38	44	50	57	64	12
- 10	0	+ 5	9	14	19	24	29	34	40	45	51	58	- 10
- 9	0	+ 4	9	13	18	22	27	32	37	43	48	54	- 9
8	0	+ 4	8	12	17	21	25	30	35	40	46	51	8
7	0	+ 4	8	12	16	20	24	28	33	38	43	48	7
6	0	+ 3	7	11	15	18	22	26	31	35	40	45	6
- 5	0	+ 3	7	10	14	17	21	25	29	33	38	42	- 5
- 4	0	+ 3	6	9	13	16	20	23	27	31	35	39	- 4
3	0	+ 3	6	9	12	15	18	22	25	29	32	36	3
2	0	+ 3	5	8	11	14	17	20	23	26	30	33	2
- 1	0	+ 2	5	8	10	13	15	18	21	24	27	31	- 1
0	0	+ 2	4	7	9	11	14	16	19	22	25	28	0
+ 1	0	+ 2	4	6	8	10	12	15	17	20	22	25	+ 1
+ 2	0	+ 2	3	5	7	9	11	13	15	17	20	22	+ 2
+ 3	0	+ 2	3	5	6	8	10	11	13	15	17	19	+ 3
+ 4	0	+ 1	3	4	5	7	8	10	11	13	15	16	+ 4
+ 5	0	+ 1	2	3	4	6	7	8	9	11	12	14	+ 5
+ 6	0	+ 1	2	3	4	4	5	6	7	9	10	11	+ 6
+ 7	0	+ 1	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8	+ 7
+ 8	0	+ 0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	+ 8
+ 9	0	+ 0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	+ 9
+ 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 10
+ 11	0	- 0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	+ 11
+ 12	0	- 0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	+ 12
+ 13	0	- 1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8	+ 13
+ 14	0	- 1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	9	+ 14
+ 15	0	- 1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	+ 15
+ 16	0	- 1	3	4	5	6	8	9	11	12	14	16	+ 16
+ 17	0	- 1	3	4	6	7	9	11	12	14	16	18	+ 17
+ 18	0	- 2	3	5	7	9	10	12	14	16	18	21	+ 18
+ 19	0	- 2	4	6	8	10	12	14	16	18	21	23	+ 19
+ 20	0	- 2	4	6	8	11	13	15	18	20	23	26	+ 20
+ 21	0	- 2	4	7	9	12	14	17	19	22	25	28	+ 21
+ 22	0	- 2	5	7	10	13	15	18	21	24	27	31	+ 22
+ 23	0	- 3	5	8	11	14	17	20	23	26	29	33	+ 23
+ 24	0	- 3	6	9	12	15	18	21	24	28	32	35	+ 24
+ 25	0	- 3	6	9	12	16	19	22	26	30	34	38	+ 25
+ 26	0	- 3	6	10	13	17	20	24	28	32	36	40	+ 26
+ 27	0	- 3	7	10	14	18	21	25	29	34	38	43	+ 27
+ 28	0	- 4	7	11	15	18	22	27	31	35	40	45	+ 28
+ 29	0	- 4	8	11	15	19	24	28	33	37	42	47	+ 29
+ 30	0	- 4	8	12	16	20	25	29	34	39	44	49	+ 30
+ 35	0	- 5	10	15	20	25	31	36	42	48	54	61	+ 35
+ 40	0	- 6	12	18	23	30	36	43	50	57	64	72	+ 40

13c. Verbesserung der mittleren Refraktion wegen Luftdruck.

Luftdruck mm	Mittlere Refraktion + Verbesserung wegen Lufttemperatur												Luftdruck mm
	o'	r'	z'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	
400	o''	-28''	57''	85''	114''	143''	171''	200''	229''	258''	287''	316''	400
450	o	-24	49	73	98	123	147	172	197	222	247	272	450
500	o	-21	41	62	82	103	124	145	165	186	207	229	500
550	o	-17	33	50	66	83	100	117	134	151	168	185	550
600	o	-13	25	38	51	63	76	89	102	115	128	141	600
610	o	-12	24	36	48	59	71	83	95	108	120	132	610
620	o	-11	22	33	44	55	66	78	89	100	112	123	620
630	o	-10	21	31	41	52	62	72	83	93	104	114	630
640	o	-9	19	29	38	48	57	67	76	86	96	106	640
650	o	-9	17	26	35	44	52	61	70	79	88	97	650
660	o	-8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	660
670	o	-7	14	21	29	36	43	50	57	65	72	79	670
680	o	-6	13	19	25	32	38	44	51	57	64	71	680
690	o	-6	11	17	22	28	33	39	45	50	56	62	690
700	o	-5	9	14	19	24	29	33	38	43	48	53	700
705	o	-4	9	13	17	22	26	31	35	40	44	49	705
710	o	-4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	710
715	o	-4	7	11	14	18	22	25	29	32	36	40	715
720	o	-3	6	9	13	16	19	22	26	29	32	35	720
725	o	-3	6	8	11	14	17	20	23	25	28	31	725
730	o	-2	5	7	10	12	14	17	19	22	24	26	730
732	o	-2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	732
734	o	-2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	734
736	o	-2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	736
738	o	-2	3	5	7	9	10	12	14	16	18	19	738
740	o	-2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	18	740
742	o	-1	3	4	6	7	9	10	11	13	14	16	742
744	o	-1	3	4	5	6	8	9	10	11	13	14	744
746	o	-1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	746
748	o	-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	748
750	o	-1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	750
752	o	-1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	752
754	o	-0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	754
756	o	-0	0	1	1	2	2	2	3	3	3	4	756
758	o	-0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	758
760	o	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	760
762	o	+0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	762
764	o	+0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	764
766	o	+0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	766
768	o	+1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	768
770	o	+1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	770
772	o	+1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	772
774	o	+1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	774
776	o	+1	3	4	5	6	8	9	10	11	13	14	776
778	o	+1	3	4	6	7	9	10	11	13	14	16	778
780	o	+2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	18	780
785	o	+2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	785
790	o	+2	5	7	10	12	14	17	19	20	24	26	790
795	o	+3	6	8	11	14	17	20	23	25	28	31	795
800	o	+3	6	10	13	16	19	23	26	29	32	36	800

**13 d. Logarithmische Refraktionstafel für
große Zenitdistanzen.**

Bar. 751.5 mm, Therm. + 9°3 C.

Scheinbare ZD	log $\alpha \tan z$	A	λ	Scheinbare ZD	log $\alpha \tan z$	A	λ
85° 0'	2.7672 ²³	1.013	1.124	86° 20'	2.8709 ²⁹	1.019	1.183
2	7695 ²³		125	22	8738 ²⁹		185
4	7719 ²⁴		126	24	8766 ²⁸		187
6	7743 ²⁴		127	26	8795 ²⁹		189
8	7767 ²⁴		128	28	8824 ²⁹		191
					30		
85 10	2.7791 ²⁴	1.013	1.129	86 30	2.8854 ²⁹	1.020	1.193
12	7815 ²⁴		131	32	8883 ²⁹		195
14	7839 ²⁴		132	34	8912 ²⁹		198
16	7864 ²⁵		133	36	8942 ³⁰		200
18	7888 ²⁴		134	38	8972 ³⁰		202
					30		
85 20	2.7913 ²⁴	1.014	1.136	86 40	2.9002 ³⁰	1.021	1.204
22	7937 ²⁴		137	42	9032 ³⁰		206
24	7962 ²⁵		138	44	9063 ³¹		208
26	7987 ²⁵		140	46	9093 ³⁰		211
28	8012 ²⁵		141	48	9124 ³¹		213
					31		
85 30	2.8038 ²⁵	1.015	1.142	86 50	2.9155 ³¹	1.023	1.215
32	8063 ²⁵		144	52	9186 ³¹		218
34	8088 ²⁵		145	54	9217 ³¹		220
36	8114 ²⁶		147	56	9248 ³¹		223
38	8139 ²⁵		148	58	9280 ³²		225
					31		
85 40	2.8165 ²⁶	1.016	1.149	87 0	2.9311 ³²	1.024	1.228
42	8191 ²⁶		151	2	9343 ³²		230
44	8217 ²⁶		152	4	9375 ³²		233
46	8243 ²⁶		154	6	9407 ³²		236
48	8270 ²⁷		155	8	9440 ³³		238
					32		
85 50	2.8296 ²⁶	1.016	1.157	87 10	2.9472 ³³	1.026	1.241
52	8323 ²⁷		159	12	9505 ³³		244
54	8349 ²⁶		160	14	9538 ³³		247
56	8376 ²⁷		162	16	9571 ³³		249
58	8403 ²⁷		164	18	9605 ³⁴		252
					33		
86 0	2.8430 ²⁸	1.017	1.165	87 20	2.9638 ³⁴	1.027	1.255
2	8458 ²⁸		167	22	9672 ³⁴		258
4	8485 ²⁷		169	24	9706 ³⁴		261
6	8512 ²⁸		170	26	9740 ³⁴		265
8	8540 ²⁸		172	28	9774 ³⁴		268
					35		
86 10	2.8568 ²⁸	1.018	1.174	87 30	2.9809 ³⁴	1.029	1.271
12	8596 ²⁸		176	32	9843 ³⁴		274
14	8624 ²⁸		178	34	9878 ³⁵		277
16	8652 ²⁸		179	36	9913 ³⁵		280
18	8680 ²⁸		181	38	9949 ³⁶		284
					35		
86 20	2.8709 ²⁹	1.019	1.183	87 40	2.9984 ³⁵	1.031	1.287

$$\log \text{Refr.} = \log (\alpha \tan z) + A \log B + \lambda \log \gamma$$

**13 d. Logarithmische Refraktionstafel für
große Zenitdistanzen**
(Schluß).

Scheinbare ZD	log $\alpha \tan z$	A	λ	Scheinbare ZD	log $\alpha \tan z$	A	λ
87° 40'	2.9984	1.031	1.287	88° 50'	3.1374	1.050	1.443
42	3.0020 ³⁶		291	52	1419 ⁴⁵		449
44	0056 ³⁶		294	54	1463 ⁴⁴		455
46	0093 ³⁷		298	56	1508 ⁴⁵		461
48	0129 ³⁶		301	58	1554 ⁴⁶		467
	36				45		
87 50	3.0165	1.033	1.305	89 0	3.1599	1.054	1.473
52	0202 ³⁷		309	2	1645 ⁴⁶		479
54	0239 ³⁷		312	4	1691 ⁴⁶		485
56	0276 ³⁷		316	6	1738 ⁴⁷		492
58	0314 ³⁸		320	8	1785 ⁴⁷		498
	38				47		
88 0	3.0352	1.036	1.324	89 10	3.1832	1.058	1.505
2	0390 ³⁸		328	12	1879 ⁴⁷		512
4	0428 ³⁸		332	14	1927 ⁴⁸		518
6	0467 ³⁹		336	16	1975 ⁴⁸		525
8	0505 ³⁸		340	18	2023 ⁴⁸		532
	39				49		
88 10	3.0544	1.038	1.344	89 20	3.2072	1.063	1.539
12	0583 ³⁹		349	22	2121 ⁴⁹		546
14	0622 ³⁹		353	24	2170 ⁴⁹		554
16	0662 ⁴⁰		357	26	2220 ⁵⁰		561
18	0702 ⁴⁰		362	28	2270 ⁵⁰		568
	40				51		
88 20	3.0742	1.041	1.366	89 30	3.2321	1.068	1.576
22	0782 ⁴⁰		371	32	2371 ⁵⁰		584
24	0822 ⁴⁰		376	34	2422 ⁵¹		592
26	0863 ⁴¹		380	36	2474 ⁵²		600
28	0904 ⁴¹		385	38	2525 ⁵¹		608
	42				52		
88 30	3.0946	1.044	1.390	89 40	3.2577	1.073	1.616
32	0987 ⁴¹		395	42	2630 ⁵³		624
34	1029 ⁴²		400	44	2683 ⁵³		632
36	1071 ⁴²		405	46	2736 ⁵³		641
38	1114 ⁴³		411	48	2789 ⁵³		650
	43				54		
88 40	3.1157	1.047	1.416	89 50	3.2843	1.079	1.658
42	1200 ⁴³		421	52	2898 ⁵⁵		667
44	1243 ⁴³		427	54	2952 ⁵⁴		676
46	1286 ⁴³		432	56	3007 ⁵⁵		686
48	1330 ⁴⁴		438	58	3063 ⁵⁶		695
	44				56		
88 50	3.1374	1.050	1.443	90 0	3.3119	1.086	1.705

$$\log \text{Refr.} = \log (\alpha \tan z) + A \log B + \lambda \log \gamma$$

13 e. Logarithmische Verbesserung der Refraktion wegen Luftdruck.

Einheiten der IV. Dezimale.

Barometer mm	log B	Barometer mm	log B	Barometer mm	log B
500	— 1770 ^{IV} 18	600	— 978 ^{IV} 15	690	— 371 ^{IV} 13
502	1752 ¹⁷	602	963 ¹⁵	692	358 ¹³
504	1735 ¹⁷	604	949 ¹⁴	694	346 ¹²
506	1718 ¹⁷	606	935 ¹⁴	696	333 ¹³
508	1701 ¹⁷	608	920 ¹⁵	698	321 ¹²
	17		14		13
510	— 1684 ¹⁷	610	— 906 ¹⁴	700	— 308 ¹²
512	1667 ¹⁷	612	892 ¹⁴	702	296 ¹²
514	1650 ¹⁷	614	878 ¹⁴	704	284 ¹³
516	1633 ¹⁷	616	864 ¹⁴	706	271 ¹²
518	1616 ¹⁷	618	849 ¹⁵	708	259 ¹²
	17		14		12
520	— 1599 ¹⁶	620	— 835 ¹⁴	710	— 247 ¹³
522	1583 ¹⁷	622	821 ¹⁴	712	234 ¹²
524	1566 ¹⁶	624	807 ¹⁴	714	222 ¹²
526	1550 ¹⁷	626	794 ¹³	716	210 ¹²
528	1533 ¹⁷	628	780 ¹⁴	718	198 ¹²
	16		14		12
530	— 1517 ¹⁷	630	— 766 ¹⁴	720	— 186 ¹²
532	1500 ¹⁷	632	752 ¹⁴	722	174 ¹²
534	1484 ¹⁶	634	738 ¹⁴	724	162 ¹²
536	1468 ¹⁶	636	725 ¹³	726	150 ¹²
538	1452 ¹⁶	638	711 ¹⁴	728	138 ¹²
	17		14		12
540	— 1435 ¹⁶	640	— 697 ¹³	730	— 126 ¹²
542	1419 ¹⁶	642	684 ¹³	732	114 ¹²
544	1403 ¹⁶	644	670 ¹⁴	734	102 ¹¹
546	1387 ¹⁶	646	657 ¹³	736	91 ¹²
548	1372 ¹⁵	648	644 ¹³	738	79 ¹²
	16		14		12
550	— 1356 ¹⁶	650	— 630 ¹³	740	— 67 ¹²
552	1340 ¹⁶	652	617 ¹³	742	55 ¹¹
554	1324 ¹⁶	654	604 ¹³	744	44 ¹²
556	1309 ¹⁵	656	590 ¹⁴	746	32 ¹²
558	1293 ¹⁶	658	577 ¹³	748	20 ¹¹
	15		13		11
560	— 1278 ¹⁶	660	— 564 ¹³	750	— 9 ¹²
562	1262 ¹⁶	662	551 ¹³	752	+ 3 ¹²
564	1246 ¹⁶	664	538 ¹³	754	14 ¹²
566	1231 ¹⁵	666	525 ¹³	756	26 ¹¹
568	1216 ¹⁵	668	512 ¹³	758	37 ¹²
	16		13		12
570	— 1200 ¹⁶	670	— 499 ¹³	760	+ 49 ¹¹
572	1185 ¹⁵	672	486 ¹³	762	60 ¹²
574	1170 ¹⁵	674	473 ¹³	764	72 ¹²
576	1155 ¹⁵	676	460 ¹³	766	83 ¹¹
578	1140 ¹⁵	678	447 ¹³	768	94 ¹²
	15		13		12
580	— 1125 ¹⁵	680	— 434 ¹³	770	+ 106 ¹¹
582	1110 ¹⁵	682	421 ¹³	772	117 ¹¹
584	1095 ¹⁵	684	409 ¹²	774	128 ¹¹
586	1080 ¹⁵	686	396 ¹³	776	139 ¹¹
588	1065 ¹⁵	688	384 ¹²	778	150 ¹¹
	14		13		12
590	— 1051 ¹⁴	690	— 371 ¹³	780	+ 162 ¹²
592	1036 ¹⁵				
594	1021 ¹⁵				
596	1007 ¹⁴				
598	992 ¹⁵				
600	— 978 ¹⁴				

$$\log \text{Refr.} = \log(\alpha \tan z) + A \log B + \lambda \log \gamma$$

13f. Logarithmische Verbesserung der Refraktion wegen Lufttemperatur.

Einheiten der IV. Dezimale.

Thermometer C	$\log \gamma$	Thermometer C	$\log \gamma$
— 50°	+ 1018 ^{IV}	— 5°	+ 225 ^{IV}
49	999 ¹⁹	4	209 ¹⁶
48	980 ¹⁹	3	193 ¹⁶
47	961 ¹⁹	2	177 ¹⁶
46	942 ¹⁹	— 1	161 ¹⁶
	19		16
— 45	+ 923 ¹⁹	0	+ 145 ¹⁶
44	904 ¹⁹	+ 1	129 ¹⁶
43	885 ¹⁹	2	113 ¹⁶
42	866 ¹⁹	3	98 ¹⁵
41	848 ¹⁸	4	82 ¹⁶
	19		16
— 40	+ 829	+ 5	+ 66
39	810 ¹⁹	6	51 ¹⁵
38	792 ¹⁸	7	35 ¹⁶
37	774 ¹⁹	8	20 ¹⁵
36	755 ¹⁸	9	+ 5 ¹⁵
	18		16
— 35	+ 737 ¹⁸	+ 10	— 11 ¹⁵
34	719 ¹⁸	11	26 ¹⁵
33	701 ¹⁸	12	41 ¹⁵
32	683 ¹⁸	13	56 ¹⁵
31	665 ¹⁸	14	71 ¹⁵
	17		15
— 30	+ 648 ¹⁸	+ 15	— 86 ¹⁵
29	630 ¹⁸	16	101 ¹⁵
28	612 ¹⁸	17	116 ¹⁵
27	595 ¹⁷	18	131 ¹⁵
26	577 ¹⁸	19	146 ¹⁵
	17		15
— 25	+ 560 ¹⁸	+ 20	— 161 ¹⁴
24	542 ¹⁷	21	175 ¹⁵
23	525 ¹⁷	22	190 ¹⁵
22	508 ¹⁷	23	205 ¹⁵
21	491 ¹⁷	24	219 ¹⁴
	18		15
— 20	+ 473 ¹⁷	+ 25	— 234 ¹⁴
19	456 ¹⁷	26	248 ¹⁴
18	439 ¹⁷	27	263 ¹⁴
17	422 ¹⁶	28	277 ¹⁴
16	406 ¹⁶	29	291 ¹⁴
	17		15
— 15	+ 389 ¹⁷	+ 30	— 306 ¹⁴
14	372 ¹⁶	31	320 ¹⁴
13	356 ¹⁷	32	334 ¹⁴
12	339 ¹⁷	33	348 ¹⁴
11	322 ¹⁷	34	362 ¹⁴
	16		14
— 10	+ 306 ¹⁶	+ 35	— 376
9	290 ¹⁶		
8	273 ¹⁷		
7	257 ¹⁶		
6	241 ¹⁶		
— 5	+ 225 ¹⁶		

$$\log \text{Refr.} = \log(\alpha \operatorname{tg} z) + A \log B + \lambda \log \gamma$$

**13g. Mittlere Refraktion als Funktion
der wahren Zenitdistanz.**

Bar. 760 mm, Therm. + 10° C.

Wahre ZD	Mittlere Refraktion	Wahre ZD	Mittlere Refraktion	Wahre ZD	Mittlere Refraktion
70° 0'	2' 39"	80° 0'	5' 16"	87° 0'	13' 40"
20	42 3	10	5 21 5	10	14 9 29
40	45 3	20	5 26 5	20	14 41 32
71 0	48 3	30	5 32 6	30	15 14 33
20	50 2	40	5 38 6	40	15 48 34
40	2 53 3	50	5 43 5	50	16 25 37
	3		6		38
72 0	2 56	81 0	5 49 6	88 0	17 3 41
20	3 0 4	10	5 55 6	10	17 44 41
40	3 3	20	6 1 6	20	18 27 43
73 0	7 4	30	6 8 7	30	19 13 51
20	11 4	40	6 15 7	40	20 4 54
40	3 15 4	50	6 21 6	50	20 58 58
	4		7		58
74 0	3 19 5	82 0	6 28 8	89 0	21 56 64
20	24 5	10	6 36 8	10	23 0 67
40	28 4	20	6 44	20	24 7 73
75 0	33 5	30	6 51 7	30	25 20 80
20	38 5	40	6 59 8	40	26 40 87
40	3 43 5	50	7 8 9	50	28 7 95
	5		9		
76 0	3 48	83 0	7 17	90 0	29 42
10	51 3	10	7 26 9		
20	54 3	20	7 36 10		
30	3 57 3	30	7 46 10		
40	4 0 3	40	7 57 11		
50	4 3 3	50	8 8 11		
	3		11		
77 0	4 6	84 0	8 19	Für ZD < 70° gilt die	
10	9 3	10	8 30 11	Tafel 13 a mit dem Argu-	
20	12 3	20	8 42 12	ment Wahre ZD.	
30	15 3	30	8 55 13		
40	18 3	40	9 8 13		
50	4 22 4	50	9 22 14		
	3		15		
78 0	4 25	85 0	9 37		
10	29 4	10	9 52 15		
20	33 4	20	10 8 16		
30	37 4	30	10 25 17		
40	41 4	40	10 43 18		
50	4 45 4	50	11 2 19		
	3		20		
79 0	4 48	86 0	11 22		
10	52 4	10	11 42 20		
20	4 57 5	20	12 3 21		
30	5 1 4	30	12 25 22		
40	6 5	40	12 49 24		
50	5 II 5	50	13 14 25		
	5		26		
80 0	5 16	87 0	13 40		

14. Refraktionstafel für Mikrometermessungen.

Wahre ZD	$\log \kappa_0$	A_0	λ_0	Wahre ZD	$\log \kappa_0$	A_0	λ_0
0°	6.4458 0			80° 0'	6.3947 16	0.994	1.099
10	4458 2			10	3931 17	994	102
20	4456 4			20	3914 19	994	105
30	4452 6			30	3895 19	993	108
40	6.4446 2			40	3876 20	993	112
42	4444 2			50	3856 20	993	115
44	4442 2				20		
46	4439 3	1.005		81 0	6.3836 20	0.993	1.119
48	4436 3	006		10	3816 21	992	123
	3			20	3795 21	992	127
50	6.4433 3	1.006		30	3774 22	992	132
52	4429 4	007		40	3752 22	991	136
54	4425 4	008			26		
56	4419 6	010		82 0	6.3702 28	0.991	1.146
58	4412 7	012		10	3674 31	990	151
	8			20	3643 31	990	156
60	6.4404 4	1.014		30	3611 32	989	161
61	4400 4	015		40	3578 33	989	167
62	4395 5	016		50	3544 34	988	172
63	4390 5	017			36		
64	4384 6	019		83 0	6.3508 39	0.987	1.178
	6			10	3469 39	986	183
65	6.4378 8	1.020		20	3427 42	985	188
66	4370 8	022		30	3382 45	984	193
67	4361 9	024		40	3334 48	983	199
68	4351 10	026		50	3284 50	982	204
69	4339 12	028			53		
	13			84 0	6.3231 57	0.981	1.209
70	6.4326 15	1.031		10	3174 59	980	214
71	4311 15	034		20	3115 63	979	219
72	4292 19	037		30	3052 65	977	224
73	4271 21	040		40	2987 68	976	228
74	4246 25	043		50	2919 72	974	232
	28						
75° 0'	6.4218 8	1.047		85 0	6.2847	0.973	1.237
20	4210 10	049					
40	4200 12	052					
76 0	6.4188 14	1.054					
20	4174 14	057					
40	4160 14	059					
77 0	4145 15	0.997					
20	4130 15	997					
40	4114 16	996					
	17						
78 0	6.4097 19	0.996		1.073			
20	4078 22	996		076			
40	4056 22	996		080			
79 0	4032 24	995		085			
20	4005 27	995		089			
40	3976 29	995		094			
	29						
80 0	6.3947	0.994		1.099			

$$\log \kappa = \log \kappa_0 + A_0 \log B + \lambda_0 \log \gamma$$

15a. Kimmtiefe $k = 1'779 \sqrt{h}$.

h	k	h	k	h	k
m		m		m	
0.0	0.0 13	10.0	5.6 2	20	8.0 1.7
0.5	1.3 5	10.5	5.8 1	30	9.7 1.6
1.0	1.8 4	11.0	5.9 1	40	11.3 1.3
1.5	2.2 2	11.5	6.0 2	50	12.6 1.3
	3				
2.0	2.5 3	12.0	6.2 1	60	13.8 1.2
2.5	2.8 3	12.5	6.3 1	70	14.9 1.1
3.0	3.1 2	13.0	6.4 1	80	15.9 1.0
3.5	3.3 2	13.5	6.5 2	90	16.9 0.9
	3				
4.0	3.6 2	14.0	6.7 1	100	17.8 7.4
4.5	3.8 2	14.5	6.8 1	200	25.2 5.6
5.0	4.0 2	15.0	6.9 1	300	30.8 4.8
5.5	4.2 2	15.5	7.0 1	400	35.6 4.2
	2			500	39.8 3.8
6.0	4.4 1	16.0	7.1 1		43.6 3.5
6.5	4.5 2	16.5	7.2 1	600	47.1 3.2
7.0	4.7 2	17.0	7.3 1	700	50.3 3.1
7.5	4.9 1	17.5	7.4 1	800	53.4 2.9
				900	
8.0	5.0 2	18.0	7.5 1	1000	56.3 2.9
8.5	5.2 1	18.5	7.6 2		
9.0	5.3 2	19.0	7.8 1		
9.5	5.5 1	19.5	7.9 1		
10.0	5.6	20.0	8.0		

15b. Verbesserung $\Delta k = 0.37 (t_w - t_L)$ der mittleren Kimmtiefe wegen Differenz der Wassertemperatur und Lufttemperatur.

$t_w - t_L$	Δk	$t_w - t_L$
0°C	0.0	0°C
+ 1	+ 0.4 4 —	- 1
2	0.7 3 —	2
3	1.1 4 —	3
+ 4	+ 1.5 4 —	- 4
	4	
+ 5	+ 1.9 4 —	- 5
6	2.2 3 —	6
7	2.6 4 —	7
8	3.0 4 —	8
+ 9	+ 3.3 3 —	- 9
	4	
+ 10	+ 3.7 4 —	- 10

t_w Wassertemperatur
 t_L Lufttemperatur

16a. Zur Reduktion auf den Meridian: $m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$

t	0 ^m	1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m
08	0'00	2'00	7'8	17'7 3	31'4 5	49'1 6	70'7 8	96'2 9	125'6 I.I
2	0,0 0	2,1 I	8,1 3	18,1 4	31,9 6	49,7 7	71,5 8	97,1 9	126,7 I.O
4	0,0 0	2,2 I	8,4 3	18,5 4	32,5 4	50,4 7	72,3 8	98,0 10	127,7 I.I
6	0,0 0	2,4 2	8,7 2	18,9 4	33,0 5	51,1 7	73,1 8	99,0 9	128,8 I.I
8	0,0 0	2,5 I	8,9 2	19,3 4	33,5 5	51,7 6	73,9	99,9 9	129,9 I.I
	0 2	3	4	6	7	8	9		I.O
10	0,0 0	2,7	9,2 3	19,7 4	34,1 5	52,4 7	74,7 8	100,8 10	130,9 I.I
12	0,1 I	2,8 I	9,5 3	20,1 4	34,6 5	53,1 7	75,5 8	101,8 10	132,0 I.I
14	0,1 0	3,0 2	9,8 3	20,5 4	35,2 6	53,8 7	76,3 8	102,7 10	133,1 I.I
16	0,1 0	3,2 2	10,1 3	21,0 5	35,7 5	54,5 7	77,1 8	103,7 9	134,2 I.I
18	0,2 I	3,3 I	10,4 3	21,4 4	36,3 6	55,2 7	77,9	104,6 9	135,3 I.I
	0 2	3	4	6	6	8	10		I.O
20	0,2 I	3,5 2	10,7 3	21,8	36,9 5	55,8 7	78,7	105,6 10	136,3 I.I
22	0,3 0	3,7 2	11,0 3	22,2 4	37,4 6	56,5 7	79,6 9	106,6 9	137,4 I.I
24	0,3 0	3,9 2	11,3 3	22,7 5	38,0 6	57,2 7	80,4 8	107,5 9	138,5 I.I
26	0,4 0	4,0 I	11,6 3	23,1 4	38,6 6	58,0 8	81,3 9	108,5 10	139,6 I.I
28	0,4 0	4,2 2	11,9 3	23,6 5	39,2 6	58,7 7	82,1 8	109,5 10	140,7 I.I
	I 2	4	4	6	7	8	9		I.I
30	0,5 I	4,4 2	12,3 3	24,0 5	39,8 6	59,4 7	82,9 9	110,4 10	141,8 I.I
32	0,6 0	4,6 2	12,6 3	24,5 5	40,4 6	60,1 7	83,8 9	111,4 10	143,0 I.I
34	0,6 0	4,8 2	12,9 3	25,0 5	41,0 6	60,8 7	84,7 9	112,4 10	144,1 I.I
36	0,7 I	5,0 2	13,3 4	25,5 5	41,6 6	61,6 7	85,5 9	113,4 10	145,2 I.I
38	0,8 I	5,2 2	13,6 3	25,9 4	42,2 5	62,3 7	86,4 9	114,4 10	146,3 I.I
	I 2	4	5	6	7	9	10		I.I
40	0,9 I	5,4 3	14,0 3	26,4 5	42,8 6	63,0 8	87,3 8	115,4 10	147,5 I.I
42	1,0 I	5,7 3	14,3 4	26,9 5	43,4 6	63,8 7	88,1 9	116,4 10	148,6 I.I
44	1,1 I	5,9 2	14,7 4	27,4 5	44,0 6	64,5 8	89,0 9	117,4 10	149,7 I.I
46	1,2 I	6,1 2	15,0 3	27,9 5	44,6 6	65,3 8	89,9 9	118,4 10	150,9 I.I
48	1,3 I	6,4 3	15,4 4	28,4 5	45,2 6	66,0 7	90,8 9	119,4 10	152,0 I.I
	2 4	5	7	8	9		II		I.I
50	1,4 I	6,6 2	15,8 3	28,9 5	45,9 6	66,8 8	91,7 9	120,5 10	153,2 I.I
52	1,5 I	6,8 2	16,1 3	29,4 5	46,5 6	67,6 8	92,6 9	121,5 10	154,4 I.I
54	1,6 I	7,1 3	16,5 4	29,9 5	47,1 7	68,3 8	93,5 9	122,5 10	155,5 I.I
56	1,7 I	7,3 2	16,9 4	30,4 5	47,8 7	69,1 8	94,4 9	123,6 II	156,7 I.I
58	1,8 I	7,6 3	17,3 4	30,9 5	48,4 6	69,9 8	95,3 9	124,6 10	157,8 I.I
	2 2	4	5	7	8	9	10		I.I
60	2,0	7,8	17,7	31,4	49,1	70,7	96,2	125,6	159,0

$$16b. n = \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$$

t	0 ^m	1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m
08	0'00	0'00	0'00	0'00	0'00	0'01	0'01	0'02	0'04
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05
60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06

$$\varphi = \delta + z - A \cdot m + A^2 \cdot \cot g z_0 \cdot n$$

$$A = \cos \varphi \cos \delta \operatorname{cosec} z_0$$

16a. Zur Reduktion auf den Meridian: $m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin l''}$
 (Fortsetzung).

t	9 ^m	10 ^m	11 ^m	12 ^m	13 ^m	14 ^m	15 ^m	16 ^m
08	159°0	196°3	237°5	282°7	331°7	384°7	441°6	502°5
2	160.2	197.6	1.3	239.0	1.5	284.3	1.6	333.4
4	161.4	198.9	1.3	240.4	1.4	285.8	1.5	335.2
6	162.6	200.3	1.4	241.9	1.5	287.4	1.6	336.9
8	163.8	201.6	1.3	243.3	1.4	289.0	1.6	338.6
			1.2		1.3	1.5		1.6
10	165.0	202.9	244.8	290.6	340.3	393.9	451.5	513.0
12	166.2	204.2	1.3	246.2	1.4	292.2	1.6	342.0
14	167.4	205.6	1.4	247.7	1.5	293.8	1.6	343.8
16	168.6	206.9	1.3	249.2	1.5	295.4	1.6	345.5
18	169.8	208.3	1.4	250.7	1.5	297.0	1.6	347.2
			1.2		1.3	1.5		1.6
20	171.0	209.6	252.2	298.6	349.0	403.3	461.5	523.6
22	172.2	211.0	1.4	253.6	1.4	300.2	1.6	350.7
24	173.5	212.3	1.3	255.1	1.5	301.8	1.6	352.5
26	174.7	213.7	1.4	256.6	1.5	303.5	1.7	354.2
28	175.9	215.1	1.4	258.1	1.5	305.1	1.6	356.0
			1.3		1.3	1.5		1.6
30	177.2	216.4	259.6	306.7	357.7	412.7	471.5	534.3
32	178.4	217.8	1.4	261.1	1.5	308.4	1.6	359.5
34	179.7	219.2	1.4	262.6	1.5	310.0	1.6	361.3
36	180.9	220.6	1.4	264.2	1.6	311.6	1.6	363.1
38	182.2	222.0	1.4	265.7	1.5	313.3	1.7	364.8
			1.3		1.4	1.5		1.6
40	183.5	223.4	267.2	314.9	366.6	422.2	481.7	545.2
42	184.7	224.8	1.4	268.7	1.5	316.6	1.8	368.4
44	186.0	226.2	1.4	270.3	1.6	318.3	1.7	370.2
46	187.3	227.6	1.4	271.8	1.5	319.9	1.6	372.0
48	188.6	229.0	1.4	273.3	1.5	321.6	1.7	373.8
			1.2		1.4	1.6		1.7
50	189.8	230.4	274.9	323.3	375.6	431.9	492.0	556.1
52	191.1	231.8	1.4	276.4	1.5	325.0	1.7	377.4
54	192.4	233.2	1.4	278.0	1.6	326.7	1.7	379.3
56	193.7	234.7	1.5	279.6	1.6	328.4	1.7	381.1
58	195.0	236.1	1.4	281.1	1.5	330.0	1.6	382.9
			1.3		1.4	1.6		1.7
60	196.3	237.5		282.7	331.7	384.7	441.6	502.5

16b. $n = \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin l''}$
 (Fortsetzung).

t	9 ^m	10 ^m	11 ^m	12 ^m	13 ^m	14 ^m	15 ^m	16 ^m
08	0°06 ¹	0°09 ²	0°14 ¹	0°19 ³	0°27 ³	0°36 ³	0°47 ⁵	0°61 ⁵
20	0.07 ¹	0.11 ²	0.15 ¹	0.22 ³	0.30 ³	0.39 ³	0.52 ⁵	0.66 ⁵
40	0.08 ¹	0.12 ²	0.17 ²	0.24 ²	0.33 ³	0.43 ⁴	0.56 ⁴	0.72 ⁶
60	0.09 ¹	0.14 ²	0.19 ²	0.27 ³	0.36 ³	0.47 ⁴	0.61 ⁵	0.78 ⁶

$$\varphi = \delta + z - A \cdot m + A^2 \cdot \cot g z_0 \cdot n$$

$\wedge \cos \varphi \cos \delta \cos z_0 \wedge \cos \varphi \cos \delta \cos z_0$

16a. Zur Reduktion auf den Meridian: $m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$
 (Fortsetzung).

t	17 ^m	18 ^m	19 ^m	20 ^m	21 ^m	22 ^m	23 ^m	24 ^m
08	567°2' 2.2	635°9' 2.3	708°4' 2.5	784°9' 2.6	865°3' 2.8	949°6' 2.9	1037°8' 3.0	II29°9' 3.2
20	569.4	638.2	710.9	787.5	868.1	952.5	1040.8	II33.1 3.1
40	571.6	640.6	713.4	790.1	870.8	955.4	1043.8	II36.2 3.1
60	573.9	642.9	715.9	792.8	873.6	958.2	1046.8	II39.4 3.2
80	576.1	645.3	718.4	795.4	876.3	961.1	1049.9	II42.5 3.1
	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.0	3.2
10	578.4	647.7	720.9	798.0	879.1	964.0	1052.9	II45.7
12	580.6	650.0	723.4	800.7	881.9	966.9	1055.9	II48.3 3.1
14	582.9	652.4	725.9	803.3	884.6	969.8	1059.0	II52.0 3.2
16	585.1	654.8	728.4	806.0	887.4	972.7	1062.0	II55.2 3.2
18	587.4	657.2	730.9	808.6	890.2	975.7	1065.1	II58.4
	2.2	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
20	589.6	659.6	733.5	811.3	893.0	978.6	1068.1	II61.5
22	591.9	662.0	736.0	813.9	895.8	981.5	1071.2	II64.7
24	594.2	664.4	738.5	816.6	898.6	984.4	1074.2	II67.9
26	596.5	666.8	741.1	819.3	901.4	987.4	1077.3	II71.1
28	598.7	669.2	743.6	821.9	904.2	990.3	1080.3	II74.3
	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2
30	601.0	671.6	746.2	824.6	907.0	993.2	1083.4	II77.5
32	603.3	674.1	748.7	827.3	909.8	996.2	1086.5	II80.7
34	605.6	676.5	751.3	830.0	912.6	999.1	1089.6	II83.9
36	607.9	678.9	753.8	832.7	915.4	1002.1	1092.6	II87.1
38	610.2	681.3	756.4	835.4	918.3	1005.0	1095.7	II90.3
	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2
40	612.5	683.8	759.0	838.1	921.1	1008.0	1098.8	II93.5
42	614.8	686.2	761.5	840.8	923.9	1010.9	1101.9	II96.7
44	617.2	688.7	764.1	843.5	926.7	1013.9	1105.0	II200.0
46	619.5	691.1	766.7	846.2	929.6	1016.9	1108.1	II203.2
48	621.8	693.6	769.3	848.9	932.4	1019.9	1111.2	II206.4
	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3
50	624.1	696.0	771.9	851.6	935.3	1022.9	1114.3	II209.7
52	626.5	698.5	774.5	854.4	938.1	1025.9	1117.5	II213.0
54	628.8	701.0	777.1	857.1	941.0	1028.8	1120.6	II216.2
56	631.2	703.5	779.7	859.8	943.9	1031.8	1123.7	II219.5
58	633.5	705.9	782.3	862.6	946.7	1034.8	1126.8	II222.7
	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3
60	635.9	708.4	784.9	865.3	949.6	1037.8	1129.9	II226.0

$$\text{16b. } n = \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$$

(Fortsetzung).

t	17 ^m	18 ^m	19 ^m	20 ^m	21 ^m	22 ^m	23 ^m	24 ^m
08	0°78' 6	0°98' 7	I°22' 8	I°49' 11	I°81' 12	II°19' 13	II°61' 16	III°09' 18
20	0.84	1.05	1.30	1.60	1.93	2.32	2.77	3.27
40	0.91	1.13	1.40	1.70	2.06	2.46	2.93	3.45
60	0.98	1.22	1.49	1.81	2.19	2.61	3.09	3.64

$$\varphi = \delta + z - A \cdot m + A^2 \cdot \cot g z_0 \cdot n$$

$$A = \cos \varphi \cos \delta \operatorname{cosec} z_0$$

16 a. Zur Reduktion auf den Meridian: $m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$
 (Fortsetzung).

t	25 ^m	26 ^m	27 ^m	28 ^m	29 ^m	30 ^m	31 ^m
08	1226 ⁰ 0	1325 ⁹ 9	1429 ⁷ 8	1537 ⁵ 3.5	1649 ¹ 3.8	1764 ⁶ 3.9	1884 ⁰ 4.0
2	1229.3 3.3	1329.3 3.4	1433.3 3.5	1541.2 3.7	1652.9 3.8	1768.5 3.9	1888.0 4.0
4	1232.5 3.2	1332.7 3.4	1436.8 3.5	1544.9 3.6	1656.7 3.8	1772.4 3.9	1892.1 4.1
6	1235.8 3.3	1336.1 3.4	1440.4 3.5	1548.5 3.6	1660.5 3.8	1776.3 3.9	1896.1 4.0
8	1239.1 3.3	1339.6 3.5	1443.9 3.5	1552.2 3.7	1664.3 3.8	1780.3 4.0	1900.2 4.1
	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1
10	1242.4	1343.0	1447.4	1555.8	1668.1	1784.2	1904.3
12	1245.7 3.3	1346.4 3.4	1451.0 3.6	1559.5 3.7	1672.0 3.9	1788.2 4.0	1908.4 4.1
14	1249.0 3.3	1349.8 3.4	1454.5 3.5	1563.1 3.6	1675.8 3.8	1792.1 3.9	1912.4 4.0
16	1252.2 3.2	1353.3 3.5	1458.1 3.6	1566.8 3.7	1679.6 3.8	1796.1 4.0	1916.5 4.1
18	1255.5 3.3	1356.7 3.4	1461.6 3.5	1570.5 3.7	1683.4	1800.0 3.9	1920.6 4.1
	3.4	3.4	3.6	3.8	3.8	4.0	4.1
20	1258.9	1360.1	1465.2	1574.3	1687.2	1804.0	1924.7
22	1262.2 3.3	1363.6 3.5	1468.8 3.6	1578.0 3.7	1691.0 3.8	1807.9 3.9	1928.8 4.1
24	1265.5 3.3	1367.0 3.4	1472.4	1581.7 3.7	1694.9 3.9	1811.9 4.0	1932.9 4.1
26	1268.8 3.3	1370.5 3.5	1476.0 3.6	1585.4 3.7	1698.7 3.8	1815.8 3.9	1937.0 4.1
28	1272.1 3.3	1373.9 3.4	1479.5 3.5	1589.1 3.7	1702.6 3.9	1819.8 4.0	1941.1 4.1
	3.4	3.4	3.6	3.7	3.8	4.0	4.1
30	1275.5	1377.3	1483.1	1592.8	1706.4	1823.8	1945.2
32	1278.8 3.3	1380.8 3.5	1486.7 3.6	1596.5 3.7	1710.2 3.8	1827.8 4.0	1949.3 4.1
34	1282.1 3.3	1384.3 3.5	1490.3 3.6	1600.2 3.7	1714.1 3.9	1831.8 4.0	1953.4 4.1
36	1285.5 3.4	1387.8 3.5	1493.9 3.6	1604.0 3.8	1717.9 3.8	1835.8 4.0	1957.6 4.2
38	1288.8 3.3	1391.2 3.4	1497.5 3.6	1607.7 3.7	1721.8	1839.8 4.0	1961.7 4.1
	3.4	3.4	3.6	3.7	3.8	4.0	4.1
40	1292.2	1394.7	1501.1	1611.5	1725.7	1843.8	1965.8
42	1295.5 3.3	1398.2 3.5	1504.8 3.7	1615.2 3.7	1729.5 3.8	1847.8 4.0	1969.9 4.1
44	1298.9 3.4	1401.7 3.5	1508.4 3.6	1619.0 3.8	1733.4 3.9	1851.8 4.0	1974.1 4.2
46	1302.2 3.3	1405.2 3.5	1512.0 3.6	1622.7 3.7	1737.3 3.9	1855.8 4.0	1978.2 4.1
48	1305.6 3.4	1408.7 3.5	1515.7 3.7	1626.4 3.7	1741.2 3.9	1859.8 4.0	1982.4 4.2
	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1
50	1309.0	1412.2	1519.3	1630.2	1745.1	1863.8	1986.5
52	1312.3 3.3	1415.7 3.5	1522.9 3.6	1633.9 3.7	1749.0 3.9	1867.8 4.0	1990.7 4.2
54	1315.7 3.4	1419.2 3.5	1526.5 3.6	1637.7 3.8	1752.9 3.9	1871.8 4.0	1994.8 4.1
56	1319.1 3.4	1422.8 3.6	1530.2 3.7	1641.5 3.8	1756.8 3.9	1875.9 4.0	1999.0 4.2
58	1322.5 3.4	1426.3 3.5	1533.8 3.6	1645.3 3.8	1760.7 3.9	1879.9 4.0	2003.2 4.2
	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.1	4.2
60	1325.9	1429.8	1537.5	1649.1	1764.6	1884.0	2007.4

$$16 b. n = \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$$

(Fortsetzung).

t	25 ^m	26 ^m	27 ^m	28 ^m	29 ^m	30 ^m	31 ^m
08	3 ⁰ 64 ²⁰	4 ⁰ 26 ²²	4 ⁰ 96 ²⁴	5 ⁰ 73 ²⁸	6 ⁰ 59 ³¹	7 ⁰ 55 ³⁴	8 ⁰ 60 ³⁸
20	3.84 ²¹	4.48 ²³	5.20 ²⁵	6.01 ²⁹	6.90 ³²	7.89 ³⁵	8.98 ³⁹
40	4.05 ²¹	4.71 ²³	5.46 ²⁶	6.30 ²⁹	7.22 ³³	8.24 ³⁶	9.37 ⁴⁰
60	4.26 ²¹	4.96 ²⁵	5.73	6.59 ²⁹	7.55 ³³	8.60 ³⁶	9.77

$$\varphi = \delta + z - A \cdot m + A^2 \cdot \cot g z_0 \cdot n$$

$$A = \cos \varphi \cos \delta \operatorname{cosec} z_0$$

16a. Zur Reduktion auf den Meridian: $m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$
 (Schluß).

t	32 ^m	33 ^m	34 ^m	35 ^m	36 ^m	37 ^m	38 ^m	39 ^m
0s	2007"4	2134"6	2265"6	2400"6	2539"5	2682"2	2828"8	2979"3
2	2011.5 4.1	2138.9 4.3	2270.0 4.4	2405.2 4.6	2544.2 4.7	2687.0 4.8	2833.7 4.9	2984.4 5.1
4	2015.7 4.2	2143.2 4.3	2274.5 4.5	2409.8 4.6	2548.9 4.7	2691.9 4.9	2838.7 5.0	2989.5 5.1
6	2019.9 4.2	2147.5 4.3	2278.9 4.4	2414.3 4.5	2553.6 4.7	2696.7 4.8	2843.6 4.9	2994.6 5.1
8	2024.1 4.2	2151.8 4.3	2283.4 4.5	2418.9 4.6	2558.3 4.7	2701.5 4.8	2848.6 5.0	2999.7 5.1
	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	4.8	5.0	5.0
10	2028.3	2156.1	2287.8	2423.5	2563.0	2706.3	2853.6	3004.7
12	2032.5 4.2	2160.5 4.4	2292.3 4.5	2428.1 4.6	2567.7 4.7	2711.2 4.9	2858.6 5.0	3009.8 5.1
14	2036.7 4.2	2164.8 4.3	2296.8 4.5	2432.7 4.6	2572.4 4.7	2716.1 4.9	2863.5 4.9	3014.9 5.1
16	2040.9 4.2	2169.1 4.3	2301.3 4.5	2437.3 4.6	2577.1 4.7	2720.9 4.8	2868.5 5.0	3020.1 5.2
18	2045.1 4.2	2173.4 4.3	2305.8 4.5	2441.9 4.6	2581.9 4.8	2725.8 4.9	2873.5 5.0	3025.2 5.1
	4.2	4.4	4.4	4.6	4.7	4.8	5.0	5.1
20	2049.3	2177.8	2310.2	2446.5	2586.6	2730.6	2878.5	3030.3
22	2053.5 4.2	2182.1 4.3	2314.7 4.5	2451.1 4.6	2591.3 4.7	2735.5 4.9	2883.5 5.0	3035.5 5.2
24	2057.8 4.3	2186.5 4.4	2319.2 4.5	2455.7 4.6	2596.1 4.8	2740.4 4.9	2888.5 5.0	3040.6 5.1
26	2062.0 4.2	2190.8 4.3	2323.7 4.5	2460.3 4.6	2600.8 4.7	2745.2 4.8	2893.5 5.0	3045.8 5.2
28	2066.2 4.2	2195.2 4.4	2328.2 4.5	2464.9 4.6	2605.6 4.8	2750.1 4.9	2898.5 5.0	3050.9 5.1
	4.2	4.3	4.5	4.6	4.7	4.9	5.1	5.1
30	2070.4	2199.5	2332.7	2469.5	2610.3	2755.0	2903.6	3056.0
32	2074.7 4.3	2203.9 4.4	2337.2 4.5	2474.2 4.7	2615.1 4.8	2759.9 4.9	2908.6 5.0	3061.2 5.2
34	2078.9 4.2	2208.3 4.4	2341.7 4.5	2478.8 4.6	2619.8 4.7	2764.8 4.9	2913.6 5.0	3066.3 5.1
36	2083.2 4.3	2212.7 4.4	2346.2 4.5	2483.5 4.7	2624.6 4.8	2769.7 4.9	2918.6 5.0	3071.4 5.1
38	2087.4 4.2	2217.1 4.4	2350.7 4.5	2488.1 4.6	2629.4 4.8	2774.6 4.9	2923.6 5.0	3076.6 5.2
	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	5.1	5.1
40	2091.7	2221.5	2355.2	2492.8	2634.2	2779.5	2928.7	3081.7
42	2095.9 4.2	2225.9 4.4	2359.7	2497.4 4.6	2639.0 4.8	2784.4 4.9	2933.7 5.0	3086.8 5.1
44	2100.2 4.3	2230.3 4.4	2364.2 4.5	2502.1 4.7	2643.8 4.8	2789.3 4.9	2938.8 5.1	3092.0 5.2
46	2104.5 4.3	2234.7 4.4	2368.7 4.5	2506.7 4.6	2648.5 4.7	2794.2 4.9	2943.9 5.1	3097.2 5.2
48	2108.8 4.3	2239.1 4.4	2373.3	2511.4 4.7	2653.3 4.8	2799.2 5.0	2948.9 5.0	3102.4 5.2
	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	5.0	5.2
50	2113.1	2243.5	2377.8	2516.1	2658.1	2804.1	2953.9	3107.6
52	2117.4 4.3	2247.9 4.4	2382.4 4.6	2520.8 4.7	2662.9 4.8	2809.0 4.9	2959.0 5.1	3112.8 5.2
54	2121.7 4.3	2252.3 4.4	2386.9 4.5	2525.4 4.6	2667.7 4.8	2814.0 5.0	2964.1 5.1	3118.0 5.2
56	2126.0 4.3	2256.7 4.4	2391.5 4.6	2530.1 4.7	2672.5 4.8	2818.9 4.9	2969.2 5.1	3123.2 5.2
58	2130.3 4.3	2261.1 4.4	2396.0 4.5	2534.8 4.7	2677.3 4.8	2823.8 4.9	2974.3 5.1	3128.4 5.2
	4.3	4.5	4.6	4.7	4.9	5.0	5.0	5.2
60	2134.6	2265.6	2400.6	2539.5	2682.2	2828.8	2979.3	3133.6

16b. $n = \frac{2 \sin^4 \frac{1}{2} t}{\sin i''}$
 (Schluß).

t	32 ^m	33 ^m	34 ^m	35 ^m	36 ^m	37 ^m	38 ^m	39 ^m
0s	9"77 41	II"05 45	I2"44 50	I3"97 54	I5"63 59	I7"44 64	I9"40 69	2I"52 74
20	10.18 43	11.50 45	12.94 51	14.51 54	16.22 60	18.08 65	20.09 70	22.26 76
40	10.61 43	11.96 46	13.45 52	15.06 55	16.82 62	18.73 67	20.79 73	23.02 78
60	11.05 44	12.44 48	13.97	15.63 57	17.44	19.40	21.52	23.80 78

$$\varphi = \delta + z - A \cdot m + A^2 \cdot \cotg z_0 \cdot n$$

17. Stundenwinkel σ der größten Sonnenhöhe.

$$a = 0^{\circ}2546 \tan \varphi \quad b = -0^{\circ}2546 \tan \delta$$

Argum. für a φ	a	b	Argum. für b δ	Datum	μ	δ
$\pm 0^{\circ}$	$\pm 0^{\circ}000$	$9\frac{1}{2}$	$\pm 0^{\circ}$	Januar	$+ 11''$	$- 23^{\circ}$
2	009	9	2		23	— 22
4	018	9	4		33	— 20
6	027	9	6	Februar	42	— 17
8	036	9	8		49	— 14
		9			54	— 11
± 10	± 0.045	$9\frac{1}{2}$	± 10		3	
12	054	9	12	März	+ 57	— 8
14	063	9	14		59	— 4
16	073	10	16		59	0
18	083	10	18	April	58	+ 4
		10			55	+ 8
± 20	± 0.093	$9\frac{1}{2}$	± 20		+ 51	+ 12
22	103	10	22		5	
24	113	11	24	Mai	+ 46	+ 15
26	124	11			39	+ 18
28	135				31	+ 20
		12		Juni	21	+ 22
± 30	± 0.147	12			11	+ 23
32	159	13			+ 10	+ 23
34	172	13		Juli	— 9	+ 23
36	185	13			19	+ 22
38	199	14			28	+ 21
		15			9	
$\pm 40^{\circ}$	± 0.214	7		August	37	+ 18
41	221	8			44	+ 15
42	229	8			50	+ 12
43	237	9		September	— 54	+ 9
44	246	9			57	+ 5
		9			58	— 1
± 45	± 0.255	9		Oktober	1	— 3
46	264	9			58	— 7
47	273	9			57	— 10
48	283	10			— 54	
49	293	10			5	
		10		November	— 49	— 14
± 50	± 0.303	11			42	— 17
51	314	11			34	— 20
52	326	12		Dezember	1	— 22
53	338	12			24	— 23
54	350	12			13	— 23
		14			2	
± 55	± 0.364	14		Januar	+ 11	— 23
56	378	14				
57	392	14				
58	407	15				
59	424	17				
		17				
± 60	± 0.441	18				
61	459	20				
62	479	21				
63	500	22				
64	522					

$$\sigma = (a + b) \mu$$

σ in Zeitsekunden

18. Höhenparallaxe der Sonne.

Horizontal-Parallaxe	Zenitdistanz																	
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	70°	80°	90°		
8°8	0''	1''	2''	2''	3''	4''	4''	5''	6''	6''	7''	7''	8''	8''	9''	9''		

19. Höhenparallaxe der Planeten.

Horizontal-Parallaxe	Zenitdistanz																	
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	70°	80°	90°		
0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	
2	0	0	0	I	I	I	I	I	I	I	2	2	2	2	2	2	2	
4	0	0	I	I	I	I	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	
6	0	I	I	I	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	
8	0	I	I	I	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	
10	0	I	2	3	3	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	
12	0	I	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	12	
14	0	I	2	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	14	14	
16	0	I	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	16	
18	0	2	3	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	18	18	
20	0	2	3	5	7	8	10	11	13	14	15	16	17	19	20	20	20	
22	0	2	4	6	8	9	11	13	14	16	17	18	19	21	22	22	22	
24	0	2	4	6	8	10	12	14	15	17	18	20	21	23	24	24	24	
26	0	2	5	7	9	11	13	15	17	18	20	21	23	24	26	26	26	
28	0	2	5	7	10	12	14	16	18	20	21	23	24	26	28	28	28	
30	0	3	5	8	10	13	15	17	19	21	23	25	26	28	30	30	30	
32	0	3	6	8	11	14	16	18	21	23	25	26	28	30	32	32	32	

20a. Genäherte Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris.

$$R_o = -p_o \cos t \quad \text{für} \quad p_o = 4000'' \quad \delta_o = +88^\circ 53' 20''$$

Stundenwinkel		R _o	Stundenwinkel		$\frac{\delta}{p_o}$
—	+	—	+	—	
0 ^h 0 ^m	12 ^h 0 ^m	66.7	12 ^h 0 ^m	24 ^h 0 ^m	
10	10	66.6	11 50	23 50	
20	20	66.4	40	40	
30	30	66.1	30	30	
40	40	65.7	20	20	
50	50	65.1	10	10	
		7			
I 0	I3 0	64.4	II 0	23 0	
10	10	63.6	10 50	22 50	
20	20	62.7	40	40	
30	30	61.6	30	30	
40	40	60.4	20	20	
50	50	59.1	10	10	
		14			
2 0	I4 0	57.7	10 0	22 0	
10	10	56.2	9 50	21 50	
20	20	54.6	40	40	
30	30	52.9	30	30	
40	40	51.1	20	20	
50	50	49.2	10	10	
		20			
3 0	I5 0	47.2	9 0	21 0	
10	10	45.1	8 50	20 50	
20	20	42.9	40	40	
30	30	40.6	30	30	
40	40	38.2	20	20	
50	50	35.8	10	10	
		25			
4 0	I6 0	33.3	8 0	20 0	
10	10	30.8	7 50	19 50	
20	20	28.2	40	40	
30	30	25.5	30	30	
40	40	22.8	20	20	
50	50	20.0	10	10	
		28			
5 0	I7 0	17.2	7 0	19 0	
10	10	14.4	6 50	18 50	
20	20	11.6	40	40	
30	30	8.7	30	30	
40	40	5.8	20	20	
50	50	2.9	10	10	
		29			
6 0	I8 0	0.0	6 0	18 0	
—	+		+	—	

$$R = \frac{p}{p_o} R_o \quad S = \frac{p^2}{p_o^2} S_o$$

$$\varphi = (90^\circ - z) + R + S$$

20 b. Genäherte Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris.

$$S_0 = \frac{1}{2} p_0^2 \sin z' \tan \varphi \sin^2 t \quad \text{für } p_0 = 4000'' \quad \delta_0 = +88^\circ 53' 20''$$

δ	$\frac{p^2}{p_0^2}$	t	φ													φ	t				
				10°	14°	18°	22°	26°	30°	34°	38°	42°	46°	50°	54°	58°	62°	66°			
88° 50'	1.10		0° 0' 0"	12° 0' 0"	+ + + + + + + + + + + + + +													12° 0' 0"	24° 0' 0"		
51	1.07	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	II 30	23 30		
52	1.04	2 o	14 0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	II 0	23 0		
53	1.01	30	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	II 30	21 30		
54	0.98	3 o	15 0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	9 30	21 0		
55	0.95	30	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	9 0	20 30		
56	0.92	30	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	0.9	8 30	20 30		
57	0.89	4 o	16 0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	I. I	8 0	20 0	
88	59	30	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	I. 0	I. 2	7 30	19 0	
89	0	0.81	5 o	17 0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	I. 1	I. 4	7 0	19 0
			30	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	I. 0	I. 2	I. 4	6 30	18 30	
			6 o	18 0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	I. 0	I. 2	I. 5	6 0	18 0

$$R = \frac{p}{p_0} R_0 \quad S = \frac{p^2}{p_0^2} S_0$$

$$\varphi = (90^\circ - z) + R + S$$

21a. Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris.

$M_o = \frac{1}{2} p_0^2 \sin z'' \tan \varphi$ für $p_0 = 4000''$ $\delta_o = +88^\circ 53' 20''$

φ	M_o	φ	M_o	δ	$\frac{p^2}{p_0^2}$
100	7''	400	33''		
11	8 1	41	34 1		
12	8 0	42	35 1		
13	9 1	43	36 1		
14	10 1	44	37		
	0		2		
15	10	45	39		
16	11 1	46	40 1		
17	12 1	47	42 2		
18	13 0	48	43 2		
19	13 1	49	45		
	1		1		
20	14 1	50	46 2		
21	15 1	51	48 2		
22	16 0	52	50 1		
23	16 1	53	51 2		
24	17 1	54	53		
	1		2		
25	18 1	55	55		
26	19 1	56	58 3		
27	20 1	57	60 2		
28	21 0	58	62 2		
29	21 1	59	65 3		
	1		2		
30	22 1	60	67 3		
31	23 1	61	70 3		
32	24 1	62	73 3		
33	25 1	63	76 3		
34	26 1	64	80 4		
	1		3		
35	27 1	65	83 4		
36	28 1	66	87 4		
37	29 1				
38	30 1				
39	31 1				
	2				
40	33				

$$M = \frac{p^2}{p_0^2} M_o \quad N = \frac{p^2}{p_0^3} N_o$$

$$\varphi = (90^\circ - z) - p \cos t + M \sin^2 t + N$$

21b. Polhöhe aus der Zenitdistanz von Polaris.

$$N_0 = \frac{1}{6} p_0^3 \sin^2 r'' (1 + 3 \tan^2 \varphi) \sin^2 t \cos t \quad \text{für } p_0 = 4000'' \quad \delta_0 = +88^\circ 53' 20''$$

δ	$\frac{p^3}{p_0^3}$	t	φ		10°	18°	26°	34°	38°	42°	46°	50°	54°	58°	62°	66°	φ	t	
			+	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
88° 50'	1.16	$0^h 0^m$	$12^h 0^m$	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	0''0	$12^h 0^m$	$24^h 0^m$		
51	1.11	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 30	23 30		
52	1.06	$13^h 0^m$	0	0	0	0	0	0	I	I	I	I	I	2	3	II 0	23 0		
53	1.01	30	30	0	0	I	I	I	I	I	I	I	2	3	4	5	10 30	22 30	
54	0.97	$14^h 0^m$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	10 0	22 0	
55	0.93	30	*30	I	I	I	2	2	3	3	4	5	5	6	6	0.9	I.I	9 30	21 30
56	0.88	$15^h 0^m$	I	I	I	I	2	3	3	3	4	5	5	6	8	I.0 I.5	9 0	21 0	
57	0.84	30	30	I	I	2	2	3	3	3	4	5	5	6	8	I.I I.5	8 30	20 30	
88 59	0.77	$16^h 0^m$	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	I.I	I.5	8 0	20 0		
89 0	0.73	30	30	I	I	I	2	2	3	3	4	5	5	6	7	0.9 I.4	7 30	19 30	
58	0.80	$17^h 0^m$	I	I	I	I	2	2	3	3	3	4	5	5	0.7	I.0	7 0	19 0	
6	0	18 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6 0	18 0	
+ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

$$M = \frac{P^3}{p_0^3} M_0 \quad N = \frac{P^3}{p_0^3} N_0$$

$$\varphi = (90^\circ - z) - p \cos t + M \sin^2 t + N$$

22. Genähertes Azimut von Polaris.

$$\delta_0 = +88^\circ 53' 20''$$

φ	t	10°	14°	18°	22°	26°	30°	34°	38°	42°	46°	50°	φ	t
0°	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	24°	0°
20	6	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	23	40
40	12	12	12	13	13	14	14	15	16	17	18	18	20	
I	0	18	18	18	19	19	20	21	22	24	25	28	23	0
20	23	24	24	25	26	27	28	30	31	33	36	36	22	40
40	29	29	30	31	32	33	34	36	39	41	45	45	20	
2	0	34	34	35	36	37	39	41	43	46	49	53	22	0
20	39	40	41	42	43	45	47	49	52	56	61	61	21	40
40	44	44	45	47	48	50	52	55	59	63	68	68	20	
3	0	48	49	50	51	53	54	57	61	64	69	75	21	0
20	52	53	54	55	57	59	62	66	70	75	81	81	20	40
40	56	57	58	59	61	63	66	70	74	80	86	86	20	
4	0	59	60	61	62	64	67	70	74	78	84	91	20	0
20	61	62	64	65	67	70	73	77	82	88	95	95	19	40
40	64	65	66	68	70	73	76	80	85	91	98	98	20	
5	0	65	66	68	70	72	75	78	82	87	93	101	19	0
20	67	68	69	71	73	76	79	84	89	95	103	103	18	40
40	67	68	70	72	74	77	80	84	90	96	104	104	20	
6	0	68	69	70	72	74	77	80	85	90	96	104	18	0
20	67	68	70	72	74	77	80	84	89	95	103	103	17	40
40	67	68	69	71	73	76	79	83	88	94	102	102	20	
7	0	65	66	67	69	71	74	77	81	86	92	100	17	0
20	64	65	66	67	69	72	75	79	84	90	97	97	16	40
40	61	62	63	65	67	69	72	76	81	86	93	93	20	
8	0	58	59	61	62	64	66	69	73	77	82	89	16	0
20	55	56	57	59	61	63	65	69	73	78	84	84	15	40
40	52	53	53	55	57	59	61	64	68	73	78	78	20	
9	0	48	48	49	51	52	54	56	59	63	67	72	15	0
20	43	44	45	46	47	49	51	54	57	61	65	65	14	40
40	39	39	40	41	42	44	46	48	51	54	58	58	20	
10	0	34	34	35	36	37	38	40	42	44	47	51	14	0
20	28	29	29	30	31	32	34	35	37	40	43	43	13	40
40	23	23	24	24	25	26	27	29	30	32	35	35	20	
11	0	17	18	18	19	19	20	21	22	23	24	26	13	0
20	12	12	12	12	13	13	14	14	15	16	18	18	12	40
40	6	6	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	20	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0

Tafelwert A_o

$$\text{Azimut} = \frac{P}{P_o} \cdot A_o$$

δ	$\frac{1}{P}$
88° 50'	1.0
51	1.0
52	1.0
53	0.9
54	0.9
55	0.9
56	0.9
57	0.9
58	0.9
88 59	0.9
89	0.9

22. Genähertes Azimut von Polaris (Schluß).

$$\delta_0 = +88^\circ 53' 20''$$

φ	t	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°	64°	66°	68°	70°	φ	t
—	—												+	—
0° 0m	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	0'	24° 0m	
20	9	10	10	11	11	12	13	14	15	16	18	23	40	
40	18	19	20	21	23	24	26	28	30	33	36	20		
I 0	28	29	30	32	34	36	38	41	44	49	53	23	0	
20	36	38	40	42	44	47	50	54	59	64	71	22	40	
40	45	47	49	52	55	58	62	67	72	79	87	20		
2 0	53	55	58	61	65	69	73	79	86	93	102	22	0	
20	61	64	67	70	74	79	84	90	98	107	117	21	40	
40	68	71	75	78	83	88	94	101	109	119	131	20		
3 0	75	78	82	86	91	97	103	111	120	131	144	21	0	
20	81	84	88	93	98	105	112	120	130	141	155	20	40	
40	86	90	94	99	105	112	119	128	138	150	165	20		
4 0	91	95	99	105	111	118	126	135	145	158	174	20	0	
20	95	99	104	110	116	123	131	140	151	165	181	19	40	
40	98	103	108	113	120	127	135	145	156	170	187	20		
5 0	101	105	110	116	123	130	139	149	160	174	191	19	0	
20	103	107	112	118	125	132	141	151	163	177	194	18	40	
40	104	108	113	119	126	133	142	152	164	178	195	20		
53 1.005														
54 0.990														
55 0.975														
56 0.960														
57 0.945														
58 0.930														
88 59 0.915														
89 0 0.900														
6 0	104	108	113	119	126	133	142	152	164	178	195	18	0	
20	103	108	113	118	125	132	141	151	162	176	193	17	40	
40	102	106	111	117	123	130	139	149	160	173	190	20		
7 0	100	104	109	114	120	128	136	145	156	169	185	17	0	
20	97	101	106	111	117	124	132	141	151	164	179	16	40	
40	93	97	101	107	112	119	127	135	146	158	172	20		
8 0	89	92	97	102	107	113	121	129	139	150	164	16	0	
20	84	87	91	96	101	107	114	121	131	141	154	15	40	
40	78	81	85	90	94	100	106	113	122	132	144	20		
9 0	72	75	79	82	87	92	98	104	112	121	132	15	0	
20	65	68	71	75	79	83	89	95	102	110	120	14	40	
40	58	61	64	67	70	74	79	84	90	98	107	20		
10 0	51	53	55	58	61	65	69	73	79	85	93	14	0	
20	43	45	47	49	52	54	58	62	66	72	78	13	40	
40	35	36	38	40	42	44	47	50	54	58	63	20		
11 0	26	27	29	30	32	33	35	38	41	44	48	13	0	
20	18	18	19	20	21	22	24	25	27	29	32	12	40	
40	9	9	10	10	11	12	13	14	15	16	20	20		
12 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	

$$\text{Tafelwert } A_0 \quad \text{Azimut} = \frac{p}{p_0} \cdot A_0$$

23. Zur Berechnung des genauen Azimuts von Polaris.

$$a = \cotg \delta \tan \varphi \cos t \quad \log \frac{I}{I-a} \text{ in Einheiten der V. Dezimale.}$$

$\log a$	$\log \frac{I}{I-a}$								
8.60n	— 1695 ^v	8.25n	— 765 ^v	7.90n	— 344 ^v	7.55n	— 154 ^v	7.20n	— 69 ^v
	37		17		8		4		2
8.59n	— 1658	8.24n	— 748	7.89n	— 336	7.54n	— 150	7.10n	— 67
58	1621 37	23	731 17	88	328 7	53	147 3	18	66 1
57	1584 37	22	715 16	87	321 7	52	144 3	17	64 2
56	1549 35	21	699 16	86	314 7	51	140 4	16	63 1
55n	1514 35	20n	683 16	85n	306 8	50n	137 3	15n	61 2
	34		16		7		3		1
8.54n	— 1480	8.19n	— 667	7.84n	— 299	7.49n	— 134	7.14n	— 60
53	1447 33	18	652 15	83	293 6	48	131 3	13	58 2
52	1415 32	17	638 14	82	286 7	47	128 3	12	57 1
51	1383 32	16	623 15	81	280 6	46	125 3	11	56 1
50n	1352 31	15n	609 14	80n	273 7	45n	122 3	10n	55
	30		14		6		2		2
8.49n	— 1322	8.14n	— 595	7.79n	— 267	7.44n	— 120	7.09n	— 53
48	1292 30	13	582 13	78	261 6	43	117 3	08	52 1
47	1263 29	12	569 13	77	255 6	42	114 3	07	51 1
46	1235 28	11	556 13	76	249 6	41	112 2	06	50 1
45n	1207 28	10n	543 13	75n	243 6	40n	109 3	05n	49
	27		12		5		3		1
8.44n	— 1180	8.09n	— 531	7.74n	— 238	7.39n	— 106	7.04n	— 48
43	1153 27	08	519 12	73	233 5	38	104 2	03	46 2
42	1127 26	07	507 12	72	227 6	37	102 2	02	45 1
41	1102 25	06	496 11	71	222 5	36	99 3	01	44 1
40n	1077 25	05n	485 11	70n	217 5	35n	97 2	00n	43
	24		11		5		2		9
8.39n	— 1053	8.04n	— 474	7.69n	— 212	7.34n	— 95	6.9 n	— 34
38	1029 24	03	463 11	68	207 5	33	93 2	8	27 5
37	1006 23	02	452 11	67	203 4	32	91 2	7	22 5
36	984 22	01	442 10	66	198 5	31	89 2	6	17 5
35n	962 22	8.00n	432 10	65n	194 4	30n	87 2	5 n	14 3
	22		10		5		2		3
8.34n	— 940	7.99n	— 422	7.64n	— 189	7.29n	— 85	6.4 n	— 11
33	919 21	98	413 9	63	185 4	28	83 2	3	9 2
32	898 21	97	403 10	62	181 4	27	81 2	2	7 2
31	878 20	96	394 9	61	177 4	26	79 2	1	5 1
30n	858 20	95n	385 9	60n	173 4	25n	77 2	6.0 n	4
	19		8		4		2		1
8.29n	— 839	7.94n	— 377	7.59n	— 169	7.24n	— 75	5.9 n	— 3
28	820 19	93	368 8	58	165 4	23	74	8	3 1
27	801 19	92	360 8	57	161 4	22	72 2	7	2 0
26	783 18	91	352 8	56	157 4	21	70 2	6	2 1
25n	765	90n	344	55n	154 3	20n	69	5 n	1
									0
							5.4 n	— 1	
							3	— 1	
							2	— 1	
							1	— 1	
							0	— 1	

$$\tang A_n = -\cotg \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{I-a}$$

23. Zur Berechnung des genauen Azimuts von Polaris.
 (Schluß).

$$a = \cotg \delta \tan \varphi \cos t \quad \log \frac{I}{I-a} \text{ in Einheiten der V. Dezimale.}$$

log a	log $\frac{I}{I-a}$	log a	log $\frac{I}{I-a}$	log a	log $\frac{I}{I-a}$	log a	log $\frac{I}{I-a}$	log a	log $\frac{I}{I-a}$
5.0	+ 0 ^v 1 2 3 4	7.20	+ 69 ^v 70 72 74 75	7.60	+ 173 ^v 177 ⁴ 181 ⁴ 186 ⁵ 190 ⁴	8.00	+ 436 ^v 447 ¹¹ 457 ¹⁰ 468 ¹¹ 479 ¹¹	8.40	+ 1105 ^v 1131 ²⁶ 1158 ²⁷ 1185 ²⁷ 1213 ²⁸
5.5	+ 1 2 2 3 3	7.25	+ 77 ² 79 ² 81 ² 83 ² 85 ²	7.65	+ 194 ⁵ 199 ⁵ 204 ⁵ 208 ⁴ 213 ⁵	8.05	+ 490 ¹¹ 501 ¹¹ 513 ¹² 525 ¹² 538 ¹³	8.45	+ 1242 ²⁹ 1271 ²⁹ 1301 ³⁰ 1332 ³¹ 1363 ³¹
6.0	+ 4 1 2 3 4	7.30	+ 87 ² 89 ² 91 ² 93 ² 95 ²	7.70	+ 218 ⁵ 223 ⁵ 228 ⁵ 234 ⁶ 239 ⁵	8.10	+ 550 ¹³ 563 ¹³ 576 ¹³ 590 ¹⁴ 604 ¹⁴	8.50	+ 1396 ³³ 1429 ³³ 1462 ³³ 1497 ³⁵ 1533 ³⁶
6.5	+ 14 17 22 27 34	7.35	+ 97 ³ 100 ³ 102 ² 104 ² 107 ³	7.75	+ 245 ⁶ 251 ⁶ 256 ⁵ 262 ⁶ 269 ⁷	8.15	+ 618 ¹⁴ 632 ¹⁴ 647 ¹⁵ 662 ¹⁵ 678 ¹⁶	8.55	+ 1569 ³⁶ 1606 ³⁷ 1644 ³⁸ 1683 ³⁹ 1723 ⁴⁰
6.9	9		2	6			16		
7.00	+ 43 01 02 03 04	7.40	+ 109 ³ 112 ³ 114 ² 117 ³ 120 ³	7.80	+ 275 ⁶ 281 ⁶ 288 ⁷ 295 ⁷ 302 ⁷	8.20	+ 694 ¹⁶ 710 ¹⁷ 727 ¹⁷ 744 ¹⁷ 761 ¹⁷	8.60	+ 1764 ⁴¹
7.05	+ 49 06 07 08 09	7.45	+ 123 ² 125 ² 128 ³ 131 ³ 134 ³	7.85	+ 309 ⁷ 316 ⁷ 323 ⁷ 331 ⁸ 338 ⁷	8.25	+ 779 ¹⁹ 798 ¹⁸ 816 ¹⁸ 835 ¹⁹ 855 ²⁰		
7.10	+ 55 11 12 13 14	7.50	+ 138 ³ 141 ³ 144 ³ 147 ⁴ 151 ⁴	7.90	+ 346 ⁸ 354 ⁸ 363 ⁹ 371 ⁸ 380 ⁹	8.30	+ 875 ²¹ 896 ²¹ 917 ²² 939 ²² 961 ²²		
7.15	+ 61 16 17 18 19	7.55	+ 154 ⁴ 158 ⁴ 162 ⁴ 165 ³ 169 ⁴	7.95	+ 389 ⁹ 398 ⁹ 407 ⁹ 417 ¹⁰ 426 ⁹	8.35	+ 983 ²³ 1006 ²³ 1030 ²⁴ 1054 ²⁴ 1079 ²⁵		
7.20	+ 69	7.60	+ 173 ⁴	8.00	+ 436 ¹⁰	8.40	+ 1105 ²⁶		

$$\tan A_n = -\cotg \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{I-a}$$

24. Zur Berechnung des Azimuts für ein beliebiges Gestirn.
a positiv.

$\log a$	$\log \frac{I}{a - I}$	$\log a$	$\log \frac{I}{a - I}$	$\log a$	$\log \frac{I}{a - I}$	$\log a$	$\log \frac{I}{a - I}$
7.0 — 10	0.000n	9.25 — 10	0.085n	9.65 — 10	0.257n	9.915 — 10	0.750n
2	001 1	26	087 2	66	265 8	916	755
4	001 0	27	089 2	67	274 9	917	760
6	002 1	28	092 3	68	283 9	918	764
7.8	003n 1	29	094n 2	69	292n 9	919	769n
			3		10		
8.0 — 10	0.004n	9.30 — 10	0.097n	9.70 — 10	0.302n	9.920 — 10	0.774n
1	005 1	31	099 1	71	312 11	921	779
2	007 2	32	102 3	72	323 11	922	784
3	009 2	33	104 2	73	334 11	923	789
4	011n 2	34	107n 3	74	346n 12	924	794n
	3		3		13		
8.5 — 10	0.014n	9.35 — 10	0.110n	9.75 — 10	0.359n	9.925 — 10	0.800n
6	018 4	36	113 3	76	372 13	926	805
7	022 4	37	116 3	77	386 14	927	810
8	028 6	38	119 3	78	401 15	928	816
8.9	036n 8	39	122n 3	79	416n 15	929	822n
	10		4		17		
9.00 — 10	0.046n	9.40 — 10	0.126n	9.80 — 10	0.433n	9.930 — 10	0.827n
01	047 1	41	129 3	81	451 18	931	833
02	048 1	42	133 4	82	469 18	932	839
03	049 1	43	136 3	83	490 21	933	845
04	050n 1	44	140n 4	84	511n 21	934	851n
	2		4		24		
9.05 — 10	0.052n	9.45 — 10	0.144n	9.85 — 10	0.535n	9.935 — 10	0.857n
06	053 1	46	148 4	86	560 25	936	863
07	054 1	47	152 4	87	587 27	937	870
08	056 2	48	156 4	88	617 30	938	876
09	057n 1	49	161n 5	89	650n 33	939	883n
	1		4		37		
9.10 — 10	0.058n	9.50 — 10	0.165n	9.900 — 10	0.687n	9.940 — 10	0.889n
11	060 2	51	170 5	901	691	941	896
12	061 1	52	175 5	902	695	942	903
13	063 2	53	180 5	903	699	943	910
14	065n 2	54	185n 5	904	703n	944	917n
	1		5				
9.15 — 10	0.066n	9.55 — 10	0.190n	9.905 — 10	0.707n	9.945 — 10	0.925n
16	068 2	56	196 6	906	711	946	932
17	070 2	57	202 6	907	715	947	940
18	071 1	58	208 6	908	719	948	948
19	073n 2	59	214n 6	909	723n	949	955n
	2		6				
9.20 — 10	0.075n	9.60 — 10	0.220n	9.910 — 10	0.728n	9.950 — 10	0.964n
21	077 2	61	227 7	911	732	951	972
22	079 2	62	234 7	912	737	952	980
23	081 2	63	242 8	913	741	953	989
24	083n 2	64	249n 7	914	746n	954	998n
	2		8				
9.25 — 10	0.085n	9.65 — 10	0.257n	9.915 — 10	0.750n	9.955 — 10	1.007n

$$a = \cotg \delta \tan \varphi \cos t$$

$$\tan A = \cotg \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{a - I}$$

24. Zur Berechnung des Azimuts für ein beliebiges Gestirn.
 (Fortsetzung).

a positiv.

log a	log $\frac{I}{a - I}$	log a	log $\frac{I}{a - I}$	log a	log $\frac{I}{a - I}$	log a	log $\frac{I}{a - I}$
9.955 - 10	1.007n 956 957 958 959	9.990 - 10 016 026 035 045n	1.643n 688n 739n 796n 863n	0.025 026 027 028 029	1.227 210 193 177 161	0.060 061 062 063 064	0.829 822 814 807 799
9.960 - 10	1.056n 961 962 963 964	9.995 - 10 066 077 088 099n	1.941n 2.038n 2.162n 2.338n 2.638n	0.030 031 032 033 034	1.146 131 117 103 089	0.065 066 067 068 069	0.792 785 778 771 764
9.965 - 10	1.111n 966 967 968 969	0.000 123 136 149 162n	— 2.637 2.336 2.159 2.034	0.035 036 037 038 039	1.076 063 051 039 027	0.070 071 072 073 074	0.757 751 744 737 731
9.970 - 10	1.176n 971 972 973 974	0.005 190 205 220 236n	1.936 857 789 731 679	0.040 041 042 043 044	1.016 1.004 0.993 0.983 0.972	0.075 076 077 078 079	0.725 718 712 706 700
9.975 - 10	1.252n 976 977 978 979	0.010 270 288 306 326n	1.633 591 553 517 485	0.045 046 047 048 049	0.962 952 942 932 923	0.080 081 082 083 084	0.694 688 682 677 671
9.980 - 10	1.347n 981 982 983 984	0.015 368 391 416 442n	1.454 426 399 374 350	0.050 051 052 053 054	0.914 904 896 887 878	0.085 086 087 088 089	0.665 660 654 649 643
9.985 - 10	1.469n 986 987 988 989	0.020 499 530 565 602n	1.327 305 284 264 245	0.055 056 057 058 059	0.870 861 853 845 837	0.090 091 092 093 094	0.638 632 627 622 617
9.990 - 10	1.643n	0.025	1.227	0.060	0.829	0.095	0.612

$$a = \cotg \delta \tan \varphi \cos t \quad \tan A = \cotg \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{a - I}$$

**24. Zur Berechnung des Azimuts für ein beliebiges Gestirn.
(Fortsetzung).**

a positiv.

$\log a$	$\log \frac{I}{a - I}$						
0.095	0.612	0.40	9.820 16	0.75	9.335 12	2.0	8.004 101
096	607	41	804 16	76	323 12	1	7.903 100
097	602	42	788 16	77	311 12	2	803 101
098	597	43	772 16	78	299 12	3	702 100
099	592	44	756 16	79	287 12	4	602 100
			16		12		101
0.10	0.587	0.45	9.740 15	0.80	9.275 12	2.5	7.501 100
11	540 47	46	725 15	81	263 12	6	401 100
12	497 43	47	710 15	82	251 12	7	301 100
13	457 40	48	695 15	83	240 12	8	201 100
14	420 37	49	680 15	84	228 12	9	101 100
	35		15		12		101
0.15	0.385	0.50	9.665	0.85	9.216 11	3.0	7.000 100
16	351 34	51	651 14	86	205 11	1	6.900 100
17	320 31	52	636 15	87	193 12	2	800 100
18	289 31	53	622 14	88	181 12	3	700 100
19	261 28	54	608 14	89	170 11	4	600 100
	28		14		12		100
0.20	0.233	0.55	9.594 14	0.90	9.158 11	3.5	6.500 100
21	206 27	56	580 14	91	147 11	6	400 100
22	181 25	57	566 14	92	136 12	7	300 100
23	156 25	58	553 13	93	124 12	8	200 100
24	132 24	59	539 14	94	113 11	9	100 100
	23		13		11		100
0.25	0.109	0.60	9.526	0.95	9.102 10	4.0	6.000
26	886 23	61	512 13	96	090 12		
27	864 22	62	499 13	97	079 11		
28	843 21	63	486 13	98	068 11		
29	822 21	64	473 13	0.99	057 11		
	20		13		11		
0.30	0.002	0.65	9.460	1.0	9.046 10		
31	9.982 20	66	447 13	1	8.936 100		
32	963 19	67	434 13	2	828 108		
33	944 19	68	422 12	3	722 106		
34	925 19	69	409 13	4	618 104		
	18		12		104		
0.35	9.907	0.70	9.397	1.5	8.514 103		
36	889 18	71	384 13	6	411 102		
37	872 17	72	372 12	7	309 102		
38	854 18	73	359 13	8	207 102		
39	837 17	74	347 12	1.9	105 102		
	17		12		101		
0.40	9.820	0.75	9.335	2.0	8.004		

$$a = \cotg \delta \tan \varphi \cos t \quad \text{tang } A = \cotg \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{a - I}$$

24. Zur Berechnung des Azimuts für ein beliebiges Gestirn.
 (Fortsetzung).

a negativ.

$\log a$	$\log \frac{I}{a - I}$						
$7.0n - 10$	$0.000n$	$9.20n - 10$	$9.936n$	$9.55n - 10$	$9.868n$	$9.90n - 10$	$9.746n$
2	9.999 0	21	935 2	56	865 3	91	742 4
4	999 1	22	933 1	57	863 2	92	737 5
6	998 1	23	932 2	58	860 3	93	733 4
$7.8n$	$997n$	$24n$	$930n^2$	$59n$	$857n^3$	$94n$	$728n^5$
							5
$8.0n - 10$	$9.996n$	$9.25n - 10$	$9.929n$	$9.60n - 10$	$9.854n$	$9.95n - 10$	$9.723n$
1	995 2	26	927 1	61	852 3	96	719 4
2	993 2	27	926 2	62	849 3	97	714 5
3	991 1	28	924 2	63	846 3	98	709 5
$4n$	$989n$	$29n$	$923n^1$	$64n$	$843n^3$	$9.99n - 10$	$704n^5$
							5
$8.5n - 10$	$9.986n$	$9.30n - 10$	$9.921n$	$9.65n - 10$	$9.840n$	0.00n	$9.699n$
6	983 3	31	919 1	66	837 3	01	694 5
7	979 4	32	918 2	67	833 4	02	689 5
8	973 6	33	916 2	68	830 3	03	684 5
$8.9n$	$967n$	$34n$	$914n^2$	$69n$	$827n^3$	$04n$	$679n^5$
	8						6
$9.00n - 10$	$9.959n$	$9.35n - 10$	$9.912n$	$9.70n - 10$	$9.824n$	0.05n	$9.673n$
01	958 1	36	910 1	71	820 4	06	668 5
02	957 1	37	909 2	72	817 3	07	663 5
03	956 1	38	907 2	73	813 4	08	657 6
$04n$	$955n$	$39n$	$905n^2$	$74n$	$810n^3$	$09n$	$652n^5$
	1						6
$9.05n - 10$	$9.954n$	$9.40n - 10$	$9.903n$	$9.75n - 10$	$9.806n$	0.10n	$9.646n$
06	953 1	41	901 2	76	803 3	11	640 6
07	952 1	42	899 2	77	799 4	12	635 5
08	951 1	43	896 3	78	795 4	13	629 6
$09n$	$950n$	$44n$	$894n^2$	$79n$	$791n^4$	$14n$	$623n^6$
	2						6
$9.10n - 10$	$9.948n$	$9.45n - 10$	$9.892n$	$9.80n - 10$	$9.788n$	0.15n	$9.618n$
11	947 1	46	890 2	81	784 4	16	612 6
12	946 1	47	888 2	82	780 4	17	606 6
13	945 1	48	885 3	83	776 4	18	600 6
$14n$	$944n$	$49n$	$883n^2$	$84n$	$772n^4$	$19n$	$594n^6$
	1						6
$9.15n - 10$	$9.943n$	$9.50n - 10$	$9.881n$	$9.85n - 10$	$9.768n$	0.20n	$9.588n$
16	941 2	51	878 3	86	763 5	21	581 7
17	940 1	52	876 2	87	759 4	22	575 6
18	939 1	53	873 3	88	755 4	23	569 6
$19n$	$937n^2$	$54n$	$871n^2$	$89n$	$751n^4$	$24n$	$563n^6$
	1						6
$9.20n - 10$	$9.936n$	$9.55n - 10$	$9.868n$	$9.90n - 10$	$9.746n$	0.25n	$9.556n^7$

$$a = \cotg \delta \tan \varphi \cos t \quad \tan A = \cotg \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{a - I}$$

**24. Zur Berechnung des Azimuts für ein beliebiges Gestirn.
(Schluß).**

a negativ.

log a	log $\frac{I}{a - I}$	log a	log $\frac{I}{a - I}$	log a	log $\frac{I}{a - I}$	log a	log $\frac{I}{a - I}$
0.25n 26	9.556n 550	0.55n 56	9.342n 334	0.85n 86	9.093n 084	2.5n 6	7.499n 399
27	543	57	326	87	075	7	299
28	537	58	319	88	066	8	199
29n	530n	59n	311n	89n	057n	2.9n	099n
	6		8		8		99
0.30n 31	9.524n 517	0.60n 61	9.303n 295	0.90n 91	9.049n 040	3.0n 1	7.000n 6.900
32	510	62	287	92	031	2	800
33	503	63	279	93	022	3	700
34n	497n	64n	270n	94n	013n	4n	600n
	7		8		9		100
0.35n 36	9.490n 483	0.65n 66	9.262n 254	0.95n 96	9.004n 8.995	3.5n 6	6.500n 400
37	476	67	246	97	986	7	300
38	469	68	238	98	977	8	200
39n	462n	69n	229n	0.99n	968n	3.9n	100n
	8		8		9		100
0.40n 41	9.454n 447	0.70n 71	9.221n 213	1.0n 1	8.959n 867	4.0n	6.000n
42	440	72	204	2	773		
43	433	73	196	3	679		
44n	425n	74n	187n	4n	583n		
	7		8		97		
0.45n 46	9.418n 411	0.75n 76	9.179n 170	1.5n 6	8.486n 389		
47	403	77	162	7	291		
48	396	78	153	8	193		
49n	388n	79n	145n	1.9n	8.095n		
	8		9		99		
0.50n 51	9.381n 373	0.80n 81	9.136n 127	2.0n 1	7.996n 897		
52	365	82	119	2	797		
53	358	83	110	3	698		
54n	350n	84n	102n	4n	598n		
	8		9		99		
0.55n	9.342n	0.85n	9.093n	2.5n	7.499n		

$$a = \cotg \delta \tan \varphi \cos t \quad \tan A = \cotg \delta \sec \varphi \sin t \cdot \frac{I}{a - I}$$

25. Parallaktische Vergrößerung des Mondradius.

ZD	Mondradius						
	14' 40''	15' 0''	15' 20''	15' 40''	16' 0''	16' 20''	16' 40''
0°	14''	14''	15''	16''	16''	17''	18''
10	14	14	15	15	16	17	18
20	13	14	14	15	15	16	17
30	12	12	13	14	14	15	16
35	11	12	12	13	13	14	15
40	11	11	12	12	13	13	14
45	10	10	11	11	12	12	13
50	9	9	10	10	11	11	11
55	8	8	9	9	9	10	10
60	7	7	8	8	8	8	9
65	6	6	6	7	7	7	8
70	5	5	5	5	6	6	6
75	4	4	4	4	4	4	5
80	2	3	3	3	3	3	3
85	1	1	1	1	1	1	2
90	0	0	0	0	0	0	0

26a. Verkürzung des Sonnen- und Mondradius durch Refraktion.

Radius = $15' 40''$

Scheinb. ZD des Mittel- punktes	Winkel q der Distanz mit dem Vertikalkreise																	
	0° 180	10° 170	15° 165	20° 160	25° 155	30° 150	35° 145	40° 140	45° 135	50° 130	55° 125	60° 120	65° 115	70° 110	75° 105	80° 100	90° 90	
50°	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	
60	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	O	O	O	O	O	O	O	
70	2	2	2	2	2	2	I	I	I	I	I	I	O	O	O	O	O	
75	4	4	3	3	3	3	2	2	2	I	I	I	O	O	O	O	O	
80	8	7	7	7	6	6	5	5	4	3	3	2	I	I	O	O	O	
81	9	9	9	8	8	7	6	5	5	4	3	2	I	I	O	O	O	
82	II	II	II	10	9	8	7	7	6	5	4	3	2	I	I	O	O	
83	I4	I4	I3	I2	I2	II	9	8	7	6	5	4	3	2	I	O	O	
84° o'	I8	I7	I7	I6	I5	I3	I2	II	9	7	6	5	3	2	I	I	O	
20	20	19	18	17	16	15	13	12	10	8	6	5	4	2	I	I	O	
40	22	21	20	19	18	16	14	13	11	9	7	5	4	3	I	I	O	
85° o	24	23	22	21	19	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	I	O	
20	27	26	25	24	22	20	18	16	13	11	9	7	5	3	2	I	O	
40	29	28	27	25	24	22	19	17	14	12	9	7	5	3	2	I	O	
86 o	3I	30	29	27	25	23	2I	18	15	13	10	8	6	4	2	I	O	
10	33	32	3I	29	27	24	22	19	16	14	II	8	6	4	2	I	O	
20	35	33	32	30	28	26	23	20	17	14	II	9	6	4	2	I	O	
30	37	36	34	32	30	27	25	22	18	15	12	9	7	4	2	I	O	
40	39	38	37	35	32	30	26	23	20	16	13	10	7	5	3	I	O	
50	42	4I	40	37	35	32	28	25	2I	18	14	II	8	5	3	I	O	
87 o	46	44	43	40	37	34	3I	27	23	19	15	II	8	5	3	I	O	
10	49	47	46	43	40	37	33	29	24	20	16	II	9	6	3	I	O	
20	52	5I	49	46	43	39	35	3I	26	22	17	I3	9	6	3	2	O	
30	55	54	52	49	45	4I	37	32	28	23	18	I4	10	6	4	2	O	
40	58	56	54	5I	48	44	39	34	29	24	19	I5	10	7	4	2	O	
50	62	60	57	54	50	46	4I	36	3I	25	20	I5	II	7	4	2	O	
88 o	66	64	6I	58	54	49	44	39	33	27	22	16	I2	8	4	2	O	

27. Reduktion der Mondparallaxe.

$$d\pi = + \pi \frac{e^2 \sin^2 \varphi}{2}$$

26b. Korrektion der vorstehenden Tafel 26a, wenn der Radius $\geq 15' 40''$.

Radius	Verkürzung des Radius							
	0''	10''	20''	30''	40''	50''	60''	70''
14' 40''	o''	- I''	- I''	- z''	- 3''	- 3''	- 4''	- 5''
15 o	o	o - I	- I	- 2	- 2	- 3	- 3	- 2
20	o	o o	- I	- I	- I	- I	- I	- 2
40	o	o o	o	o	o	o	o	o
16 o	o	o o	+ I	+ I	+ I	+ I	+ 2	
20	o	o + I	+ I	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 3
40	o	+ I + I	+ 2	+ 3	+ 3	+ 4	+ 5	

φ	II	53'	61'
0°		o''	o''
10		o	o
20	+	I	I
30		3	3
40	+	4	+ 5
50	+	6	+ 7
60		8	9
70		9	II
80		10	12
90	+	II	+ 12

28a. Zur Berechnung der Refraktion in Distanz.

(Monddistanzen, III. Korrektion.)

Scheinbare ZD	$4 \cdot I \varrho$	Scheinbare ZD	$4 \cdot I \varrho$	Scheinbare ZD	$4 \cdot I \varrho$
2°	0.1	70°0	10.7	82°0	26.6
6	0.4 3	70.5	11.0 3	82.5	28.2 16
10	0.7 3	71.0	11.4 4	83.0	30.0 18
14	1.0 3	71.5	11.7 3	83.5	32.1 21
18	1.3 3				23
22	1.6 3	72.0	12.0	84.0	34.4
26	1.9 3	72.5	12.4 4		
	4	73.0	12.8 4		
30	2.3	73.5	13.2 4		
34	2.7 4		4		
38	3.1 4	74.0	13.6		
42	3.5 4	74.5	14.0 4		
46	4.1 6	75.0	14.5 5		
50	4.7 6	75.5	15.0 5		
52	5.0 3		5		
54	5.4 4	76.0	15.5 6		
56	5.8 4	76.5	16.1 6		
58	6.3 5	77.0	16.7 7		
60	6.8 5	77.5	17.4 7		
61	7.1 3		7		
62	7.4 3	78.0	18.1 8		
63	7.7 3	78.5	18.9 8		
64	8.0 3	79.0	19.7 9		
	4	79.5	20.6 9		
65	8.4		10		
66	8.8 4	80.0	21.6		
67	9.2 4	80.5	22.7 11		
68	9.7 5	81.0	23.9 12		
69	10.2 5	81.5	25.2 13		
	5		14		
70	10.7	82.0	26.6		

Z größere scheinbare ZD
z kleinere "

$$\operatorname{tg} N = \frac{\cos(Z - 4 \cdot I \varrho)}{\cos(z - 4 \cdot I \varrho)}$$

$$\text{Refr.} = (A + B) \operatorname{cosec} D$$

28b. Zur Berechnung der Refraktion in Distanz.

(Monddistanzen, III. Korrektion.)

$$A = 115''59 \operatorname{cosec} 2N$$

N	A	N	A	N	A	N	A	N	A
10°0	338°0	14°0	246°2	18°0	196°7	24°0	155°5	32°0	128°6
1	334.8 32	1	244.6 16	1	195.7 10	2	154.6 9	32.5	127.5 11
2	331.6 32	2	243.0 16	2	194.8 9	4	153.6 10	33.0	126.5 10
3	328.5 31	3	241.5 15	3	193.9 9	6	152.7 9	33.5	125.6 9
4	325.5 30	4	239.9 15	4	193.0 9	8	151.8 9		9
10.5	322.5	14.5	238.4	18.5	192.1	25.0	150.9	34.0	124.7 9
6	319.6 29	6	236.9 15	6	191.2 9	2	150.0 9	34.5	123.8 8
7	316.8 28	7	235.5 14	7	190.3 9	4	149.2 9	35.0	123.0 7
8	314.0 28	8	234.0 15	8	189.4 9	6	148.3 9	35.5	122.3 8
9	311.3 27	9	232.6 14	9	188.6 8	8	147.5 8	36.0	121.5 6
								36.5	120.9
11.0	308.6	15.0	231.2	19.0	187.7	26.0	146.7	37.0	120.2 7
1	305.9 27	1	229.8 14	1	186.9 8	2	145.9 8	37.5	119.7 5
2	303.3 26	2	228.4 14	2	186.1 8	4	145.1 7		6
3	300.8 25	3	227.1 13	3	185.3 8	6	144.4 8	38.0	119.1
4	298.3 25	4	225.7 14	4	184.5 8	8	143.6 8	38.5	118.6 5
								39.0	118.2 4
11.5	295.8	15.5	224.4	19.5	183.7	27.0	142.9	39.5	117.8 4
6	293.4 24	6	223.1 13	6	182.9 8	2	142.2 7		4
7	291.1 23	7	221.9 12	7	182.1 8	4	141.5 7	40.0	117.4
8	288.7 24	8	220.6 13	8	181.3 8	6	140.8 7	40.5	117.0 4
9	286.4 23	9	219.4 12	9	180.6 7	8	140.1 7	41.0	116.7 3
								41.5	116.5 2
12.0	284.2	16.0	218.1	20.0	179.8	28.0	139.4		3
1	282.0 22	1	216.9 12	2	178.4 14	2	138.8	42.0	116.2
2	279.8 22	2	215.7 12	4	176.9 15	4	138.1	42.5	116.0 2
3	277.7 21	3	214.5 12	6	175.5 14	6	137.5	43.0	115.9 1
4	275.6 21	4	213.4 11	8	174.1 14	8	136.9	43.5	115.8 1
								6	1
12.5	273.5	16.5	212.2	21.0	172.7	29.0	136.3	44.0	115.7
6	271.5 20	6	211.1 11	2	171.4 13	2	135.7	44.5	115.6 1
7	269.5 20	7	210.0 11	4	170.1 13	4	135.1	45.0	115.6 0
8	267.5 20	8	208.9 11	6	168.9 12	6	134.6		
9	265.6 19	9	207.8 11	8	167.6 13	8	134.0		
								5	
13.0	263.7	17.0	206.7	22.0	166.4	30.0	133.5		
1	261.8 19	1	205.6 10	2	165.2 12	30.5	132.2	13	
2	260.0 18	2	204.6 10	4	164.0 12	31.0	130.9	13	
3	258.2 18	3	203.6 10	6	162.9 11	31.5	129.7		
4	256.4 18	4	202.5 10	8	161.8 11			11	
13.5	254.6	17.5	201.5	23.0	160.7	32.0	128.6		
6	252.9 17	6	200.5 10	2	159.6 11				
7	251.2 17	7	199.5 10	4	158.6 10				
8	249.5 17	8	198.6 9	6	157.5 10				
9	247.8 16	9	197.6 10	8	156.5 10				
14.0	246.2	18.0	196.7	24.0	155.5				

Z größere scheinbare ZD
z kleinere "

$$\operatorname{tg} N = \frac{\cos(Z - 4.1 \varrho)}{\cos(z - 4.1 \varrho)}$$

$$\text{Refr. in Distanz} = (A + B) \operatorname{cosec} D$$

28 c. Zur Berechnung der Refraktion in Distanz.
(Monddistanzen, III. Korrektion.)

$$B = -115''59 \cos D$$

D	B	D	B	D	D	B	D
100	-113''8	400	-88''5 ¹³ +	1400	700	-39''5 ¹⁹ +	1100
11	113.5 ³	41	87.2 ¹³	139	71	37.6 ¹⁹	109
12	113.1 ⁴	42	85.9 ¹³	138	72	35.7 ¹⁹	108
13	112.6 ⁵	43	84.5 ¹⁴	137	73	33.8 ¹⁹	107
14	-112.2 ⁴	44	-83.1 ¹⁴ +	136	74	-31.9 ¹⁹ +	106
	5		¹⁴			²⁰	
15	-111.7 ⁶	45	-81.7 ¹⁴ +	135	75	-29.9 ¹⁹ +	105
16	111.1 ⁶	46	80.3 ¹⁴	134	76	28.0 ¹⁹	104
17	110.5 ⁶	47	78.8 ¹⁵	133	77	26.0 ²⁰	103
18	109.9 ⁶	48	77.3 ¹⁵	132	78	24.0 ²⁰	102
19	-109.3 ⁶	49	-75.8 ¹⁵ +	131	79	-22.1 ¹⁹ +	101
	7		¹⁵			²⁰	
20	-108.6 ⁷	50	-74.3 ¹⁶ +	130	80	-20.1 ¹⁹ +	100
21	107.9 ⁷	51	72.7 ¹⁵	129	81	18.1 ²⁰	99
22	107.2 ⁸	52	71.2 ¹⁵	128	82	16.1 ²⁰	98
23	106.4 ⁸	53	69.6 ¹⁶	127	83	14.1 ²⁰	97
24	-105.6 ⁸	54	-67.9 ¹⁷ +	126	84	-12.1 ²⁰ +	96
	8		¹⁶			²⁰	
25	-104.8 ⁹	55	-66.3 ¹⁷ +	125	85	-10.1 ¹⁹ +	95
26	103.9 ⁹	56	64.6 ¹⁶	124	86	8.1 ²⁰	94
27	103.0 ⁹	57	63.0 ¹⁶	123	87	6.0 ²¹	93
28	102.1 ⁹	58	61.3 ¹⁷	122	88	4.0 ²⁰	92
29	-101.1 ¹⁰	59	-59.5 ¹⁸ +	121	89	-2.0 ²⁰ +	91
	10		¹⁷			²⁰	
30	-100.1 ¹⁰	60	-57.8 ¹⁸ +	120	90	0.0	90
31	99.1 ¹⁰	61	56.0 ¹⁸	119			
32	98.0 ¹¹	62	54.3 ¹⁸	118			
33	96.9 ¹¹	63	52.5 ¹⁸	117			
34	-95.8 ¹¹	64	-50.7 ¹⁸ +	116			
	11		¹⁸				
35	-94.7 ¹²	65	-48.9 ¹⁹ +	115			
36	93.5 ¹²	66	47.0 ¹⁹	114			
37	92.3 ¹²	67	45.2 ¹⁸	113			
38	91.1 ¹²	68	43.3 ¹⁹	112			
39	-89.8 ¹³	69	-41.4 ¹⁹ +	111			
	13		¹⁹				
40	-88.5 ¹³	70	-39.5 ¹⁹ +	110			

Z größere scheinbare ZD
z kleinere " "

$$\operatorname{tg} N = \frac{\cos(Z - 4.1 \varrho)}{\cos(z - 4.1 \varrho)}$$

$$\text{Refr. in Distanz} = (A + B) \operatorname{cosec} D$$

28 d. Verbesserung der Refraktion in Distanz wegen Lufttemperatur.

Temperatur C	Mittlere Refraktion								
	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
-30°	0''	+10''	+19''	+29''	+40''	+50''	+61''	+72''	+84''
25	0	8	17	25	34	43	52	62	72
-20	0	+7	+14	+21	+28	+36	+44	+52	+60
-18	0	+6	+13	+20	+26	+33	+40	+48	+56
16	0	6	12	18	24	30	37	44	51
14	0	5	11	16	22	28	34	40	47
12	0	5	10	15	20	25	31	36	42
-10	0	+4	+9	+13	+18	+23	+28	+33	+38
-8	0	+4	+8	+12	+16	+20	+25	+29	+34
6	0	3	7	10	14	18	22	26	30
4	0	3	6	9	12	15	19	22	26
-2	0	+2	+5	+8	+10	+13	+16	+19	+22
0	0	+2	+4	+6	+8	+11	+13	+15	+18
+2	0	+2	+3	+5	+6	+8	+10	+12	+14
4	0	1	2	4	5	6	7	9	10
6	0	1	1	2	3	4	4	5	6
+8	0	+0	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3
+10	0	-0	-0	-0	-1	-1	-1	-1	-1
12	0	1	1	2	2	3	3	4	5
14	0	1	2	3	4	5	6	7	8
16	0	1	3	4	6	7	9	10	12
+18	0	-2	-4	-5	-7	-9	-11	-13	-15
+20	0	-2	-4	-7	-9	-11	-14	-16	-19
22	0	3	5	8	10	13	16	19	22
24	0	3	6	9	12	15	19	22	25
26	0	3	7	10	14	17	21	25	29
+28	0	-4	-7	-11	-15	-19	-23	-28	-32
+30	0	-4	-8	-12	-17	-21	-26	-30	-35
32	0	4	9	13	18	23	28	33	38
34	0	5	10	15	20	25	30	36	42
36	0	5	10	16	21	27	32	38	45
+38	0	-6	-11	-17	-22	-28	-35	-41	-48
+40	0	-6	-12	-18	-24	-30	-37	-44	-51

**28 e. Verbesserung der Refraktion in Distanz
wegen Luftdruck.**

Luftdruck	Mittlere Refraktion + Verbesserung wegen Lufttemperatur								
	o'	r'	z'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
mm									
400	0''	— 27''	— 56''	— 83''	— 112''	— 141''	— 168''	— 196''	— 225''
450	0	23	48	71	96	121	144	168	193
500	0	— 20	— 40	— 60	— 80	— 101	— 121	— 141	— 161
550	0	— 16	— 32	— 48	— 64	— 81	— 97	— 113	— 130
560	0	15	31	46	61	77	92	108	123
570	0	14	29	44	58	73	87	102	117
580	0	14	27	41	55	69	83	96	110
590	0	— 13	— 26	— 39	— 52	— 65	— 78	— 91	— 104
600	0	— 12	— 24	— 36	— 49	— 61	— 73	— 85	— 97
610	0	11	23	34	45	57	68	80	91
620	0	11	21	32	42	53	63	74	85
630	0	10	19	29	39	49	58	68	78
640	0	— 9	— 18	— 27	— 36	— 45	— 54	— 63	— 72
650	0	— 8	— 16	— 24	— 33	— 41	— 49	— 57	— 65
660	0	7	15	22	29	37	44	51	59
670	0	6	13	20	26	33	39	46	52
680	0	6	11	17	23	29	34	40	46
690	0	— 5	— 10	— 15	— 20	— 25	— 30	— 35	— 40
700	0	— 4	— 8	— 12	— 17	— 21	— 25	— 29	— 33
710	0	3	7	10	13	17	20	23	27
720	0	2	5	8	10	13	15	18	20
730	0	2	3	5	7	9	10	12	14
740	0	— 1	— 2	— 3	— 4	— 5	— 6	— 6	— 7
750	0	— 0	— 0	— 0	— 0	— 1	— 1	— 1	— 1
760	0	+	1	+	2	+	3	+	5
770	0	2	3	4	6	7	9	10	12
780	0	2	5	7	9	11	14	16	18
790	0	+	3	+	6	+	12	+	22
800	0	+	4	+	8	+	12	+	25

29. Höhenparallaxe des Mondes.

$\pi \sin z_{\zeta}$

π Scheinb.z. ζ	53'	54'	55'	56'	57'	58'	59'	60'	61'
0°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1
4	3.7	3.8	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.2
6	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	6.3	6.4
8	7.4	7.5	7.6	7.8	7.9	8.1	8.2	8.3	8.5
10	9.2	9.4	9.5	9.7	9.9	10.1	10.2	10.4	10.6
12	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.1	12.3	12.5	12.7
14	12.8	13.1	13.3	13.5	13.8	14.0	14.3	14.5	14.7
16	14.6	14.9	15.2	15.4	15.7	16.0	16.3	16.5	16.8
18	16.4	16.7	17.0	17.3	17.6	17.9	18.2	18.5	18.8
20	18.1	18.5	18.8	19.2	19.5	19.8	20.2	20.5	20.8
22	19.9	20.2	20.6	21.0	21.3	21.7	22.1	22.5	22.8
24	21.5	22.0	22.4	22.8	23.2	23.6	24.0	24.4	24.8
26	23.2	23.7	24.1	24.6	25.0	25.4	25.9	26.3	26.7
28	24.9	25.3	25.8	26.3	26.8	27.2	27.7	28.2	28.6
30	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5
32	28.1	28.6	29.2	29.7	30.2	30.7	31.3	31.8	32.3
34	29.6	30.2	30.7	31.3	31.9	32.4	33.0	33.6	34.1
36	31.1	31.7	32.3	32.9	33.5	34.1	34.7	35.3	35.8
38	32.6	33.3	33.9	34.5	35.1	35.7	36.3	36.9	37.5
40	34.1	34.7	35.4	36.0	36.6	37.3	37.9	38.6	39.2
42	35.5	36.1	36.8	37.5	38.1	38.8	39.5	40.1	40.8
44	36.8	37.5	38.2	38.9	39.6	40.3	41.0	41.7	42.4
46	38.1	38.8	39.6	40.3	41.0	41.7	42.4	43.2	43.9
48	39.4	40.1	40.9	41.6	42.3	43.1	43.8	44.6	45.3
50	40.6	41.4	42.1	42.9	43.7	44.4	45.2	46.0	46.7
52	41.8	42.5	43.3	44.1	44.9	45.7	46.5	47.3	48.1
54	42.9	43.7	44.5	45.3	46.1	46.9	47.7	48.5	49.3
56	43.9	44.8	45.6	46.4	47.2	48.1	48.9	49.8	50.6
58	45.0	45.8	46.6	47.5	48.3	49.2	50.0	50.9	51.7
60	45.9	46.8	47.6	48.5	49.4	50.2	51.1	52.0	52.8
62	46.8	47.7	48.6	49.5	50.3	51.2	52.1	53.0	53.9
64	47.6	48.5	49.4	50.3	51.2	52.1	53.0	53.9	54.8
66	48.4	49.3	50.2	51.2	52.1	53.0	53.9	54.8	55.7
68	49.1	50.1	51.0	51.9	52.8	53.8	54.7	55.6	56.5
70	49.8	50.8	51.7	52.6	53.6	54.5	55.4	56.4	57.3
72	50.4	51.4	52.3	53.2	54.2	55.2	56.1	57.1	58.0
74	51.0	51.9	52.9	53.8	54.8	55.8	56.7	57.7	58.6
76	51.4	52.4	53.4	54.3	55.3	56.3	57.2	58.2	59.2
78	51.8	52.8	53.8	54.8	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7
80	52.2	53.2	54.2	55.2	56.1	57.1	58.1	59.1	60.1
82	52.5	53.5	54.5	55.5	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4
84	52.7	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59.7	60.7
86	52.9	53.9	54.9	55.9	56.9	57.9	58.9	59.8	60.8
88	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0	61.0
90	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0	61.0

30. Monddistanzen. IV. Korrektion.

$$(\Pi \sin z_{\zeta})^2 \cotg D \frac{\sin i''}{2} - (\Pi \sin z_{\zeta} \cos q_{\zeta})^2 \cotg D \frac{\sin i''}{2}.$$

$$\Pi \sin z_{\zeta} \cos q_{\zeta} = I + II$$

Man gehe nacheinander mit den Vertikalargumenten $\Pi \sin z_{\zeta}$ und $(I + II)$ ein und bilde die algebraische Differenz beider Tafelwerte.

$\Pi \sin z_{\zeta}$ oder $(I + II)$	Scheinbare Distanz																			
	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
5'	I''	I''	o''																	
8	2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
10	2	2	2	2	2	2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	O	O	O	O
11	3	3	2	2	2	2	2	2	2	I	I	I	I	I	I	I	O	O	O	O
12	3	3	3	3	2	2	2	2	I	I	I	I	I	I	I	I	O	O	O	O
13	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	I	I	I	I	I	I	O	O	O	O
14	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	I	I	I	I	I	I	O	O	O	O
$\Pi \left \left(\frac{\Pi}{H_0} \right)^2 \right.$	I5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	I	I	I	I	I	O	O
	I6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	I	I	I	I	I	O	O
53'	0.85	I7	7	6	6	5	5	4	4	4	3	3	3	I	I	I	I	I	O	O
54	0.88	I8	8	7	6	6	5	5	4	4	4	3	3	I	I	I	I	I	O	O
55	0.91	I9	9	8	7	6	6	5	5	5	4	4	3	I	I	I	I	I	O	O
56	0.95	I0	10	9	8	7	7	6	5	5	4	4	3	I	I	I	I	I	O	O
57	0.98	I1	10	9	8	7	7	6	5	5	4	4	3	I	I	I	I	I	O	O
58	1.02	I2	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4	4	I	I	I	I	I	O	O
59	1.05	I3	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4	3	I	I	I	I	I	O	O
60	1.09	I4	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4	3	I	I	I	I	I	O	O
61	1.13	I5	11	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4	I	I	I	I	I	O	O
	I6	I2	I1	I0	9	9	8	7	7	6	5	4	4	I	I	I	I	I	O	O
	I7	I3	I2	I1	I0	9	8	7	7	6	5	4	4	I	I	I	I	I	O	O
	I8	I4	I3	I2	I1	I0	9	8	7	6	5	4	4	I	I	I	I	I	O	O
	I9	I5	I4	I3	I2	I1	I0	9	8	7	6	5	4	I	I	I	I	I	O	O
	I0	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	9	8	7	6	5	I	I	I	I	I	O	O
	I1	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	9	8	7	6	I	I	I	I	I	O	O
	I2	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7
	I3	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6
	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5
	I5	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4
	I6	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3
	I7	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2
	I8	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1
	I9	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9
	I0	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0
	I1	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1
	I2	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2
	I3	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3
	I4	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7
	I5	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8
	I6	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9
	I7	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0
	I8	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1
	I9	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2
	I0	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3
	I1	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4
	I2	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5
	I3	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6
	I4	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7
	I5	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8
	I6	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9
	I7	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0
	I8	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1
	I9	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2
	I0	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3
	I1	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4
	I2	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5
	I3	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6
	I4	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7
	I5	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8
	I6	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9
	I7	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0
	I8	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1
	I9	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2
	I0	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3
	I1	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4
	I2	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5
	I3	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6
	I4	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7
	I5	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8
	I6	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9
	I7	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0
	I8	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1
	I9	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2
	I0	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3
	I1	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4
	I2	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5
	I3	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6
	I4	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7
	I5	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8
	I6	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9
	I7	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0
	I8	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1
	I9	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2
	I0	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3
	I1	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4
	I2	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5
	I3	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6
	I4	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7
	I5	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8	I7	I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0	I9	I8

30. Monddistanzen. IV. Korrektion (Schluß).

$$(II \sin z_{\zeta})^2 \cotg D \frac{\sin r''}{2} - (II \sin z_{\zeta} \cos q_{\zeta})^2 \cotg D \frac{\sin r''}{2}$$

$$II \sin z_{\zeta} \cos q_{\zeta} = I + II$$

Man gehe nacheinander mit den Vertikalargumenten $II \sin z_{\zeta}$ und $(I + II)$ ein und bilde die algebraische Differenz beider Tafelwerte.

$II \sin z_{\zeta}$ oder $(I + II)$	Scheinbare Distanz																				
	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45'	49"	44"	40"	36"	33"	31"	28"	26"	24"	23"	20"	18"	15"	12"	10"	8"	6"	5"	3"	2"	0"
46	51	46	41	38	35	32	29	27	25	24	21	18	15	13	11	9	7	5	3	2	0
47	53	48	43	40	36	33	30	29	26	25	22	19	16	13	11	9	7	5	3	2	0
48	55	50	45	41	38	35	32	30	28	26	23	20	17	14	12	9	7	5	4	2	0
49	58	52	47	43	39	36	33	31	29	27	24	21	18	15	12	10	8	6	4	2	0
50	60	54	49	45	41	38	35	32	30	28	26	22	18	15	13	10	8	6	4	2	0
51	62	56	51	47	43	39	36	33	31	29	27	23	19	16	13	11	8	6	4	2	0
52	65	58	53	48	44	41	38	35	32	30	28	24	20	17	14	11	9	6	4	2	0
53	67	61	55	50	46	42	39	36	33	31	29	25	20	17	14	11	9	7	4	2	0
54	70	63	57	52	48	44	40	38	35	32	30	25	21	18	15	12	9	7	4	2	0
55	73	65	59	54	50	46	42	39	36	33	31	26	22	18	15	12	10	7	5	2	0
56	75	68	61	56	51	47	44	41	38	35	32	27	23	19	16	13	10	7	5	2	0
57	78	70	64	58	53	49	45	42	39	36	34	28	24	20	16	13	10	8	5	2	0
58	81	73	66	60	55	51	47	44	40	37	35	29	25	21	17	14	11	8	5	3	0
59	83	75	68	62	57	53	49	45	41	39	36	30	25	21	18	14	11	8	5	3	0
60	86	78	71	64	59	54	50	47	43	40	37	31	26	22	18	15	11	8	6	3	0
61	89	80	73	67	61	56	52	48	44	41	38	32	27	23	19	15	12	9	6	3	0
62	92	83	75	69	63	58	54	50	46	43	40	34	28	23	19	16	12	9	6	3	0
$II \sin z_{\zeta}$ oder $(I + II)$													—	—	—	—	—	—	—	—	—
													130°	125°	120°	115°	110°	105°	100°	95°	90°
													Scheinbare Distanz								

II	$\left \left(\frac{II}{II_0} \right)^2 \right $
53'	0.85
54	88
55	91
56	95
57	0.98
58	1.02
59	05
60	09
61	1.13

31. Monddistanzen. V. Korrektion.

$$(\Pi \sin z_{\zeta} - e_{\zeta}) e_{\odot} \frac{\sin q_{\zeta} \sin q_{\odot}}{\sin D} \sin r'' - (2\Pi e_{\zeta} \sin z_{\zeta} - e_{\zeta}^2) \sin^2 q_{\zeta} \cotg D \frac{\sin r''}{2}$$

32. Monddistanzen. Verbesserung wegen Erdfigur.

VI. Korrektion.

$$A = -23''2 \sin \delta_{\odot} \operatorname{cosec} D$$

δ_{\odot}	D	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
0°		0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''
3	+ 3	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 2
6	7	5	4	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3
9	10	7	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5
12	+ 14	+ 9	+ 7	+ 6	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	+ 6
15	17	12	9	8	7	6	6	6	6	6	6	7	8
18	20	14	11	9	8	7	7	7	7	7	7	8	9
21	+ 24	+ 16	+ 13	+ 11	+ 9	+ 9	+ 8	+ 8	+ 8	+ 9	+ 9	+ 9	+ 11
24	27	18	14	12	11	10	9	9	9	10	11	12	
27	30	21	16	13	12	11	10	10	10	11	12	13	
30	33	23	18	15	13	12	11	11	11	12	13	15	

$$B = -23''2 \sin \delta_{\odot} \operatorname{cotg} D$$

δ_{\odot}	D	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
0°		0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''
3	- 3	- 2	- 1	- 1	- 1	- 0	- 0	0	+ 0	+ 0	+ 1	+ 1	+ 1
6	6	4	3	2	1	1	0	0	0	1	1	2	2
9	10	6	4	3	2	1	1	0	1	1	2	3	
12	- 13	- 8	- 6	- 4	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	
15	16	10	7	5	3	2	1	0	1	2	3	5	
18	19	12	8	6	4	3	1	0	1	3	4	6	
21	- 22	- 14	- 10	- 7	- 5	- 3	- 1	0	+ 1	+ 3	+ 5	+ 7	
24	25	16	11	8	5	3	2	0	2	3	5	8	
27	28	18	12	9	6	4	2	0	2	4	6	9	
30	31	20	13	10	7	4	2	0	2	4	7	10	

Die Vorzeichen gelten in der A- und B-Tafel für nördliche Deklinationen. Für südl. Deklinationen sind die Vorzeichen umzukehren.

$$K = A + B$$

$$\text{Verbesserung} = K \cdot \sin \varphi$$

$$K \cdot \sin \varphi$$

K	φ	0°	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°
0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''	0''
2	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2
4	0	1	1	2	3	3	3	4	4	4	4
6	0	1	2	3	4	5	5	6	6	6	6
8	0	1	3	4	5	6	7	8	8	8	8
10	0	2	3	5	6	8	8	9	9	10	10
12	0	2	4	6	8	9	10	10	11	12	12
14	0	2	5	7	9	11	12	13	13	14	14
16	0	3	6	8	10	12	14		15		
18	0	3	6	9	12	14					
20	0	3	7	10	13						
22	0	4	8	11	14						

33. Monddistanzen. Verbesserung wegen Sonnenparallaxe.
VII. Korrektion.

$$A = -8'' \cos z_{\odot} \operatorname{cosec} D$$

D z_{\odot}	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	D z_{\odot}
0°	-26''	-18''	-14''	-12''	-10''	-9''	-9''	-9''	-9''	-9''	-10''	0°
10	-25	-17	-13	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-10	10
20	-24	-17	-13	-11	-10	-9	-8	-8	-8	-9	-10	20
30	-22	-15	-12	-10	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-9	30
40	-20	-14	-11	-9	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-8	40
50	-17	-12	-9	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-7	50
60	-13	-9	-7	-6	-5	-5	-4	-4	-4	-5	-5	60
70	-9	-6	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	70
80	-4	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	80
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90

$$B = +8'' \cos z_{\odot} \operatorname{cotg} D$$

D z_{\odot}	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	D z_{\odot}
0°	+24''	+15''	+11''	+7''	+5''	+3''	+2''	0''	-2''	-3''	-5''	0°
10	+24	+15	+10	+7	+5	+3	+1	0	-1	-3	-5	10
20	+23	+14	+10	+7	+5	+3	+1	0	-1	-3	-5	20
30	+21	+13	+9	+6	+4	+3	+1	0	-1	-3	-4	30
40	+19	+12	+8	+6	+4	+2	+1	0	-1	-2	-4	40
50	+16	+10	+7	+5	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	50
60	+12	+8	+5	+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	60
70	+8	+5	+4	+3	+2	+1	+1	0	-1	-1	-2	70
80	+4	+3	+2	+1	+1	+1	0	0	0	-1	-1	80
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90

$$\text{Verbesserung der Monddistanz} = A + B$$

**34. Genäherte Reduktion der scheinbaren auf wahre
Monddistanz für $H_0 = 57'$.**

Scheinbare ZD		Scheinbare Distanz										
Θ	\mathbb{C}	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
0°	0°											
10		— 19'										
20			— 28'									
30				— 35'								
40					— 42'							
50						— 47'						
60							— 51'					
70								— 51'				
80									— 51'			
85										— 51'		
10	0											
10	10	— 10										
20	— 17	— 19										
30	— 28	— 26	— 28									
40	— 35	— 34	— 35									
50	— 43	— 41	— 42									
60	— 48	— 46	— 47									
70	— 51	— 49	— 51									
80	— 51	— 49	— 51									
85		— 46	— 45									
20	0	0										
10	— 2	— 10	— 19									
20	— 9	— 14										
30	— 20	— 20	— 24	— 28								
40	— 35	— 31	— 30	— 32	— 35							
50	— 43	— 39	— 38	— 39	— 42							
60	— 48	— 44	— 44	— 45	— 47							
70	— 51	— 48	— 47	— 48	— 51							
80	— 51	— 48	— 47	— 48	— 51							
85		— 45	— 44	— 43	— 45							
30	0	+ 1										
10	+ 10	— 1	— 10									
20	+ 3	— 5	— 12	— 18								
30	— 9	— 13	— 17	— 23	— 27							
40	— 24	— 23	— 24	— 27	— 30	— 35						
50	— 43	— 34	— 32	— 32	— 34	— 38	— 42					
60	— 48	— 42	— 39	— 39	— 40	— 43	— 47					
70	— 52	— 46	— 43	— 43	— 44	— 46	— 51					
80	— 51	— 46	— 44	— 43	— 44	— 44	— 46	— 49'				
85		— 44	— 42	— 40	— 40	— 40	— 41	— 44				
40	0	+ 1										
10	+ 11	0	— 9									
20	+ 21	+ 6	— 3	— 11	— 18							
30	+ 9	— 1	— 9	— 14	— 20	— 27						
40	— 6	— 11	— 15	— 19	— 24	— 29	— 35					
50	— 26	— 23	— 24	— 25	— 28	— 31	— 35	— 42				
60	— 48	— 37	— 32	— 31	— 32	— 34	— 38	— 42	— 46			
70	— 52	— 43	— 39	— 38	— 38	— 39	— 39	— 41	— 45	— 49		
80		— 52	— 44	— 41	— 39	— 39	— 39	— 41	— 44	— 49'		
85			— 44	— 39	— 37	— 35	— 35	— 37	— 39	— 43		

Π	$\frac{\Pi}{\Pi_0}$
53'	0.93
54	95
55	96
56	0.98
57	1.00
58	02
59	04
60	05
61	0.07

**34. Genäherte Reduktion der scheinbaren auf wahre
Monddistanz für $\Pi_0 = 57'$ (Schluß).**

Scheinbare ZD		Scheinbare Distanz											
		20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
Π	$\frac{\Pi}{\Pi_0}$	0°											
53'	0.93	10											
54	95	20	+ 20'	+ 8	- 2	- 10	- 18'						
55	96	30	+ 29'	+ 13	+ 2	- 5	- 13	- 19	- 27'				
56	0.98	40	+ 14	+ 3	- 4	- 10	- 16	- 21	- 28	- 34'			
57	1.00	50	- 5	- 9	- 13	- 16	- 20	- 24	- 29	- 34	- 41'		
58	02	60	- 27	- 23	- 21	- 23	- 25	- 27	- 30	- 34	- 40	- 46'	
59	04	70	- 52	- 38	- 32	- 30	- 29	- 30	- 31	- 34	- 38	- 43	- 49'
60	05	80	- 52	- 41	- 35	- 33	- 32	- 32	- 34	- 38	- 42	- 49	- 49'
61	1.07	85	- 42	- 37	- 32	- 30	- 29	- 30	- 31	- 32	- 35	- 41	
70	0	0											
70	10	10											
70	20	20	+ 21	+ 10	0	- 9	- 17						
70	30	30	+ 29	+ 16	+ 5	- 3	- 11	- 18	- 26				
70	40	40	+ 38	+ 19	+ 9	+ 1	- 6	- 13	- 19	- 26	- 34		
70	50	50	+ 18	+ 8	0	- 5	- 11	- 15	- 20	- 26	- 33	- 41	
70	60	60	- 4	- 6	- 10	- 12	- 15	- 18	- 22	- 26	- 31	- 38	- 46
70	70	70	- 28	- 21	- 19	- 19	- 20	- 21	- 24	- 26	- 30	- 34	- 41
70	80	80	- 53	- 37	- 30	- 26	- 25	- 24	- 25	- 27	- 30	- 33	- 40
70	85	85	- 41	- 32	- 27	- 25	- 24	- 23	- 24	- 26	- 28	- 32	
80	0	0											
80	10	10											
80	20	20											
80	30	30	+ 30	+ 18	+ 9	0	- 9	- 16	- 25				
80	40	40	+ 39	+ 24	+ 13	+ 4	- 2	- 10	- 17	- 25	- 32		
80	50	50	+ 45	+ 26	+ 15	+ 6	0	- 5	- 11	- 17	- 24	- 31	- 40
80	60	60	+ 23	+ 12	+ 5	0	- 4	- 9	- 13	- 17	- 22	- 28	- 35
80	70	70	- 2	- 4	- 6	- 8	- 10	- 12	- 14	- 17	- 20	- 25	- 30
80	80	80	- 28	- 20	- 17	- 15	- 15	- 15	- 16	- 17	- 18	- 22	- 25
80	85	85	- 37	- 26	- 20	- 17	- 16	- 15	- 15	- 16	- 16	- 18	- 23
85	0	0											
85	10	10											
85	20	20											
85	30	30											
85	40	40											
85	50	50	+ 48	+ 32	+ 22	+ 14	+ 8	+ 3	- 2	- 7	- 12	- 17	- 27
85	60	60	+ 54	+ 32	+ 22	+ 14	+ 8	+ 3	- 2	- 7	- 12	- 17	- 25
85	70	70	+ 27	+ 16	+ 10	+ 5	+ 2	- 2	- 4	- 8	- 11	- 14	- 19
85	80	80	+ 1	0	- 2	- 3	- 4	- 5	- 6	- 8	- 10	- 12	- 14
85	85	85	- 13	- 10	- 8	- 7	- 6	- 6	- 7	- 8	- 9	- 10	- 13
85	10	10											
85	20	20											
85	30	30											
85	40	40											
85	50	50											
85	60	60	+ 47	+ 33	+ 24	+ 16	+ 11	+ 5	+ 2	- 1	- 4	- 10	- 15
85	70	70	+ 46	+ 29	+ 20	+ 14	+ 10	+ 5	+ 2	- 1	- 4	- 8	- 12
85	80	80	+ 16	+ 10	+ 6	+ 3	+ 2	0	0	- 2	- 4	- 6	- 8
85	85	85	+ 1	0	- 1	- 1	- 1	- 2	- 2	- 3	- 3	- 4	- 5

35. Zur Berechnung der Distanz naher Sterne.

$\Delta \alpha$	a	$\Delta \delta$	b	$\log \sin \frac{1}{2} s$	b
0°	5.560 636	0''	5.615 455	6.50	5.615 455
40	560 636 0	500	615 455	7.00	615 455
80	560 635 1	1000	615 456 1	7.50	615 456
120	560 634 1	1500	615 456 0	7.60	615 456 0
160	560 633 1	2000	615 457	7.70	615 457
200	5.560 632 1	2500	5.615 458 1	7.80	5.615 458 1
240	560 630 2	3000	615 459	7.90	615 460 2
280	560 628 2	3500	615 460	8.00	615 462 2
320	560 626 2	4000	615 462	8.05	615 464 2
360	560 623 3	4500	615 464	8.10	615 467 3
400	5.560 621 2	5000	5.615 466 2	8.15	5.615 469 2
440	560 617 4	5500	615 468 2	8.20	615 473 4
		6000	615 470 2		
		6500	615 473 3		

$\log \operatorname{tg} N = \log \Delta \alpha^{(s)} - \log \Delta \delta^{('')} + \log \sqrt{\cos \delta_1 \cos \delta_2} + a + b$
 $\log \sin \frac{1}{2} s = \log \Delta \delta^{('')} - b - \log \cos N$
 $\log s^{('')} = \log \sin \frac{1}{2} s + b$

36 a. Präzession in Rektaszension α .

36b. Präzession in Deklination p_δ .

α		p_δ	α	
+	-		-	+
0 ^h 0 ^m	12 ^h 0 ^m	20 ^m 0 ^s	12 ^h 0 ^m	24 ^h 0 ^m
10	10	20,0 0	11 50	23 50
20	20	20,0 1	40	40
30	30	19,9 2	30	30
40	40	19,7 1	20	20
50	50	19,6 2	11 10	23 10
1 0	13 0	19,4	11 0	23 0
10	10	19,1 3	10 50	22 50
20	20	18,8 3	40	40
30	30	18,5 3	30	30
40	40	18,2 3	20	20
50	50	17,8 4	10 10	22 10
		4		
2 0	14 0	17,4 5	10 0	22 0
10	10	16,9 5	9 50	21 50
20	20	16,4 5	40	40
30	30	15,9 5	30	30
40	40	15,4 6	20	20
50	50	14,8 6	9 10	21 10
		6		
3 0	15 0	14,2 7	9 0	21 0
10	10	13,5 6	8 50	20 50
20	20	12,9 7	40	40
30	30	12,2 7	30	30
40	40	11,5 7	20	20
50	50	10,8 7	8 10	20 10
		8		
4 0	16 0	10,0 7	8 0	20 0
10	10	9,3 8	7 50	19 50
20	20	8,5 8	40	40
30	30	7,7 8	30	30
40	40	6,9 8	20	20
50	50	6,0 9	7 10	19 10
		8		
5 0	17 0	5,2 9	7 0	19 0
10	10	4,3 8	6 50	18 50
20	20	3,5 9	40	40
30	30	2,6 9	30	30
40	40	1,7 8	20	20
50	50	0,9 9	6 10	18 10
		9		
6 0	18 0	0,0	6 0	18 0
+	-		-	+

37. Zur Berechnung der Präzession in Rektaszension und Deklination und in den Bahnelementen.

Trop. Jahr	$m^{(s)}$	$\log m^{(s)}$	$\log n^{(s)}$	$n^{('')}$	$\log n^{('')}$	p	$\log \pi$	Π	ϵ
1750	3.0695	0.48707	0.12623	20.060	1.30232	50.223	9.6740	172° 34' 9"	23° 28' 18" 5
1760	0.697	48710	12621	059	30230	225	6740	172 40.4	28 13.8
1770	0.699	48713	12620	058	30229	227	6739	172 45.9	28 9.2
1780	0.701	48715	12618	057	30227	230	6738	172 51.4	28 4.5
1790	0.703	48718	12616	056	30225	232	6738	172 56.8	27 59.8
1800	3.0705	0.48721	0.12614	20.055	1.30223	50.234	9.6737	173 2.3	23 27 55.1
1810	0.707	48723	12612	054	30221	236	6736	173 7.8	27 50.4
1820	0.708	48726	12610	054	30219	238	6736	173 13.3	27 45.7
1830	0.710	48728	12608	053	30218	241	6735	173 18.7	27 41.0
1840	0.712	48731	12607	052	30216	243	6735	173 24.2	27 36.4
1850	3.0714	0.48734	0.12605	20.051	1.30214	50.245	9.6734	173 29.7	23 27 31.7
1860	0.716	48736	12603	050	30212	247	6733	173 35.2	27 27.0
1870	0.718	48739	12601	049	30210	250	6733	173 40.6	27 22.3
1880	0.720	48742	12599	049	30208	252	6732	173 46.1	27 17.6
1890	0.722	48744	12597	048	30206	254	6732	173 51.6	27 12.9
1900	3.0723	0.48747	0.12596	20.047	1.30205	50.256	9.6731	173 57.1	23 27 8.3
1910	0.725	48749	12594	046	30203	259	6730	174 2.5	27 3.6
1920	0.727	48752	12592	045	30201	261	6730	174 8.0	26 58.9
1930	0.729	48755	12590	044	30199	263	6729	174 13.5	26 54.2
1940	0.731	48757	12588	043	30197	265	6728	174 19.0	26 49.5
1950	3.0733	0.48760	0.12586	20.043	1.30195	50.268	9.6728	174 24.4	23 26 44.8

$$p_\alpha = m^{(s)} + n^{(s)} \sin \alpha \operatorname{tg} \delta$$

$$p_\delta = n^{('')} \cos \alpha$$

System der Ekliptik.

$$\vartheta_1 = \vartheta_0 + \{p - \pi \operatorname{cotg} i_m \sin (\Pi - \vartheta_m)\} (t_1 - t_0)$$

$$i_1 = i_0 - \{\pi \cos (\Pi - \vartheta_m)\} (t_1 - t_0)$$

$$\omega_1 = \omega_0 + \{\pi \operatorname{cosec} i_m \sin (\Pi - \vartheta_m)\} (t_1 - t_0)$$

System des Äquators.

$$\vartheta'_1 = \vartheta'_0 + \{m - n \operatorname{cotg} i'_m \cos \vartheta'_m\} (t_1 - t_0)$$

$$i'_1 = i'_0 - n \sin \vartheta'_m (t_1 - t_0)$$

$$\omega'_1 = \omega'_0 + n \cos \vartheta'_m \operatorname{cosec} i'_m (t_1 - t_0)$$

38 a. Differenzielle Präzession in Rektaszension und Deklination.

$$1) A = 10 n \sin i' \cos \alpha \tan \delta$$

α	δ	0°	80	160	240	320	400	480	δ	α
+	+								—	—
24 ^h 0 ^m	0 ^h 0 ^m	0:000	0:008	0:017	0:026	0:036	0:049	0:065	12 ^h 0 ^m	12 ^h 0 ^m
23 50	10 000	008 0	017 0	026 0	036 0	049 0	065 0	065 0	II 50	10
40	20 000	008 0	017 0	026 0	036 0	049 0	065 0	065 0	40	20
30	30 000	008 0	017 0	026 0	036 0	048 1	064 1	064 0	30	30
20	40 000	008 0	016 1	026 0	036 0	048 0	064 0	064 1	20	40
23 10	50 000	008 0	016 0	025 1	036 0	048 0	063 1	063 0	II 10	50
		0	0	0	0	I	I	0		
23 0	I 0	0,000	0,008	0,016	0,025	0,035	0,047	0,063	II 0	I3 0
22 50	10 000	008 0	016 0	025 0	035 1	047 0	062 1	062 1	10 50	10
40	20 000	008 0	016 0	024 1	034 0	046 1	061 1	061 1	40	20
30	30 000	008 0	015 1	024 0	034 1	045 1	060 1	060 1	30	30
20	40 000	007 1	015 0	024 0	033 1	044 1	059 1	059 1	20	40
22 10	50 000	007 0	015 0	023 1	032 1	043 1	057 2	057 2	10 10	50
		0	I	I	0	I	I	I		
22 0	2 0	0,000	0,007	0,014	0,022	0,032	0,042	0,056	10 0	I4 0
21 50	10 000	007 0	014 0	022 0	031 1	041 1	055 2	055 2	9 50	10
40	20 000	007 0	014 0	021 1	030 1	040 1	053 2	053 2	40	20
30	30 000	006 1	013 1	021 0	029 1	039 2	051 1	051 1	30	30
20	40 000	006 0	013 1	020 1	028 1	037 2	050 1	050 1	20	40
21 10	50 000	006 0	012 1	019 1	027 1	036 0	048 2	048 2	9 10	50
		0	0	I	I	I	I	I		
21 0	3 0	0,000	0,006	0,012	0,018	0,026	0,035	0,046	9 0	I5 0
20 50	10 000	006 0	011 1	018 0	025 1	033 2	044 2	044 2	8 50	10
40	20 000	005 1	011 1	017 1	023 1	031 1	042 3	042 3	40	20
30	30 000	005 0	010 0	016 0	022 1	030 1	039 2	039 2	30	30
20	40 000	005 0	010 0	015 1	021 1	028 1	037 2	037 2	20	40
20 10	50 000	004 1	009 1	014 1	020 1	026 2	035 2	035 2	8 10	50
		0	I	I	I	I	I	I		
20 0	4 0	0,000	0,004	0,008	0,013	0,018	0,024	0,032	8 0	I6 0
19 50	10 000	004 0	008 0	012 1	017 1	023 2	030 2	030 2	7 50	10
40	20 000	003 1	007 1	011 1	015 1	021 2	027 3	027 3	40	20
30	30 000	003 0	006 1	010 1	014 2	019 2	025 2	025 2	30	30
20	40 000	003 0	006 0	009 1	012 2	017 2	022 3	022 3	20	40
19 10	50 000	002 1	005 1	008 1	011 1	015 2	019 3	019 3	7 10	50
		0	I	I	I	I	I	I		
19 0	5 0	0,000	0,002	0,004	0,007	0,009	0,013	0,017	7 0	I7 0
18 50	10 000	002 0	004 1	006 1	008 1	011 2	014 3	014 3	6 50	10
40	20 000	001 1	003 1	005 1	006 2	008 3	011 3	011 3	40	20
30	30 000	001 0	002 1	003 2	005 1	006 2	009 2	009 2	30	30
20	40 000	001 0	001 0	002 1	003 1	004 2	006 3	006 3	20	40
18 10	50 000	000 1	001 0	001 0	002 1	002 1	003 2	003 2	6 10	50
		0	I	I	I	I	I	I		
18 0	6 0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6 0	I8 0
+	+								—	—

Die Vorzeichen gelten für nördliche Deklination; für südliche Deklinationen sind die Vorzeichen umzukehren.

$$10 \cdot P'(\alpha) = A \cdot \Delta \alpha^m + B \cdot \Delta \delta'$$

38 a. Differenzielle Präzession in Rektaszension und Deklination.

i) $A = \text{const} \sin r' \cos \alpha \tan \delta$ (Fortsetzung)

α	δ	48°	56°	60°	64°	68°	70°	δ	α
+ 24 h 0 m	+ 0 h 0 m	0:065	0:086	0:101	0:120	0:144	0:160	12 h 0 m	12 h 0 m
23 50	10	065	086	101	119	144	160	11 50	10
40	20	065	086	101	119	144	160	40	20
30	30	064	086	100	118	143	159	30	30
20	40	064	085	099	118	142	158	20	40
23 10	50	063	084	099	117	141	156	11 10	50
		0	1	1	2	2	1		
23 0	1	0	0.063	0.083	0.098	0.115	0.139	0.155	13 0
22 50	10	062	082	096	114	138	153	10 50	10
40	20	061	081	095	112	136	151	40	20
30	30	060	080	093	110	133	148	30	30
20	40	059	078	092	108	131	145	20	40
22 10	50	057	077	090	106	128	142	10 10	50
		1	2	3	2	3	3		
22 0	2	0	0.056	0.075	0.087	0.104	0.125	0.139	14 0
21 50	10	055	073	085	101	122	135	9 50	10
40	20	053	071	083	098	118	131	40	20
30	30	051	068	080	095	114	127	30	30
20	40	050	066	077	092	111	123	20	40
21 10	50	048	064	074	088	106	118	9 10	50
		2	3	3	3	4	5		
21 0	3	0	0.046	0.061	0.071	0.085	0.102	0.113	15 0
20 50	10	044	058	068	081	097	108	8 50	10
40	20	042	056	065	077	093	103	40	20
30	30	039	053	061	073	088	097	30	30
20	40	037	050	058	069	083	092	20	40
20 10	50	035	046	054	064	078	086	8 10	50
		3	3	4	4	6	6		
20 0	4	0	0.032	0.043	0.050	0.060	0.072	0.080	16 0
19 50	10	030	040	047	055	067	074	7 50	10
40	20	027	037	043	051	061	068	40	20
30	30	025	033	039	046	055	061	30	30
20	40	022	030	035	041	049	055	20	40
19 10	50	019	026	030	036	043	048	7 10	50
		2	4	4	5	6	7		
19 0	5	0	0.017	0.022	0.026	0.031	0.037	0.041	17 0
18 50	10	014	019	022	026	031	035	6 50	10
40	20	011	015	018	021	025	028	40	20
30	30	009	011	013	016	019	021	30	30
20	40	006	008	009	010	013	014	20	40
18 10	50	003	004	004	005	006	007	6 10	50
		3	4	4	5	6	7		
18 0	6	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18 0
+	+							—	—

Die Vorzeichen gelten für nördliche Deklination; für südliche Deklinationen sind die Vorzeichen umzukehren.

$$\text{io} \cdot P'(\alpha) = A \cdot \Delta \alpha^m + B \cdot \Delta \delta'$$

38 a. Differenzielle Präzession in Rektaszension und Deklination.

i) $A = \text{const} \sin \alpha' \cos \alpha \tan \delta$ (Schluß)

α	δ	70°	72°	74°	76°	78°	80°	δ	α
+	+							-	-
24h 0m	0h 0m	0°160	0°179	0°203	0°234	0°274	0°331	12h 0m	12 0m
23 50	10	160 0	179 0	203 0	233 1	274 0	330 1	II 50	10
40	20	160 1	179 1	203 2	233 1	273 1	329 1	40	20
30	30	159 1	178 1	201 2	232 2	272 2	328 2	30	30
20	40	158 2	177 2	200 1	230 2	270 2	326 2	20	40
23 10	50	156 2	175 2	198 2	228 2	268 2	323 3	II 10	50
		1	2	2	2	3	4		
23 0	I 0	0.155	0.173	0.196	0.226	0.265	0.319	II 0	I3 0
22 50	10	153 2	171 2	194 2	223 3	261 4	315 4	IO 50	10
40	20	151 2	169 2	191 3	220 3	258 3	311 6	40	20
30	30	148 3	166 3	188 3	216 4	253 5	305 5	30	30
20	40	145 3	163 3	184 4	212 4	249 4	300 5	20	40
22 10	50	142 3	159 4	180 4	207 5	243 6	293 7	IO 10	50
		3	4	4	4	5	7		
22 0	2 0	0.139	0.155	0.176	0.203	0.238	0.286	IO 0	I4 0
21 50	10	135 4	151 4	171 5	197 6	231 7	279 7	9 50	10
40	20	131 4	147 4	167 4	192 5	225 8	271 9	40	20
30	30	127 4	142 5	161 6	185 7	217 7	262 9	30	30
20	40	123 4	137 5	156 5	179 6	210 7	253 9	20	40
21 10	50	118 5	132 5	150 6	172 7	202 8	244 9	9 10	50
		5	5	6	7	8	10		
21 0	3 0	0.113	0.127	0.144	0.165	0.194	0.234	9 0	I5 0
20 50	10	108 5	121 6	137 7	158 7	185 9	223 11	8 50	10
40	20	103 6	115 6	131 7	150 8	176 9	213 10	40	20
30	30	097	109 6	124 7	142 8	167 9	201 11	30	30
20	40	092 5	103 6	117 8	134 8	157 10	190 12	20	40
20 10	50	086 6	096 7	109 8	126 8	147 10	178 12	8 10	50
		6	6	7	9	10	13		
20 0	4 0	0.080	0.090	0.102	0.117	0.137	0.165	8 0	I6 0
19 50	10	074 6	083 7	094 8	108 9	127 10	153 12	7 50	10
40	20	068 6	076 7	086 8	099 9	116 11	140 13	40	20
30	30	061 7	069 7	078 8	089 10	105 11	126 14	30	30
20	40	055 6	061 8	070 8	080 9	094 11	113 13	20	40
19 10	50	048 7	054 7	061 9	070 10	082 12	099 14	7 10	50
		7	8	8	9	11	13		
19 0	5 0	0.041	0.046	0.053	0.061	0.071	0.086	7 0	I7 0
18 50	10	035 6	039 7	044 8	051 10	059 12	072 14	6 50	10
40	20	028 7	031 7	035 8	041 10	048 11	057 15	40	20
30	30	021 7	023 7	026 9	031 10	036 12	043 14	30	30
20	40	014 7	016 7	018 8	020 11	024 12	029 14	20	40
18 10	50	007 7	008 8	009 9	010 10	012 12	014 15	6 10	50
18 0	6 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6 0	I8 0
+	+							-	-

Die Vorzeichen gelten für nördliche Deklination; für südl. Deklinationen sind die Vorzeichen umzukehren.

$$10 \cdot P'(\alpha) = A \cdot \Delta \alpha^m + B \cdot \Delta \delta'$$

38 a. Differenzielle Präzession in Rektaszension und Deklination.

$$2) B = 10 \cdot \frac{1}{15} n \sin \nu' \sin \alpha \sec^2 \delta$$

α	δ	0°	8°	16°	24°	32°	40°	48°	δ	α
+ 12h 0m	+ 0h 0m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	- 12h 0m	- 24h 0m
11 50	10 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	10 000	23 50
40	20 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	20 000	40
30	30 000	0 000	0 000	0 001	0 001	0 001	0 001	0 001	30 000	30
20	40 001	0 001	0 001	0 001	0 001	0 001	0 001	0 002	40 000	20
II 10	50 001	0 001	0 001	0 001	0 001	0 001	0 001	0 002	50 000	23 10
		0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	I 000		
II 0	I 0 001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	I 3 0	23 0
10 50	10 001	0 001	0 001	0 001	0 002	0 002	0 002	0 003	10 000	22 50
40	20 001	0 001	0 001	0 001	0 002	0 002	0 002	0 003	20 000	40
30	30 001	0 001	0 001	0 002	0 002	0 002	0 002	0 003	30 000	30
20	40 002	0 002	0 002	0 002	0 002	0 002	0 003	0 004	40 000	20
10 10	50 002	0 002	0 002	0 002	0 002	0 002	0 003	0 004	50 000	22 10
		0 000	0 000	0 000	0 000	I 000	0 000	0 000		
10 0	2 0 0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	I 4 0	22 0
' 9 50	10 002	0 002	0 002	0 002	0 002	0 003	0 004	0 004	10 000	21 50
40	20 002	0 002	0 002	0 003	0 003	0 003	0 004	0 005	20 000	40
30	30 002	0 002	0 003	0 003	0 003	0 003	0 004	0 005	30 000	30
20	40 002	0 003	0 003	0 003	0 003	0 003	0 004	0 006	40 000	20
9 10	50 003	0 003	0 003	0 003	0 003	0 004	0 004	0 006	50 000	21 10
		0 000	0 000	0 000	0 000	I 000	0 000	0 000		
9 0	3 0 0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	I 5 0	21 0
8 50	10 003	0 003	0 003	0 003	0 003	0 004	0 005	0 006	10 000	20 50
40	20 003	0 003	0 003	0 003	0 004	0 004	0 005	0 007	20 000	40
30	30 003	0 003	0 003	0 003	0 004	0 004	0 005	0 007	30 000	30
20	40 003	0 003	0 003	0 003	0 004	0 004	0 005	0 007	40 000	20
8 10	50 003	0 003	0 003	0 004	0 004	0 005	0 006	0 007	50 000	20 10
		0 000	0 000	0 000	0 000	I 000	0 000	I 000		
8 0	4 0 0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0008	I 6 0	20 0	
7 50	10 003	0 003	0 003	0 004	0 004	0 005	0 006	0 008	10 000	19 50
40	20 004	0 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 006	0 008	20 000	40
30	30 004	0 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 006	0 008	30 000	30
20	40 004	0 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 006	0 008	40 000	20
7 10	50 004	0 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 006	0 008	50 000	19 10
		0 000	0 000	0 000	0 000	I 000	0 000	I 000		
7 0	5 0 0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0008	I 7 0	19 0
6 50	10 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 005	0 007	0 008	10 000	18 50
40	20 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 005	0 007	0 009	20 000	40
30	30 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 005	0 007	0 009	30 000	30
20	40 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 005	0 007	0 009	40 000	20
6 10	50 004	0 004	0 004	0 004	0 005	0 005	0 007	0 009	50 000	18 10
		0 000	0 000	0 000	0 000	I 000	0 000	I 000		
6 0	6 0 0,004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.007	0.009	I 8 0	18 0
		+	+							

$$10 \cdot P'(\alpha) = A \cdot \Delta \alpha^m + B \cdot \Delta \delta'$$

38 a. Differenzielle Präzession in Rektaszension und Deklination.

2) $B = 10 \cdot \frac{1}{15} n \sin i' \sin \alpha \sec^2 \delta$ (Fortsetzung)

α	δ	48°	56°	60°	64°	68°	70°	δ	α
+	+							—	—
12 ^h 0 ^m	0 ^h 0 ^m	0 ⁰ 000	12 ^h 0 ^m	24 ^h 0 ^m					
II 50	10	000 0	001 I	10	23 50				
40	20	001 I	001 0	001 0	002 I	002 I	003 2	20	40
30	30	001 0	002 I	002 I	003 I	004 I	004 2	30	30
20	40	002 I	002 0	003 0	004 I	005 I	006 2	40	20
II 10	50	002 0	003 I	003 0	004 0	006 I	007 I	50	23 10
		0 0	I I	I I	I I	I I	I I		
II 0	I 0	0.002 I	0.003 I	0.004 I	0.005 I	0.007 I	0.009 I	I 3 0	23 0
10 50	10	003 0	004 0	005 0	006 I	008 I	010 I	10	22 50
40	20	003 0	004 I	005 I	007 I	009 I	011 I	20	40
30	30	003 0	005 I	006 I	008 I	010 2	013 2	30	30
20	40	004 I	005 0	007 I	009 I	012 I	014 I	40	20
10 10	50	004 0	006 I	007 0	009 0	013 I	015 I	50	22 10
		0 0	I I	I I	I I	I I	I I		
10 0	2 0	0.004 I	0.006 I	0.008 0	0.010 I	0.014 I	0.017 I	I 4 0	22 0
9.50	10	005 0	007 I	008 0	011 I	015 I	018 I	10	21 50
40	20	005 0	007 0	009 I	012 I	016 I	019 I	20	40
30	30	005 I	008 I	009 0	012 0	017 I	020 I	30	30
20	40	006 0	008 0	010 0	013 I	018 I	021 I	40	20
9 10	50	006 0	008 0	010 0	014 I	019 I	022 I	50	21 10
		0 I	I I	I I	I I	I I	I I		
9 0	3 0	0.006 0	0.009 0	0.011 I	0.014 I	0.020 I	0.023 I	I 5 0	21 0
8 50	10	006 0	009 0	011 I	015 I	020 0	024 I	10	20 50
40	20	007 I	010 I	012 I	015 0	021 I	025 I	20	40
30	30	007 0	010 0	012 I	016 I	022 I	026 I	30	30
20	40	007 0	010 0	013 I	017 I	023 I	027 I	40	20
8 10	50	007 0	011 I	013 0	017 0	023 0	028 I	50	20 10
		I I	I I	I I	I I	I I	I I		
8 0	4 0	0.008 0	0.011 I	0.013 I	0.018 I	0.024 I	0.029 I	I 6 0	20 0
7 50	10	008 0	011 I	014 I	018 0	025 I	029 I	10	19 50
40	20	008 0	011 I	014 I	018 0	025 0	030 I	20	40
30	30	008 0	011 I	014 I	019 I	026 I	031 I	30	30
20	40	008 0	012 I	015 I	019 I	026 I	031 I	40	20
7 10	50	008 0	012 I	015 I	019 I	026 I	032 I	50	19 10
		I I	I I	I I	I I	I I	I I		
7 0	5 0	0.008 0	0.012 0	0.015 I	0.020 I	0.027 I	0.032 I	I 7 0	19 0
6 50	10	008 0	012 I	015 I	020 I	027 I	032 I	10	18 50
40	20	009 I	012 I	015 I	020 I	027 I	033 I	20	40
30	30	009 0	012 I	015 I	020 I	027 I	033 0	30	30
20	40	009 0	012 I	015 I	020 I	028 I	033 0	40	20
6 10	50	009 0	012 I	015 I	020 I	028 I	033 0	50	18 10
		I I	I I	I I	I I	I I	I I		
6 0	6 0	0.009 0	0.012 I	0.015 I	0.020 I	0.028 I	0.033 I	I 8 0	18 0
+	+							—	—

$$10 \cdot P'(\alpha) = A \cdot \Delta \alpha^m + B \cdot \Delta \delta'$$

38a. Differenzielle Präzession in Rektaszension und Deklination.

$$2) B = 10 \cdot \frac{1}{15} n \sin \delta' \sin \alpha \sec^2 \delta \text{ (Schluß)}$$

α	δ	70°	72°	74°	76°	78°	80°	δ	α
+	+							—	—
I 2 h 0 m	0 h 0 m	0°000	0°000	0°000	0°000	0°000	0°000	I 2 h 0 m	24 h 0 m
II 50	10	001 1	002 2	002 2	003 3	004 4	006 6	10	23 50
40	20	003 2	004 2	004 2	006 3	008 4	011 5	20	40
30	30	004 1	005 1	007 3	009 3	012 4	017 5	30	30
20	40	006 2	007 2	009 2	012 2	016 4	022 5	40	20
II 10	50	007 1	009 2	011 2	014	019 3	028 6	50	23 10
		2	2	2	3	4	5		
II 0	I 0	0.009 1	0.011 1	0.013 2	0.017	0.023 4	0.033 6	I 3 0	23 0
IO 50	10	010 1	012 1	015 2	020 3	027 4	039 5	10	22 50
40	20	011 2	014 2	017 2	023 3	031 4	044 5	20	40
30	30	013 2	016 2	020 3	025 2	034 3	049 5	30	30
20	40	014 1	017 1	022 2	028 3	038 4	054 5	40	20
IO 10	50	015 1	019 2	024 2	031 3	042 4	059 5	50	22 10
		2	1	2	2	3	5		
IO 0	2 0	0.017	0.020	0.026	0.033	0.045	0.064	I 4 0	22 0
9 50	10	018 1	022 2	027 1	036 3	048 3	069 5	10	21 50
40	20	019 1	023 1	029 2	038 2	052 4	074 5	20	40
30	30	020 1	025 2	031 2	040 2	055 3	078 4	30	30
20	40	021 1	026 1	033 2	043 3	058 3	083 5	40	20
9 10	50	022 1	027 1	035 2	045	061 3	087 4	50	21 10
		1	2	1	2	3	4		
9 0	3 0	0.023 1	0.029 1	0.036 1	0.047 2	0.064 2	0.091 1	I 5 0	21 0
8 50	10	024 1	030 1	038 2	049 2	066 2	095 4	10	20 50
40	20	025 1	031 1	039 1	051 2	069 3	099 4	20	40
30	30	026 1	032 1	041 2	053 2	071 2	102 3	30	30
20	40	027 1	033 1	042 1	054 2	074 3	106 4	40	20
8 10	50	028 1	034 1	043 1	056 2	076 2	109 3	50	20 10
		1	1	1	2	2	3		
8 0	4 0	0.029 0	0.035 1	0.044 1	0.058 1	0.078	0.112 2	I 6 0	20 0
7 50	10	029 1	036 1	045 1	059 1	080 2	114 2	10	19 50
40	20	030 1	037 1	046 1	060 1	082 2	117 3	20	40
30	30	031 0	038 1	047 1	061 1	083 1	119 2	30	30
20	40	031 0	038 0	048 1	062 1	085 2	121 2	40	20
7 10	50	032 1	039 1	049 1	063 1	086 1	123 2	50	19 10
		0	0	0	1	1	2		
7 0	5 0	0.032 0	0.039 1	0.049 1	0.064 1	0.087	0.125 1	I 7 0	19 0
6 50	10	032 1	040 1	050 1	065 1	088 1	126 1	10	18 50
40	20	033 1	040 0	050 0	065 0	089 1	127 1	20	40
30	30	033 0	040 0	051 1	066 1	089 0	128 1	30	30
20	40	033 0	041 1	051 0	066 0	090 1	128 0	40	20
6 10	50	033 0	041 0	051 0	066 0	090 0	129 1	50	18 10
6 0	6 0	0.033 0	0.041 0	0.051 0	0.066 0	0.090 0	0.129 0	I 8 0	18 0
+	+							—	—

$$10 \cdot P'(\alpha) = A \cdot \Delta \alpha^m + B \cdot \Delta \delta'$$

38 a. Differenzielle Präzession in Rektaszension und Deklination.

$$3) C = -10 \cdot 15 n \sin i' \sin \alpha$$

α		C	α	
12^{h}	0^{m}	0^{h}	0^{m}	$-0''000$
II	50	10		$_{38}^{+}$
40		20		038_{38}
30		30		076_{38}
20		40		114_{38}
II	10	50		152_{38}
				189_{37}
				$_{37}^{+}$
II	0	1	0	-0.226
10	50	10		$_{37}^{+}$
40		20		263_{36}
30		30		299_{36}
20		40		335_{36}
10	10	50		370_{35}
				404_{34}
				$_{33}^{+}$
10	0	2	0	-0.437
9	50	10		$_{33}^{+}$
40		20		470_{33}
30		30		502_{32}
20		40		533_{31}
9	10	50		562_{29}
				591_{29}
				$_{27}^{+}$
9	0	3	0	-0.618
8	50	10		$_{27}^{+}$
40		20		645_{27}
30		30		670_{25}
20		40		694_{24}
8	10	50		716_{22}
				737_{21}
				$_{20}^{+}$
8	0	4	0	-0.757
7	50	10		$_{19}^{+}$
40		20		776_{19}
30		30		793_{17}
20		40		808_{15}
7	10	50		822_{14}
				834_{12}
				$_{11}^{+}$
7	0	5	0	-0.845
6	50	10		$_{9}^{+}$
40		20		854_{9}
30		30		861_{7}
20		40		867_{6}
6	10	50		871_{4}
				874_{3}
				$_{1}^{+}$
6	0	6	0	-0.875
				$_{+}^{+}$

$$10 \cdot P'(\delta) = C \cdot \Delta \alpha^{\text{m}}$$

38 b. Zehnjährige Präzession in Positionswinkel.

$$10 \cdot P'(p) = 10 n \sin \alpha \sec \delta$$

$$38\text{b. Zehnjährige Präzession in Positionswinkel (Fortsetzung).}$$

$$10 \cdot P'(p) = 10 n \sin \alpha \sec \delta$$

38 b. Zehnjährige Präzession in Positionswinkel (Schluß).

$$10 \cdot P'(p) = 10 n \sin \alpha \sec \delta$$

39. Aberration in Positionswinkel.

Tafelgröße K

Einheit $^{\circ}$ or

Datum AR	Jan. I	Febr. I	März I	Apr. I	Mai I	Juni I	Juli I	Datum AR	δ	tang δ
0 ^h	+ 6	+ 21	+ 30	+ 31	+ 24	+ 11	- 5	12 ^h	0°	0.00
I	- 3	+ 13	+ 26	+ 31	+ 29	+ 19	+ 4	13	± 4	± 0.07
2	- 12	+ 5	+ 20	+ 30	+ 32	+ 25	+ 13	14	8	0.14
3	- 20	- 3	+ 13	+ 26	+ 32	+ 30	+ 20	15	12	0.21
4	- 26	- 11	+ 5	+ 21	+ 31	+ 33	+ 27	16	16	0.29
5	- 31	- 19	- 3	+ 14	+ 28	+ 34	+ 31	17	24	0.36
6	- 33	- 25	- 11	+ 6	+ 22	+ 32	+ 34	18	28	0.43
7	- 34	- 30	- 19	- 2	+ 15	+ 28	+ 34	19	32	0.53
8	- 32	- 32	- 25	- 10	+ 7	+ 23	+ 32	20	36	0.62
9	- 28.	- 32	- 29	- 17	- 1	+ 15	+ 27	21	40	0.73
10	- 22	- 31	- 31	- 23	- 10	+ 7	+ 21	22	44	0.84
11	- 14	- 27	- 31	- 28	- 17	- 2	+ 13	23	48	0.97
12	- 6	- 21	- 30	- 31	- 24	- 11	+ 5	24	52	1.11
									56	1.28
									56	1.48
									60	1.73
									64	2.05
									68	2.48
									72	3.08
									76	4.01
									80	5.67

Datum AR	Juli I	Aug. I	Sept. I	Okt. I	Nov. I	Dez. I	Dez. 32	Datum AR
0 ^h	- 5	- 20	- 29	- 31	- 24	- 11	+ 5	12 ^h
I	+ 4	- 12	- 25	- 31	- 29	- 19	- 3	13
2	+ 13	- 3	- 19	- 29	- 32	- 26	- 12	14
3	+ 20	+ 5	- 11	- 25	- 32	- 30	- 20	15
4	+ 27	+ 13	- 3	- 19	- 31	- 33	- 26	16
5	+ 31	+ 21	+ 5	- 12	- 27	- 34	- 31	17
6	+ 34	+ 27	+ 13	- 4	- 21	- 32	- 34	18
7	+ 34	+ 31	+ 20	+ 4	- 14	- 28	- 34	19
8	+ 32	+ 33	+ 25	+ 12	- 6	- 22	- 32	20
9	+ 27	+ 33	+ 30	+ 19	+ 2	- 14	- 28	21
10	+ 21	+ 30	+ 32	+ 25	+ 11	- 6	- 22	22
11	+ 13	+ 26	+ 31	+ 29	+ 18	+ 3	- 14	23
12	+ 5	+ 20	+ 29	+ 31	+ 24	+ 11	- 5	24

Mit dem rechts stehenden Argument AR von $12^h - 24^h$ sind die Vorzeichen der Tafel umzukehren.

Aberration in PW = K · tang δ

39. Aberration in Distanz.

Tafelgröße L

Einheit o''/o°

AR Datum	0 ^h	2 ^h	4 ^h	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	AR Datum
$\delta = 0^{\circ}$														
Jan. I	-10	-9	-6	-2	+3	+8	+10	+9	+6	+2	-3	-8	-10	Jan. I
Febr. I	-7	-9	-9	-6	-2	+3	+7	+9	+9	+6	+2	-3	-7	Febr. I
März I	-3	-7	-9	-9	-6	-1	+3	+7	+9	+9	+6	+1	-3	März I
Apr. I	+2	-3	-7	-9	-9	-6	-2	+3	+7	+9	+9	+6	+2	Apr. I
Mai I	+6	+2	-3	-7	-9	-9	-6	-2	+3	+7	+9	+9	+6	Mai I
Juni I	+9	+7	+2	-3	-7	-10	-9	-7	-2	+3	+7	+10	+9	Juni I
Juli I	+10	+9	+6	+1	-4	-8	-10	-9	-6	-1	+4	+8	+10	Juli I
Aug. I	+8	+9	+9	+6	+1	-4	-8	-9	-9	-6	-1	+4	+8	Aug. I
Sept. I	+4	+7	+9	+8	+5	+1	-4	-7	-9	-8	-5	-1	+4	Sept. I
Okt. I	-1	+3	+7	+9	+8	+6	+1	-3	-7	-9	-8	-6	-1	Okt. I
Nov. I	-6	-2	+3	+7	+9	+9	+6	+2	-3	-7	-9	-9	-6	Nov. I
Dez. I	-9	-6	-2	+3	+7	+10	+9	+6	+2	-3	-7	-10	-9	Dez. I
" 32	-10	-9	-6	-2	+3	+8	+10	+9	+6	+2	-3	-8	-10	" 32
$\delta = +20^{\circ}$														
Jan. I	-9	-9	-6	-2	+3	+7	+9	+8	+6	+1	-3	-8	-9	Jan. I
Febr. I	-8	-10	-9	-7	-2	+2	+6	+7	+7	+5	0	-5	-8	Febr. I
März I	-4	-8	-10	-9	-7	-3	+2	+5	+7	+7	+4	-1	-4	März I
Apr. I	0	-4	-8	-10	-9	-7	-3	0	+5	+7	+7	+4	0	Apr. I
Mai I	+5	+1	-4	-7	-10	-9	-7	-4	+2	+5	+8	+7	+5	Mai I
Juni I	+8	+6	+1	-3	-7	-9	-9	-7	-2	+3	+6	+8	+8	Juni I
Juli I	+9	+9	+6	+2	-3	-7	-9	-8	-5	-1	+4	+8	+9	Juli I
Aug. I	+8	+10	+9	+6	+2	-3	-6	-8	-7	-4	0	+5	+8	Aug. I
Sept. I	+5	+8	+10	+9	+6	+2	-2	-5	-7	-7	-4	+1	+5	Sept. I
Okt. I	0	+4	+8	+10	+9	+7	+2	-1	-5	-7	-7	-3	0	Okt. I
Nov. I	-5	-1	+4	+8	+10	+9	+7	+3	-2	-6	-8	-7	-5	Nov. I
Dez. I	-8	-5	-1	+4	+8	+10	+9	+7	+2	-3	-6	-8	-8	Dez. I
" 32	-9	-9	-6	-2	+3	+7	+9	+8	+6	+1	-3	-8	-9	" 32
$\delta = +40^{\circ}$														
Jan. I	-8	-8	-5	-2	+2	+5	+7	+7	+4	+1	-3	-6	-8	Jan. I
Febr. I	-7	-9	-8	-6	-3	+1	+4	+5	+5	+3	0	-4	-7	Febr. I
März I	-5	-8	-9	-9	-7	-3	0	+3	+5	+4	+2	-1	-5	März I
Apr. I	-1	-5	-8	-9	-9	-7	-4	0	+3	+4	+4	+2	-1	Apr. I
Mai I	+3	0	-4	-7	-9	-9	-7	-4	0	+3	+5	+5	+3	Mai I
Juni I	+6	+4	+1	-3	-6	-8	-8	-6	-2	+1	+5	+6	+6	Juni I
Juli I	+8	+7	+5	+2	-2	-6	-7	-7	-4	-1	+3	+6	+8	Juli I
Aug. I	+7	+9	+8	+6	+2	-2	-4	-6	-5	-3	+1	+5	+7	Aug. I
Sept. I	+5	+8	+9	+9	+6	+3	0	-3	-5	-4	-2	+2	+5	Sept. I
Okt. I	+2	+5	+8	+9	+9	+7	+4	0	-3	-4	-4	-2	+2	Okt. I
Nov. I	-3	+1	+4	+7	+9	+9	+7	+3	0	-3	-5	-5	-3	Nov. I
Dez. I	-6	-4	0	+3	+7	+8	+8	+6	+2	-2	-5	-6	-6	Dez. I
" 32	-8	-8	-5	-2	+2	+5	+7	+7	+4	+1	-3	-6	-8	" 32

Für südliche Deklinationen geht man mit AR + 12^h in die Tafel ein und kehrt das Vorzeichen um.

$$\text{Aberration in Distanz} = \frac{s}{1000} \cdot L$$

39. Aberration in Distanz (Schluß).

Tafelgröße L

Einheit o"or

AR Datum	0 ^h	2 ^h	4 ^h	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	20 ^h	22 ^h	24 ^h	AR Datum
$\delta = + 60^\circ$														
Jan. I	-5	-5	-4	-1	+1	+3	+4	+4	+2	0	-2	-4	-5	Jan. I
Febr. I	-6	-7	-7	-5	-3	-1	+1	+2	+2	+1	-1	-4	-6	Febr. I
März I	-5	-7	-8	-7	-6	-4	-2	0	+1	+1	0	-2	-5	März I
Apr. I	-2	-5	-7	-8	-8	-6	-4	-2	0	+1	+1	0	-2	Apr. I
Mai I	+1	-2	-4	-6	-7	-7	-6	-4	-1	+1	+2	+2	+1	Mai I
Juni I	+3	+2	0	-3	-5	-6	-6	-4	-2	0	+2	+4	+3	Juni I
Juli I	+5	+5	+3	+1	-1	-3	-4	-4	-2	0	+2	+4	+5	Juli I
Aug. I	+6	+7	+6	+5	+3	0	-2	-3	-2	-1	+2	+4	+6	Aug. I
Sept. I	+5	+7	+8	+7	+6	+4	+1	-1	-1	0	+3	+5	Sept. I	
Okt. I	+3	+5	+7	+8	+8	+6	+4	+2	0	-1	0	+3	Okt. I	
Nov. I	0	+2	+4	+6	+7	+7	+6	+4	+1	-1	-2	-2	0	Nov. I
Dez. I	-3	-2	0	+3	+5	+6	+6	+4	+2	0	-2	-4	-3	Dez. I
" 32	-5	-5	-4	-1	+1	+3	+4	+4	+2	0	-2	-4	-5	" 32
$\delta = + 80^\circ$														
Jan. I	-2	-2	-2	-1	0	+1	+1	+1	0	0	-1	-2	-2	Jan. I
Febr. I	-4	-4	-4	-4	-3	-2	-1	-1	-1	-1	-2	-3	-4	Febr. I
März I	-4	-5	-5	-5	-5	-4	-3	-2	-2	-2	-3	-3	-4	März I
Apr. I	-3	-4	-5	-5	-5	-5	-4	-3	-3	-2	-2	-3	-3	Apr. I
Mai I	-2	-3	-3	-4	-5	-5	-4	-3	-2	-2	-1	-1	-2	Mai I
Juni I	0	0	-1	-2	-3	-3	-3	-2	-2	-1	0	0	0	Juni I
Juli I	+2	+2	+2	+1	0	-1	-1	-1	-1	0	+1	+2	+2	Juli I
Aug. I	+4	+4	+4	+3	+3	+2	+1	+1	+1	+1	+2	+3	+4	Aug. I
Sept. I	+4	+5	+5	+5	+5	+4	+3	+2	+2	+2	+3	+4	+4	Sept. I
Okt. I	+4	+4	+5	+5	+5	+5	+4	+3	+3	+2	+2	+3	+4	Okt. I
Nov. I	+2	+3	+4	+4	+5	+5	+4	+3	+2	+2	+1	+2	+2	Nov. I
Dez. I	0	0	+1	+2	+3	+3	+3	+2	+2	+1	0	0	0	Dez. I
" 32	-2	-2	-2	-1	0	+1	+1	+1	0	-1	-2	-2	-2	" 32
$\delta = + 90^\circ$														
Jan. I	—1									Jan. I				
Febr. I	—3									Febr. I				
März I	—4									März I				
Apr. I	—4									Apr. I				
Mai I	—3									Mai I				
Juni I	—1									Juni I				
Juli I	+1									Juli I				
Aug. I	+2									Aug. I				
Sept. I	+4									Sept. I				
Okt. I	+4									Okt. I				
Nov. I	+3									Nov. I				
Dez. I	+2									Dez. I				
" 32	—1									" 32				

Für südliche Deklinationen geht man mit AR + 12^h in die Tafel ein und kehrt das Vorzeichen um.

$$\text{Aberration in Distanz} = \frac{s}{1000} \cdot L$$

40. Ellipsoidische Erdfigur.

φ	$\varphi - \varphi'$	$\log \varrho$	Länge eines Grades im Meridian	Parallel	$\log S$	$\log C$
0°	0' 0" 0	0.000 000	110 572 ^m	111 321 ^m	9.997 070	0.000 000
1	0 24.2 24.2	9.999 999	110 573	111 304	071 1	000 0
2	0 48.4 24.2	998	110 574	111 253	072 2	002 2
3	1 12.5 24.1	996	110 575	111 169	074 4	004 3
4	1 36.5 24 0	993	110 578	111 051	078 4	007 3
	23.9	4			4	4
5	2 0.4 23.8	9.999 989	110 581	110 900	9.997 082	0.000 011
6	2 24.2 23.5	984	110 584	110 715	087 5	016 5
7	2 47.7 23.4	978	110 589	110 496	092 5	022 6
8	3 11.1 23.4	972	110 594	110 244	099 7	028 6
9	3 34.3 23.2	965	110 599	109 959	106 7	036 8
	22.9	9			8	8
10	3 57.2 22.6	9.999 956	110 606	109 640	9.997 114	0.000 044
11	4 19.8 22.3	947	110 613	109 289	124 10	053 9
12	4 42.1 21.9	937	110 620	108 904	134 10	063 11
13	5 4.0 21.6	927	110 629	108 486	144 12	074 12
14	5 25.6 21.6	915	110 638	108 035	156 12	086 12
	21.2	12			12	12
15	5 46.8 20.8	9.999 903	110 647	107 552	9.997 168	0.000 098
16	6 7.6 20.3	890	110 657	107 036	181 13	111 13
17	6 27.9 20.3	876	110 668	106 487	195 14	125 14
18	6 47.8 19.9	861	110 679	105 906	210 15	139 16
19	7 7.2 19.4	846	110 690	105 293	225 15	155 16
	18.8	16			16	16
20	7 26.0 18.3	9.999 830	110 703	104 648	9.997 241	0.000 171
21	7 44.3 17.8	813	110 716	103 972	258 17	188 17
22	8 2.1 17.8	796	110 729	103 263	276 18	205 18
23	8 19.2 17.1	778	110 743	102 524	294 18	223 19
24	8 35.8 16.6	760	110 757	101 753	312 18	242 19
	16.0	19			19	19
25	8 51.8 15.2	9.999 741	110 772	100 951	9.997 331	0.000 261
26	9 7.0 15.2	721	110 787	100 119	351 20	281 20
27	9 21.7 14.7	701	110 802	99 256	372 21	301 21
28	9 35.6 13.9	680	110 818	98 303	393 21	322 21
29	9 48.9 13.3	658	110 835	97 440	414 21	343 22
	12.5	21			22	22
30	10 1.4 11.9	9.999 637	110 852	96 488	9.997 436	0.000 365
31	10 13.3 11.0	614	110 869	95 506	458 22	388 23
32	10 24.3 11.0	592	110 886	94 494	481 23	410 22
33	10 34.6 10.3	569	110 904	93 454	504 23	433 24
34	10 44.2 9.6	545	110 922	92 386	528 24	457 23
	8.7	24			23	24
35	10 52.9 8.0	9.999 521	110 940	91 289	9.997 551	0.000 481
36	II 0.9 7.9	497	110 959	90 165	575 24	505 24
37	II 8.1 7.2	473	110 977	89 013	600 25	529 25
38	II 14.4 6.3	448	110 996	87 834	624 24	554 25
39	II 20.0 5.6	423	111 015	86 628	649 25	579 25
	4.7	25			26	25
40	II 24.7	9.999 398	111 034	85 395	9.997 675	0.000 604
41	II 28.6 3.9	373	111 054	84 136	700 25	629 25
42	II 31.6 3.0	348	111 073	82 852	725 25	655 26
43	II 33.8 2.2	322	111 093	81 542	751 26	680 25
44	II 35.2 1.4	297	111 112	80 207	776 25	706 26
	0.5	26			26	25
45	II 35.7	9.999 271	111 132	78 848	9.997 802	0.000 731

$$\varrho \sin \varphi' = S \cdot \sin \varphi$$

$$\varrho \cos \varphi' = C \cdot \cos \varphi$$

40. Ellipsoidische Erdfigur (Schluß).

φ	$\varphi - \varphi'$	$\log \rho$	Länge eines Grades im Meridian	Parallel	$\log S$	$\log C$
45°	II 35"7 0.4	9.999 271 25	III 132 ^m	78 848 ^m	9.997 802 25	0.000 731 26
46	II 35.3 1.2	246 25	III 152	77 465	827 26	757 25
47	II 34.1 2.0	220 26	III 171	76 057	853 25	782 25
48	II 32.1 2.9	195 25	III 191	74 627	878 25	808 26
49	II 29.2 3.7	169 26	III 210	73 173	904 25	833 25
		25			25	25
50	II 25.5 4.6	9.999 144 25	III 230	71 697	9.997 929	0.000 858
51	II 20.9 4.6	119 25	III 249	70 199	954 25	883 25
52	II 15.6 5.3	094 25	III 268	68 679	9.997 979	908 25
53	II 9.3 6.3	069 25	III 287	67 138	9.998 004 25	933 25
54	II 2.3 7.0	045 24	III 306	65 577	028 24	958 25
		25			24	24
55	IO 54.5 8.7	9.999 020	III 325	63 995	9.998 052	0.000 982
56	IO 45.8 9.4	9.998 996 24	III 343	62 394	076 24	0.001 006 24
57	IO 36.4 10.2	973 23	III 361	60 773	100 24	029 23
58	IO 26.2 11.0	950 23	III 379	59 134	123 23	052 23
59	IO 15.2 11.0	927 23	III 397	57 476	146 23	075 23
	II 7	23			22	23
60	IO 3.5 12.5	9.998 904 22	III 414	55 801	9.998 168 22	0.001 098
61	9 51.0 13.2	882 22	III 431	54 109	190 22	120 22
62	9 37.8 13.9	861 21	III 447	52 399	212 21	141 21
63	9 23.9 14.6	840 21	III 463	50 674	233 20	162 21
64	9 9.3 14.6	819 21	III 479	48 933	253 20	182 20
	15.2	20			20	20
65	8 54.1 15.9	9.998 799	III 494	47 177	9.998 273	0.001 202
66	8 38.2 16.6	780 19	III 509	45 406	292 19	222 20
67	8 21.6 17.2	761 19	III 524	43 621	311 18	241 19
68	8 4.4 17.7	743 18	III 538	41 822	329 18	259 18
69	7 46.7 17.7	725 18	III 551	40 011	347 17	276 17
	18.4	17			16	17
70	7 28.3 18.9	9.998 708	III 564	38 187	9.998 363 16	0.001 293 16
71	7 9.4 19.4	692 16	III 577	36 352	379 16	309 16
72	6 50.0 19.4	676 16	III 588	34 505	395 15	324 15
73	6 30.1 19.9	662 14	III 600	32 647	410 14	339 14
74	6 9.7 20.4	648 14	III 611	30 780	424 13	353 13
	20.9	14			13	13
75	5 48.8 21.2	9.998 634 12	III 621	28 903	9.998 437 12	0.001 366
76	5 27.6 21.7	622 12	III 630	27 016	449 12	379 13
77	5 5.9 22.1	610 12	III 639	25 122	461 11	390 11
78	4 43.8 22.4	599 11	III 648	23 220	472 10	401 10
79	4 21.4 22.4	589 10	III 655	21 310	482 10	411 10
	22.7	9			9	9
80	3 58.7 23.0	9.998 580 8	III 662	19 394	9.998 491 8	0.001 420 9
81	3 35.7 23.3	572 8	III 669	17 472	499 8	429 7
82	3 12.4 23.3	564 7	III 675	15 544	507 6	436 7
83	2 48.8 23.6	557 6	III 680	13 612	513 6	443 6
84	2 25.1 23.7	551 6	III 684	11 675	519 5	449 5
	23.9	5			5	5
85	2 1.2 24.1	9.998 546 4	III 688	9 735	9.998 524 4	0.001 454 4
86	I 37.1 24.1	542 4	III 691	7 791	528 4	458 4
87	I 13.0 24.1	539 3	III 694	5 846	531 3	461 3
88	o 48.7 24.3	537 2	III 695	3 898	533 2	463 2
89	o 24.4 24.3	536 1	III 696	1 949	535 1	464 1
	24.4	1			0	1
90	o 0.0	9.998 535	III 697	0	9.998 535	0.001 465

$$\rho \sin \varphi' = S \cdot \sin \varphi$$

$$\rho \cos \varphi' = C \cdot \cos \varphi$$

41. Tafeln zur sphäroidischen Übertragung.

I. Tafel für $\log i$ und $\log k$.

φ	$\log i$	$\log k$	φ	$\log i$	$\log k$	φ	$\log i$	$\log k$
40° 0'	1.3284 26	1.6277 26	47° 0'	1.4342 26	1.7339 25	54° 0'	1.5420 26	1.8420 26
10 25	3310 25	6303 25	10 25	4308 26	7304 26	10 20	5446 26	8446 27
20 25	3335 26	6328 25	20 25	4393 25	7390 25	20 30	5472 27	8473 27
30 25	3361 26	6354 26	30 25	4418 25	7415 25	30 30	5499 27	8500 27
40 25	3386 25	6380 26	40 25	4443 25	7440 26	40 30	5526 27	8526 26
50 25	3411 25	6405 25	50 25	4468 25	7466 26	50 30	5552 26	8553 27
		26		26	25		27	27
41° 0	1.3437 25	1.6430 26	48° 0	1.4494 25	1.7491 25	55° 0	1.5579 27	1.8580 27
10 25	3462 25	6456 26	10 25	4519 25	7516 25	10 20	5606 27	8606 26
20 25	3487 25	6481 26	20 25	4544 26	7542 25	20 30	5632 27	8633 27
30 25	3513 26	6507 26	30 30	4570 25	7597 25	30 30	5659 27	8660 27
40 25	3538 25	6532 25	40 25	4595 25	7592 25	40 30	5686 27	8687 27
50 25	3563 25	6557 25	50 25	4620 25	7618 26	50 30	5713 27	8714 27
		26		25	25		27	28
42° 0	1.3588 26	1.6583 25	49° 0	1.4645 26	1.7643 25	56° 0	1.5740 28	1.8742 27
10 25	3614 25	6608 25	10 25	4671 26	7668 25	10 20	5768 27	8769 27
20 25	3639 25	6633 25	20 25	4696 25	7694 26	20 30	5795 27	8796 27
30 25	3664 25	6659 26	30 30	4722 25	7720 25	30 30	5822 27	8823 28
40 25	3689 25	6684 25	40 25	4747 25	7745 25	40 30	5849 27	8851 27
50 25	3714 25	6709 25	50 25	4772 25	7771 26	50 30	5877 28	8878 27
		26		26	25		27	28
43° 0	1.3740 25	1.6734 26	50° 0	1.4798 25	1.7796 25	57° 0	1.5904 28	1.8906 27
10 25	3765 25	6760 26	10 25	4823 25	7822 26	10 20	5932 28	8933 27
20 25	3790 25	6785 25	20 25	4849 26	7847 25	20 30	5959 28	8961 28
30 25	3815 25	6810 25	30 30	4874 25	7873 26	30 30	5987 28	8989 28
40 25	3840 25	6835 25	40 25	4900 26	7899 26	40 30	6015 28	9017 28
50 25	3865 25	6860 25	50 25	4926 26	7924 25	50 30	6043 28	9045 28
		26		25	25		27	28
44° 0	1.3890 26	1.6886 25	51° 0	1.4951 26	1.7950 26	58° 0	1.6070 28	1.9073 28
10 25	3916 25	6911 25	10 25	4977 26	7976 26	10 20	6098 28	9101 28
20 25	3941 25	6936 25	20 25	5003 26	8002 26	20 30	6126 28	9129 28
30 25	3966 25	6961 25	30 30	5028 25	8027 25	30 30	6155 29	9157 28
40 25	3991 25	6986 25	40 25	5054 26	8053 26	40 30	6183 28	9185 29
50 25	4016 25	7012 26	50 25	5080 26	8079 26	50 30	6211 28	9214 29
		25		26	26		29	28
45° 0	1.4041 25	1.7037 25	52° 0	1.5106 26	1.8105 26	59° 0	1.6240 28	1.9242 29
10 25	4066 25	7062 25	10 25	5132 26	8131 26	10 20	6268 29	9271 29
20 25	4091 25	7087 25	20 25	5158 26	8157 26	20 30	6297 29	9300 28
30 25	4116 25	7112 25	30 30	5184 26	8183 26	30 30	6326 29	9328 28
40 25	4142 26	7138 26	40 25	5210 26	8209 26	40 30	6354 28	9357 29
50 25	4167 25	7163 25	50 25	5236 26	8236 27	50 30	6383 29	9386 29
		25		26	26		29	29
46° 0	1.4192 25	1.7188 25	53° 0	1.5262 26	1.8262 26	60° 0	1.6412 29	1.9415
10 25	4217 25	7213 25	10 25	5288 26	8288 26			
20 25	4242 25	7238 25	20 25	5314 26	8314 26			
30 25	4267 25	7264 26	30 30	5340 26	8340 26			
40 25	4292 25	7289 25	40 25	5367 27	8367 26			
50 25	4317 25	7314 25	50 25	5393 26	8393 26			
		25		27	27			
47° 0	1.4342 25	1.7339 25	54° 0	1.5420 25	1.8420 25			

$$u = s \cos A \quad v = s \sin A$$

$$\varphi' - \varphi = u(1) - v^2 i + \beta_1 + \beta_2$$

$$\varphi_m = \varphi + \frac{\varphi' - \varphi}{2}$$

$$l \cos \varphi = v(2) + v u k + \mu_1 + \mu_2$$

$$A' - A = 180^\circ + l \sin \varphi_m$$

Glied ($-v^2 i$) ist stets negativ

41. Tafeln zur sphäroidischen Übertragung (Fortsetzung)

2. Tafel für β_1 .

log v ² u	φ												log v ² u
	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°		
I1.5	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	I1.5
I1.6	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	001	I1.6
I1.7	000	000	000	000	000	000	000	000	000	001	001	001	I1.7
I1.8	000	000	000	000	000	000	000	001	001	001	001	001	I1.8
I1.9	000	000	000	000	000	001	001	001	001	001	001	001	I1.9
I2.0	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	I2.0
I2.1	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	002	I2.1
I2.2	001	001	001	001	001	001	001	001	002	002	002	002	I2.2
I2.3	001	001	001	001	001	001	002	002	002	002	003	003	I2.3
I2.4	001	001	001	001	002	002	002	002	003	003	003	003	I2.4
I2.5	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	I2.5
I2.6	002	002	002	002	002	003	003	004	004	004	005	005	I2.6
I2.7	002	002	003	003	003	004	004	005	005	006	007	007	I2.7
I2.8	003	003	003	004	004	004	005	006	006	007	008	008	I2.8
I2.9	003	004	004	005	005	006	006	007	008	009	010	010	I2.9
I3.0	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008	0.009	0.100	0.011	0.013	0.013	I3.0
I3.1	005	006	006	007	008	009	010	011	013	014	017	017	I3.1
I3.2	007	007	008	009	010	011	012	014	016	018	021	021	I3.2

β_1 ist positiv für $90^\circ < A < 270^\circ$, negativ für $270^\circ < A < 90^\circ$

$$\varphi' - \varphi = u(1) - v^2 i + \beta_1 + \beta_2$$

3. Tafel für β_2 .

log u ²	φ												log u ²
	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°		
7.0	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	0''000	7.0
7.2	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	7.2
7.4	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	7.4
7.6	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	001	7.6
7.8	002	002	002	002	002	002	002	002	002	001	001	001	7.8
8.0	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	8.0
8.1	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003	8.1
8.2	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004	003	8.2
8.3	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	004	8.3
8.4	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006	8.4
8.50	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	8.50
8.55	009	009	009	009	009	009	009	009	009	008	008	008	8.55
8.60	010	010	010	010	010	010	010	010	010	009	009	009	8.60
8.65	011	011	011	011	011	011	011	011	011	010	010	010	8.65
8.70	013	013	013	013	013	013	012	012	012	011	011	011	8.70
8.75	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	8.75
8.80	016	016	016	016	016	016	015	015	015	014	014	014	8.80
8.85	018	018	018	018	018	018	018	017	017	016	016	016	8.85
8.90	020	020	020	020	020	020	020	019	019	018	018	018	8.90
8.95	022	023	023	023	023	023	022	022	021	021	020	020	8.95
9.00	0.025	0.025	0.026	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024	0.023	0.023	0.022	0.022	9.00

β_2 ist stets negativ

$$\varphi' - \varphi = u(1) - v^2 i + \beta_1 + \beta_2$$

41. Tafeln zur sphäroidischen Übertragung (Schluß).

4. Tafel für μ_1 .

log s ² v	φ												log s ² v
	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°		
II.0	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	II.0
II.2	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	II.2
II.4	000	000	000	000	000	000	000	001	001	001	001	001	II.4
II.6	000	000	000	000	000	001	001	001	001	001	001	001	II.6
II.8	001	001	001	001	001	001	001	001	001	002	002	002	II.8
I2.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	I2.0
I2.1	001	001	001	002	002	002	002	003	003	003	003	003	I2.1
I2.2	001	001	002	002	002	003	003	003	003	004	004	004	I2.2
I2.3	002	002	002	002	003	003	003	004	004	005	005	005	I2.3
I2.4	002	002	003	003	003	003	004	004	005	006	007	007	I2.4
I2.5	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008	0.008	I2.5
I2.6	003	004	004	004	005	006	006	007	008	009	010	010	I2.6
I2.7	004	005	005	006	006	007	008	009	010	011	013	013	I2.7
I2.8	005	006	006	007	008	009	010	011	013	014	017	017	I2.8
I2.9	007	007	008	009	010	011	012	014	016	018	021	021	I2.9
I3.0	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.023	0.026	0.026	I3.0
I3.1	010	011	013	014	016	018	020	022	025	029	033	033	I3.1
I3.2	013	014	016	018	020	022	025	028	032	036	042	042	I3.2
I3.3	016	018	020	022	025	028	032	035	040	046	052	052	I3.3
I3.4	021	023	025	028	031	035	040	045	050	057	066	066	I3.4
I3.5	0.026	0.029	0.032	0.035	0.039	0.044	0.050	0.056	0.063	0.072	0.083	0.083	I3.5

μ_1 ist positiv für $0^\circ < A < 180^\circ$, negativ für $180^\circ < A < 360^\circ$

$$1 \cos \varphi = v(2) + v u k + \mu_1 + \mu_2$$

5. Tafel für μ_2 .

log v ³	φ												log v ³
	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°		
II.0	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	0"000	II.0
II.2	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	001	001	II.2
II.4	000	000	000	000	000	001	001	001	001	001	001	001	II.4
II.6	000	000	000	001	001	001	001	001	001	001	001	001	II.6
II.8	001	001	001	001	001	001	001	002	002	002	002	002	II.8
I2.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	I2.0
I2.1	001	001	002	002	002	003	003	003	004	004	004	004	I2.1
I2.2	002	002	002	002	003	003	004	004	005	005	005	005	I2.2
I2.3	002	002	003	003	003	004	004	005	006	006	007	007	I2.3
I2.4	003	003	003	003	004	004	005	006	006	007	009	009	I2.4
I2.5	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008	0.009	0.011	0.011	I2.5
I2.6	004	004	005	006	006	007	008	009	010	012	014	014	I2.6
I2.7	005	006	006	007	008	009	010	011	013	015	017	017	I2.7
I2.8	006	007	008	009	010	011	013	014	016	019	022	022	I2.8
I2.9	008	009	010	011	012	014	016	018	020	024	027	027	I2.9
I3.0	0.010	0.011	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.023	0.026	0.030	0.034	0.034	I3.0
I3.1	013	014	016	018	020	022	025	029	032	037	043	043	I3.1
I3.2	016	018	020	022	026	028	032	036	041	047	054	054	I3.2
I3.3	020	022	025	028	031	035	040	045	051	059	068	068	I3.3
I3.4	025	028	031	035	039	044	050	057	065	074	086	086	I3.4
I3.5	0.032	0.035	0.039	0.044	0.049	0.056	0.064	0.072	0.082	0.094	0.108	0.108	I3.5

μ_2 hat entgegengesetztes Vorzeichen von μ_1

$$1 \cos \varphi = v(2) + v u k + \mu_1 + \mu_2$$

42 a. Meridianbogen M vom Äquator bis zur Breite φ .

φ	M	I. D.	$\log \Delta (\text{r}''')$	II. D.	φ	M	I. D.	$\log \Delta (\text{r}''')$	II. D.
0°	m 0.00				0.00	45°	4 984 439.27		
1	110 563.79	110 563.79	1.487 3104	+ 0.67	46	5 095 568.46	III 129.19	1.489 5256	+ 19.47
2	221 128.25	110 564.46	1.487 3130	- 1.35	47	5 206 717.12	III 148.66	1.489 6018	19.47
3	331 694.06	110 565.81	1.487 3183	2.02	48	5 317 885.23	III 168.11	1.489 6777	19.39
4	442 261.89	110 567.83	1.487 3263	2.69	49	5 429 072.73	III 187.50	1.489 7534	19.31
	110 570.52	1.487 3368				III 206.81	1.489 8289		
5	552 832.41			3.36	50	5 540 279.54			
6	663 406.29	110 573.88	1.487 3500	4 01	51	5 651 505.50	III 226.02	1.489 9039	19.21
7	773 984.18	110 577.89	1.487 3658	4.67	52	5 762 750.67	III 245.11	1.489 9784	19.09
8	884 566.74	110 582.56	1.487 3842	5.33	53	5 874 014.72	III 264.05	1.490 0524	18.77
9	995 154.63	110 587.89	1.487 4051	5.98	54	5 985 297.54	III 282.82	1.490 1256	18.57
	110 593.87	1.487 4286				III 301.39	1.490 1981		
10	I 105 748.50			6.60	55	6 096 598.93			
11	I 216 348.97	110 600.47	1.487 4544	7.24	56	6 207 918.68	III 319.75	1.490 2697	18.11
12	I 326 956.68	110 607.71	1.487 4829	7.87	57	6 319 256.54	III 337.86	1.490 3404	17.87
13	I 437 572.26	110 615.58	1.487 5138	8.47	58	6 430 612.27	III 355.73	1.490 4100	17.56
14	I 548 196.31	110 624.05	1.487 5471	9.08	59	6 541 985.56	III 373.29	1.490 4785	17.27
	110 633.13	1.487 5827				III 390.56	1.490 5459		
15	I 658 829.44			9.67	60	6 653 376.12			
16	I 769 472.24	110 642.80	1.487 6207	10.25	61	6 764 783.63	III 407.51	1.490 6120	16.58
17	I 880 125.29	110 653.05	1.487 6609	10.82	62	6 876 207.72	III 424.09	1.490 6766	16.23
18	I 990 789.16	110 663.87	1.487 7034	11.37	63	6 987 648.04	III 440.32	1.490 7398	15.83
19	2 101 464.40	110 675.24	1.487 7480	11.91	64	7 099 104.19	III 456.15	1.490 8015	15.44
	110 687.15	1.487 7947				III 471.59	1.490 8617		
20	2 212 151.55			12.44	65	7 210 575.78			
21	2 322 851.14	110 699.59	1.487 8435	12.96	66	7 322 062.37	III 486.59	1.490 9201	14.56
22	2 433 563.69	110 712.55	1.487 8944	13.45	67	7 433 563.52	III 501.15	1.490 9769	14.09
23	2 544 289.69	110 726.00	1.487 9471	13.93	68	7 545 078.76	III 515.24	1.491 0317	13.61
24	2 655 029.62	110 739.93	1.488 0017	14.40	69	7 656 607.61	III 528.85	1.491 0847	13.12
	110 754.33	1.488 0582				III 541.97	1.491 1358		
25	2 765 783.95			14.84	70	7 768 149.58			
26	2 876 553.12	110 769.17	1.488 1164	15.26	71	7 879 704.15	III 554.57	1.491 1849	12.07
27	2 987 337.55	110 784.43	1.488 1763	15.69	72	7 991 270.79	III 566.64	1.491 2318	11.54
28	3 098 137.67	110 800.12	1.488 2378	16.08	73	8 102 848.97	III 578.18	1.491 2768	10.96
29	3 208 953.87	110 816.20	1.488 3007	16.44	74	8 214 438.11	III 589.14	1.491 3195	10.39
	110 832.64	1.488 3651				III 599.53	1.491 3599		
30	3 319 786.51			16.80	75	8 326 037.64			
31	3 430 635.95	110 849.44	1.488 4310	17.13	76	8 437 646.99	III 609.35	1.491 3981	9.82
32	3 541 502.52	110 866.57	1.488 4981	17.45	77	8 549 265.55	III 618.56	1.491 4339	8.60
33	3 652 386.54	110 884.02	1.488 5665	17.73	78	8 660 892.71	III 627.16	1.491 4674	7.99
34	3 763 288.29	110 901.75	1.488 6359	18.01	79	8 772 527.86	III 635.15	1.491 4984	7.35
	110 919.76	1.488 7065				III 642.50	1.491 5270		
35	3 874 208.05			18.24	80	8 884 170.36			
36	3 985 146.05	110 938.00	1.488 7779	18.49	81	8 995 819.58	III 649.22	1.491 5532	6.06
37	4 096 102.54	110 956.49	1.488 8502	18.68	82	9 107 474.86	III 655.28	1.491 5767	5.42
38	4 207 077.71	110 975.17	1.488 9233	18.86	83	9 219 135.56	III 660.70	1.491 5978	4.75
39	4 318 071.74	110 994.03	1.488 9972	19.02	84	9 330 801.01	III 665.45	1.491 6163	4.08
	111 013.05	1.489 0715				III 669.53	1.491 6322		
40	4 429 084.79	111 032.21	1.489 1465	19.16	85	9 442 470.54			
41	4 540 117.00	111 051.47	1.489 2218	19.26	86	9 554 143.48	III 672.94	1.491 6454	3.41
42	4 651 168.47	111 070.83	1.489 2975	19.36	87	9 665 819.15	III 675.67	1.491 6561	2.06
43	4 762 239.30	111 090.25	1.489 3735	19.42	88	9 777 496.88	III 677.73	1.491 6641	1.37
44	4 873 329.55			19.47	89	9 889 175.98	III 679.10	1.491 6694	+ 0.68
	111 109.72	1.489 4495				III 679.78	1.491 6720		
45	4 984 439.27		+ 19.47	90	10 000 855.76			0.00	

**42b. Interpolationsfaktoren der zweiten Differenzen
für Minutenteilung.**

n	$\frac{n(n-1)}{1 \cdot 2}$	n
0'	— 0.0000	60'
1	0082	59
2	0161	58
3	0237	57
4	0311	56
	71	
5	— 0.0382	55
6	0450	54
7	0515	53
8	0578	52
9	0637	51
	57	
10	— 0.0694	50
11	0748	49
12	0800	48
13	0849	47
14	0895	46
	43	
15	— 0.0938	45
16	0978	44
17	1015	43
18	1050	42
19	1082	41
	29	
20	— 0.1111	40
21	1137	39
22	1161	38
23	1182	37
24	1200	36
	15	
25	— 0.1215	35
26	1228	34
27	1237	33
28	1244	32
29	1248	31
	2	
30	— 0.1250	30

43. Zur Berechnung der parallaktischen Faktoren.

φ	$\operatorname{tg} \varphi'$	$\log (\pi \rho \cos \varphi')^s$	$(\pi \rho \sin \varphi')''$	φ	$\log \operatorname{tg} \varphi'$	$\log (\pi \rho \cos \varphi')^s$	$\log (\pi \rho \sin \varphi')''$
0°	0.000	9.768	0.000	40°	9.921	9.653	0.750
1	0.07 17	768 0	0.152 152	41	936 15	647	759 9
2	0.15 18	768 0	0.305 153	42	952 16	640	768 8
3	0.23 17	768 0	0.458 153	43	967 15	633	776
4	0.32 17	767 1	0.610 152	44	982 15	626	784
	18	0	152		15	7	8
5	0.407 17	9.767	0.762	45	9.997	9.619	0.792
6	104 18	766 1	0.914 152	46	0.012 15	611	799 7
7	122 18	765 1	1.065 151	47	027 15	603	806 7
8	140 18	764 1	1.217 152	48	043 16	595	813 7
9	157 17	763 1	1.367 150	49	058 15	586	820 7
	18	1	151		15	9	7
10	0.175 18	9.762	1.518	50	0.073 16	9.577	0.827
11	193 18	760 2	1.668 150	51	089	568	833 6
12	211 18	759 1	1.818 150	52	104 15	559	839 6
13	229 18	757 2	1.967 149	53	120 16	549	845
14	248 19	755 2	2.115 148	54	136 16	539	850 5
	18	2	148		16	11	6
15	0.266 19	9.753	2.263	55	0.152	9.528	0.856
16	285 19	751 2	2.410 147	56	168 16	517	861 5
17	304 19	749 2	2.556 146	57	185 17	506	866 5
18	323 19	747 2	2.702 146	58	201 17	494	871 5
19	342 19	744 3	2.847 145	59	218 17	481	876 5
	20	2	144		18	13	4
20	0.362	9.742	2.991	60	0.236	9.468	0.880
				61	253 17	455	884 4
				62	271 18	441	889 5
				63	290 19	427	893 4
				64	309 19	411	896 3
					19	15	4
20°	9.558	9.742	0.476	65	0.328	9.396	0.900
21	581 23	739 3	496 20	66	348 20	379	903 3
22	603 22	736 3	515 19	67	369 21	362	907 4
23	625 22	733 3	534 19	68	391 22	343	910 3
24	646 21	729 4	551 17	69	413 22	324	913 3
	20	3	17		23	20	3
25	9.666	9.726	0.568	70	0.436	9.304	0.916
26	685 19	722 4	584				
27	704 19	719 3	599				
28	723 19	715 4	613				
29	741 18	711 4	627				
	18	5	14				
30	9.759 17	9.706	0.641				
31	776 17	702 4	654				
32	793 17	697 5	666				
33	810 17	692 5	678				
34	826 16	687 5	690				
	16	5	11				
35	9.842 16	9.682	0.701				
36	858 16	677 5	711 10				
37	874 16	671 6	722 11				
38	890 16	665 6	731 9				
39	905 15	659 6	741 10				
	16	6	9				
40	9.921	9.653	0.750				

t Stundenwinkel A Erdabstand

α, δ geozentrischer Ort

α', δ' topozentrischer Ort

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \varphi' \operatorname{sect} t \quad \gamma < 180^\circ$$

$$(\alpha - \alpha')^s = \frac{1}{A} (\pi \rho \cos \varphi')^s \sin t \sec \delta$$

$$(\delta - \delta')'' =$$

$$\frac{1}{4} (\pi \rho \sin \varphi')'' \sin(\gamma - \delta) \operatorname{cosec} \gamma$$

44. Dimensionen der Erde nach Helmert-Hayford.

Bezeichnungen: a Halbe große Achse
 b Halbe kleine Achse
 e Exzentrizität
 α Abplattung } der Meridianellipse

Hilfsgrößen: $n = \frac{a - b}{a + b}$ $\delta = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$ $m = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$

		log
a	6 378 200.000 m	6.804 69813
b	6 356 724.579 m	6.803 23340
α	$\frac{I}{297.0}$	
e	0.081 99189 I	8.913 77090 - 10
e^2	0.006 72267 01	7.827 54180 - 10
α	0.003 36700 33	7.527 24355 - 10
n	0.001 68634 06	7.226 94530 - 10
δ	0.006 76817 00	7.830 47126 - 10
m	0.003 37267 16	7.527 97406 - 10

Meridianquadrant Q der Erde:

Q	10 001 993.32 m	7.000 08656
---	-----------------	-------------

Radius r_f der Kugel von gleicher Oberfläche mit der Erde:

r_f	6 371 039.94 m	6.804 21033
-------	----------------	-------------

Radius r_v der Kugel von gleichem Volumen mit der Erde:

r_v	6 371 033.48 m	6.804 20989
-------	----------------	-------------

Radius r_u der Kugel von gleichem Meridianumfang mit der Erde:

r_u	6 367 466.72 m	6.803 96668
-------	----------------	-------------

Oberfläche F der Erde:

F	510 070 868.5 qkm	8.707 63052
---	-------------------	-------------

Volumen V der Erde:

V	1 083 223 990 000 ckm	12.034 71827
---	-----------------------	--------------

45. Normalzeiten der wichtigeren Länder.

Normalzeit	Bezeichnung	Staaten			
a) An den Meridian von Greenwich angeschlossen					
11 ^h 30 ^m O.	Ostaustralische Z.	Neuseeland Victoria, Neu Süd-Wales, Queensland, Tasmanien			
10 o O.	—	Südaustralien			
9 30 O.	—	Japan, Korea			
9 o O.	—	Ostküste von China, West-Australien, Philippinen, Britisch Nord-Borneo			
8 o O.	Ostchinesische Küsten-Z.	Südküste von China, Französ. Indochina, Straits settlements			
7 o O.	Südchinesische Küsten-Z.	Birma Ostindien			
6 30 O.	—	Mauritius, Seychellen			
5 30 O.	—	Deutsch-Ostafrika			
4 o O.	—	Bulgarien, Rumänien, Türkei, Ägypten, Südafrika, Portug. Ostafrika			
2 30 O.	—	Dänemark, Deutschland, Italien, Luxemburg, Malta, Norwegen, Österreich-Ungarn, Schweden, Schweiz, Serbien, Deutsch-Südwestafrika			
2 o O.	Osteuropäische Z.				
1 o O.	Mitteleuropäische Z. (M. E. Z.)				
o o	Westeuropäische Z. (Greenwich-Z.)	Belgien, Färöer, Frankreich, Großbritannien, Portugal, Spanien, Gibraltar, Algerien			
1 ^h 0 ^m W.	—	Island, Madeira, Portug. Guinea, Sierra Leone			
2 o W.	—	Azoren, Capverden			
3 o W.	—	Ost-Brasilien			
4 o W.	Atlantic Standard Time	Mittel-Brasilien, Kanada (Küste)			
5 o W.	Eastern St. Time	Kanada (Québec, Ontario bis 82° 30' westl., Neubraunschweig), Vereinigte Staaten (Ostzone), Chile, Panama, Peru, West-Brasilien			
6 o W.	Central St. Time	Zentralzone von Kanada und den Vereinigten Staaten			
7 o W.	Mountain St. Time	Gebirgszone von Kanada und den Vereinigten Staaten			
8 o W.	Pacific St. Time	Pazifische Küste der Vereinigten Staaten, Britisch-Kolumbien			
9 o W.	—	Yukon, Alaska			
10 30 W.	—	Hawaii			
11 30 W.	—	Samoa			
b) Nicht an den Meridian von Greenwich angeschlossen					
Staaten	Meridian	Längendifferenz gegen Greenwich	Staaten	Meridian	Längendifferenz gegen Greenwich
Argentinien .	Cordoba	4 ^h 16 ^m 48,2 ^s W.	Mexico ..	Mexico	6 ^h 36 ^m 26,7 W.
Columbien .	Bogota	4 56 54,2 W.	Niederlande	Amsterdam	o 19 32,1 O.
Ecuador . .	Quito	5 14 6,7 W.	Rußland .	Pulkowa	2 I 18,6 O.
Griechenland	Athen	I 34 52,9 O.	Uruguay .	Montevideo	3 44 48,9 W.
Irland	Dublin	o 25 21,1 W.	Venezuela	Caracas	4 27 43,6 W.

46 a. Maßvergleichungen.

		log
I Toise	1.949 03631	Meter
I Pariser Fuß	0.324 83938	Meter
I Pariser Zoll	0.027 06995	Meter
I Pariser Linie	0.002 25583	Meter
I Meter	0.513 07407	Toisen
I Meter	3.078 44444	Pariser Fuß
I Centimeter	0.369 41333	Pariser Zoll
I Centimeter	4.432 96000	Pariser Linien
I Millimeter	0.443 29600	Pariser Linien
I Englischer Yard (von Standard OI) . . .	0.914 39283	Meter
I Englischer Fuß	0.304 79761	Meter
I Englischer Zoll	0.025 39980	Meter
I Meter	1.093 62187	Englische Yard
I Meter	3.280 86560	Englische Fuß
I Centimeter	0.393 70387	Englische Zoll
I geographische Meile . . .	7420.439	Meter
I " "	3807.235	Toisen
I " "	22843.408	Pariser Fuß
I " "	815.154	Englische Yard
I " "	24345.462	Englische Fuß
I Englische Meile (statute mile) = 1760 Yards . . .	1609.33137	Meter
I Russische Werst = 500 Sashen	1066.79042	Meter
		3.206 64548
		3.028 07911
Die Russische Landesaufnahme benutzt den Sashenwert:		
I Sashen	2.133 468	Meter
		0.329 08611
Im Russischen Nivellement wird das internationale Sashenmaß verwendet:		
I Sashen	2.133 58087	Meter
		0.329 10911
I geograph. Quadratmeile .	55.0629 qkm	
		1.740 859

46 b. Lineare Ausdehnungskoeffizienten für 1° C innerhalb der gewöhnlichen Gebrauchstemperaturen.

		log			log
Aluminium . . .	0.0000 232	5.365 - 10	Magnalium . . .	0.0000 240	5.380 - 10
Blei	288	5.459 - 10	Messing	187	5.272 - 10
Bronze (8Kupfer + 1 Zinn) . . .	183	5.262 - 10	Neusilber	184	5.265 - 10
Eisen	114	5.057 - 10	Nickel	130	5.114 - 10
Glas	085	4.929 - 10	Platin	090	4.954 - 10
Gold	145	5.161 - 10	Platin-Iridium (10% Iridium)	087	4.940 - 10
Granit	087	4.940 - 10	Silber	197	5.294 - 10
Holz (Eiche) . . .	062	4.792 - 10	Stahl, weich . . .	111	5.045 - 10
Invar (64 Eisen + 36 Nickel) . . .	009	3.954 - 10	" gehärtet	125	5.097 - 10
Kupfer	172	5.236 - 10	Zink	298	5.474 - 10
			Zinn	225	5.352 - 10

47. Barometrische Höhenmessung.

Ia. Schwerekorrektion für die geographische Breite (nur für Quecksilberbarometer): Korr. = $-0.00259 \cdot p \cdot \cos 2\varphi$

Geographische Breite φ	Luftdruck p						
	500 mm	550 mm	600 mm	650 mm	700 mm	750 mm	800 mm
45°	mm 0.00						
40°	500 0.22	550 0.25	600 0.27	650 0.29	700 0.31	750 0.34	800 0.36
35	55 0.44	550 0.49	550 0.53	550 0.58	550 0.62	550 0.66	550 0.71
30	60 0.65	60 0.71	60 0.78	60 0.84	60 0.91	60 0.97	60 1.04
25	65 0.83	65 0.92	65 1.00	65 1.08	65 1.16	65 1.25	65 1.33
20	70 0.99	70 1.09	70 1.19	70 1.29	70 1.39	70 1.49	70 1.59
15	75 1.12	75 1.23	75 1.35	75 1.46	75 1.57	75 1.68	75 1.79
10	80 1.22	80 1.34	80 1.46	80 1.58	80 1.70	80 1.83	80 1.95
5	85 1.28	85 1.40	85 1.53	85 1.66	85 1.78	85 1.91	85 2.04
0	90 1.30	90 1.42	90 1.55	90 1.68	90 1.81	90 1.94	90 2.07
—	+						

Die Verbesserung ist für $\varphi < 45^\circ$ negativ, für $\varphi > 45^\circ$ positiv.

Ib. Schwerekorrektion für Seehöhe (nur für Quecksilberbarometer):

$$\text{Korr.} = -\frac{k z p}{R}$$

Luftdruck p	Hochebenen	Freie Atmosphäre	Luftdruck p	Hochebenen	Freie Atmosphäre
mm 760	mm 0.00	mm 0.00	mm 550	mm 0.28	mm 0.45
750	— 0.02	— 0.03	500	— 0.33	— 0.53
700	— 0.09	— 0.15	450	— 0.37	— 0.59
650	— 0.16	— 0.26	400	— 0.39	— 0.63
600	— 0.23	— 0.36	350	— 0.41	— 0.66

IIa. Korrektion der Temperatur für Änderung der Schwere mit der Breite: Korr. = $+0.971 \cdot \cos 2\varphi$

φ	Korr.	φ	Korr.	φ	Korr.	φ	Korr.
0°	+ 0.971	30°	+ 0.936	50°	- 0.912	70°	- 0.954
5	70	32	31	52	17	72	57
10	67	34	27	54	22	74	60
12	65	36	22	56	27	76	63
14	63	38	+ 0.17	58	- 0.31	78	- 0.65
16	60						
18	+ 0.57	40	+ 0.12	60	- 0.36	80	- 0.67
20	+ 0.54	42	+ 0.07	62	40	82	68
22	51	44	+ 0.02	64	44	84	69
24	48	46	— 0.02	66	48	86	70
26	44	48	— 0.07	68	- 0.51	88	- 0.71
28	+ 0.40	50	— 0.12	70	- 0.54	90	— 0.71
30	+ 0.36						

47. Barometrische Höhenmessung.

II b. Korrektion der Temperatur für Feuchtigkeit: Korr. = + 51°36 $\frac{f}{p}$

Luftdruck p	Dampfspannung f											
	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm	7mm	8mm	9mm	10mm	20mm	30mm
780 ^{mm}	0°07	0°13	0°20	0°26	0°33	0°40	0°46	0°53	0°59	0°66	1°32	1°98
760	07	14	20	27	34	41	47	54	61	68	1.35	2.03
740	07	14	21	28	35	42	49	56	62	69	1.39	2.08
720	07	14	21	29	36	43	50	57	64	71	1.43	2.14
700	07	15	22	29	37	44	51	59	66	73	1.47	2.20
680	0.08	0.15	0.23	0.30	0.38	0.45	0.53	0.60	0.68	0.76	1.51	
660	08	16	23	31	39	47	54	62	70	78	1.56	
640	08	16	24	32	40	48	56	64	72	80	1.61	
620	08	17	25	33	41	50	58	66	75	83	1.66	
600	09	17	26	34	43	51	60	68	77	86	1.71	
580	0.09	0.18	0.27	0.35	0.44	0.53	0.62	0.71	0.80	0.89		
560	09	18	28	37	46	55	64	73	83	92		
540	10	19	29	38	48	57	67	76	86	95		
520	10	20	30	40	49	59	69	79	89			
500	10	21	31	41	51	62	72	82	92			
480	0.11	0.21	0.32	0.43	0.54	0.64	0.75					
460	11	22	33	45	56	67	78					
440	12	23	35	47	58	70						
420	12	24	37	49	61	73						
400	13	26	39	51	64							

Die Verbesserung ist stets positiv.

II c. Zur genäherten Berechnung des Dampfdrückes f im oberen Niveau Z₁, wenn der Dampfdruck f₀ im unteren Niveau gegeben ist.
 $f = f_0 \times \text{Faktor}$

Z ₁	0 ^m	100 ^m	200 ^m	300 ^m	400 ^m	500 ^m	600 ^m	700 ^m	800 ^m	900 ^m
0 ^m	1.000	0.965	0.932	0.900	0.868	0.838	0.809	0.781	0.754	0.728
1000	0.703	678	654	632	610	589	568	549	530	511
2000	493	476	460	440	428	414	399	385	372	359
3000	347	335	323	312	301	291	280	270	261	252
4000	243	235	227	219	211	204	197	190	184	177
5000	0.171	0.165	0.159	0.154	0.148	0.143	0.138	0.134	0.129	0.124
6000	120	116	112	108	104	101	97	94	91	87
7000	0.84	0.82	0.79	0.76	0.73	0.71	0.68	0.66	0.63	0.61

47. Barometrische Höhenmessung.

$$\text{III. } 18400 \cdot \log \frac{760}{P}$$

P	$18400 \cdot \log \frac{760}{P}$	P	$18400 \cdot \log \frac{760}{P}$	P	$18400 \cdot \log \frac{760}{P}$	P	$18400 \cdot \log \frac{760}{P}$
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
400	5129.1	480	3672.1	560	2440.3	640	1373.3
402	5089.2	39.9	482	3638.9	33.2	562	2411.9
404	5049.6	39.6	484	3605.9	33.0	564	2383.5
406	5010.1	39.5	486	3572.9	33.0	566	2355.2
408	4970.9	39.2	488	3540.1	32.8	568	2327.0
	39.1		32.7		28.1		24.6
410	4931.8	490	3507.4	570	2298.9	650	1249.4
412	4892.9	38.9	492	3474.8	32.6	572	2270.9
414	4854.2	38.7	494	3442.4	32.4	574	2243.0
416	4815.7	38.5	496	3410.1	32.3	576	2215.2
418	4777.4	38.3	498	3378.0	32.1	578	2187.5
	38.2		32.0		27.6		24.2
420	4739.2	500	3346.0	580	2159.9	660	1127.4
422	4701.2	38.0	502	3314.0	32.0	582	2132.4
424	4663.5	37.7	504	3282.2	31.8	584	2105.0
426	4625.9	37.6	506	3250.6	31.6	586	2077.7
428	4588.4	37.5	508	3219.1	31.5	588	2050.5
	37.2		31.4		27.2		23.9
430	4551.2	510	3187.1	590	2013.3	670	1007.2
432	4514.1	37.1	512	3156.4	31.3	592	1996.3
434	4477.2	36.9	514	3125.3	31.1	594	1969.3
436	4440.5	36.7	516	3094.3	31.0	596	1932.5
438	4403.9	36.6	518	3063.3	31.0	598	1915.7
	36.4		30.8		26.7		23.6
440	4367.5	520	3032.5	600	1889.0	680	888.8
442	4331.2	36.3	522	3001.9	30.6	602	1862.4
444	4295.2	36.0	524	2971.3	30.6	604	1835.9
446	4259.2	36.0	526	2940.9	30.4	606	1809.5
448	4223.5	35.7	528	2910.5	30.4	608	1783.1
	35.6		30.2		26.2		23.2
450	4187.9	530	2880.3	610	1756.9	690	772.2
452	4152.5	35.4	532	2850.2	30.1	612	1730.7
454	4117.2	35.3	534	2820.2	30.0	614	1704.7
456	4082.0	35.2	536	2790.4	29.8	616	1678.7
458	4047.1	34.9	538	2760.6	29.8	618	1652.8
	34.8		29.6		25.8		22.9
460	4012.3	540	2731.0	620	1627.0	700	657.2
462	3977.6	34.7	542	2701.4	29.6	622	1601.2
464	3943.1	34.5	544	2672.0	29.4	624	1575.6
466	3908.7	34.4	546	2642.6	29.4	626	1550.0
468	3874.5	34.2	548	2613.4	29.2	628	1524.5
	34.1		29.1		25.4		22.5
470	3840.4	550	2584.3	630	1499.1	710	543.9
472	3806.5	33.9	552	2555.3	29.0	632	1473.8
474	3772.7	33.8	554	2526.4	28.9	634	1448.6
476	3739.0	33.7	556	2497.6	28.8	636	1423.4
478	3705.5	33.5	558	2468.9	28.7	638	1398.3
	33.4		28.6		25.0		22.2
480	3672.1	560	2440.3	640	1373.3	720	432.1

47. Barometrische Höhenmessung.

III. $18400 \cdot \log \frac{760}{p}$ (Schluß).

p	$18400 \cdot \log \frac{760}{p}$						
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
720	432.1	740	213.1	760	0.0	780	— 207.5
722	409.9	742	191.6	762	— 21.0	782	228.0
724	387.8	744	170.1	764	41.9	784	248.4
726	365.8	746	148.6	766	62.8	786	268.8
728	343.8	748	127.2	768	83.6	788	289.1
	21.9		21.3		20.8		20.2
730	321.9	750	105.9	770	— 104.4	790	— 309.3
732	300.0	752	84.6	772	125.2	792	329.5
734	278.2	754	63.4	774	145.8	794	349.7
736	256.4	756	42.2	776	166.5	796	369.8
738	234.8	758	21.1	778	— 187.0	798	— 389.9
	21.7		21.1		20.5		20.0
740	213.1	760	0.0	780	— 207.5	800	— 409.9

IV. Temperaturkorrektion: Korr. = $+ \alpha \Theta Z_1$.

Höhe Z_1	Korrigierte Mitteltemperatur Θ											
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	20°	30°
10 ^m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
10	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	1.1
20	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	1.5	2.2
30	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	2.2	3.3
40	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	2.9	4.4
50	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	3.7	5.5
60	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	4.4	6.6
70	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	5.1	7.7
80	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	2.9	5.9	8.8
90	0.3	0.6	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	6.6	9.9
100	0.4	0.7	1.1	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7	7.3	11.0
200	0.7	1.5	2.2	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6	7.3	14.7	22.0
300	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11.0	22.0	33.0
400	1.5	2.9	4.4	5.9	7.3	8.8	10.3	11.7	13.2	14.7	29.4	44.0
500	1.8	3.7	5.5	7.3	9.2	11.0	12.9	14.7	16.5	18.4	36.7	55.1
600	2.2	4.4	6.6	8.8	11.0	13.2	15.4	17.6	19.8	22.0	44.0	66.1
700	2.6	5.1	7.7	10.3	12.9	15.4	18.0	20.6	23.1	25.7	51.4	77.1
800	2.9	5.9	8.8	11.7	14.7	17.6	20.6	23.5	26.4	29.4	58.7	88.1
900	3.3	6.6	9.9	13.2	16.5	19.8	23.1	26.4	29.7	33.0	66.1	99.1
1000	3.7	7.3	11.0	14.7	18.4	22.0	25.7	29.4	33.0	36.7	73.4	110.1
2000	7.3	14.7	22.0	29.4	36.7	44.0	51.4	58.7	66.1	73.4	146.8	220.2
3000	11.0	22.0	33.0	44.0	55.1	66.1	77.1	88.1	99.1	110.1	220.2	330.3
4000	14.7	29.4	44.0	58.7	73.4	88.1	102.8	117.4	132.1	146.8	293.6	440.4
5000	18.4	36.7	55.1	73.4	91.8	110.1	128.5	146.8	165.2	183.5	367.0	550.5
6000	22.0	44.0	66.1	88.1	110.1	132.1	154.1	176.2	198.2	220.2	440.4	660.6
7000	25.7	51.4	77.1	102.8	128.5	154.1	179.8	205.5	231.2	256.9	513.8	770.7

Diese Verbesserung ist $\left\{ \begin{array}{l} \text{zu } Z_1 \text{ zu addieren, wenn } \Theta \text{ positiv} \\ \text{von } Z_1 \text{ zu subtrahieren, wenn } \Theta \text{ negativ} \end{array} \right\}$ ist.

47. Barometrische Höhenmessung.

V. Korrektion wegen Abnahme der Schwere mit der Höhe:

$$\text{Korr.} = + \frac{k Z_2 (Z_2 + 2 z_0)}{2 R}$$

Unteres Niveau z_0	Höhendifferenz des oberen Niveaus Z_2						
	1000m	2000m	3000m	4000m	5000m	6000m	7000m
0m	m	m	m	m	m	m	m
100	0.2	0.6	1.4	2.5	3.9	5.7	7.7
200	0.2	0.7	1.5	2.6	4.1	5.8	7.9
300	0.3	0.8	1.6	2.8	4.2	6.0	8.1
400	0.3	0.9	1.8	3.0	4.6	6.4	8.6
500	0.3	0.9	1.9	3.1	4.7	6.6	8.8
600	0.3	1.0	2.0	3.3	4.4	6.8	9.0
700	0.4	1.1	2.1	3.4	5.0	7.0	9.2
800	0.4	1.1	2.2	3.5	5.2	7.2	9.5
900	0.4	1.2	2.3	3.6	5.3	7.3	9.7
1000	0.5	1.3	2.4	3.8	5.5	7.5	9.9
1500		1.6	2.8	4.4	6.3	8.5	11.0
2000		1.9	3.3	5.0	7.1	9.4	12.1
2500			3.8	5.7	7.9	10.4	13.2
3000			4.2	6.3	8.6	11.3	14.3

Diese Verbesserung ist stets positiv.

VI. Korrektionsfaktor zum Übergang auf linear mit der Höhe abnehmende Lufttemperatur.

Differenz der Tem- peraturen $t_o - t$	Mitteltemperaturen $\theta = \frac{t_o + t}{2}$						
	- 30°	- 20°	- 10°	0°	+ 10°	+ 20°	+ 30°
10°	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
20	0006	0005	0005	0005	0004	0004	0004
30	0013	0012	0011	0010	0009	0009	0008
40	0023	0021	0019	0018	0017	0016	0015
50	0036	0033	0030	0028	0026	0025	0023

Von der berechneten Höhe ist der dieser Tafel entsprechende Bruchteil abzuziehen.

47. Barometrische Höhenmessung.

VII. Zur genäherten Berechnung der Höhe.

n	Z ₁	n	Z ₁	n	Z ₁	n	Z ₁
1.00	0 ^m	1.25	1783 ^m	1.50	3240 ^m	1.75	4472 ^m
01	79	26	1847	51	3293	76	4517 ⁴⁵
02	158	27	1910	52	3346	77	4563 ⁴⁶
03	236	28	1973	53	3398	78	4608 ⁴⁵
04	313	29	2035	54	3450	79	4653 ⁴⁵
	77		62		52		44
1.05	390	1.30	2097	1.55	3502	1.80	4697
06	466	31	2158	56	3553	81	4741 ⁴⁴
07	541	32	2219	57	3604	82	4785 ⁴⁴
08	615	33	2279	58	3655	83	4829 ⁴⁴
09	689	34	2339	59	3706	84	4873 ⁴⁴
	73		59		50		43
1.10	762	1.35	2398	1.60	3756	1.85	4916
11	834	36	2457	61	3806	86	4959 ⁴³
12	906	37	2516	59	3855	87	5002 ⁴³
13	977	38	2574	58	3904	88	5045 ⁴³
14	1047	39	2632	58	3953	89	5087 ⁴²
	70		57		49		42
1.15	1115	1.40	2689	1.65	4002	1.90	5129
16	1186	41	2746	57	4050	91	5171 ⁴²
17	1255	42	2802	56	4098	92	5213 ⁴²
18	1323	43	2858	56	4146	93	5254 ⁴¹
19	1390	44	2914	56	4193	94	5296 ⁴²
	67		55		47		41
1.20	1457	1.45	2969	1.70	4240	1.95	5337
21	1523	46	3024	55	4287	96	5378 ⁴¹
22	1589	47	3079	55	4334	97	5418 ⁴⁰
23	1654	48	3133	54	4380	98	5459 ⁴¹
24	1719	49	3187	54	4426	99	5499 ⁴⁰
	64		53		46		40
1.25	1783	1.50	3240	1.75	4472	2.00	5539

$$n = \frac{P_0}{P}$$

47. Barometrische Höhenmessung.

VIII. Logarithmische Höhentafeln.

$$\text{VIIIa) } A = 18400 \left(1 + \alpha \cdot \frac{t_0 + t}{2} \right)$$

$\frac{t_0 + t}{2}$	log A	$\frac{t_0 + t}{2}$	log A	$\frac{t_0 + t}{2}$	log A
— 30°	4.2142 18	— 100	4.2486	+ 100	4.2804 16
29	2160 18	9	2503 17	11	2820 15
28	2178 18	8	2519 16	12	2835 15
27	2196 18	7	2535 16	13	2850 15
— 26	2213 17	— 6	2552 17	+ 14	2865 15
			16		16
— 25	4.2231 17	— 5	4.2568	+ 15	4.2881 15
24	2248 17	4	2584 16	16	2896 15
23	2266 18	3	2600 16	17	2911 15
22	2283 17	2	2616 16	18	2926 15
— 21	2300 17	— 1	2632 16	+ 19	2941 15
			16		14
— 20	4.2318 18	0	4.2648	+ 20	4.2955 15
19	2335 17	+ 1	2664 16	21	2970 15
18	2352 17	2	2680 16	22	2985 15
17	2369 17	3	2696 16	23	3000 15
— 16	2386 17	+ 4	2711 15	+ 24	3014 14
			16		15
— 15	4.2403 16	+ 5	4.2727	+ 25	4.3029 14
14	2419 16	6	2743 16	26	3043 14
13	2436 17	7	2758 15	27	3058 15
12	2453 17	8	2774 16	28	3072 14
— 11	2479 16	+ 9	2789 15	+ 29	3087 15
		17	15		14
— 10	4.2486	+ 10	4.2804	+ 30	4.3101

$$\log Z = \log (\log p_0 - \log p) + \log A + \log B + \log C + \log D$$

47. Barometrische Höhenmessung.

VIII. Logarithmische Höhentafeln.

$$\text{VIII b)} \quad B = 1 + 0.377 \frac{f_o + f}{P_o + p}$$

$\log B$

$\frac{f_o + f}{2}$	(P _o + p) in Millimeter							$\frac{t_o + t}{2}$
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	
2 ^{mm}	7 ^{IV}	6 ^{IV}	5 ^{IV}	5 ^{IV}	5 ^{IV}	4 ^{IV}	4 ^{IV}	- 10.92
3	10	9	8	8	7	7	6	- 5.0
4	13	12	11	10	9	9	8	- 0.5
5	16	15	14	13	12	11	10	+ 3.2
6	20	18	16	15	14	13	12	+ 6.2
7	23	21	19	18	16	15	14	+ 9.0
8	26	24	22	20	19	17	16	+ 11.6
9	29	27	25	23	21	20	18	+ 14.3
10	33	30	27	25	23	22	20	+ 17.0
11	36	33	30	28	26	24	22	+ 19.6

Stets positiv.

$$\text{VIII c)} \quad C = 1 + 0.00265 \cos 2\varphi$$

$$\text{VIII d)} \quad D = 1 + \frac{Z + 2z_o}{R}$$

φ	$\log C$	φ
0°	+ 11 ^{IV} —	90°
5	11	85
10	11	80
15	+ 10 —	75
20	+ 9 —	70
25	7	65
30	6	60
35	4	55
40	+ 2 —	50
45	0	45

$Z + 2z_o$	$\log D$
0 ^m	0 ^{IV}
733	+ 1
2200	+ 2
3668	+ 3
5135	+ 4
6604	+ 5
8072	+ 6
9541	

$$\log Z = \log (\log p_o - \log p) + \log A + \log B + \log C + \log D$$

48. Sättigungsdrucke des Wasserdampfes.
In Millimetern Quecksilber von 0° und normaler Schwere.

T	p	Z _o	T	p	Z _o	T	p	Z _o
0	mm	m	0	mm	m	0	mm	m
83.0	400.90	5111 63	89.0	506.36	3245 61	95.0	634.01	1448 59
2	404.09	5048 63	2	510.24	3184 61	2	638.69	1389 58
4	407.31	4984 64	4	514.14	3123 61	4	643.39	1331 59
6	410.54	4921 63	6	518.07	3062 61	6	648.13	1272 59
8	413.80	4858 63	8	522.02	3001 61	8	652.89	1213 59
	3.28	63		3.98	60		4.80	58
84.0	417.08	4795 63	90.0	526.00	2941 61	96.0	657.69	1155 58
2	420.38	4732 63	2	530.00	2880 61	2	662.51	1097 58
4	423.70	4669 63	4	534.03	2820 60	4	667.37	1039 59
6	427.04	4606 63	6	538.08	2759 61	6	672.25	980 59
8	430.41	4544 62	8	542.16	2699 60	8	677.17	922 58
	3.38	63		4.11	60		4.94	58
85.0	433.79	4481 62	91.0	546.27	2639 61	97.0	682.11	864 58
2	437.20	4419 62	2	550.40	2578 61	2	687.08	806 58
4	440.64	4356 63	4	554.56	2518 60	4	692.09	748 58
6	444.09	4294 62	6	558.74	2458 60	6	697.12	690 58
8	447.57	4231 63	8	562.95	2398 60	8	702.19	632 58
	3.50	62		4.24	60		5.10	58
86.0	451.07	4169 62	92.0	567.19	2338 60	98.0	707.29	574 58
2	454.59	4107 62	2	571.45	2278 60	2	712.42	516 58
4	458.13	4045 62	4	575.74	2219 59	4	717.58	459 57
6	461.70	3983 62	6	580.06	2159 60	6	722.77	401 58
8	465.29	3921 62	8	584.40	2099 60	8	727.99	343 58
	3.62	62		4.37	59		5.25	57
87.0	468.91	3859 62	93.0	588.77	2040 60	99.0	733.24	286 57
2	472.54	3797 62	2	593.17	1980 60	2	738.53	229 57
4	476.21	3735 62	4	597.60	1921 59	4	743.85	172 57
6	479.89	3673 62	6	602.05	1861 60	6	749.20	114 58
8	483.60	3612 61	8	606.53	1802 59	8	754.58	57
	3.73	61		4.51	59		5.42	57
88.0	487.33	3551 62	94.0	611.04	1743 59	100.0	760.00	0 57
2	491.09	3489 62	2	615.58	1684 59	2	765.45	— 57
4	494.87	3428 61	4	620.14	1625 59	4	770.93	— 114 57
6	498.67	3367 61	6	624.73	1566 59	6	776.44	— 171 57
8	502.50	3306 61	8	629.36	1507 59	8	781.99	— 228 57
	3.86	61		4.65	59		5.58	57
89.0	506.36	3245	95.0	634.01	1448	101.0	787.57	— 285

49. Julianische Periode.

a) Anzahl der am o. Januar seit Anfang der Periode verflossenen Tage.

Jahr n. Chr.	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	17	17	17	18	18	19	19	19	20	20
0	21057	57582	94107	30632	67157	03682	40207	76732	13257	49782
4	22518	59043	95568	32093	68618	05143	41668	78193	14718	51243
8	23979	60504	97029	33554	70079	06604	43129	79654	16179	52704
12	25440	61965	98490	35015	71540	08065	44590	81115	17640	54165
16	26901	63426	<u>99951</u>	36476	73001	09526	46051	82576	19101	55626
20	28362	64887	01412	37937	74462	10987	47512	84037	20562	57087
24	29823	66348	02873	39398	75923	12448	48973	85498	22023	58548
28	31284	67809	04334	40859	77384	13909	50434	86959	23484	60009
32	32745	69270	05795	42320	78845	15370	51895	88420	24945	61470
36	34206	70731	07256	43781	80306	16831	53356	89881	26406	62931
40	35667	72192	08717	45242	81767	18292	54817	91342	27867	64392
44	37128	73653	10178	46703	83228	19753	56278	92803	29328	65853
48	38589	75114	11639	48164	84689	21214	57739	94264	30789	67314
52	40050	76575	13100	49625	86150	22675	59200	95725	32250	68775
56	41511	78036	14561	51086	87611	24136	60661	97186	33711	70236
60	42972	79497	16022	52547	89072	25597	62122	<u>98647</u>	35172	71697
64	44433	80958	17483	54008	90533	27058	63583	00108	36633	73158
68	45894	82419	18944	55469	91994	28519	65044	01569	38094	74619
72	47355	83880	20405	56930	93455	29980	66505	03030	39555	76080
76	48816	85341	21866	58391	94916	31441	67906	04491	41016	77541
80	50277	86802	23327	59852	96377	32902	69427	05952	42477	79002
84	51738	88263	24788	61313	97838	34363	70888	07413	43938	80463
88	53199	89724	26249	62774	99299	35824	72349	08874	45399	81924
92	54660	91185	27710	64235	00760	37285	73810	10335	46860	83385
96	56121	92646	29171	65696	02221	38746	75271	11796	48321	84846
100	57582	94107	30632	67157	03682	40207	76732	13257	49782	86307
	17	17	18	18	19	19	19	20	20	20

b) Anzahl der am o. jeden Monats seit Beginn der Schaltperiode verflossenen Tage.

Jahr	Jan.o	Febr.o	März o	April o	Mai o	Juni o	Juli o	Aug.o	Sept.o	Okt.o	Nov.o	Dez.o
0	0	31	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
1	366	397	425	456	486	517	547	578	609	639	670	700
2	731	762	790	821	851	882	912	943	974	1004	1035	1065
3	1096	1127	1155	1186	1216	1247	1277	1308	1339	1369	1400	1430

49. Julianische Periode (Schluß).

a) Anzahl der am o. Januar seit Anfang der Periode verflossenen Tage.

Jahr n. Chr.	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
	20	21	21	21	22	22	23	23	23	24
0	86307	22832	59357	95882	32407	68932	05447	41971 ¹⁾	78495 ¹⁾	15019 ¹⁾
4	87768	24293	60818	97343	33868	70393	06908	43432	79956	16480
8	89229	25754	62279	98804	35329	71854	08369	44893	81417	17941
12	90690	27215	63740	00265	36790	73315	09830	46354	82878	19402
16	92151	28676	65201	01726	38251	74776	11291	47815	84339	20863
20	93612	30137	66662	03187	39712	76237	12752	49276	85800	22324
24	95073	31598	68123	04648	41173	77698	14213	50737	87261	23785
28	96534	33059	69584	06109	42634	79159	15674	52198	88722	25246
32	97995	34520	71045	07570	44095	80620	17135	53659	90183	26707
36	99456	35981	72506	09031	45556	82081	18596	55120	91644	28168
40	00917	37442	73967	10492	47017	83542	20057	56581	93105	29629
44	02378	38903	75428	11953	48478	85003	21518	58042	94566	31090
48	03839	40364	76889	13414	49939	86464	22979	59503	96027	32551
52	05300	41825	78350	14875	51400	87925	24440	60964	97488	34012
56	06761	43286	79811	16336	52861	89386	25901	62425	98949	35473
60	08222	44747	81272	17797	54322	90847	27362	63886	00410	36934
64	09683	46208	82733	19258	55783	92308	28823	65347	01871	38395
68	11144	47669	84194	20719	57244	93769	30284	66808	03332	39856
72	12605	49130	85655	22180	58705	95230	31745	68269	04793	41317
76	14066	50591	87116	23641	60166	96691	33206	69730	06254	42778
80	15527	52052	88577	25102	61627	98152	34667	71191	07715	44239
84	16988	53513	90038	26563	63088	99603	36128	72652	09176	45700
88	18449	54974	91499	28024	64549	01064	37589	74113	10637	47161
92	19910	56435	92960	29485	66010	02525	39050	75574	12098	48622
96	21371	57896	94421	30946	67471	03986	40511	77035	13559	50083
100	22832	59357	95882	32407	68932	05447	41971 ¹⁾	78495 ¹⁾	15019 ¹⁾	51544
	21	21	21	22	22	23	23	23	24	24

¹⁾ Die Zahlen geben die am — 1. Jan. seit Anfang der Periode verflossenen Tage.

b) Anzahl der am o. jedes Monats seit Beginn der Schaltperiode verflossenen Tage.

Jahr	Jan.o	Febr.o	März o	April o	Mai o	Juni o	Julio	Aug.o	Sept.o	Okt.o	Nov.o	Dez.o
0	0 ²⁾	31 ²⁾	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
1	366	397	425	456	486	517	547	578	609	639	670	700
2	731	762	790	821	851	882	912	943	974	1004	1035	1065
3	1096	1127	1155	1186	1216	1247	1277	1308	1339	1369	1400	1430

Von 1582 Okt. 15 bis 1583 Dez. 31 sind die Zahlen der Tafel a um 10 zu verkleinern.

²⁾ In den Jahren 1700, 1800, 1900 um 1 zu vergrößern.

50 a. Wahre Anomalie in der parabolischen Bewegung.

M	v	log A	log M	v	log A	log M	v	log A			
0.0	0° 0' 0"	3.7005	1	1.40	33° 3' 51"	5.3894	69	1.80	67° 29' 33"	5.5422	1
1.0	I 23 37	7004	4	41	33 45 2	3963	67	81	68 27 38	5423	1
2.0	2 47 12	7000	6	42	34 26 52	4030	67	82	69 25 44	5422	2
3.0	4 10 40	6994	9	43	35 9 20	4097	67	83	70 23 48	5420	5
4.0	5 34 0	6985	12	44	35 52 28	4162	65	84	71 21 50	5415	6
							64				
5.0	6 57 8	3.6973	14	1.45	36 36 15	5.4226	62	1.85	72 19 47	5.5409	8
6.0	8 20 1	6959	16	46	37 20 40	4288	61	86	73 17 39	5401	9
7.0	9 42 37	6943	19	47	38 5 43	4349	60	87	74 15 23	5392	11
8.0	II 4 53	6924	21	48	38 51 24	4409	58	88	75 13 0	5381	11
9.0	I2 26 46	6903	24	49	39 37 43	4467	58	89	76 10 27	5368	13
							57				14
10.0	I3 48 13	3.6879	26	1.50	40 24 38	5.4524	55	1.90	77 7 43	5.5354	16
11.0	15 9 13	6853	28	51	41 12 11	4579	55	91	78 4 48	5338	18
12.0	16 29 42	6825	31	52	42 0 19	4633	54	92	79 1 39	5320	19
13.0	I7 49 39	6794	33	53	42 49 3	4685	52	93	79 58 16	5301	19
14.0	19 9 I	6761	34	54	43 38 21	4736	51	94	80 54 37	5281	20
							49				22
15.0	20 27 47	3.6727	37	1.55	44 28 14	5.4785	47	1.95	81 50 43	5.5259	23
16.0	21 45 53	6690	39	56	45 18 40	4832	47	96	82 46 30	5236	25
17.0	23 3 19	6651	40	57	46 9 39	4878	46	97	83 42 0	5211	25
18.0	24 20 3	6611	40	58	47 1 9	4922	44	98	84 37 10	5185	26
19.0	25 36 3	6568	43	59	47 53 10	4964	42	99	85 32 0	5158	27
							41				28
20.0	26 51 17	3.6524	44	1.60	48 45 42	5.5005	38	2.00	86 26 29	5.5130	30
				61	49 38 42	5043	37	01	87 20 36	5100	30
				62	50 32 9	5080	37	02	88 14 21	5070	30
				63	51 26 4	5115	35	03	89 7 42	5038	32
				64	52 20 24	5149	34	04	90 0 40	5005	33
							31				34
I.20	21° 34' 8"	5.2318	86	I.65	53 15 8	5.5180	29	2.05	90 53 14	5.4971	35
21	22 2 50	2404	86	66	54 10 15	5209	28	06	91 45 23	4936	35
22	22 32 7	2490	86	67	55 5 44	5237	26	07	92 37 7	4901	35
23	23 I 58	2575	85	68	56 1 34	5263	23	08	93 28 24	4864	37
24	23 32 25	2659	84	69	56 57 43	5286	23	09	94 19 16	4826	38
			83				22				38
I.25	24 3 27	5.2742	83	I.70	57 54 9	5.5308	20	2.10	95 9 41	5.4788	39
26	24 35 5	2825	82	71	58 50 52	5328	18	11	95 59 39	4749	40
27	25 7 19	2907	81	72	59 47 50	5346	16	12	96 49 10	4709	41
28	25 40 10	2988	80	73	60 45 1	5362	15	13	97 38 13	4668	41
29	26 13 38	3068	80	74	61 42 25	5377	14	98 26 49	4627	42	
			80				12				42
I.30	26 47 44	5.3148	79	I.75	62 39 58	5.5389	10	2.15	99 14 57	5.4585	43
31	27 22 28	3227	79	76	63 37 41	5399	9	16	100 2 37	4542	43
32	27 57 49	3305	78	77	64 35 31	5408	6	17	100 49 49	4499	44
33	28 33 48	3382	77	78	65 33 28	5414	5	18	101 36 32	4455	44
34	29 10 26	3458	76	79	66 31 29	5419	3	19	102 22 48	4411	44
			75				12				45
I.35	29 47 43	5.3533	75	I.80	67 29 33	5.5422		2.20	103 8 35	5.4366	
36	30 25 39	3608	75								
37	31 4 13	3681	73								
38	31 43 26	3753	72								
39	32 23 19	3824	70								
I.40	33 3 51	5.3894									

$$M = \frac{t}{q^{\frac{3}{2}}}$$

$$r = q \sec^2 \frac{v}{2}$$

50a. Wahre Anomalie in der parabolischen Bewegung.
 (Fortsetzung).

log M	v	log A	log M	v	log A	log M	v	log A
2.20	103° 8' 35"	5.4366	2.60	127° 39' 13"	5.2408	3.00	143° 18' 57"	5.0543
21	103 53 53	4321 45	61	128 8 5	2359 49	01	143 37 45	0499 44
22	104 38 44	4275 46	62	128 36 37	2310 49	02	143 56 21	0455 44
23	105 23 6	4229 46	63	129 4 49	2261 49	03	144 14 46	0411 44
24	106 6 59	4182 47	64	129 32 43	2212 49	04	144 32 59	0368 43
		46			48			43
2.25	106 50 25	5.4136	2.65	130 0 18	5.2164	3.05	144 51 2	5.0325
26	107 33 22	4088 48	66	130 27 35	2115 49	06	145 8 55	0281 44
27	108 15 52	4041 47	67	130 54 33	2067 48	07	145 26 36	0238 43
28	108 57 54	3993 48	68	131 21 13	2018 49	08	145 44 8	0195 43
29	109 39 28	3945 48	69	131 47. 36	1970 48	09	146 1 29	0153 42
		48			48			43
2.30	110 20 34	5.3897	2.70	132 13 42	5.1922	3.10	146 18 39	5.0110
31	111 1 13	3848 49	71	132 39 30	1874 48	11	146 35 40	0067 43
32	111 41 25	3799 49	72	133 5 1	1826 48	12	146 52 30	5.0025 42
33	112 21 10	3750 49	73	133 30 15	1778 48	13	147 9 11	4.9982 43
34	113 0 28	3701 49	74	133 55 13	1731 47	14	147 25 42	4.9940 42
		49			48			42
2.35	113 39 20	5.3652	2.75	134 19 55	5.1683	3.15	147 42 4	4.9898
36	114 17 45	3602 50	76	134 44 20	1636 47	16	147 58 16	9856 42
37	114 55 44	3553 49	77	135 8 30	1589 47	17	148 14 19	9814 42
38	115 33 18	3503 50	78	135 32 24	1542 47	18	148 30 12	9772 42
39	116 10 25	3454 49	79	135 56 2	1495 47	19	148 45 57	9731 41
		50			47			42
2.40	116 47 8	5.3404	2.80	136 19 26	5.1448	3.20	149 1 32	4.9689
41	117 23 25	3354 50	81	136 42 34	1402 46	21	149 16 59	9648 41
42	117 59 17	3304 50	82	137 5 28	1355 46	22	149 32 17	9607 41
43	118 34 45	3254 50	83	137 28 7	1309 46	23	149 47 26	9565 42
44	119 9 48	3204 50	84	137 50 31	1263 46	24	150 2 26	9524 41
		50			46			41
2.45	119 44 27	5.3154	2.85	138 12 42	5.1217	3.25	150 17 18	4.9483
46	120 18 43	3104 50	86	138 34 38	1171 46	26	150 32 2	9442 41
47	120 52 35	3054 50	87	138 56 21	1125 46	27	150 46 37	9402 40
48	121 26 3	3004 50	88	139 17 50	1079 46	28	151 1 4	9361 41
49	121 59 9	2954 50	89	139 39 5	1034 45	29	151 15 24	9320 41
		50			45			40
2.50	122 31 52	5.2904	2.90	140 0 7	5.0989	3.30	151 29 35	4.9280
51	123 4 12	2854 50	91	140 20 56	0943 46	31	151 43 38	9239 41
52	123 36 11	2804 50	92	140 41 33	0898 45	32	151 57 33	9199 40
53	124 7 47	2755 49	93	141 1 56	0853 45	33	152 11 21	9159 40
54	124 39 2	2705 50	94	141 22 7	0809 44	34	152 25 1	9119 40
		50			45			40
2.55	125 9 56	5.2655	2.95	141 42 5	5.0764	3.35	152 38 34	4.9079
56	125 40 28	2606 49	96	142 1 52	0719 45	36	152 51 59	9039 40
57	126 10 40	2556 50	97	142 21 26	0675 44	37	153 5 17	8999 40
58	126 40 31	2507 49	98	142 40 48	0631 44	38	153 18 27	8959 40
59	127 10 2	2458 49	99	142 59 58	0587 44	39	153 31 31	8920 39
		50			44			40
2.60	127 39 13	5.2408	3.00	143 18 57	5.0543	3.40	153 44 27	4.8880

$$M = \frac{t}{q^{\frac{3}{2}}} \quad r = q \sec^2 \frac{v}{2}$$

50 a. Wahre Anomalie in der parabolischen Bewegung.
 (Schluß).

log M	v	log A	log M	v	log A	log M	v	log A
3.40	153° 44' 27"	4.8880	3.80	160° 58' 10"	4.7360	4.20	166° 6' 49"	4.5922
41	153 57 16	8841 39	81	161 7 12	7323 37	21	166 13 18	5887 35
42	154 9 59	8801 40	82	161 16 9	7286 37	22	166 19 45	5852 35
43	154 22 34	8762 39	83	161 25 3	7249 37	23	166 26 8	5817 35
44	154 35 2	8723 39	84	161 33 51	7213 36	24	166 32 28	5782 35
					37			35
3.45	154 47 24	4.8684	3.85	161 42 35	4.7176	4.25	166 38 45	4.5747
46	154 59 40	8645 39	86	161 51 15	7140 36	26	166 44 59	5712 35
47	155 11 48	8606 39	87	161 59 50	7103 37	27	166 51 10	5677 35
48	155 23 50	8567 39	88	162 8 21	7067 36	28	166 57 18	5641 36
49	155 35 46	8528 39	89	162 16 48	7030 37	29	167 3 23	5606 35
		39			36			35
3.50	155 47 36	4.8489	3.90	162 25 11	4.6994	4.30	167 9 25	4.5571
51	155 59 19	8451 38	91	162 33 29	6958 36	31	167 15 25	5537 34
52	156 10 55	8412 39	92	162 41 44	6922 36	32	167 21 21	5502 35
53	156 22 26	8374 38	93	162 49 54	6885 37	33	167 27 14	5467 35
54	156 33 51	8335 39	94	162 58 0	6849 36	34	167 33 5	5432 35
		38			36			35
3.55	156 45 9	4.8297	3.95	163 6 2	4.6813	4.35	167 38 53	4.5397
56	156 56 22	8259 38	96	163 14 0	6777 36	36	167 44 38	5362 35
57	157 7 29	8220 39	97	163 21 54	6741 36	37	167 50 21	5327 35
58	157 18 30	8182 38	98	163 29 44	6705 36	38	167 56 0	5293 34
59	157 29 25	8144 38	99	163 37 31	6669 36	39	168 1 37	5258 35
		38			36			35
3.60	157 40 14	4.8106	4.00	163 45 13	4.6633	4.40	168 7 11	4.5223
61	157 50 58	8068 38	01	163 52 52	6597 36	41	168 12 43	5188 35
62	158 1 36	8030 38	02	164 0 27	6562 35	42	168 18 12	5154 34
63	158 12 9	7993 37	03	164 7 58	6526 36	43	168 23 38	5119 35
64	158 22 36	7955 38	04	164 15 26	6490 36	44	168 29 2	5084 35
		38			36			34
3.65	158 32 58	4.7917	4.05	164 22 49	4.6454	4.45	168 34 23	4.5050
66	158 43 14	7880 37	06	164 30 10	6418 36	46	168 39 42	5015 35
67	158 53 25	7842 38	07	164 37 26	6383 35	47	168 44 58	4980 35
68	159 3 31	7805 37	08	164 44 39	6347 36	48	168 50 11	4946 34
69	159 13 32	7767 38	09	164 51 49	6312 35	49	168 55 22	4911 35
		37			36			34
3.70	159 23 27	4.7730	4.10	164 58 55	4.6276	4.50	169 0 31	4.4877
71	159 33 17	7693 37	11	165 5 57	6241 35	51	169 5 37	4842 35
72	159 43 3	7655 38	12	165 12 56	6205 36	52	169 10 41	4808 34
73	159 52 43	7618 37	13	165 19 52	6170 35	53	169 15 42	4773 35
74	160 2 19	7581 37	14	165 26 44	6134 36	54	169 20 41	4739 34
		37			35			35
3.75	160 11 49	4.7544	4.15	165 33 33	4.6099	4.55	169 25 38	4.4704
76	160 21 15	7507 37	16	165 40 19	6064 35	56	169 30 32	4669 35
77	160 30 36	7470 37	17	165 47 1	6028 36	57	169 35 24	4635 34
78	160 39 52	7433 37	18	165 53 40	5993 35	58	169 40 13	4601 34
79	160 49 3	7396 37	19	166 0 16	5958 35	59	169 45 1	4567 34
		36			36			35
3.80	160 58 10	4.7360	4.20	166 6 49	4.5922	4.60	169 49 46	4.4532

$$M = \frac{t}{q^{\frac{3}{2}}} \quad r = q \sec^2 \frac{v}{2}$$

**50b. Wahre Anomalie in der Parabel für große v
(nahe 180°).**

w	δ	w	δ	w	δ
155° 0'	3' 23''	159° 0'	1' 25''	166° 0'	0' 11''
10 3 16 7		10 22 3		20	10 1
20 3 10 6		20 19 3		40	9 1
30 3 4 6		30 15 4		167 0	8 1
40 2 57 7		40 12 3		20	7 1
50 52 5		50 1 10 2		40	0 6
	6		3		1
156 0 2 46 6		160 0 1 7 6		168 0 0 5 0	
10 40 6		20 1 1 6		20 5 1	
20 35 5		40 0 56 5		40 4 1	
30 29 6		161 0 52 4		169 0 3 0	
40 24 5		20 52 5		20 3 1	
50 2 19 5		40 47 2		40 0 2	
	5		4		0
157 0 2 14 5		162 0 0 39 3		170 0 0 2 0	
10 9 5		20 36 3		20 2 1	
20 5 4		40 33 3		40 1 0	
30 2 0 5		163 0 30 3		171 0 1 0	
40 1 56 4		20 27 3		20 1 0	
50 1 51 5		40 0 24 3		40 0 1 0	
	4		2		0
158 0 1 47 4		164 0 0 22 2		172 0 0 1 0	
10 43 4		20 20 2		20 1 1	
20 39 4		40 18 2		40 0 0	
30 36 3		165 0 16 2		173 0 0 0	
40 32 4		20 14 2			0
50 1 29 3		40 0 13 1		180 0	0
	4		2		
159 0 1 25		166 0 0 11			

$$\frac{I}{M} = \frac{q^{\frac{3}{2}}}{t}$$

$$\sin w = \sqrt{[2 \cdot 34 \cdot 090] \frac{I}{M}}$$

w im II. Quadranten

$$v = w + \delta$$

51a. Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen.

ϵ	$\log f$	$\log E$	e	$\log f$	$\log E$	
— 0,30	0,04 625 29 28 27 26	0,00 317 04 487 04 348 04 208 04 067	138 139 140 141 142	0,00 + 0,01 0,02 0,03 0,04	0,00 000 9,99 826 99 649 99 472 99 293	174 177 177 179 181
— 0,25	0,03 925 24 23 22 21	0,00 271 03 782 03 638 03 493 03 347	143 144 145 146 147	+ 0,05 0,06 0,07 0,08 0,09	9,99 112 98 929 98 745 98 558 98 371	183 184 187 187 190
— 0,20	0,03 200 19 18 17 16	0,00 222 03 052 02 902 02 752 02 600	148 150 150 152 153	+ 0,10 II 12 13 14	9,98 181 97 989 97 796 97 600 97 403	192 193 196 197 200
— 0,15	0,02 447 14 13 12 11	0,00 171 02 293 02 138 01 981 01 824	154 155 157 157 159	+ 0,15 16 17 18 19	9,97 203 97 002 96 798 96 592 96 384	201 204 206 208 210
— 0,10	0,01 665 09 08 07 06	0,00 117 01 504 01 343 01 180 01 016	161 161 161 163 164	+ 0,20 21 22 23 24	9,96 174 95 961 95 746 95 529 95 309	213 215 217 220 223
— 0,05	0,00 850 04 03 02	0,00 060 00 683 00 514 00 344	167 169 170 171	+ 0,25 26 27 28 29	9,95 086 94 861 94 633 94 403 94 169	225 228 230 234 236
— 0,01	0,00 173	0,00 012	173	+ 0,30	9,93 933	244
0,00	0,00 000	0,00 000				9,99 544

Konstanten für die Bahn:

$$\epsilon = \frac{1 - e}{1 + e}$$

$$a = \frac{f}{q^{\frac{1}{2}}} \sqrt{\frac{1 + e}{2}}$$

$$\beta = \epsilon E$$

Für jeden Ort:

$$M = \alpha t$$

$$x = \frac{tg \frac{1}{2} w}{f}$$

$$n = \beta x^2$$

Mit Arg. M
entnehme man
w aus Taf. 50

$$tg \frac{1}{2} v = x G H$$

$$\theta = \epsilon \operatorname{tg}^2 \frac{v}{2}$$

$$r = \frac{q \left(1 + \operatorname{tg}^2 \frac{v}{2} \right)}{1 + \theta}$$

51b. Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen.

n	log G						
— 0.30	9.95 247 145	— 0.15	9.97 515 159	0.00	0.00 000	+ 0.15	0.02 743 193
29	95 392 146	14	97 674 159	+ 0.01	00 174 174	16	02 930 195
28	95 538 147	13	97 833 161	02	00 350 176	17	03 131 196
27	95 685 147	12	97 994 161	03	00 526 178	18	03 327 197
26	95 832 147	11	98 155 163	04	00 704 179	19	03 524 199
	149		163		179		199
— 0.25	9.95 981 149	— 0.10	9.98 318 163	+ 0.05	0.00 883 180	+ 0.20	0.03 723 201
24	96 130 151	09	98 481 163	06	01 063 182	21	03 924 202
23	96 281 151	08	98 646 165	07	01 245 183	22	04 126 203
22	96 432 151	07	98 811 165	08	01 428 183	23	04 329 203
21	96 584 152	06	98 978 167	09	01 611 183	24	04 534 207
	153		167		186		207
— 0.20	9.96 737 154	— 0.05	9.99 145 169	+ 0.10	0.01 797 186	+ 0.25	0.04 741 208
19	96 891 154	04	99 314 170	11	01 983 188	26	04 949 210
18	97 045 154	03	99 484 171	12	02 171 189	27	05 159 211
17	97 201 156	02	99 655 171	13	02 360 191	28	05 370 213
16	97 358 157	— 0.01	99 827 172	14	02 551 192	29	05 583 215
	157		173		192		215
— 0.15	9.97 515	0.00	0.00 000	+ 0.15	0.02 743	+ 0.30	0.05 798

Konstanten für die Bahn:

$$\varepsilon = \frac{1-e}{1+e} \quad \alpha = \frac{f}{q^{\frac{3}{2}}} \sqrt{\frac{1+e}{2}} \quad \beta = \varepsilon E$$

Für jeden Ort:

$$M = \alpha t$$

$$x = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} w}{f}$$

$$n = \beta x^2$$

Mit Arg. M
entnehme man
w aus Taf. 50

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} v = x G H$$

$$\Theta = \varepsilon \operatorname{tg}^2 \frac{v}{2}$$

$$r = \frac{q \left(1 + \operatorname{tg}^2 \frac{v}{2} \right)}{1 + \theta}$$

51c. Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen.

log H in Einheiten der 5. Dezimale.

n		Hyperbel						
		0.00	-0.05	-0.10	-0.15	-0.20	-0.25	-0.30
0.00	v	v	v	v	v	v	v	v
-0.05	o	o	o	o	o	o	o	+1
-0.10	o	o	o	o	+1	+1	+1	+1
-0.15	o	o	o	o	+1	+1	+1	+2
-0.20	o	o	o	+1	+1	+2	+2	+2
-0.25	o	o	o	+1	+1	+2	+2	+3
-0.30	o	o	o	+1	+2	+2	+2	+3

n		Ellipse						
		0.00	+0.05	+0.10	+0.15	+0.20	+0.25	+0.30
0.00	v	v	v	v	v	v	v	v
+0.05	o	o	o	o	o	-1	-1	-1
+0.10	o	o	o	-1	-1	-2	-2	-2
+0.15	o	o	o	-1	-1	-2	-2	-4
+0.20	o	o	o	-1	-1	-2	-3	-5
+0.25	o	o	-1	-1	-3	-4	-6	-6
+0.30	o	o	-1	-2	-3	-5	-8	-8

Konstanten für die Bahn:

$$\epsilon = \frac{r - e}{r + e} \quad a = \frac{f}{q^{\frac{3}{2}}} \sqrt{\frac{r + e}{2}} \quad \beta = \epsilon E$$

Für jeden Ort:

$$M = \alpha t$$

$$x = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} w}{f}$$

$$n = \beta x^2$$

Mit Arg.M
entnehme man
w aus Taf. 50

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} v = x G H$$

$$\theta = \epsilon \operatorname{tg}^2 \frac{v}{2}$$

$$r = \frac{q \left(r + \operatorname{tg}^2 \frac{v}{2} \right)}{1 + \theta}$$

52. Perihelzeit in parabelnahen Bahnen.

θ	log P ₁	log P _s	θ	log P ₁	log P _s
— 0.30	2.17 124 29 28 27 26 405	1.77 233 76 509 75 794 75 088 74 391 688	0.00 + 0.01 02 03 04 275	2.06 545 06 257 05 972 05 691 05 412 500	1.58 833 58 314 57 800 57 291 56 786 478
— 0.25	2.15 037 24 23 22 21 376	1.73 703 73 024 72 353 71 690 71 035 647	+ 0.05 06 07 08 09 261	2.05 137 04 864 04 595 04 328 04 064 478	1.56 286 55 791 55 300 54 813 54 330 474
— 0.20	2.13 103 19 18 17 16 350	1.70 388 69 749 69 117 68 492 67 874 611	+ 0.10 11 12 13 14 248	2.03 803 03 544 03 288 03 035 02 784 459	1.53 852 53 378 52 907 52 441 51 979 474
— 0.15	2.11 302 14 13 12 11 328	1.67 263 66 659 66 062 65 471 64 886 579	+ 0.15 16 17 18 19 237	2.02 536 02 290 02 046 01 805 01 566 441	1.51 520 51 065 50 614 50 166 49 722 441
— 0.10	2.09 617 09 08 07 06 309	1.64 307 63 735 63 168 62 607 62 052 550	+ 0.20 21 22 23 24 225	2.01 329 01 095 00 863 00 632 00 404 424	1.49 281 48 844 48 410 47 980 47 553 427
— 0.05	2.08 035 04 03 02 — 0.01 291	1.61 502 60 958 60 419 59 885 59 356 523	+ 0.25 26 27 28 29 216	2.00 179 1.99 955 99 733 99 513 99 295 408	1.47 129 46 708 46 291 45 876 45 465 408
— 0.00	2.06 545	1.58 833	+ 0.30	1.99 079	1.45 057

v_1 zugehörig zur Zeit t_1

$$\theta = \frac{1 - e}{1 + e} \operatorname{tg}^2 \frac{v_1}{2}$$

$$T = t_1 - \frac{q^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{1 + e}} \left(P_1 \operatorname{tg} \frac{v_1}{2} + P_s \operatorname{tg}^3 \frac{v_1}{2} \right)$$

53. Auflösung der Keplerschen Gleichung für $e < 0.25$.

x_0	σ	x_0	σ
00 0'	0'' 0	90 0'	130'' 7
I 0	0 0	10 137	7
		20 144	7
2 0	I 1	30 152	8
20	2 1	40 160	8
40	3 1	50 168	8
	2		9
3 0	5 2	10 0	177 9
20	7 2	10 186	9
40	9 2	20 195	9
	3	30 204	10
4 0	I2 3	40 214	10
20	I5 3	50 224	
40	I8 3		10
	5	II 0	234 10
5 0	23 2	10 244	10
I0	25 2	20 255	11
20	27 2	30 266	11
30	30 3	40 278	11
40	33 3	50 289	11
50	36 3		12
	3	I2 0	301 13
6 0	39	10 314	13
I0	42 3	20 326	12
20	46 4	30 339	14
30	50 4	40 353	13
40	53 3	50 366	13
50	57 4		14
	5	I3 0	380 14
7 0	62	10 394	14
I0	66 4	20 409	15
20	71 5	30 424	15
30	76 5	40 439	16
40	81 5	50 455	16
50	86 5		16
	6	I4 0	471 16
8 0	92	10 487	16
I0	97 5	20 504	17
20	I03 6	30 521	17
30	I10 7	40 538	18
40	I16 7	50 556	18
50	I23 7		18
	7	I5 0	574
9 0	I30		

$$\operatorname{tg} x_0 = \frac{e \sin M}{1 - e \cos M}$$

$$E = M + x_0 - \frac{\sigma}{1 - e \cos M}$$

σ hat das Vorzeichen von x_0

54. Auflösung der Keplerschen Gleichung für $e < 0.6$.

x_0	$\log C$	x_0	$\log C$
00	4.53 627	200 0'	4.53 318 12
I	53 627	20 53 306 12	
2	53 625	40 53 294 12	
3	53 621	21 0 53 281 13	
4	53 617	20 53 268 13	
	6	40 53 255 13	
5	4.53 611	22 0 4.53 241 14	
6	53 603	20 53 227 14	
7	53 594	40 53 213 14	
8	53 584	23 0 53 198 15	
9	53 572	20 53 183 15	
	13	40 53 168 15	
I0	4.53 559	16 4.53 152 16	
I1	53 543	24 0 4.53 152 16	
I2	53 526	20 53 136 16	
I3	53 508	40 53 119 17	
I4	53 487	25 0 53 102 17	
I5	53 465	20 53 085 17	
	25	40 53 067 18	
I6	0'	4.53 440	18
	20	26 0 4.53 049 19	
	40	20 53 030 19	
I7	0	53 413	40 53 011 20
	20	9 27 0 52 991 20	
	40	20 52 971 20	
		40 52 951 20	
I8	0	4.53 384	21
	20	10 20 52 909 21	
	40	20 52 887 22	
I9	0	53 352	23 0 52 864 23
	20	11 20 52 841 23	
	40	12 40 52 818 24	
20	0	4.53 318	24
	30	0 30 4.52 794	

$$\operatorname{tg} x_0 = \frac{e \sin M}{1 - e \cos M}$$

$\log C$ stets positiv

$$A = \frac{\cos x_0}{1 - e \cos M} \quad \Delta x \text{ und } \delta x$$

in Bogensekunden

$$\Delta x = -A C \sin^3 x_0$$

$$\delta x = \frac{\Delta x}{\cos x_0 (1 + 2A \sin^2 \frac{1}{2}(x_0 + \frac{1}{2} \Delta x))}$$

$$E = M + x_0 + \delta x$$

55. Zur Ermittlung der Sehne in der parabolischen Bewegung (Euler'sche Gleichung).

η	$\log \mu$	η	$\log \mu$	η	$\log \mu$
0.00	0.00 000	0.35	0.00 230	0.65	0.00 885
01	000 1	36	244 14	66	918 33
02	001 1	37	258 14	67	951 33
03	002 1	38	273 15	68	0.00 985 34
04	003 1	39	288 15	69	0.01 021 36
			16		36
0.05	0.00 005	0.40	0.00 304	0.70	0.01 057
06	007 2	41	320 16	71	095 38
07	009 2	42	337 17	72	133 40
08	012 3	43	354 17	73	173 41
09	015 3	44	372 18	74	214 41
		3	18		43
0.10	0.00 018	0.45	0.00 390	0.75	0.01 257
11	022 4	46	409 19	76	300 43
12	026 4	47	429 20	77	345 45
13	031 5	48	449 20	78	392 47
14	036 5	49	469 20	79	440 48
		5	21		50
0.15	0.00 041	0.50	0.00 490	0.80	0.01 490
16	047 6	51	512 22	81	542 52
17	053 6	52	534 22	82	596 54
18	059 6	53	557 23	83	652 56
19	066 7	54	580 23	84	710 58
		7	24		61
0.20	0.00 073	0.55	0.00 604	0.85	0.01 771
21	081 8	56	629 25	86	835 64
22	089 8	57	655 26	87	902 67
23	097 8	58	681 26	88	0.01 972 70
24	106 9	59	708 27	89	0.02 046 74
		9	27		79
0.25	0.00 115	0.60	0.00 735	0.90	0.02 125
26	125 10	61	764 29	91	210 85
27	135 10	62	793 29	92	302 92
28	145 10	63	823 30		
29	156 11	64	853 30		
		11	32		
0.30	0.00 167	0.65	0.00 885		
31	179 12				
32	191 12				
33	204 13		$\eta = \frac{2k(t_2 - t_1)}{(r_1 + r_2)^{\frac{3}{2}}}$	$\log 2k = 8.53661$	
34	217 13				
0.35	0.00 230		$s = (r_1 + r_2) \eta \mu$		
			$\sin \gamma = \eta \mu$	$y = \frac{1 + 2 \sec \gamma}{3}$	

**56. Verhältnis
Sektor
Dreieck = y
in der Parabel.**

η	$\log y$
0.00	0.00 000
01	001 1
02	006 5
03	013 7
04	023 10
0.05	0.00 036
06	052 16
07	071 19
08	093 22
09	118 25
	28
0.10	0.00 146
11	177 31
12	210 33
13	247 37
14	288 41
	43
0.15	0.00 331
16	377 50
17	427 52
18	479 52
19	536 57
	59
0.20	0.00 595
21	658 63
22	724 66
23	794 70
24	867 73
	77
0.25	0.00 944
26	0.01 025
27	110 85
28	198 88
29	291 93
	96
0.30	0.01 387
31	488 101
32	593 105
33	702 109
34	816 114
	118
0.35	0.01 934
36	02 057
37	185 128
38	318 133
39	457 139
	143
0.40	0.02 600
	$\eta = \frac{2k(t_2 - t_1)}{(r_1 + r_2)^{\frac{3}{2}}}$
	$\log 2k = 8.53661$

**Sektor
57a. Verhältnis Dreieck = y in Ellipse und Hyperbel.**

h	log y*						
0,000	0,00 000	0,035	0,03 185	0,070	0,06 044	0,105	0,08 642
001	00 096	036	03 271	071	06 122	106	08 713
002	00 192	037	03 357	072	06 199	107	08 784
003	00 288	038	03 442	073	06 276	108	08 855
004	00 383	039	03 527	074	06 353	109	08 925
	95		85		77		70
0,005	0,00 478	0,040	0,03 612	0,075	0,06 430	0,110	0,08 995
006	00 573	041	03 696	076	06 506	111	09 065
007	00 667	042	03 781	077	06 583	112	09 135
008	00 761	043	03 865	078	06 659	113	09 205
009	00 855	044	03 949	079	06 735	114	09 275
	93		83		76		69
0,010	0,00 948	0,045	0,04 032	0,080	0,06 811	0,115	0,09 344
011	01 041	046	04 115	081	06 886	116	09 413
012	01 134	047	04 198	082	06 961	117	09 482
013	01 227	048	04 281	083	07 037	118	09 551
014	01 319	049	04 364	084	07 112	119	09 620
	92		82		74		68
0,015	0,01 411	0,050	0,04 446	0,085	0,07 186	0,120	0,09 688
016	01 502	051	04 528	086	07 261	121	09 757
017	01 593	052	04 610	087	07 335	122	09 825
018	01 684	053	04 692	088	07 409	123	09 893
019	01 775	054	04 773	089	07 483	124	09 961
	90		81		74		68
0,020	0,01 865	0,055	0,04 854	0,090	0,07 557	0,125	0,10 029
021	01 955	056	04 935	091	07 631	126	10 097
022	02 045	057	05 016	092	07 704	127	10 164
023	02 134	058	05 096	093	07 778	128	10 232
024	02 223	059	05 176	094	07 851	129	10 299
	89		80		72		67
0,025	0,02 312	0,060	0,05 256	0,095	0,07 923	0,130	0,10 366
026	02 401	061	05 336	096	07 996	131	10 433
027	02 489	062	05 416	097	08 069	132	10 499
028	02 577	063	05 495	098	08 141	133	10 566
029	02 665	064	05 574	099	08 213	134	10 632
	87		79		72		67
0,030	0,02 752	0,065	0,05 653	0,100	0,08 285	0,135	0,10 699
031	02 839	066	05 732	101	08 357	136	10 765
032	02 926	067	05 810	102	08 429	137	10 831
033	03 013	068	05 888	103	08 500	138	10 897
034	03 099	069	05 966	104	08 571	139	10 962
	86		78		71		66
0,035	0,03 185	0,070	0,06 044	0,105	0,08 642	0,140	0,11 028

$$m = \frac{k^2(t_2 - t_1)^2}{(2 \cos f \sqrt{r_1 r_2})^3} \quad \operatorname{tg}(45^\circ + \omega) = \sqrt[4]{\frac{r_2}{r_1}}$$

$$1 = \frac{\sin^2 \frac{1}{2}f + \operatorname{tg}^2 2\omega}{\cos f}$$

$$h = \frac{m}{\frac{5}{6} + 1 + \frac{5}{6}}$$

$$\xi \text{ mit } \operatorname{Arg.} x = \frac{m}{y^2} - 1 \text{ aus Tafel 57 b}$$

$$\log k = 8,23 555$$

$$\frac{5}{6} = 0,83 333$$

$$\log \frac{5}{6} = 9,92 082$$

57 a. Verhältnis $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}} = y$ in Ellipse und Hyperbel (Schluß).

h	log y ²	h	log y ²	h	log y ²	h	log y ²
0.140	0.11 028 141 II 093 65 142 II 158 66 143 II 224 65 144 II 289 65 64	0.180 181 182 183 184	0.13 538 60 13 598 60 13 658 60 13 718 60 13 778 60	0.215 216 217 218 219	0.15 575 56 15 631 56 15 687 56 15 743 56 15 799 56	0.25 26 27 28 29	0.17 485 18 009 524 18 525 516 19 932 507 19 531 499 492
0.145	0.11 353 65 146 II 418 65 147 II 483 64 148 II 547 64 149 II 611 64 64	0.185 186 187 188 189	0.13 838 59 13 897 59 13 957 60 14 016 59 14 075 59	0.220 221 222 223 224	0.15 855 56 15 911 56 15 967 56 16 022 55 16 077 55	0.30 31 32 33 34	0.20 023 20 507 484 20 983 476 21 453 470 21 915 462 456
0.150	0.11 675 64 151 II 739 64 152 II 803 64 153 II 867 64 154 II 931 64 63	0.190 191 192 193 194	0.14 134 59 14 193 59 14 252 59 14 311 59 14 369 58	0.225 226 227 228 229	0.16 133 55 16 188 55 16 243 55 16 298 55 16 353 55	0.35 36 37 38 39	0.22 371 22 820 449 23 263 443 23 701 438 24 132 431 425
0.155	0.11 994 63 156 I2 057 63 157 I2 121 64 158 I2 184 63 159 I2 246 62 63	0.195 196 197 198 199	0.14 428 59 14 486 58 14 544 58 14 603 59 14 661 58	0.230 231 232 233 234	0.16 408 55 16 463 55 16 517 54 16 572 55 16 626 54	0.40 41 42 43 44	0.24 557 420 24 977 415 25 392 415 25 801 409 26 205 404
0.160	0.12 309 63 161 I2 372 63 162 I2 434 62 163 I2 497 63 164 I2 559 62 62	0.200 201 202 203 204	0.14 719 58 14 777 58 14 834 57 14 892 58 14 949 57	0.235 236 237 238 239	0.16 681 55 16 735 54 16 789 54 16 843 54 16 897 54	0.45 46 47 48 49	0.26 604 394 26 998 394 27 388 390 27 773 385 28 153 380 376
0.165	0.12 621 62 166 I2 683 62 167 I2 745 62 168 I2 807 61 169 I2 868 61 62	0.205 206 207 208 209	0.15 007 57 15 064 57 15 121 57 15 178 57 15 235 57	0.240 241 242 243 244	0.16 951 54 17 005 54 17 058 53 17 112 54 17 165 53	0.50 51 52 53 54	0.28 529 372 28 901 372 29 269 368 29 632 363 29 992 360 355
0.170	0.12 930 61 171 I2 991 61 172 I3 053 62 173 I3 114 61 174 I3 175 61 61	0.210 211 212 213 214	0.15 292 57 15 349 57 15 406 57 15 462 56 15 519 57	0.245 246 247 248 249	0.17 219 53 17 272 53 17 325 53 17 379 54 17 432 53	0.55 56 57 58 59	0.30 347 352 30 699 349 31 048 349 31 392 344 31 733 341 338
0.175	0.13 236 60 176 I3 296 61 177 I3 357 60 178 I3 417 60 179 I3 478 61 60	0.215	0.15 575 56	0.250	0.17 485 53	0.60	0.32 071
0.180	0.13 538						
					$m = \frac{k^2 (t_2 - t_1)^2}{(2 \cos f \sqrt{r_1 r_2})^3}$	$\operatorname{tg} (45^\circ + \omega) = \sqrt[4]{\frac{r_2}{r_1}}$	
					$l = \frac{\sin^2 \frac{1}{2} f + \operatorname{tg}^2 2\omega}{\cos f}$	ξ mit $\operatorname{Arg.} x = \frac{m}{y^2} - 1$ aus Tafel 57 b	
					$h = \frac{m}{\frac{5}{8} + 1 + \xi}$	$\log k = 8.23 558$	
						$\frac{5}{8} = 0.83 333$	
						$\log \frac{5}{8} = 9.92 082$	

57 b. Zur Ermittlung von $\frac{\text{Sektor}}{\text{Dreieck}} = y$ in Ellipse und Hyperbel.

x	ξ		x	ξ	
	Ellipse	Hyperbel		Ellipse	Hyperbel
0,00	0,00 000	I	0,00 000	I	0,00 118
01	001	I	001	I	134 16
02	002	I	002	I	150 18
03	005	3	005	3	168 18
04	009	4	009	4	186 18
	6		5		19
0,05	0,00 015	6	0,00 014	6	0,00 205
06	021	6	020	21	225 20
07	029	8	027	7	246 21
08	038	9	035	8	267 21
09	049	II	044	9	289 22
	12		10		23
0,10	0,00 061	I3	0,00 054	I1	0,00 312
I1	074	I3	065	II	336 24
I2	088	I4	077	I2	361 25
I3	104	I6	090	I3	386 25
I4	122	I8	104	I4	412 26
	19		14		27
0,15	0,00 141		0,00 118		0,00 439
	0,30			0,00 624	

$$m = \frac{k^2 (t_2 - t_1)^2}{(2 \cos f \sqrt{r_1 r_2})^3} \quad \operatorname{tg}(45^\circ + \omega) = \sqrt[4]{\frac{r_2}{r_1}}$$

$$l = \frac{\sin^2 \frac{1}{2}f + \operatorname{tg}^2 2\omega}{\cos f} \quad \xi \text{ mit } \operatorname{Arg.} x = \frac{m}{y^2} - 1 \text{ aus Tafel 57 b}$$

$$\log k = 8.23558$$

$$\frac{5}{6} = 0.83333$$

$$\log \frac{5}{6} = 9.92082$$

$$h = \frac{m}{\frac{5}{6} + 1 + \xi}$$

58. Enckes f-Tafel.

q	log f	q	log f
— 0.030	0.51 080 029 028 027 026	0.000 + 0.001 002 003 004	0.47 712 47 604 47 495 47 387 47 280
	116 116 115 115 115		108 109 108 107 108
— 0.025	0.50 503 024 023 022 021	+ 0.005 006 007 008 009	0.47 172 47 065 46 958 46 851 46 744
	115 114 115 113 114		107 107 107 107 106
— 0.020	0.49 932 019 018 017 016	+ 0.010 011 012 013 014	0.46 638 46 532 46 426 46 320 46 215
	113 113 113 113 112		106 106 106 105 106
— 0.015	0.49 368 014 013 012 011	+ 0.015 016 017 018 019	0.46 109 46 004 45 900 45 795 45 691
	112 112 112 111 111		105 104 105 104 105
— 0.010	0.48 810 009 008 007 006	+ 0.020 021 022 023 024	0.45 586 45 482 45 379 45 275 45 172
	111 111 110 110 110		104 103 104 103 103
— 0.005	0.48 258 004 003 002	+ 0.025 026 027 028 029	0.45 069 44 966 44 863 44 761 44 659
	110 109 109 109		103 103 102 102 102
— 0.001	47 821	+ 0.030	0.44 557
0.000	0.47 712		

$$q = \frac{x_0 + \frac{1}{2}\xi}{r_0^2} \xi + \frac{y_0 + \frac{1}{2}\eta}{r_0^2} \eta + \frac{z_0 + \frac{1}{2}\zeta}{r_0^2} \zeta$$

$$1 - \frac{r_0^3}{r^3} = f q$$

59. Zur Berechnung der Differentialquotienten in der Parabel.

v	H	$\log h_I$	J	$\log j$	v	H	$\log h_I$	J	$\log j$
0°	— 0° 0'	0,0000	— 0° 0'	0,0000	40°	— 2° 20'	9,9273	— 12° 44'	0,0751 26
I	0 0 0	9,9999 1	0 30 30	0001 1	41	2 30 11	9,240 33	12 46 2	0,0777 26
2	0 0 0	9998 1	I 0 30	0003 2	42	2 41 11	9,207 33	I 2 47 1	0,0803 26
3	0 0 0	9995 3	I 30 30	0006 3	43	2 52 11	9,173 34	I 2 48 1	0,0829 26
4	0 0 0	9992 3	I 59 29	0010 4	44	3 3 11	9,139 34	I 2 47 1	0,0855 26
	0	9	4	30	6	12	34		26
5	— 0 0 0	9,9988	— 2 29	0,0016	45	— 3 15 13	9,9105 35	— 12° 46 2	0,0881 25
6	0 0 1	9982 6	2 58 29	0024 8	46	3 28 12	9,070 35	12 44 3	0,0906 25
7	0 1 0	9976 6	3 27 28	0032 10	47	3 40 14	9,035 35	I 2 41 3	0,0930 24
8	0 1 1	9968 8	3 55 28	0042 10	48	3 54 14	9,000 35	I 2 37 4	0,0955 25
9	0 2 1	9960 8	4 23	0052 10	49	4 7 13	8,964 36	I 2 33 4	0,0979 24
	0	9	28	12	4	14	35		24
10	— 0 2 1	9,9951 II	— 4 51 27	0,0064	50	— 4 21 15	9,8929 36	— 12 27 6	0,1003 23
II	0 3 1	9940 II	5 18 27	0078 14	51	4 36 15	8,893 36	I 2 21 7	1026 23
I2	0 4 1	9929 II	5 45 27	0092 14	52	4 50 14	8,857 36	I 2 14 7	1049 23
I3	0 5 1	9917 I2	6 11 26	0107 15	53	5 5 15	8,821 36	I 2 7 7	1071 22
I4	0 6 1	9904 I3	6 36 25	0123 15	54	5 21 16	8,786 35	I 1 58 9	1093 22
	2	14	25	18	15	36			22
I5	— 0 8	9,9890	— 7 I	0,0141 I	55	— 5 36 16	9,8750 36	— II 49 9	0,1115 21
I6	0 9 1	9875 15	7 25 24	0159 18	56	5 52 16	8,714 36	II 40 9	1136 21
I7	0 II 2	9859 16	7 48 23	0178 19	57	6 9 17	8,678 36	II 29 11	1157 21
I8	0 13 2	9842 17	8 10 22	0198 20	58	6 25 16	8,643 35	II 18 11	1177 20
I9	0 16 3	9824 18	8 32 22	0219 21	59	6 42 17	8,607 36	II 6 12	1196 19
	2	18	21	21	17	35			19
20	— 0 18	9,9806	— 8 53	0,0240	60	— 6 59 17	9,8572 35	— 10 54 14	0,1215 19
21	0 21 3	9786 20	9 13 20	0262 22	61	7 16 17	8,537 35	10 40 14	1234 18
22	0 24 3	9766 20	9 32 19	0285 23	62	7 33 17	8,502 35	10 27 13	1252 17
23	0 28 4	9745 21	9 51 19	0308 23	63	7 51 18	8,468 34	10 12 15	1269 17
24	0 31 3	9723 22	I0 8 17	0332 24	64	8 8 17	8,433 35	9 57 15	1286 17
	4	23	17	25	18	34			16
25	— 0 35	9,9700	— 10 25	0,0357	65	— 8 26 17	9,8399 32	— 9 41 16	0,1302 16
26	0 40 5	9676 24	I0 40 15	0382 25	66	8 43 18	8,366 33	9 25 17	1318 15
27	0 44 4	9652 24	I0 55 15	0407 25	67	9 1 18	8,332 34	9 8 17	1333 14
28	0 49 5	9627 25	II 9 14	0432 25	68	9 18 17	8,299 33	8 50 18	1347 14
29	0 55 6	9601 26	II 22 13	0458 26	69	9 35 17	8,266 33	8 32 18	1361 14
	5	27	12	27	17	32			13
30	— I 0	9,9574	— II 34 11	0,0485	70	— 9 52 17	9,8234 32	— 8 13 19	0,1374 13
31	I 7 7	9547 27	II 45 10	0511 26	71	I0 9 17	8,202 32	7 54 20	1387 12
32	I 13 6	9519 28	II 55 10	0537 26	72	I0 26 17	8,171 31	7 34 21	1399 12
33	I 20 7	9490 29	I2 4 9	0564 27	73	I0 43 17	8,140 31	7 13 21	1410 11
34	I 27 7	9461 29	I2 13 9	0591 27	74	I0 59 16	8,109 31	6 52 21	1421 11
	8	30	7	27	16	31			10
35	— I 35 8	9,9431	— I2 20	0,0618	75	— II 15 15	9,8078 31	— 6 30 22	0,1431 10
36	I 43 9	9406 31	I2 27 7	0644 26	76	II 30 15	8,048 30	6 8 22	1441 9
37	I 52 9	9369 31	I2 32 5	0671 27	77	II 45 15	8,018 30	5 45 23	1450 8
38	2 1 9	9338 31	I2 37 5	0698 27	78	I2 0 15	7,989 29	5 22 23	1458 7
39	2 10 9	9306 32	I2 41 4	0724 26	79	I2 14 14	7,960 29	4 58 24	1465 7
	10	33	3	27	13	29			7
40	— 2 20	9,9273	— I2 44	0,0751	80	— I2 27	9,7931	— 4 34	0,1472

h_I und j durchweg positiv. Die Vorzeichen der Winkel H und J gelten für positive v; für negative v kehren sie das Vorzeichen um.

59. Zur Berechnung der Differentialquotienten in der Parabel (Fortsetzung).

v	H	$\log h_I$	J	$\log j$	v	H	$\log h_I$	J	$\log j$
800	— 12° 27'	9.7931 ²⁸	— 4° 34' ²⁵	0.1472 ⁶	1200	— 80° 0'	9.6694	+ 19° 6' ⁴⁸	0.1215 ¹⁹
81	12 40 ¹³	7903 ²⁸	4 9 ²⁵	1478 ⁶	121	7 27 ³³	6650 ⁴⁴	19 54 ⁴⁸	1196 ¹⁹
82	12 52 ¹²	7875 ²⁸	3 43 ²⁶	1484 ⁶	122	6 53 ³⁴	6606 ⁴⁴	20 42 ⁴⁸	1177 ²⁰
83	13 4 ¹⁰	7847 ²⁸	3 17 ²⁶	1489 ⁵	123	6 18 ³⁵	6560 ⁴⁶	21 31 ⁴⁹	1157 ²¹
84	13 14 ¹⁰	7819 ²⁸	2 51 ²⁵	1493 ⁴	124	5 41 ³⁷	6513 ⁴⁷	22 20 ⁴⁹	1136 ²¹
	10	27	28	4		38	47	51	21
85	— 13 24 ¹⁰	9.7792 ²⁷	— 2 23 ²⁷	0.1497 ³	125	— 5 3 ⁴⁰	9.6466	+ 23 II ⁵¹	0.1115 ²²
86	13 34 ⁸	7765 ²⁷	1 56 ²⁷	1500 ²	126	4 23 ⁴²	6417 ⁴⁹	24 2 ⁵¹	1093 ²²
87	13 42 ⁸	7738 ²⁷	1 28 ²⁸	1502 ²	127	3 41 ⁴²	6367 ⁵⁰	24 53 ⁵¹	1071 ²²
88	13 50 ⁶	7711 ²⁷	0 59 ²⁹	1504 ²	128	2 59 ⁴²	6316 ⁵¹	25 46 ⁵³	1049 ²³
89	13 56 ⁶	7684 ²⁷	— 0 30 ²⁹	1505 ¹	129	2 14 ⁴⁵	6263 ⁵³	26 39 ⁵³	1026 ²³
	6	27	30	0		46	54	54	23
90	— 14 2 ⁵	9.7657 ²⁶	0 0	0.1505 ⁰	130	— 1 28 ⁴⁸	9.6209	+ 27 33 ⁵⁴	0.1003 ²⁴
91	14 7 ⁴	7631 ²⁷	+ 0 30 ³⁰	1505 ¹	131	— 0 40 ⁴⁸	6155 ⁵⁴	28 27 ⁵⁴	0979 ²⁴
92	14 11 ³	7604 ²⁷	1 31 ³¹	1504 ²	132	+ 0 10 ⁵⁰	6099 ⁵⁶	29 23 ⁵⁶	0955 ²⁵
93	14 14 ¹	7577 ²⁷	1 32 ³¹	1502 ²	133	1 1 ⁵¹	6041 ⁵⁸	30 19 ⁵⁹	0930 ²⁴
94	14 15 ¹	7550 ²⁷	2 4 ³²	1500 ²	134	1 54 ⁵³	5982 ⁵⁹	31 16 ⁵⁷	0906 ²⁴
	1	27	33	3		54	59	58	25
95	— 14 16 ⁰	9.7523 ²⁷	+ 2 37 ³²	0.1497 ⁴	135	+ 2 48 ⁵⁷	9.5923 ⁶¹	+ 32 14 ⁵⁹	0.0881 ²⁶
96	14 16 ⁰	7496 ²⁷	3 9 ³²	1493 ⁴	136	3 45 ⁵⁸	5862 ⁶³	33 13 ⁵⁹	0855 ²⁶
97	14 14 ²	7469 ²⁷	3 43 ³⁴	1489 ⁴	137	4 43 ⁶⁰	5799 ⁶³	34 12 ⁵⁹	0829 ²⁶
98	14 12 ²	7441 ²⁸	4 17 ³⁴	1484 ⁵	138	5 43 ⁶⁰	5735 ⁶⁴	35 13 ⁶¹	0803 ²⁶
99	14 8 ⁴	7413 ²⁸	4 51 ³⁴	1478 ⁶	139	6 45 ⁶²	5670 ⁶⁵	36 14 ⁶¹	0777 ²⁶
	5	28	35	6		64	66	62	26
100	— 14 3 ⁶	9.7385 ²⁹	+ 5 26 ³⁶	0.1472 ⁷	140	+ 7 49 ⁶⁷	9.5604 ⁶⁸	+ 37 16 ⁶³	0.0751 ²⁷
101	13 57 ⁷	7356 ²⁹	6 2 ³⁶	1405 ⁷	141	8 56 ⁶⁸	5536 ⁶⁸	38 19 ⁶⁴	0724 ²⁶
102	13 50 ⁷	7327 ²⁹	6 38 ³⁶	1458 ⁷	142	10 4 ⁷⁰	5468 ⁶⁸	39 23 ⁶⁵	0698 ²⁶
103	13 41 ⁹	7297 ³⁰	7 15 ³⁷	1450 ⁸	143	II 14 ⁷⁰	5398 ⁷⁰	40 28 ⁶⁵	0671 ²⁷
104	13 32 ⁹	7267 ³⁰	7 52 ³⁷	1441 ⁹	144	I2 27 ⁷³	5326 ⁷²	41 33 ⁶⁵	0644 ²⁷
	11	30	38	10		75	72	67	26
105	— 13 21 ⁷	9.7237 ³¹	+ 8 30 ³⁸	0.1431 ¹⁰	145	+ 13 42 ⁷⁷	9.5254 ⁷⁴	+ 42 40 ⁶⁷	0.0618 ²⁷
106	13 9 ¹²	7206 ³¹	9 8 ³⁸	1421 ¹⁰	146	14 59 ⁷⁹	5180 ⁷⁴	43 47 ⁶⁹	0591 ²⁷
107	12 55 ¹⁴	7174 ³²	9 47 ³⁹	1410 ¹¹	147	16 18 ⁸²	5105 ⁷⁵	44 56 ⁶⁹	0564 ²⁷
108	12 40 ¹⁵	7142 ³²	10 26 ³⁹	1399 ¹¹	148	I7 40 ⁸⁵	5029 ⁷⁶	46 5 ⁶⁹	0537 ²⁶
109	12 24 ¹⁶	7109 ³³	II 6 ⁴⁰	1387 ¹²	149	I9 5 ⁸⁵	4953 ⁷⁶	47 15 ⁷⁰	0511 ²⁶
	17	33	41	13		87	78	71	26
110	— 12 7 ¹⁸	9.7076 ³¹	+ II 47 ⁴¹	0.1374 ¹³	150	+ 20 32 ⁹⁰	9.4875 ⁷⁹	+ 48 26 ⁷²	0.0485 ²⁷
111	II 49 ²⁰	7041 ³⁵	I2 28 ⁴¹	1361 ¹³	151	22 2 ⁹⁰	4796 ⁷⁹	49 38 ⁷²	0458 ²⁷
112	II 29 ²⁰	7006 ³⁵	I3 10 ⁴²	1347 ¹⁴	152	23 35 ⁹³	4716 ⁸⁰	50 51 ⁷³	0432 ²⁶
113	II 7 ²²	6970 ³⁶	I3 52 ⁴²	1333 ¹⁴	153	25 II 96	4636 ⁸¹	52 5 ⁷⁴	0407 ²⁵
114	IO 45 ²²	6933 ³⁷	I4 35 ⁴³	1318 ¹⁵	154	26 50 ⁹⁹	4555 ⁸¹	53 20 ⁷⁵	0382 ²⁵
	24	37	44	16		81	75	75	25
115	— IO 21 ²⁶	9.6896 ³⁷	+ I5 19 ⁴¹	0.1302 ¹⁶	155	+ 28 32 ⁹⁰	9.4474 ⁸²	+ 54 35 ⁷⁷	0.0357 ²⁵
116	9 55 ²⁶	6857 ³⁹	I6 3 ⁴⁴	1286 ¹⁶	156	30 I7 909	4392 ⁸²	55 52 ⁷⁷	0332 ²⁵
117	9 28 ²⁷	6818 ³⁹	I6 48 ⁴⁵	1269 ¹⁷	157	32 6 ⁹¹	4310 ⁸³	57 9 ⁷⁷	0308 ²⁴
118	9 0 ²⁸	6777 ⁴¹	I7 33 ⁴⁵	1252 ¹⁷	158	33 57 ⁹¹	4227 ⁸²	58 28 ⁷⁹	0285 ²³
119	8 31 ²⁹	6736 ⁴¹	I8 20 ⁴⁷	1234 ¹⁸	159	35 53 ⁹¹	4145 ⁸²	59 47 ⁷⁹	0262 ²³
120	— 8 0 ³¹	9.6694 ⁴²	+ I9 6 ⁴⁶	0.1215 ¹⁹	160	+ 37 52 ⁹¹	9.4064 ⁸¹	+ 61 7 ⁸⁰	0.0240 ²²

h_I und durchweg positiv. Die Vorzeichen der Winkel H und J gelten für positive v; für negative v kehren sie das Vorzeichen um.

59. Zur Berechnung der Differentialquotienten in der Parabel (Schluß).

v	H	$\log h_I$	J	$\log j$	v	H	$\log h_I$	J	$\log j$
1600	+ 37° 52'	9.4064 8I	+ 61° 7'	0.0240 2I	1700	+ 61° 13'	9.3331 57	+ 75° 9'	0.0065 12
161	39 55 123	3983 80	62 28 82	0.0219 2I	171	63 54 161	3274 53	76 37 88	0.053 11
162	42 I 126	3903 79	63 50 82	0.0198 2I	172	66 39 165	3221 47	78 5 88	0.042 10
163	44 II 130	3824 78	65 12 83	0.0178 20	173	69 26 167	3174 42	79 33 89	0.032 8
164	46 26 135	3746 78	66 35 83	0.0159 19	174	72 17 171	3132 42	81 2 89	0.024 8
	138	76	84	18		173	37	89	8
165	+ 48 44 142	9.3670 74	+ 67 59 85	0.0141 17	175	+ 75 10 175	9.3095 30	+ 82 31 90	0.0016 6
166	51 6 146	3596 74	69 24 85	0.0124 17	176	78 5 175	3065 24	84 I 90	0.010 6
167	53 32 146	3525 71	70 49 86	0.0107 17	177	81 2 177	3041 17	85 30 89	0.006 4
168	56 2 150	3457 68	72 15 87	0.0092 15	178	84 I 179	3024 10	87 0 90	0.003 3
169	58 36 154	3392 65	73 42 87	0.0078 14	179	87 0 179	3014 4	88 30 90	0.001 2
	157	61	87	13		180	4	90	1
170	+ 61 13	9.3331	+ 75 9	0.0065	180	+ 90 0	9.3010	+ 90 0	0.0000

h_I und j durchweg positiv. Die Vorzeichen der Winkel H und J gelten für positive v ; für negative v kehren sie das Vorzeichen um.

$$\begin{aligned} d\alpha \cos \delta = & -\frac{\sin b}{\rho} \cos(B + \omega + \frac{1}{2}v) \frac{k''\sqrt{2}}{\sqrt{r}} dT \\ & + \frac{\sin b}{\rho} \frac{I}{\cos \frac{1}{2}v} j \sin(B + \omega + J) dq \\ & + \frac{\sin b}{\rho} \frac{rtg \frac{1}{2}v}{\cos \frac{1}{2}v} h_I \cos(B + \omega + H) \frac{1}{2}de \\ & + \frac{r}{\rho} \sin b \cos(B + \omega + v) ds \\ & + \frac{r}{\rho} \cos b \sin v dp \\ & - \frac{r}{\rho} \cos b \cos v dq \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\delta = & -\frac{\sin c}{\rho} \cos(C + \omega + \frac{1}{2}v) \frac{k''\sqrt{2}}{\sqrt{r}} dT \\ & + \frac{\sin c}{\rho} \frac{I}{\cos \frac{1}{2}v} j \sin(C + \omega + J) dq \\ & + \frac{\sin c}{\rho} \frac{rtg \frac{1}{2}v}{\cos \frac{1}{2}v} h_I \cos(C + \omega + H) \frac{1}{2}de \\ & + \frac{r}{\rho} \sin c \cos(C + \omega + v) ds \\ & + \frac{r}{\rho} \cos c \sin v dp \\ & - \frac{r}{\rho} \cos c \cos v dq \end{aligned}$$

$$\log k''\sqrt{2} = 3.7005$$

60. Bahnverbesserung für große Exzentrizitäten.

θ	$\log E_2^v$	$\log E_4^v$	E_0^r	$\log E_4^r$
— 0.40	9.8187n 60	9.9311n 8	+ 1.5609 121	9.3885 26
39	8247n 59	9303n 8	5730 121	3859 26
38	8306n 59	9295n 8	5851 120	3833 26
37	8363n 57	9287n 8	5971 119	3808 25
36	8420n 57	9279n 8	6090 119	3783 25
	56	7	119	25
— 0.35	9.8476n 56	9.9272n 8	+ 1.6209 118	9.3758 25
34	8531n 55	9264n 8	6327 117	3733 24
33	8585n 54	9256n 8	6444 117	3709 24
32	8638n 53	9249n 7	6561 116	3685 24
31	8690n 52	9241n 8	6677 115	3661 24
	52	7	115	24
— 0.30	9.8742n 51	9.9234n 8	+ 1.6792 115	9.3637 24
29	8793n 51	9226n 8	6907 115	3613 24
28	8843n 50	9219n 7	7021 114	3590 23
27	8892n 49	9212n 7	7134 113	3567 23
26	8940n 48	9205n 7	7247 113	3544 23
	48	8	112	23
— 0.25	9.8988n 47	9.9197n 7	+ 1.7359 112	9.3521 22
24	9035n 47	9190n 7	7471 112	3499 22
23	9082n 47	9183n 7	7582 111	3477 22
22	9128n 46	9176n 7	7693 111	3455 22
21	9173n 45	9169n 7	7803 110	3433 22
	44	7	109	22
— 0.20	9.9217n 44	9.9162n 7	+ 1.7912 109	9.3411 22
19	9261n 44	9155n 7	8021 109	3389 22
18	9305n 44	9148n 7	8130 109	3368 21
17	9348n 43	9141n 7	8238 108	3347 21
16	9390n 42	9135n 6	8345 107	3326 21
	41	7	107	21
— 0.15	9.9431n 42	9.9128n 7	+ 1.8452 106	9.3305 21
14	9473n 42	9121n 7	8558 106	3284 20
13	9513n 40	9114n 7	8664 106	3264 21
12	9553n 40	9108n 6	8770 105	3243 20
11	9593n 40	9101n 7	8875 105	3223 20
	39	6	104	20
— 0.10	9.9632n 39	9.9095n 7	+ 1.8979 104	9.3203 20
09	9671n 39	9088n 7	9083 104	3183 20
08	9709n 38	9082n 6	9187 104	3163 20
07	9747n 38	9075n 7	9290 103	3144 20
06	9784n 37	9069n 6	9393 103	3124 20
	37	7	102	19
— 0.05	9.9821n 37	9.9062n 6	+ 1.9495 102	9.3105 19
04	9858n 36	9056n 6	9597 101	3086 19
03	9894n 36	9050n 6	9698 101	3067 19
02	9930n 36	9043n 7	9799 101	3048 19
— 0.01	9.9965n 35	9.9037n 6	+ 1.9900 100	9.3029 19
	35	6	100	19
0.00	0.0000n	9.9031n	2.0000	9.3010

60. Bahnverbesserung für große Exzentrizitäten (Schluß).

θ	$\log E_2^v$	$\log E_4^v$	E_0^r	$\log E_4^r$
0.00	0.0000n	9.9031n	+ 2.0000	9.3010 18
+ 0.01	0035n 35	9025n 6	0100 100	2992 19
02	0069n 34	9019n 6	0199 99	2973 18
03	0103n 34	9012n 7	0298 99	2955 18
04	0136n 33	9006n 6	0397 99	2937 18
	33	6	98	18
+ 0.05	0.0169n	9.9000n	+ 2.0495 98	9.2919 18
06	0202n 33	8994n 6	0593 98	2901 18
07	0234n 32	8988n 6	0691 98	2883 18
08	0266n 32	8982n 6	0788 97	2865 18
09	0298n 32	8976n 6	0884 96	2848 17
	32	6	97	18
+ 0.10	0.0330n	9.8970n	+ 2.0981 96	9.2830 17
11	0361n 31	8964n 6	1077 96	2813 17
12	0392n 31	8959n 5	1173 96	2796 17
13	0422n 30	8953n 6	1268 95	2778 18
14	0453n 31	8947n 6	1363 95	2761 17
	30	6	95	17
+ 0.15	0.0483n	9.8941n	+ 2.1458	9.2744 16
16	0512n 29	8936n 5	1552 94	2728 16
17	0542n 30	8930n 6	1646 94	2711 17
18	0571n 29	8924n 6	1740 94	2694 17
19	0600n 29	8918n 6	1833 93	2678 16
	29	5	93	17
+ 0.20	0.0629n	9.8913n	+ 2.1926	9.2661 16
21	0657n 28	8907n 6	2019 93	2645 16
22	0685n 28	8902n 5	2111 92	2628 17
23	0713n 27	8896n 6	2203 92	2612 16
24	0740n 27	8890n 6	2295 92	2596 16
	28	5	92	16
+ 0.25	0.0768n	9.8885n	+ 2.2387	9.2580 16
26	0795n 27	8879n 6	2478 91	2564 16
27	0822n 27	8874n 5	2569 91	2548 16
28	0849n 27	8869n 5	2660 91	2533 15
29	0875n 26	8863n 6	2750 90	2517 16
	26	5	90	15
+ 0.30	0.0901n	9.8858n	+ 2.2840	9.2502 16
31	0927n 26	8852n 6	2930 89	2486 16
32	0953n 26	8847n 5	3019 89	2471 16
33	0979n 26	8842n 5	3108 89	2455 15
34	1004n 25	8836n 6	3197 89	2440 15
	25	5	89	15
+ 0.35	0.1029n	9.8831n	+ 2.3286 88	9.2425 15
36	1054n 25	8826n 5	3374 88	2410 15
37	1079n 25	8821n 5	3462 88	2395 15
38	1104n 25	8815n 6	3550 88	2380 15
39	1128n 24	8810n 5	3638 88	2365 15
	24	5	87	15
+ 0.40	0.1152n	9.8805n	+ 2.3725	9.2350

61 a. Interpolation nach der Besselschen Formel.

n	(II)	(III)	(IV)	(V)	n
0.00	- 0.00 000 —	+ 0.0000 8 —	+ 0.0000 8 +	- 0.0000 1 +	1.00
0.1	00 495 495	0008 8	0008 8	0001 1	0.99
0.2	00 980 485	0016 8	0016 8	0002 1	98
0.3	01 455 475	0023 7	0025 9	0002 0	97
0.4	- 0.01 920 465	+ 0.0029 6 —	+ 0.0033 8 +	- 0.0003 1 +	96
0.5	455				
0.05	- 0.02 375 —	+ 0.0036 7 —	+ 0.0041 7 +	- 0.0004 0 +	0.95
0.6	02 820 445	0041 5	0048 8	0004 0	94
0.7	03 255 435	0047 6	0056 8	0005 1	93
0.8	03 680 425	0052 5	0064 7	0005 0	92
0.9	- 0.04 095 415	+ 0.0056 4 —	+ 0.0071 7 +	- 0.0006 1 +	91
0.10	405				
0.10	- 0.04 500 —	+ 0.0060 4 —	+ 0.0078 8 +	- 0.0006 0 +	0.90
11	04 895 395	0064 4	0086 8	0007 1	89
12	05 280 385	0067 3	0093 7	0007 0	88
13	05 655 375	0070 3	0100 7	0007 0	87
14	- 0.06 020 365	+ 0.0072 2 —	+ 0.0106 6 +	- 0.0008 1 +	86
0.15	355				
0.15	- 0.06 375 —	+ 0.0074 2 —	+ 0.0113 7 +	- 0.0008 0 +	0.85
16	06 720 345	0076 2	0120 7	0008 0	84
17	07 055 335	0078 2	0126 6	0008 0	83
18	07 380 325	0079 1	0132 6	0008 0	82
19	- 0.07 695 315	+ 0.0080 1 —	+ 0.0138 6 +	- 0.0009 1 +	81
0.20	305				
0.20	- 0.08 000 —	+ 0.0080 0 —	+ 0.0144 6 +	- 0.0009 0 +	0.80
21	08 295 295	0080 0	0150 7	0009 0	79
22	08 580 285	0080 0	0155 5	0009 0	78
23	08 855 275	0080 0	0161 6	0009 0	77
24	- 0.09 120 265	+ 0.0079 1 —	+ 0.0166 5 +	- 0.0009 0 +	76
0.25	255				
0.25	- 0.09 375 —	+ 0.0078 1 —	+ 0.0171 5 +	- 0.0009 1 +	0.75
26	09 620 245	0077 1	0176 5	0008 0	74
27	09 855 235	0076 1	0180 4	0008 0	73
28	10 080 225	0074 2	0185 5	0008 0	72
29	- 0.10 295 215	+ 0.0072 2 —	+ 0.0189 4 +	- 0.0008 0 +	71
0.30	205				
0.30	- 0.10 500 —	+ 0.0070 2 —	+ 0.0193 4 +	- 0.0008 0 +	0.70
31	10 695 195	0068 2	0197 4	0007 1	69
32	10 880 185	0065 3	0201 4	0007 0	68
33	11 055 175	0063 2	0205 4	0007 0	67
34	- 0.11 220 165	+ 0.0060 3 —	+ 0.0208 3 +	- 0.0007 0 +	66
0.35	155				
0.35	- 0.11 375 —	+ 0.0057 3 —	+ 0.0211 3 +	- 0.0006 1 +	0.65
36	11 520 145	0054 3	0214 3	0006 0	64
37	11 655 135	0050 4	0217 3	0006 0	63
38	11 780 125	0047 3	0219 2	0005 1	62
39	- 0.11 895 115	+ 0.0044 3 —	+ 0.0222 3 +	- 0.0005 1 +	61
0.40	105				
0.40	- 0.12 000 —	+ 0.0040 4 —	+ 0.0224 2 +	- 0.0004 0 +	0.60
41	12 095 95	0036 4	0226 2	0004 0	59
42	12 180 85	0032 4	0228 2	0004 0	58
43	12 255 75	0029 3	0229 1	0003 1	57
44	- 0.12 320 65	+ 0.0025 4 —	+ 0.0231 2 +	- 0.0003 1 +	56
0.45	55				
0.45	- 0.12 375 —	+ 0.0021 4 —	+ 0.0232 1 +	- 0.0002 0 +	0.55
46	12 420 45	0017 4	0233 1	0002 1	54
47	12 455 35	0012 5	0233 0	0001 0	53
48	12 480 25	0008 4	0234 1	0001 0	52
49	- 0.12 495 15	+ 0.0004 4 —	+ 0.0234 0 +	- 0.0000 1 +	51
0.50	5				
0.50	- 0.12 500 —	+ 0.0000 4 —	+ 0.0234 1 +	- 0.0000 0 +	0.50

61b. Interpolation nach der Newtonschen Formel.

n	(II)	(III)	(IV)	(V)
0,00	— 0,00 000 01 00 495 495 02 00 980 485 03 01 455 475 04 01 920 465 455	+ 0,0000 0033 33 0065 32 0095 30 0125 30 29	— 0,0000 0024 24 0048 24 0071 23 0093 22 21	+ 0,0000 0020 20 0038 18 0056 18 0073 17 17
0,05	— 0,02 375 06 02 820 445 07 03 255 435 08 03 680 425 09 04 095 415 405	+ 0,0154 28 0182 27 0209 26 0235 26 0261 26 24	— 0,0114 20 0134 19 0153 19 0172 18 0190 18 17	+ 0,0090 16 0106 16 0121 15 0135 14 0148 13 13
0,10	— 0,04 500 11 04 895 395 12 05 280 385 13 05 655 375 14 06 020 365 355	+ 0,0285 23 0308 23 0331 23 0352 22 0373 21 20	— 0,0207 16 0223 15 0238 15 0253 15 0267 14 13	+ 0,0161 12 0173 12 0185 12 0196 11 0206 10 10
0,15	— 0,06 375 16 06 720 345 17 07 055 335 18 07 380 325 19 07 695 315 305	+ 0,0393 19 0412 19 0430 18 0448 18 0464 16 16	— 0,0280 13 0293 13 0304 11 0316 12 0326 10 10	+ 0,0216 9 0225 8 0233 8 0241 7 0248 7 7
0,20	— 0,08 000 21 08 295 295 22 08 580 285 23 08 855 275 24 09 120 265 255	+ 0,0480 15 0495 14 0509 13 0522 13 0535 13 12	— 0,0336 9 0345 9 0354 8 0362 7 0369 7 10	+ 0,0255 7 0262 6 0268 5 0273 5 0278 5 7
0,25	— 0,09 375 26 09 620 245 27 09 855 235 28 10 080 225 29 10 295 215 205	+ 0,0547 11 0558 10 0568 10 0578 9 0587 8 8	— 0,0376 6 0382 6 0388 6 0393 5 0398 5 7	+ 0,0282 4 0286 4 0289 3 0292 3 0295 3 4
0,30	— 0,10 500 31 10 695 195 32 10 880 185 33 11 055 175 34 11 220 165 155	+ 0,0595 7 0602 7 0609 6 0615 6 0621 6 5	— 0,0402 4 0405 3 0408 3 0411 3 0413 2 2	+ 0,0297 2 0299 1 0300 1 0301 1 0302 1 2
0,35	— 0,11 375 36 11 520 145 37 11 655 135 38 11 780 125 39 11 895 115 105	+ 0,0626 4 0630 3 0633 3 0636 3 0638 2 2	— 0,0415 1 0416 0 0416 1 0417 1 0416 0 0	+ 0,0303 0 0303 1 0302 0 0302 1 0301 1 0
0,40	— 0,12 000 41 12 095 95 42 12 180 85 43 12 255 75 44 12 320 65 55	+ 0,0640 1 0641 0 0641 0 0641 0 0641 0 2	— 0,0416 1 0415 1 0414 2 0412 2 0410 2 2	+ 0,0300 2 0298 2 0296 2 0294 2 0292 2 3
0,45	— 0,12 375 46 12 420 45 47 12 455 35 48 12 480 25 49 12 495 15 5	+ 0,0639 1 0638 3 0635 3 0632 3 0629 3 4	— 0,0408 3 0405 3 0402 3 0398 4 0395 3 4	+ 0,0289 2 0287 2 0284 3 0280 4 0277 3 4
0,50	— 0,12 500	+ 0,0625	— 0,0391 4	+ 0,0273

61b. Interpolation nach der Newtonschen Formel (Schluß).

n	(II)	(III)	(IV)	(V)
0,50	- 0,12 500	+ 0,0625	- 0,0391	+ 0,0273
51	12 495 5	0621 4	0386 5	0270 3
52	12 480 15	0616 5	0382 4	0266 4
53	12 455 25	0610 6	0377 5	0262 4
54	12 420 35	0604 6	0372 5	0257 5
	45	6	6	4
0,55	- 0,12 375	+ 0,0598	- 0,0366	+ 0,0253
56	12 320 55	0591 7	0361 5	0248 5
57	12 255 65	0584 7	0355 6	0243 5
58	12 180 75	0576 8	0349 7	0239 4
59	12 095 85	0568 8	0342 7	0234 5
	95	8	6	6
0,60	- 0,12 000	+ 0,0560	- 0,0336	+ 0,0228
61	11 895 105	0551 9	0329 7	0223 5
62	11 780 115	0542 9	0322 7	0218 5
63	11 655 125	0532 10	0315 7	0212 6
64	11 520 135	0522 10	0308 7	0207 5
	145	10	7	5
0,65	- 0,11 375	+ 0,0512	- 0,0301	+ 0,0202
66	11 220 155	0501 11	0293 8	0196 6
67	11 055 165	0490 11	0285 7	0190 6
68	10 880 175	0479 12	0278 8	0184 6
69	10 695 185	0467 12	0270 8	0178 5
	195	12	8	5
0,70	- 0,10 500	+ 0,0455	- 0,0262	+ 0,0173
71	10 295 205	0443 12	0253 9	0167 6
72	10 080 215	0430 13	0245 8	0161 6
73	09 855 225	0417 13	0237 9	0155 6
74	09 620 235	0404 13	0228 9	0149 6
	245	13	8	6
0,75	- 0,09 375	+ 0,0391	- 0,0220	+ 0,0143
76	09 120 255	0377 14	0211 9	0137 6
77	08 855 265	0363 14	0202 9	0131 6
78	08 580 275	0349 14	0194 9	0125 6
79	08 295 285	0335 14	0185 9	0119 6
	295	15	9	6
0,80	- 0,08 000	+ 0,0320	- 0,0176	+ 0,0113
81	07 695 305	0305 15	0167 9	0107 6
82	07 380 315	0290 15	0158 9	0101 6
83	07 055 325	0275 15	0149 9	0095 6
84	06 720 335	0260 15	0140 9	0089 6
	345	16	9	6
0,85	- 0,06 375	+ 0,0244	- 0,0131	+ 0,0083
86	06 020 355	0229 15	0122 9	0077 6
87	05 655 365	0213 16	0113 9	0071 6
88	05 280 375	0197 16	0104 9	0065 6
89	04 895 385	0181 16	0095 9	0059 6
	395	16	8	6
0,90	- 0,04 500	+ 0,0165	- 0,0087	+ 0,0054
91	04 095 405	0149 16	0078 9	0048 6
92	03 680 415	0132 17	0069 9	0042 6
93	03 255 425	0116 16	0060 9	0037 5
94	02 820 435	0100 16	0051 9	0031 6
	445	17	8	5
0,95	- 0,02 375	+ 0,0083	- 0,0043	+ 0,0026
96	01 920 455	0067 16	0034 9	0021 5
97	01 455 465	0050 17	0025 9	0015 6
98	00 980 475	0033 17	0017 8	0010 5
0,99	00 495 485	0017 16	0008 9	0005 5
1,00	- 0,00 000	+ 0,0000	- 0,0000	+ 0,0000

62. Astronomische Konstanten.

		log
Allgemeine Präzession . . .	1850 50°2453 1900 .2564 1950 .2675	1.70 1095 1.70 1191 1.70 1287
Konstante der Nutation . . .	9°21	0.96 426
Konstante der Aberration . . .	20°47	1.31 112
Lichtzeit in Zeitsekunden . . .	498 ⁵	2.69 767
Lichtzeit in Tagen	0 ⁰⁰⁰ 5770	7.76 118 - 10
Sonnenparallaxe	8°80	0.94 448
Mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, entsprechend der Parallaxe 8°80 und dem Helmert'schen Äquator- radius $a = 6378.200$ km	149 499 793 km	8.17 4640 59
Anziehungskraft der Sonne k^2 (Gauß'sche Konstante):		
{ k (in Teilen des Radius)	0.017 20209 895	8.23 5581 44 - 10
{ k (in Sekunden) . . .	3548°18761	3.55 0006 57
Dauer des julianischen Jahres	365.25	mittlere Tage
Dauer des siderischen Jahres	365.256 360 42	2.56 2590 22
Dauer des tropischen Jahres	365.242 198 79	2.56 2597 78
1 mittlerer Sonnentag . . .	1.002 737 91	2.56 2580 94
1 Sterntag	0.997 269 57	0.00 1187 43
Anzahl der Sekunden in einem Tag	86 400 ⁸	9.99 8812 56 - 10
Anzahl der Sekunden in einem siderischen Jahr	31 558 149 ⁵⁴	4.93 6513 74
Geschwindigkeit des Lichtes .	299 860 km	7.49 9111 53
Lichtjahr	9 463 026 000 000 km	5.47 6918 54
Entfernung für eine Stern- parallaxe $\Pi = 1''$	63 297.91 astron. Einh. 3.2586 Lichtjahre	12.97 6030 0 4.80 1389 4
		0.51 304

63. Mathematische Konstanten.

		log
Basis der natürlichen Logarithmen	$e = 2.71 828 183$	0.43 429 45
Modul der briggischen Logarithmen	$M = 0.43 429 448$	9.63 778 43 - 10
Radius des Kreises in Graden . . .	$\varrho^0 = 57°29'578$	1.75 812 26
" " " Minuten . . .	$\varrho' = 3437'7468$	3.53 627 39
" " " Sekunden . . .	$\varrho'' = 206 264.''806$	5.31 442 51
Umfang des Kreises in Graden . . .	360°	2.55 630 25
" " " Minuten . . .	21 600	4.33 445 38
" " " Sekunden . . .	1 296 000"	6.11 260 50
$\sin 1^\circ$	0.01 745 240 6	8.24 185 53 - 10
$\sin 1'$	0.00 029 088 820	6.46 372 61 - 10
$\sin 1''$	0.00 000 484 813 68	4.68 557 49 - 10
π	3.14 159 265	0.49 714 99
2π	6.28 318 531	0.79 817 99
$\frac{1}{2}\pi$	1.57 079 633	0.19 611 99
π^2	9.86 960 440	0.99 429 97
$\frac{2}{\sqrt{\pi}}$	1.12 837 917	0.05 245 51
$\sqrt[3]{\frac{\pi}{6}}$	0.80 599 598	9.90 633 29 - 10
Wert von $h \cdot r$, für den das Wahrscheinlichkeitsintegral		
hr		
$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^r e^{-t^2} dt = \frac{1}{2}$ wird	0.47 693 628	9.67 846 04 - 10

64. Berechnung der Beobachtungsfehler.

Einfache Beobachtungsreihen.

Beobachtungen von gleicher Genauigkeit: Einzelwerte w_1, w_2, \dots, w_n .

$$\text{Resultat: } W = \frac{[w]}{n}$$

$$\begin{array}{c} \text{1. Potenz} \\ d = \frac{[(v)]}{\sqrt{n(n-1)}} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{2. Potenz} \\ e = 1.2533 \frac{[(v)]}{\sqrt{n(n-1)}} \end{array}$$

$$\text{Durchschnittl. Fehler einer Beobachtung} \quad d = \frac{[(v)]}{\sqrt{n(n-1)}}$$

$$\text{Mittlerer Fehler einer Beobachtung} \quad e = 1.2533 \frac{[(v)]}{\sqrt{n(n-1)}} \quad \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

$$\text{Wahrscheinl. Fehler einer Beobachtung} \quad r = 0.8453 \frac{[(v)]}{\sqrt{n(n-1)}} \quad 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

$$\text{Mittlerer Fehler des Resultats } e(W) = \frac{e}{\sqrt{n}} = 1.2533 \frac{[(v)]}{n \sqrt{n-1}} \quad \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

$$\text{Wahrsch. Fehler des Resultats } r(W) = \frac{r}{\sqrt{n}} = 0.8453 \frac{[(v)]}{n \sqrt{n-1}} \quad 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

Beobachtungen von ungleicher Genauigkeit.

Einzelwerte w_1, w_2, \dots, w_n ; Gewichte p_1, p_2, \dots, p_n .

$$\text{Resultat: } W = \frac{[pw]}{[p]}$$

$$\text{Mittlerer Fehler der Gewichtseinheit: } e = \sqrt{\frac{[p vv]}{n-1}}$$

$$\text{Wahrscheinl. Fehler der Gewichtseinheit: } r = 0.6745 \sqrt{\frac{[p vv]}{n-1}}$$

$$\text{Mittl. Fehler einer Beobachtung vom Gewichte } p_0: e_0 = \frac{e}{\sqrt{p_0}} = \sqrt{\frac{[p vv]}{p_0(n-1)}}$$

$$\text{Wahrsch. Fehler einer Beobacht. vom Gew. } p_0: r_0 = \frac{r}{\sqrt{p_0}} = 0.6745 \sqrt{\frac{[p vv]}{p_0(n-1)}}$$

$$\text{Mittlerer Fehler des Resultats: } e(W) = \frac{e}{\sqrt{[p]}} = \sqrt{\frac{[p vv]}{[p](n-1)}}$$

$$\text{Wahrscheinl. Fehler des Resultats: } r(W) = \frac{r}{\sqrt{[p]}} = 0.6745 \sqrt{\frac{[p vv]}{[p](n-1)}}$$

$$\text{Gewicht des Resultats: } p(W) = [p]$$

Beziehungen zwischen Gewicht, mittlerem und wahrscheinlichem Fehler:

$$p_1 : p_2 = \frac{I}{e_1^2} : \frac{I}{e_2^2} = \frac{I}{r_1^2} : \frac{I}{r_2^2}$$

$r = 0.6744897 e$	$\log 9.8289753$	$e = 1.4826024 r$
$r = 0.8453476 d$	$\log 9.9270353$	$d = 1.2533143 e$

65. Auflösung von Gleichungen mit drei Unbekannten nach der Methode der kleinsten Quadrate.

Bedingungsgleichungen:

$$\begin{aligned} a_1x + b_1y + c_1z &= n_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z &= n_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z &= n_3 \\ \vdots &\quad \vdots \quad \vdots \\ a_nx + b_ny + c_nz &= n_n \end{aligned}$$

Die Gleichungen sind durch Multiplikation mit \sqrt{p} , der Quadratwurzel ihres Gewichtes p , gleichwertig zu machen.

Normalgleichungen:

$$\begin{aligned} [aa]x + [ab]y + [ac]z &= [an] \\ [ab]x + [bb]y + [bc]z &= [bn] \\ [ac]x + [bc]y + [cc]z &= [cn] \end{aligned}$$

Abkürzende Bezeichnungen:
 $a_1a_1 + a_2a_2 + a_3a_3 \dots + a_na_n = [aa]$
 $b_1c_1 + b_2c_2 + b_3c_3 \dots + b_nc_n = [bc]$
 usw.

Dann bildet man:

$$\left| \begin{array}{l} [bb_1] = [bb] - \frac{[ab]}{[aa]}[ab] \\ [bc_1] = [bc] - \frac{[ab]}{[aa]}[ac] \\ [bn_1] = [bn] - \frac{[ab]}{[aa]}[an] \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} [cc_1] = [cc] - \frac{[ac]}{[aa]}[ac] \\ [cn_1] = [cn] - \frac{[ac]}{[aa]}[an] \\ [cc_2] = [cc_1] - \frac{[bc_1]}{[bb_1]}[bc_1] \\ [cn_2] = [cn_1] - \frac{[bc_1]}{[bb_1]}[bn_1] \end{array} \right|$$

und erhält die Eliminationsgleichungen:

$$\begin{aligned} [aa]x + [ab]y + [ac]z &= [an] \\ [bb_1]y + [bc_1]z &= [bn_1] \\ [cc_2]z &= [cn_2] \end{aligned}$$

Rechnet man noch:

$$[cc_1]_a = [cc] - \frac{[bc]}{[bb]}[bc]$$

so bekommt man die Gewichte der Unbekannten:

$$p_z = [cc_2] \quad p_y = [bb_1] \frac{[cc_2]}{[cc_1]} \quad p_x = [aa] \frac{[bb_1]}{[bb]} \frac{[cc_2]}{[cc_1]_a}$$

Sind v die nach Einsetzung der Unbekannten in die Bedingungsgleichungen übrigbleibendem Reste im Sinne (Beobachtung — Rechnung), so wird

$$\text{Mittlerer Fehler der Gewichtseinheit } \varepsilon = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-\mu}}$$

n Anzahl der Fehlgleichungen und Beobachtungen
 μ Anzahl der Unbekannten, hier = 3

Mittlerer Fehler der Unbekannten:

$$\varepsilon_z = \frac{\varepsilon}{\sqrt{p_z}} \quad \varepsilon_y = \frac{\varepsilon}{\sqrt{p_y}} \quad \varepsilon_x = \frac{\varepsilon}{\sqrt{p_x}}$$

Kontrolle: $[vv] = [nn_3] = [nn] - [an]x - [bn]y - [cn]z$

66. Formeln zur Ortsbestimmung.

Bezeichnungen:	α	Rektaszension
	δ	Deklination
	t	Stundenwinkel
	z	Zenitdistanz
	A_s	Azimut, vom Südpunkt über W, N, O gezählt
	A_n	Azimut, vom Nordpunkt über O, S, W gezählt
	φ	Geographische Breite
	q	Parallaktischer Winkel am Stern
	Θ	Sternzeit
	$t = \Theta - \alpha$	

Zeitbestimmung aus einer Zenitdistanz.

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} = \frac{\cos z}{\cos \varphi \cos \delta} - \tan \varphi \tan \delta$$

$$\tan \frac{1}{2}t = \sqrt{\frac{\sin(z - \varphi) \sin(s - \delta)}{\cos s \cos(z - \varphi)}} \quad s = \frac{\varphi + \delta + z}{2}$$

Differentialausdruck:

$$dt = \frac{I}{\cos \varphi \sin A_s} dz - \frac{I}{\cos \varphi \tan A_s} d\varphi + \frac{I}{\cos \delta \tan q} d\delta$$

Breitenbestimmung aus einer Zenitdistanz.

$$\cos(\varphi - M) = \frac{\cos z}{\sin \delta} \sin M \quad \tan M = \frac{\tan \delta}{\cos t}$$

Differentialausdruck:

$$d\varphi = \frac{I}{\cos A_s} dz - \cos \varphi \tan A_s dt + \frac{\cos q}{\cos A_s} d\delta$$

Berechnung der Zenitdistanz (zur Standlinienmethode).

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

$$\cos z = \sin \varphi \sin(N + \delta) \sec N \quad \tan N = \cot \varphi \cos t \\ \text{oder}$$

$$\cos z = \cos \varphi \sin(N + \delta) \operatorname{cosec} N \cos t \quad \text{für kleine } \varphi$$

$$\sin \frac{1}{2}z = \sin \frac{1}{2}(\varphi - \delta) \sec M, \quad \text{wo}$$

$$\tan M = \operatorname{cosec} \frac{1}{2}(\varphi - \delta) \sin \frac{1}{2}t \sqrt{\cos \varphi \cos \delta}$$

Differentialausdruck:

$$dz = \cos A_s d\varphi + \cos \varphi \sin A_s dt - \cos q d\delta$$

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Berechnung des Azimuts.

$$\sin A_s = -\sin A_n = \frac{\cos \delta \sin t}{\sin z}$$

$$\cos A_s = -\cos A_n = \frac{\sin \varphi \cos z - \sin \delta}{\cos \varphi \sin z}$$

$$= \tan \varphi \cot g z - \frac{\sin \delta}{\cos \varphi \sin z}$$

$$\tan \frac{1}{2} A_s = -\cot g \frac{1}{2} A_n = \sqrt{\frac{\sin(s - \varphi) \cos(s - z)}{\cos s \sin(s - \delta)}}$$

$$s = \frac{\varphi + \delta + z}{2}$$

$$\tan A_s = \tan A_n = \frac{\sin t}{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tan \delta}$$

$$\tan A_s = \tan A_n = \frac{\cot g \delta \sec \varphi \sin t}{1 - \cot g \delta \tan \varphi \cos t}$$

$$\tan A_s = \tan A_n = \frac{\cos M \tan t}{\sin(\varphi - M)} \quad \tan M = \frac{\tan \delta}{\cos t}$$

Höhen-azimut

Zeit-azimut

Differentialausdrücke:

$$dA = -\frac{\cot g t}{\cos \varphi} d\varphi + \frac{I}{\cos \varphi \sin t} d\delta + \frac{I}{\sin z \tan q} dz$$

$$dA = -\frac{\sin A_s}{\tan z} d\varphi + \frac{\sin q}{\sin z} d\delta + \frac{\cos \delta \cos q}{\sin z} dt$$

Azimut und Zeit aus einer Distanzmessung.

Da die beiden zu verbindenden Objekte, der irdische Gegenstand sowohl als auch das Gestirn, bei der Beobachtung nur eine geringe Erhebung über dem Horizont haben sollen, führen wir hier statt der Zenitdistanzen die (kleinen) Höhen ein und bezeichnen mit

a, h Azimut und Höhe des Gestirns,

A, H Azimut und Höhe des terrestrischen Objekts,

D die gemessene Distanz, die ebensowenig wie die gemessene Höhe H wegen Refraktion zu verbessern ist,

$\alpha = A - a$ die Azimutdifferenz Objekt — Gestirn.

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Azimut und Zeit (Fortsetzung).

Man erhält:

$$\cos \alpha = \frac{\cos D - \sin h \sin H}{\cosh \cos H}$$

oder:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s-H) \sin(s-h)}{\cos s \cos(s-D)}} \quad s = \frac{1}{2}(D+H+h)$$

und berechnet a , h durch:

$$\tan a_s = \tan a_n = -\frac{\cot \delta \sec \varphi \sin t}{1 - \cot \delta \tan \varphi \cos t} \quad \cosh = \frac{\cos \delta \sin t}{\sin a_s}$$

oder durch:

$$\tan M = \tan \delta \sec t$$

$$\tan a_s = \tan a_n = \frac{\cos M \tan g}{\sin(\varphi - M)} \quad \tan h = \cot(g - M) \cos a_s$$

Die Differentialausdrücke für die Abhängigkeit zwischen α und D , h , H

$$d\alpha = \frac{\sin D}{\cosh \cos H \sin \alpha} \cdot dD \quad d\alpha = \frac{I}{\cos h \tan \alpha} \cdot dh$$

$$d\alpha = \frac{I}{\cos H \tan \mu} \cdot dH$$

zeigen, daß man h und H möglichst klein und einander gleich halten soll. σ und μ bedeuten im Dreieck Zenit – Stern – Mire die Winkel am Stern und an der terrestrischen Mire. Für das Gestirnazimut a macht ein Zeitfehler dt

$$da = \frac{\cos \delta \cos q}{\cos h} dt \quad q = \text{parallaktischer Winkel am Gestirn}$$

dann am wenigsten aus, wenn wieder h klein ist und der Stern im Ersten Vertikal oder in der Digression steht.

Die lineare Exzentrizität eines Sextanten beträgt höchstens 5 cm; für einen Spiegelkreis ist sie noch kleiner. Die Sextantenparallaxe sinkt also unter 10'' für Objekte mit einem Abstand von mehr als 1000 m.

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Azimut und Zeit (Fortsetzung).

Hat man einmal A und H für eine irdische Mire bestimmt, so kann man umgekehrt leicht aus einer Distanzmessung die Zeit ableiten. Diese Methode ist besonders bequem und empfehlenswert, wenn man in hohen Breiten längere Zeit an derselben Station liegen bleibt. Man berechnet zunächst aus A, H die ebenfalls konstanten äquatorealen Koordinaten Stundenwinkel τ und Deklination Δ des irdischen Objektes durch:

$$\tan N = \cot H \cos A$$

$$\tan \tau = \frac{\tan A \sin N}{\cos(\varphi - N)} \quad \tan \Delta = \tan(\varphi - N) \cos \tau$$

Die Differentialausdrücke:

$$d\tau = \frac{\cos H \cos Q}{\cos \Delta} \cdot dA - \frac{\sin Q}{\cos \Delta} \cdot dH$$

$$d\Delta = \cos H \sin Q \cdot dA + \cos Q \cdot dH$$

Q = parallaktischer Winkel am Objekt

$$\sin Q = \frac{\cos \varphi \sin A_s}{\cos \Delta}$$

$$= \frac{\cos \varphi \sin \tau}{\cos H}$$

entbehren hier der praktischen Bedeutung, da man über die Stücke nicht verfügen kann.

Aus dem sphärischen Dreieck Pol – Objekt – Gestirn geht der Winkel χ am Pol hervor durch:

$$\cos \chi = \frac{\cos D - \sin \Delta \sin \delta}{\cos \Delta \cos \delta}$$

oder durch:

$$\tan \frac{\chi}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s - \Delta) \sin(s - \delta)}{\cos s \cos(s - D)}} \quad s = \frac{1}{2}(D + \Delta + \delta)$$

und der Stundenwinkel t des Gestirns und damit die Zeit:

$$t = \tau + \chi$$

Das Vorzeichen von χ stellt man durch den Anblick am Himmel fest.

Differentialausdruck:

$$dt = d\chi = \frac{\sin D}{\cos \Delta \cos \delta \sin \chi} \cdot dD$$

Δ und δ sollen demnach möglichst klein sein, dann wird in hohen Breiten nahe $\frac{\sin D}{\sin \chi} = 1$, alles Dinge, die man räumlich sofort erkennt.

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Azimut und Zeit (Schluß).

Beispiel. Distanz Sonne - Kirchturm $D = 28^\circ 9' 19\frac{1}{2}$,
 $H = 6^\circ 18' 49\frac{1}{6}$, Kirchturm links.
 $\varphi = + 48^\circ 35' 0\frac{1}{2}$ $\delta_\odot = + 22^\circ 22' 31\frac{1}{2}$ $t_\odot = + 6^h 28^m 25\frac{1}{7}$

I. Azimutbestimmung.

	$\operatorname{tg} \delta$ 9.61455	$\cos M$ 9.45912 _n
	$\operatorname{sect} \underline{0.90755_n}$	$\operatorname{tgt} 0.90419_n$
D	$28^\circ 9' 19\frac{1}{2}$	$\operatorname{cosec}(\varphi - M)$ 0.07090 _n
H	6 18 49.6	M 106° 43' 39 $\frac{1}{2}$
h	12 6 38.4	$\varphi - M$ - 58 8 38.9
s	<u>23 17 23.6</u>	$\operatorname{cotg}(\varphi - M)$ 9.79336 _n
s - H	16 58 34.0	$\cos a_s$ 9.53822 _n
s - h	11 10 45.2	$\operatorname{tg} h$ 9.33158
s - D	- 4 51 55.6	a_s 110° 12' 4 $\frac{1}{6}$
	<u>sec 0.00157</u>	h 12° 6' 38 $\frac{1}{4}$
	8.79135	
	$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ 9.39567	
	α 27° 55' 56 $\frac{1}{6}$	
	<u>a 110 12 46</u>	
	A 82 16 8.0	

II. Verwandlung von A und H in τ und Δ .

$\operatorname{cotg} H$ 0.95607	$\operatorname{tg} A$ 0.86724	$\operatorname{tg}(\varphi - N)$ 8.53858 _n
$\cos A$ 9.12880	$\sin N$ 9.88780	$\cos \tau$ 9.23810
$\operatorname{tg} N$ 0.08487	$\operatorname{sec}(\varphi - N)$ 0.00026	$\operatorname{tg} \Delta$ 7.77668 _n
N 50° 33' 46 $\frac{1}{2}$	$\operatorname{tg} \tau$ 0.75530	
$\varphi - N - I$ 58 45.8	$\tau + 80^\circ 2' 11\frac{1}{2}$	$\Delta - 0^\circ 20' 33\frac{1}{4}$

III. Zeitbestimmung.

D	$28^\circ 9' 19\frac{1}{2}$	$\sin D$ 9.6738
$\Delta - 0$	20 33 4	$\sec \Delta$ 0 0000
$\delta + 22 22 31.2$		$\sec \delta$ 0.0340
s	25 5 38.5	$\operatorname{cosec} \chi$ 0.5323
s - Δ	25 26 11.9	<u>0 2401</u>
s - δ	2 43 7.3	
s - D	- 3 3 40.7	$dt = 1.738 \cdot dD$
	<u>sec 0.00062</u>	
	8.35273	
	$\operatorname{tg} \frac{\chi}{2}$ 9.17636	
	$\chi + 17^\circ 4' 20\frac{1}{2}$	
	$\tau + 80^\circ 2 11.4$	
	<u>$t_\odot + 97 6 31.6$</u>	$+ 6^h 28^m 26\frac{1}{7}$

Der Widerspruch $0^\circ 4$ gegen den Ausgangsstundenwinkel liegt innerhalb der Unsicherheiten 5 stelliger Rechnung.

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Längenbestimmung aus einer Sternbedeckung.

- α_* , δ_* Rektaszension und Deklination des bedeckten Sterns,
 T_0 Mittlere Greenwicher Zeit, zu der Mond und Stern gleiche
 geozentrische Rektaszension haben (geozentrische Kon-
 junktion in Rektaszension),
 δ_C , Π Deklination und Äquatoreal-Horizontalparallaxe des Mondes
 zur Zeit T_0 ,
 $d\alpha$, $d\delta$ Stündliche Änderungen der Rektaszension und Deklination
 des Mondes zur Zeit T_0 ,
 T Mittlere Ortszeit des beobachteten Momentes (Eintritt
 oder Austritt),
 Θ Ortssternzeit des beobachteten Momentes,
 λ' Angenommene Länge des Beobachtungsortes (westlich +,
 östlich -).

Genäherte Rechnung.

$q = \frac{\delta_C - \delta_*}{\Pi}$ $q' = \frac{d\delta}{\Pi}$ $p' = \frac{d\alpha \cos \delta_C}{\Pi}$	$\text{tg } N = \frac{p'}{q'}$ $n = \frac{p'}{\sin N} = \frac{q'}{\cos N}$	$\delta_C - \delta_*, \Pi, d\delta, d\alpha$ in Bogen- sekunden auszudrücken. $0^\circ < N < 180^\circ$ n stets positiv.
---	---	---

$$t_* = \Theta - \alpha_*$$

$$x = \varrho \cos \varphi' \sin t_*$$

$$y = \varrho \sin \varphi' \cos \delta_* - \varrho \cos \varphi' \sin \delta_* \cos t_*$$

Zur Berechnung von $\varrho \cos \varphi'$
 und $\varrho \sin \varphi'$ siehe Taf. 40
 (S. 28 u. 152).

$\tau = T_0 - (T + \lambda')$ $\mathfrak{P} = -p'\tau$ $\mathfrak{Q} = q - q'\tau$	$\text{tg } M = \frac{\mathfrak{P} - x}{\mathfrak{Q} - y}$ $m = \frac{\mathfrak{P} - x}{\sin M} = \frac{\mathfrak{Q} - y}{\cos M}$ $\cos \psi = \frac{m}{k} \sin(M - N)$	$\tau, \mathfrak{P}, \mathfrak{Q}$ in Stunden aus- zudrücken. $\sin M$ gleiches Vor- zeichen mit $\mathfrak{P} - x$, $\cos M$ gleiches Vor- zeichen mit $\mathfrak{Q} - y$. m stets positiv. $0^\circ < \psi < 180^\circ$ $k = 0.272\ 550$ $\log k = 9.435\ 446$
--	--	---

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Längenbestimmung (Fortsetzung).

An λ' anzubringende Korrektion $d\lambda$ in Stunden:

$$d\lambda^{(h)} = - \frac{m}{n} \cdot \frac{\cos(M - N - \psi)}{\cos \psi} \text{ für den Eintritt des Sterns}$$

$$d\lambda^{(h)} = - \frac{m}{n} \cdot \frac{\cos(M - N + \psi)}{\cos \psi} \text{ für den Austritt des Sterns}$$

$$\lambda = \lambda' + d\lambda$$

Die vom Mondort abhängigen Größen werden in einigen Ephemeriden für jede Bedeckung von Sternen bis zur Größe 6.5^m angegeben. Das Nautische Jahrbuch enthält T_0 (auf 1^s), q , $\log n$, N . Nautical Almanac und American ephemeris geben T_0 (nur auf 0.1^m), q (mit Y bezeichnet), p' (mit x' bezeichnet), q' (mit y' bezeichnet).

Strenge Rechnung.

Verzichtet man auf die Benutzung der in den Ephemeriden für die Zeit T_0 der Konjunktion angegebenen Bedeckungskonstanten T_0 , q , $\log n$, N , p' , q' , so lässt sich die Rechnung strenge in folgender Weise führen, die ein genaueres Resultat ergibt, als die an erster Stelle behandelte Methode. Die Bezeichnungen sind dieselben wie vorhin.

Für die Zeit $T + \lambda'$ wird der Ephemeride α_C , δ_C , Π , $d\alpha$, $d\delta$ entnommen.

$$p = \frac{\sin(\alpha_C - \alpha_*) \cos \delta_C}{\sin \Pi}$$

$$q = \frac{\sin(\delta_C - \delta_*) \cos^2 \frac{1}{2}(\alpha_C - \alpha_*) + \sin(\delta_C + \delta_*) \sin^2 \frac{1}{2}(\alpha_C - \alpha_*)}{\sin \Pi}$$

$$p' = \frac{d\alpha \cos \delta_C}{\Pi}$$

$$q' = \frac{d\delta}{\Pi}$$

$$\tan N = \frac{p'}{q'} \quad n = \frac{p'}{\sin N} = \frac{q'}{\cos N} \quad 0^\circ < N < 180^\circ \\ n \text{ stets positiv}$$

$$x = \varrho \cos \varphi' \sin t_*$$

$$y = \varrho \sin \varphi' \cos \delta_* - \varrho \cos \varphi' \sin \delta_* \cos t_*$$

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Längenbestimmung (Fortsetzung).

$$\operatorname{tg} M = \frac{p - x}{q - y}$$

$\sin M$ gleiches Vorzeichen mit $p - x$
 $\cos M$ " " " $q - y$

$$m = \frac{p - x}{\sin M} = \frac{q - y}{\cos M}$$

m stets positiv

$$\sin \chi = \frac{m}{k} \sin(M - N)$$

χ durchweg so zu nehmen, daß $\cos \chi$ negativ für Eintritte, positiv für Austritte ist¹⁾.

$$\log k = 9.435446$$

$$d\lambda^{(h)} = \frac{k}{n} \cos \chi - \frac{m}{n} \cos(M - N)$$

oder, wenn $\sin \chi$ nicht sehr klein, bequemer:

$$d\lambda^{(h)} = \frac{m}{n} \cdot \frac{\sin(M - N - \chi)}{\sin \chi}$$

$$\lambda = \lambda' + d\lambda$$

Die mit dem Mondort der Ephemeride berechnete Länge λ ist noch behaftet mit den Fehlern des Mondortes. Seien dessen Korrekturen $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$, beide in Bogensekunden ausgedrückt, und sei λ_w die wahre von den Fehlern des Mondortes befreite Länge, so besteht zwischen λ_w und λ die folgende Beziehung:

$$\begin{aligned} \lambda_w &= \lambda - \Delta\alpha \frac{3600}{n\pi} \cos \delta_C (\operatorname{tg} \chi \cos N + \sin N) \\ &\quad + \Delta\delta \frac{3600}{n\pi} (\operatorname{tg} \chi \sin N - \cos N) \end{aligned}$$

π ist in Bogensekunden anzusetzen. Die Verbesserung ($\lambda_w - \lambda$) der Länge erhält man in Zeitsekunden.

Die Korrektionsglieder für Mondradius, Mondparallaxe und Erdfigur brauchen bei Beobachtungen zur Längenbestimmung auf Reisen nicht eingeführt zu werden.

Bei genauen Rechnungen hat man den Erdradius ϱ des Beobachtungsortes wegen Seehöhe h und Strahlenbrechung zu verbessern. Den Einfluß der Seehöhe findet man in der Erläuterung zur Tafel 40 (S. 28).

¹⁾ Ausnahmen von dieser Regel können in seltenen Fällen eintreten; doch ist dann auch die Okkultation zur Längenbestimmung ungeeignet.

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Fortsetzung).

Längenbestimmung (Fortsetzung).

Die Wirkung der Refraktion für Okkultationen äußert sich in einer scheinbaren Vergrößerung des Erdradius des Beobachtungsortes. Das folgende Täfelchen gibt die Korrektion des $\log \varrho$ in Einheiten der sechsten Dezimale des Logarithmus mit dem Argument wahre Zenitdistanz z des bedeckten Sterns im beobachteten Moment. In der dritten Spalte steht als weiteres Argument $\log \cos z$.

Korrektion des $\log \varrho$ wegen Refraktion bei Bedeckungen.

Wahre ZD	$\Delta \log \varrho$	$\log \cos z$	Wahre ZD	$\Delta \log \varrho$	$\log \cos z$
60°		VI			
65	+ 1 0	9.70	88°	+ 4 1	8.54
	+ 1 1	9.63	2	4 4	50
	0		4	49 4	45
70	+ 1 0	9.53	6	53 6	39
72	1 0	49	8	59	8.32
74	2 0	44		5	
76	2 1	38	89.0	+ 6 4	8.24
78	3	9.32	1	67 3	20
	2		2	71 4	14
80	+ 5 1	9.24	3	74 3	09
81	6 0	19	4	78 4	8.02
82	7 2	14		4	
83	9	09	89.5	+ 8 2	7.94
84	II 2	9.02	6	86 4	84
	4		7	90 4	72
85.0	+ 15 2	8.94	8	95 5	54
85.5	17 2	89	9	100 5	7.24
86.0	20 3	84		5	
86.5	23 3	79	90.0	+ 105	—
87.0	28 5	72			
87.5	34 6	8.64			
88.0	+ 41 7	8.54			

Beispiel (fingiert; Beobachtungsort im Parallel bei Capstadt).

Strenge Rechnung.

$$\varphi = -33^\circ 56' 3'' 2 \quad \lambda' = -1^{\text{h}} 14^{\text{m}} 0^{\text{s}} 0 \text{ östl. v. Greenw.}$$

1912 März 29 42 Leonis Eintritt $14^{\text{h}} 20^{\text{m}} 59^{\text{s}} 4$ MOZ = $14^{\text{h}} 49^{\text{m}} 13^{\text{s}} 15$ Sternzt.

$$T' + \lambda' 1^{\text{h}} 6^{\text{m}} 59^{\text{s}} 4$$

$$\alpha_{\text{C}}^{*} 10^{\text{h}} 19^{\text{m}} 12^{\text{s}} 27$$

$$\delta_{\text{C}}^{*} + 14^\circ 48' 33'' 4$$

$$H_{\text{C}}^{*} 59^\circ 28' 91$$

$$\alpha_{\text{C}}^{*} 10^{\text{h}} 17^{\text{m}} 8^{\text{s}} 07$$

$$\delta_{\text{C}}^{*} + 15^\circ 25' 7'' 3$$

$$t_{\text{C}}^{*} + 4^{\text{h}} 32^{\text{m}} 5^{\text{s}} 08$$

$$\alpha_{\text{C}}^{*} - \alpha_{\text{C}}^{*} + 0^{\text{h}} 2^{\text{m}} 4^{\text{s}} 20$$

$$\delta_{\text{C}}^{*} - \delta_{\text{C}}^{*} - 0^\circ 36' 33'' 9$$

$$\delta_{\text{C}}^{*} + \delta_{\text{C}}^{*} + 30^\circ 13' 40.7$$

$$\log d \alpha^{(n)} 3.30 604$$

$$\log d \delta^{(n)} 2.95 046_n$$

66. Formeln zur Ortsbestimmung (Schluß).

Längenbestimmung (Schluß).

$$\begin{array}{lll}
 \cos \delta_{\mathbb{C}} & 9.98533 & \sin(\delta_{\mathbb{C}} - \delta_*) & 8.02678_n \\
 \sin(\alpha_{\mathbb{C}} - \alpha_*) & 7.95578 & \cos^2 \frac{1}{2}(\alpha_{\mathbb{C}} - \alpha_*) & 0.00000 \\
 \text{cplsin } \Pi_{\mathbb{C}} & \underline{1.76191} & & \underline{8.02678_n} \\
 \log p & 9.70302 & & (a) \\
 p + 0.50469 & & & 9.99958 (C) \\
 & & \text{cplsin } \Pi_{\mathbb{C}} & \underline{1.76191} \\
 & & \log q & 9.78827_n \\
 & & q - 0.61414 &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 \log d\alpha & 3.30604 \\
 \cos \delta_{\mathbb{C}} & 9.98533 \\
 \text{cpllg } \Pi_{\mathbb{C}} & \underline{6.44746} \\
 \log p' & 9.73883
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ll}
 \log d\delta & 2.95046_n \\
 \log \Pi_{\mathbb{C}} & \underline{3.55254} \\
 \log q' & 9.39792_n \\
 \text{tg N} & 0.34091_n \\
 \text{N } 114^{\circ} 31' 9'' \\
 \log n & 9.77987
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 \lg \varrho \cos \varphi' & 9.91936 & \lg \varrho \sin \varphi' & 9.74435_n \\
 \sin t_* & 9.96723 & \cos \delta_* & \underline{9.98409} \\
 \log x & 9.88659 & & \underline{9.72844_n} \\
 x + 0.77018 & & & \underline{-- 0.53511} \\
 & & & \underline{-- 0.08264} \\
 & & y - 0.61775 &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 p - x - 0.26549 & \lg 9.42404_n & \lg m & 9.42408 \\
 q - y + 0.00361 & \lg \underline{7.55751_n} & \text{cpllg k} & 0.56455 \\
 & \text{tg M } \underline{1.86653_n} & \sin(M - N) & 9.60486 \\
 M & 270^{\circ} 46' 44'' & & \sin \chi & 9.59349 \\
 M - N & 156^{\circ} 15' 35.6 & & \chi & 156^{\circ} 54' 34'' \\
 M - N - \chi & - 0 38 58.4 & & & \\
 \lg m & 9.42408 & \sin(M - N - \chi) & 8.05449_n \\
 \lg n & 9.77987 & \sin \chi & 9.59349 \\
 & \underline{9.64421} & & \underline{8.46100_n} \\
 & \underline{8.46100_n} & & \\
 \lg 3600 & 3.55630 & \lambda' - 1^{\text{h}} 14^{\text{m}} 0^{\text{s}} & \\
 \log d\lambda & 1.66151_n & \frac{d\lambda}{\lambda} = & 45.9 \\
 d\lambda = - 45^{\circ}87 & & \lambda - 1^{\text{h}} 14^{\text{m}} 45.9 & = - 18^{\circ} 41' 28''
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 \text{tg } \chi & 9.62976_n & \text{tg } \chi & 9.62976_n \\
 \cos N & \underline{9.61804_n} & \sin N & \underline{9.95896} \\
 & \underline{9.24780} & & \underline{9.58872_n} \\
 + \sin N & \underline{+ 0.17693} & - \cos N & \underline{+ 0.41499} \\
 + 0.90982 & & & + 0.02709 \\
 + 1.08675 & & & \\
 0.03613 & & 8.43281 \\
 0.20922 & & 0.22389 \\
 0.24535 & & 8.65670 \\
 + 1.7593 & & + 0.04536
 \end{array}$$

$$\lambda_w = \lambda - 1.759 \Delta \alpha^{('')} + 0.045 \Delta \delta^{('')}$$

Für $\Delta \alpha$ in Zeitsekunden hat man

$$\lambda_w = \lambda - 26.39 \Delta \alpha^{(s)} + 0.045 \Delta \delta^{('')}$$

Die Zenitdistanz des Sterns ergibt sich für den Bedeckungsmoment zu $810^{\circ}19'$. Der $\log \varrho$ wäre daher wegen Refraktion zu verbessern um $+6^{\text{v}}$. Der Einfluß blieb vernachlässigt, da er in $d\lambda$ kaum ausmacht.

67. Formeln zur theoretischen Astronomie.

Verwandlung von äquatorealen Koordinaten (α, δ) in ekliptikale (λ, β) und umgekehrt.

$$\operatorname{tg} M = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin \alpha}$$

$$\operatorname{tg} N = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sin \lambda}$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{\cos(M - \varepsilon)}{\cos M} \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\cos(N + \varepsilon)}{\cos N} \operatorname{tg} \lambda$$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg}(M - \varepsilon) \sin \lambda$$

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg}(N + \varepsilon) \sin \alpha$$

ε Schiefe der Ekliptik

$\cos \lambda$ und $\cos \alpha$ haben das gleiche Vorzeichen.

Kontrollformeln:

$$\frac{\cos(M - \varepsilon)}{\cos M} = \frac{\cos \beta \sin \lambda}{\cos \delta \sin \alpha} \quad \left| \quad \frac{\cos(N + \varepsilon)}{\cos N} = \frac{\cos \delta \sin \alpha}{\cos \beta \sin \lambda}$$

$$\sin(\lambda - \alpha) = 2 \cos \alpha \operatorname{tg} \beta \cosec(M - \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \varepsilon \sin(M - \frac{1}{2} \varepsilon)$$

$$\sin \frac{1}{2}(\delta - \beta) = \sin \beta \cosec(M - \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \varepsilon \cos(M - \frac{1}{2} \varepsilon) \sec \frac{1}{2}(\delta + \beta)$$

$$\sin(\lambda - \alpha) = 2 \cos \alpha \sec \beta \sin \delta \cosec(N + \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \varepsilon \sin(N + \frac{1}{2} \varepsilon)$$

$$\sin \frac{1}{2}(\delta - \beta) = \sin \delta \cosec(N + \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \varepsilon \cos(N + \frac{1}{2} \varepsilon) \sec \frac{1}{2}(\delta + \beta)$$

Anomalie und Radiusvektor in der Ellipse.

M mittlere Anomalie

E exzentrische Anomalie

v wahre Anomalie

e Exzentrizität

φ Exzentrizitätswinkel, $e = \sin \varphi$

a große Halbachse

q Periheldistanz

$p = a(1 - e^2)$ = Parameter

r Radiusvektor

U Umlaufszeit

μ mittlere tägliche Bewegung.

$$M = E - e \sin E$$

$$r = a(1 - e \cos E)$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} v = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{1}{2} E$$

$$r = \frac{p}{1 + e \cos v} = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos v}$$

$$\sin \frac{1}{2}(v - E) = \sin \frac{\varphi}{2} \sqrt{\frac{r}{p}} \sin v = \sin \frac{\varphi}{2} \sqrt{\frac{a}{r}} \sin E$$

$$\sin \frac{1}{2}(v + E) = \cos \frac{\varphi}{2} \sqrt{\frac{r}{p}} \sin v = \cos \frac{\varphi}{2} \sqrt{\frac{a}{r}} \sin E$$

$$r \sin v = a \cos \varphi \sin E$$

$$r \cos v = a(\cos E - e)$$

67. Formeln zur theoretischen Astronomie (Fortsetzung).

Die Gaußschen Äquatorkonstanten und die heliozentrischen Koordinaten x' , y' , z' .

Bahnelemente auf die Ekliptik bezogen:

ω Abstand des Perihels vom Knoten

Ω Länge des Knotens

i Neigung.

$$\operatorname{tg} N = \frac{\operatorname{tg} i}{\cos \Omega}$$

$$\cotg A = -\operatorname{tg} \Omega \cos i \quad \sin a = \frac{\cos \Omega}{\sin A} \quad \begin{matrix} \sin a, \sin b, \sin c \\ \text{stets positiv.} \end{matrix}$$

$$\cotg B = \frac{\cos i \cos(N + \varepsilon)}{\operatorname{tg} \Omega \cos N \cos \varepsilon} \quad \sin b = \frac{\sin \Omega \cos \varepsilon}{\sin B}$$

$$\cotg C = \frac{\cos i \sin(N + \varepsilon)}{\operatorname{tg} \Omega \cos N \sin \varepsilon} \quad \sin c = \frac{\sin \Omega \sin \varepsilon}{\sin C}$$

$$\text{Probe: } \operatorname{tg} i = \frac{\sin b \sin c \sin(C - B)}{\sin a \cos A}$$

Heliozentrische Koordinaten:

$$x' = r \sin a \sin(A' + v) \quad A' = A + \omega$$

$$y' = r \sin b \sin(B' + v) \quad B' = B + \omega$$

$$z' = r \sin c \sin(C' + v) \quad C' = C + \omega$$

Übergang auf geozentrischen Ort α, δ .

ρ Abstand Erde – Gestirn

X, Y, Z äquatoreale Sonnenkoordinaten.

$$\rho \sin \alpha \cos \delta = y' + Y$$

$$\rho \cos \alpha \cos \delta = x' + X$$

$$\rho \sin \delta = z' + Z$$

Reduktion des geozentrischen mittleren Ortes (α, δ) auf wahren Ort.

$$\Delta \alpha = f + g \sin(G + \alpha) \operatorname{tg} \delta \quad \Delta \delta = g \cos(G + \alpha)$$

f, g, G den astronomischen Ephemeriden zu entlehnern.

67. Formeln zur theoretischen Astronomie (Fortsetzung).

Transformation der Bahnlage.

i, Ω, ω bezogen auf die Ekliptik

i', Ω', ω' bezogen auf den Äquator.

Übergang von Ekliptik zu Äquator.

$$\cos \frac{1}{2} i' \sin \frac{1}{2} (\Omega' + \sigma) = \cos \frac{1}{2} (i - \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \Omega$$

$$\cos \frac{1}{2} i' \cos \frac{1}{2} (\Omega' + \sigma) = \cos \frac{1}{2} (i + \varepsilon) \cos \frac{1}{2} \Omega$$

$$\sin \frac{1}{2} i' \sin \frac{1}{2} (\Omega' - \sigma) = \sin \frac{1}{2} (i - \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \Omega$$

$$\sin \frac{1}{2} i' \cos \frac{1}{2} (\Omega' - \sigma) = \sin \frac{1}{2} (i + \varepsilon) \cos \frac{1}{2} \Omega$$

$$\omega' = \omega + \sigma$$

$$\pi' = \omega' + \Omega'$$

Übergang von Äquator zu Ekliptik.

$$\sin \frac{1}{2} i \sin \frac{1}{2} (\Omega + \sigma) = \sin \frac{1}{2} (i' + \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \Omega'$$

$$\sin \frac{1}{2} i \cos \frac{1}{2} (\Omega + \sigma) = \sin \frac{1}{2} (i' - \varepsilon) \cos \frac{1}{2} \Omega'$$

$$\cos \frac{1}{2} i \sin \frac{1}{2} (\Omega - \sigma) = \cos \frac{1}{2} (i' + \varepsilon) \sin \frac{1}{2} \Omega'$$

$$\cos \frac{1}{2} i \cos \frac{1}{2} (\Omega - \sigma) = \cos \frac{1}{2} (i' - \varepsilon) \cos \frac{1}{2} \Omega'$$

$$\omega = \omega' - \sigma$$

$$\pi = \omega + \Omega$$

π, π' Länge des Perihels.

Übertragung der Bahnlage auf verschiedene Äquinoktien.

Die Größen mit Index o gelten für das mittlere Äquinox t_0

$$\begin{array}{ccccccccccccc} " & " & " & " & I & " & " & " & " & " & t_1 & \\ " & " & " & " & m & " & " & " & " & " & \frac{t_1 + t_0}{2} & \end{array}$$

System der Ekliptik.

$$\Omega_1 = \Omega_o + \{p - \pi \cot g i_m \sin(\Pi - \Omega_m)\} (t_1 - t_0)$$

$$i_1 = i_o - \pi \cos(\Pi - \Omega_m) (t_1 - t_0)$$

$$\omega_1 = \omega_o + \pi \operatorname{cosec} i_m \sin(\Pi - \Omega_m) (t_1 - t_0)$$

System des Äquators.

$$\Omega'_1 = \Omega'_o + \{m - n \cot g i'_m \cos \Omega'_m\} (t_1 - t_0)$$

$$i'_1 = i'_o - n \sin \Omega'_m (t_1 - t_0)$$

$$\omega'_1 = \omega'_o + n \cos \Omega'_m \operatorname{cosec} i'_m (t_1 - t_0)$$

Die Werte p, π, Π, m, n werden mit dem Argument $\frac{1}{2}(t_0 + t_1)$ der Tafel 37 (S. 138) entnommen. In erster Näherung setzt man statt der mit dem Index m versehenen Größen jene mit dem Index o ein.

67. Formeln zur theoretischen Astronomie (Schluß).

Heliozentrische Länge und Breite (l, b) aus dem Orte in der Bahn.

$$u \text{ Argument der Breite} \quad u = \omega + v$$

$$\begin{array}{ll} \cos b \cos(l - \Omega) = \cos u & \left| \begin{array}{l} \tan(l - \Omega) = \cos i \tan u \\ \tan b = \tan i \sin(l - \Omega) \end{array} \right. \\ \cos b \sin(l - \Omega) = \cos i \sin u \\ \sin b = \sin i \sin u \end{array}$$

Heliozentrische Koordinaten.

$$x' = r \cos b \cos l$$

$$y' = r \cos b \sin l$$

$$z' = r \sin b$$

Einige allgemeine Beziehungen in der elliptischen Bahn.

$$a = \frac{q}{1 - e}$$

$$\text{Apheldistanz} = a(1 + e) = q \frac{1 + e}{1 - e}$$

$$U = a^{\frac{3}{2}} \text{ Siderische Jahre}$$

$$\mu = \frac{k''}{a^{\frac{3}{2}}}$$

$$\text{Sid. Jahr} = 365^{\text{d}256\,360}$$

$$[2.562\,5978]$$

$$\log k'' = 3.550\,0066$$

68. Refraktionstafeln nach Radau's Theorie.

a) Normale Refraktion.

Bar. 760 mm Quecks. bei 0°, Lufttemp. 0°, Dampfspannung 6 mm,
Geogr. Breite 45°, Seehöhe 0^m.

Scheinbare ZD	ρ_0	Scheinbare ZD	ρ_0	Scheinbare ZD	ρ_0	Scheinbare ZD	ρ_0
0°	0' 0''	40°	0' 50'' ₂	64° 0'	2' 3'' ₁	77° 0'	4' 15'' ₃
1	I I	4I	52 ₂	20	4 ₂	10	18 ₃
2	2 I	42	54 ₂	40	6 ₂	20	22 ₄
3	3 I	43	56 ₂	65 0	8 ₂	30	25 ₃
4	4	44	0 58 ₂	20	10 ₂	40	29 ₄
	I			40	12 ₂	50	33 ₄
5	0 5 I	45	I 0				3
6	6 I	46	2 ₂	66 0	2 14 ₂	78 0	4 36 ₄
7	7 I	47	4 ₂	20	16 ₂	10	40 ₄
8	8 I	48	7 ₃	40	19 ₂	20	44 ₄
9	10 ₂	49	9 ₂	67 0	21 ₂	30	48 ₄
	I		3	20	23 ₂	40	52 ₄
10	0 II I	50	I 12 ₂	40	25	50	4 56 ₄
11	12 I	51	I 4 ₂				5
12	13 I	52	I 7 ₃	68 0	2 28 ₂	79 0	5 I
13	14 I	53	20 ₃	20	30 ₃	10	5 4
14	15 I	54	23 ₃	40	33 ₂	20	10 5
	I		3	69 0	35 ₃	30	15 5
15	0 16 I	55	I 26	20	38 ₃	40	20 ₅
16	I 7		3	40	41 ₃	50	25 ₅
17	I 8	56 0'	I 29 I				5
18	20 ²	20	30 I	70 0	2 44 ₃	80 0	5 30 ₅
19	21 I	40	31 I	20	47 ₃	10	35 ₆
	I	57 0	32 I	40	50 ₃	20	41 ₅
20	0 22 I	20	33 ₂	71 0	53 ₃	30	46 ₆
21	23 I	40	35	20	2 56 ₃	40	52 ₆
22	24 ²		I	40	3 0 ₄	50	5 58 ₆
23	26 I	58 0	I 36 I		3		6
24	27	20	37 I	72 0	3 3 ₄	81 0	6 4 ₇
	I	40	38 ₂	20	7	10	II 7
25	0 28 I	59 0	40 I	40	10 ₃	20	18 7
26	29 I	20	41 I	73 0	I 4 ₄	30	25 7
27	31 ²	40	42 I	20	I 8 ₄	40	32 7
28	32 I		2	40	23 ₅	50	39 7
29	33	60 0	I 44 I		4		8
	2	20	45 ₂	74 0	3 27 ₄	82 0	6 47 ₈
30	0 35 I	40	47 I	20	31 ₄	10	6 55 ₈
31	36 I	61 0	48 I	40	36 ₅	20	7 3 ₈
32	38 ²	20	50 I	75 0	41 ₅	30	II 9
33	39 ²	40	51 I	20	46 ₅	40	20 10
34	41 I		2	40	51 ₅	50	30
	I	62 0	I 53 I		6		9
35	0 42 ²	20	54 ₂	76 0	3 57 ₃	83 0	7 39 ₁₀
36	44 I	40	56 I	10	4 0 ₃	10	7 49 ₁₁
37	45 ²	63 0	57 ₂	20	3 ₃	20	8 0 ₁₁
38	47 ²	20	I 59 ₂	30	6 ₃	30	II 11
39	49	40	2 I I	40	9 ₃	40	22 12
	I		2	50	12 ₃	50	34 12
40	0 50	64 0	2 3		3	84 0	8 46
				77 0	4 15		

68. Refraktionstafeln nach Radau's Theorie (Fortsetzung).

a) Normale Refraktion (Schluß).

Scheinbare ZD	ϱ_0	Scheinbare ZD	ϱ_0	Scheinbare ZD	ϱ_0	Scheinbare ZD	ϱ_0
84° o'	8' 46''	86° 10'	12' 36''	87° 30'	16' 50''	88° 50'	24' 18''
10	8 59 13	12	12 40 4	32	16 58 8	52	24 33 16
20	9 13 14	14	12 45 5	34	17 6 9	54	24 49 16
30	9 27 14	16	12 51 6	36	17 15 8	56	25 5 16
40	9 42 15	18	12 56 5	38	17 23 9	58	25 21 16
50	9 57 15						
	16	86 20	13 1	87 40	17 32 9	89 0	25 37 17
85 0	10 13 4	22	13 6 5	42	17 41 9	2	25 54 17
2	10 17	24	13 11 5	44	17 50 9	4	26 11 17
4	10 20 3	26	13 17 6	46	17 59 9	6	26 28 17
6	10 24 4	28	13 22 5	48	18 8 9	8	26 45 17
8	10 27 3						18
	4	86 30	13 28	87 50	18 18 9	89 10	27 3 18
85 10	10 31	32	13 33 6	52	18 27 10	12	27 21 19
12	10 34 3	34	13 39 6	54	18 37 9	14	27 40 19
14	10 38 4	36	13 45 5	56	18 46 10	16	27 59 19
16	10 42 4	38	13 50 5	58	18 56 11	18	28 18 19
18	10 45 3						20
	4	86 40	13 56 6	88 0	19 7 10	89 20	28 38 20
85 20	10 49 4	42	14 2 6	2	19 17 10	22	28 58 20
22	10 53 3	44	14 8 6	4	19 27 11	24	29 18 21
24	10 56 3	46	14 14 6	6	19 38 11	26	29 39 21
26	11 0 4	48	14 20 6	8	19 49 11	28	30 0 21
28	11 4 4						21
	4	86 50	14 26 7	88 10	19 59 11	89 30	30 21 22
85 30	11 8	52	14 33 7	12	20 10 12	32	30 43 22
32	11 12 4	54	14 40 6	14	20 22 11	34	31 5 23
34	11 16 4	56	14 46 6	16	20 33 12	36	31 28 23
36	11 20 4	58	14 52 6	18	20 45 12	38	31 51 23
38	11 24 4						23
	4	87 0	14 59 6	88 20	20 56 12	89 40	32 14 24
85 40	11 28 4	2	15 5 7	22	21 8 12	42	32 38 25
42	11 32 4	4	15 12 7	24	21 20 12	44	33 3 25
44	11 36 4	6	15 19 7	26	21 33 13	46	33 28 25
46	11 41 5	8	15 26 7	28	21 45 12	48	33 53 25
48	11 45 4						26
	4	87 10	15 33 7	88 30	21 58 13	89 50	34 19 26
85 50	11 49 5	12	15 40 8	32	22 11 13	52	34 45 27
52	11 54 5	14	15 48 7	34	22 24 13	54	35 12 27
54	11 58 4	16	15 55 8	36	22 38 14	56	35 39 28
56	12 3 5	18	16 3 8	38	22 51 13	58	36 7 28
58	12 7 4						29
	5	87 20	16 10 8	88 40	23 5 14	90 0	36 36
86 0	12 12 4	22	16 18 8	42	23 19 14		
2	12 16 4	24	16 26	44	23 33 14	$d\varrho_T = \varrho_0 A \alpha \tau$	
4	12 21 5	26	16 33 7	46	23 48 15	$\varrho' = \varrho_0 + d\varrho_T$	
6	12 26 5	28	16 41 8	48	24 3 15	$d\varrho_B = \varrho' B \beta$	
8	12 31 5					$\varrho = \varrho' + d\varrho_B$	
86 10	12 36 5	87 30	16 50	88 50	24 18 15		

68. Refraktionstafeln nach Radau's Theorie (Fortsetzung).

b) Temperaturfaktor A.

Therm. C	A	Therm. C	A	Therm. C	A	
- 50°	+ 0.234 49 229 5	- 20°	+ 0.083 19 078 5	+ 10°	- 0.037 11 040 3	
48 223 6	18 074 4	12	044 4	47 218 5	13 048 4	
47 218 5	17 069 5	14	051 3	46 212 6	16 065 4	
46 212 6	16 065 4	4	3	6	4	
- 45	+ 0.206 44 201 5	- 15	+ 0.061 14 056 5	+ 15	- 0.054 16 058 4	
43 196 5	13 052 4	17	061 3	42 190 6	18 065 4	
42 190 6	12 048 4	19	068 3	41 185 5	11 044 4	
41 185 5	11 044 4	4	3	5	4	
- 40	+ 0.180 39 174 5	- 10	+ 0.040 9 036 4	+ 20	- 0.071 21 075 4	
38 169 5	8 032 4	22	078 3	37 164 5	7 028 4	
37 164 5	6 024 4	23	081 3	36 159 5	5 024 4	
36 159 5	5 024 4	24	084 3	5	4	
- 35	+ 0.154 34 149 5	- 5	+ 0.020 4 016 4	+ 25°	- 0.088 26 091 3	
33 144 5	3 012 4	27	094 3	32 139 5	2 008 4	
32 139 5	2 008 4	28	097 3	31 134 5	— 1 + 0.004 4	
31 134 5	— 1 + 0.004 4	29	100 3	5	4	
- 30	+ 0.129 29 124 5	0	0.000 + 1 - 0.004 4	+ 30	- 0.104 31 107 3	
28 120 4	2	008 4	32	110 3	27 115 5	3 011 3
27 115 5	3	011 3	33	113 3	26 110 5	4 015 4
26 110 5	4	015 4	34	116 3	5	4
- 25	+ 0.105 24 101 4	+ 5	- 0.019 6 022 3	+ 35	- 0.119 36 122 3	
23 996 5	7	026 4	37	125 3	22 092 4	8 030 4
22 092 4	9	033 3	38	128 3	21 087 5	4
21 087 5	4	033 3	39	131 3	- 20 + 0.083	+ 10 - 0.037
- 20	+ 0.083	+ 10	- 0.037	+ 40	- 0.134	4

$$d\varrho_T = \varrho_0 A \alpha \tau$$

$$\varrho' = \varrho_0 + d\varrho_T$$

$$d\varrho_B = \varrho' B \beta$$

$$\varrho = \varrho' + d\varrho_B$$

68. Refraktionstafeln nach Radau's Theorie (Fortsetzung).

c) Faktor α .

Scheinb. ZD	α	Scheinb. ZD	α	Scheinb. ZD	α	Scheinb. ZD	α
45°	1.000	70°	1.009	85° 0'	1.114 5	88° 0'	1.299 20
46	001 1	71	010 1	10	119 6	10	319 21
47	001 0	72	011 1	20	125 6	20	340 23
48	001 0	73	013 2	30	131 7	30	363 25
49	001 0	74	015 2	40	138 7	40	388 27
			2	50	145 7	50	415 29
50	1.002 0	75	1.017		7		
51	002 0	76	020 3	86	0	1.152 8	89 0
52	002 0	77	023 3		10	160 8	10
53	002 0	78	026 3		20	168 8	20
54	002 0	79	031 5		30	178 10	30
	0		6		40	188 10	40
55	1.002 1	80° 0'	1.037		50	198 10	50
56	003 1	30	041 4			12	
57	003 0	81 0	045 4	87	0	1.210 12	90 0
58	003 0	30	050 5		10	222 13	
59	003 0		5		20	235 13	
	1	82 0	1.055		30	249 14	
60	1.004 0	20	059 4			15	
61	004 0	40	064 5		40	264 15	
62	004 0	83 0	069 5		50	281 17	
63	004 1	20	074 5			18	
64	005 0	40	080 6	88	0	1.299	
	0		7				
65	1.005 1	84 0	1.087 8			$d\varrho_T = \varrho_0 A \alpha \tau$	
66	006 1	20	095 9			$\varrho' = \varrho_0 + d\varrho_T$	
67	007 1	40	104 9			$d\varrho_B = \varrho' B \beta$	
68	007 0	85 0	114			$\varrho = \varrho' + d\varrho_B$	
69	008 1						
	1						
70	1.009						

d) Faktor τ .

Temp. C	Scheinbare Zenitdistanz										Temp. C
	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°	90°	
-48°	1.002	1.003	1.005	1.006	1.009	1.015	1.022	1.037	1.067	1.120	-48°
-40	002	003	004	005	008	012	018	030	053	095	-40
-32	002	002	003	004	006	009	014	023	041	072	-32
-24	1.001	1.001	1.002	1.003	1.004	1.006	1.010	1.016	1.029	1.051	-24
-16	001	001	001	002	003	004	006	011	019	032	-16
-8	000	000	000	001	001	002	003	005	009	015	-8
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0
+8	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.997	0.995	0.992	0.986	+8
+16	0.999	0.999	0.999	0.998	0.998	0.996	0.994	0.991	0.984	0.972	+16
+24	0.999	0.999	0.998	0.998	0.997	0.995	0.992	0.987	0.977	0.960	+24
+32	0.999	0.998	0.998	0.997	0.996	0.993	0.989	0.982	0.970	0.949	+32
+40	0.999	0.998	0.997	0.996	0.995	0.991	0.987	0.979	0.964	0.938	+40

68. Refraktionstafeln nach Radau's Theorie (Schluß).

e) Luftdruckfaktor B.

f) Faktor β .

Baro-meter	B	Baro-meter	B	Baro-meter	B
mm		mm		mm	
500	— 0.342	650	— 0.145	720	— 0.053
510	329 ¹³	652	142 ³	722	050 ³
520	316 ¹³	654	140 ²	724	047 ³
530	303 ¹³	656	137 ³	726	045 ²
540	289 ¹⁴	658	134 ³	728	042 ³
	¹³		²		²
550	— 0.276	660	— 0.132	730	— 0.040
560	263 ¹³	662	129 ³	732	037 ³
570	250 ¹³	664	126 ³	734	034 ²
580	237 ¹³	666	124 ²	736	032 ³
590	224 ¹³	668	121 ³	738	029 ³
	¹³		³		³
600	— 0.211	670	— 0.118	740	— 0.026
602	208 ³	672	116 ²	742	024 ²
604	205 ³	674	113 ³	744	021 ³
606	202 ³	676	110 ³	746	018 ³
608	200 ²	678	108 ²	748	016 ²
	³		³		³
610	— 0.197	680	— 0.105	750	— 0.013
612	195 ²	682	103 ²	752	010 ³
614	192 ³	684	100 ³	754	008 ²
616	190 ²	686	097 ³	756	005 ³
618	187 ³	688	095 ²	758	— 0.003
	³		³		³
620	— 0.184	690	— 0.092	760	0.000
622	182 ²	692	090 ²	762	+ 0.003 ³
624	179 ³	694	087 ³	764	005 ²
626	176 ³	696	084 ³	766	008 ³
628	174 ²	698	082 ²	768	010 ²
	³		³		³
630	— 0.171	700	— 0.079	770	+ 0.013
632	168 ³	702	076 ³	772	016 ³
634	166 ²	704	074 ²	774	018 ²
636	163 ³	706	071 ³	776	021 ³
638	160 ³	708	068 ³	778	024 ³
	²		²		²
640	— 0.158	710	— 0.066	780	+ 0.026
642	155 ³	712	063 ³		
644	153 ²	714	060 ³		
646	150 ³	716	058 ²		
648	147 ³	718	055 ³		
	²		²		
650	— 0.145	720	— 0.053		

ϱ'	β
0'	I.000 I
2	001 I
4	002 2
6	004 4
8	008 4
	4
10	I.012 5
12	017 6
14	023 6
16	029 6
18	035 6
	7
20	I.041 7
22	048 7
24	055 7
26	062 7
28	069 7
	8
30	I.076 7
32	083 8
34	091 8
36	098 8
38	106 8
	8
40	I.114

$$d\varrho_T = \varrho_0 A \alpha \tau$$

$$\varrho' = \varrho_0 + d\varrho_T$$

$$d\varrho_B = \varrho' B \beta$$

$$\varrho = \varrho' + d\varrho_B$$

69. Mittlere Extinktion.

a) Argument Wahre ZD.

Wahre ZD	Extinktion	Wahre ZD	Extinktion	Wahre ZD	Extinktion
15°	m 0.00	40°	m 0.06	65°	m 0.32
16	00	41	07	66	34 2
17	01	42	07	67	36 2
18	01	43	08	68	39 3
19	01	44	08	69	42 3
20	0.01	45	0.09	70	0.45 3
21	01	46	09	71	48 4
22	01	47	10	72	52 4
23	01	48	11	73	56 4
24	02	49	11	74	60 4
25	0.02	50	0.12	75	0.65 5
26	02	51	13	76	70 5
27	02	52	14	77	76 6
28	02	53	15	78	82 6
29	03	54	16	79	90 8
30	0.03	55	0.17	80	0.98 9
31	03	56	18	81	1.07 11
32	03	57	19	82	1.18 14
33	04	58	20	83	1.32 17
34	04	59	22	84	1.49 23
35	0.04	60	0.23	85	1.72 32
36	05	61	25	86	2.04 44
37	05	62	26	87	2.48 62
38	05	63	28	88	3.10
39	06	64	30		
40	0.06	65	0.32		

b) Argument Scheinbare ZD.

Scheinbare ZD	Extinktion
75°	m 0.65 6
76	71 6
77	77 6
78	83 8
79	91 8
80	0.99 9
81	1.08 11
82	1.19 14
83	1.33 19
84	1.52 25
85	1.77 35
86	2.12 49
87	2.61 72
88	3.33

70. Photometrische Größenklassen und Intensitäten.

M	J	M	J	M	J
m		m		m	
-4.0	39.81	14.69	5.0	0.01 000	88
-3.5	25.12	14.27	1	00 912	80
-3.0	15.85	5.85	2	00 832	70
-2.5	10.00	3.69	3	00 759	73
-2.0	6.31	2.33	4	00 692	67
-1.5	3.98	1.47	5	00 631	61
-1.0	2.51	0.93	6	00 575	56
-0.5	1.58	0.58	7	00 525	50
0.0	1.000	0.58	8	00 479	46
2	0.832	168	5.9	00 436	43
4	692	140			38
6	575	117	6.0	0.00 398	
0.8	479	96	1	00 363	35
		81	2	00 331	32
I.0	0.398	67	3	00 302	29
2	331	56	4	00 275	27
4	275	46	5	00 251	24
6	229	38	6	00 229	22
1.8	191	33	7	00 209	20
		33	8	00 191	18
2.0	0.158	26	6.9	00 174	17
2	132	22			16
4	110	19	7.0	0.00 158	
6	091	15	1	00 145	13
2.8	076	13	2	00 132	12
		13	3	00 120	10
3.0	0.0631	106	4	00 110	10
2	0525	88	5	00 100	10
4	0437	74	6	00 091	9
6	0363	61	7	00 083	8
3.8	0302	51	8	00 076	7
		51	7.9	00 069	7
4.0	0.0251	42			6
2	0209	35	8.0	0.00 063	11
4	0174	29	2	00 052	8
6	0145	25	4	00 044	8
4.8	0120	20	6	00 036	6
		20	8.8	00 030	6
5.0	0.0100	10	9.0	0.00 025	5

$$J = \frac{I}{2.512^M} \quad \log J = -M \cdot 0.400 \quad M = -2.5 \log J$$

**71. Reduktion beobachteter Zeiten auf die Sonne.
Scheinbare Sonnenlänge.**

Mittl. Mittag Greenw. G S		\odot	$\log(\frac{m}{8.308 \cdot R})$	Mittl. Mittag Greenw.	\odot	$\log(\frac{m}{8.308 \cdot R})$
Jan.	o	279°26'	0.9122	Juli	19	0.9265
10	II	289.46	9123 1	29	125.54	9°55' 4
20	II	299.64	9125 2	Aug.	8	135.11
30	III	309.81	9130 5	18	144.72	9.61 8
Febr.	9	319.94	9137 7	28	154.36	9.64 9
		10.11	9			9.68 10
	19	330.05	0.9146	Sept.	7	164.04
März	I	340.10	9156 10	17	173.78	9.74 12
	II	350.11	9168 12	27	183.56	9.78 12
	21	0.06	9180 12	Okt.	7	193.41
	31	9.96	9192 12	17	203.31	9.90 13
		9.84	12			9.95 12
Apr.	10	19.80	0.9204	Nov.	27	213.26
	20	29.59	9216 12	6	223.27	10.01 11
	30	39.32	9228 12	16	233.33	10.06 10
Mai	10	49.01	9238 10	26	243.43	10.10 9
	20	58.65	9247 9	Dez.	6	253.57
		9.60	8			10.17 5
	30	68.25	0.9255 6	16	263.74	10.18 2
Juni	9	77.82	9261	26	273.92	10.19 1
	19	87.38	9265 4	36	284.11	9122
	29	96.91	9267 2			
Juli	9	106.45	9267 0			
	19	9.54	2			
		115.99	0.9265			

$$\text{Helioz. Zeit} - \text{Geoz. Zeit} = -\frac{m}{8.308 \cdot R} \cos \beta \cos (\Theta - \lambda)$$

G Gemeinjahr S Schaltjahr

Die Jahresverbesserung k siehe Tafel 1 c, S. 74.

72. Dreistellige Logarithmentafel.

a) Additions- und Subtraktionslogarithmen.

A	B o	I	2	3	4	5	6	7	8	9
7.	0.000	.001	.001	.001	.001	.001	.002	.002	.003	.003
8.0	0.004	.004	.005	.005	.005	.005	.005	.005	.005	.005
8.1	.005	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.007	.007	.007
8.2	.007	.007	.007	.007	.007	.008	.008	.008	.008	.008
8.3	.009	.009	.009	.009	.009	.010	.010	.010	.010	.011
8.4	.011	.011	.011	.012	.012	.012	.012	.013	.013	.013
8.5	.014	.014	.014	.014	.015	.015	.015	.016	.016	.017
8.6	.017	.017	.018	.018	.019	.019	.019	.020	.020	.021
8.7	.021	.022	.022	.023	.023	.024	.024	.025	.025	.026
8.8	.027	.027	.028	.028	.029	.030	.030	.031	.032	.032
8.9	.033	.034	.035	.035	.036	.037	.038	.039	.040	.040
9.0	0.041	.042	.043	.044	.045	.046	.047	.048	.049	.050
9.1	.051	.053	.054	.055	.056	.057	.059	.060	.061	.063
9.2	.064	.065	.067	.068	.070	.071	.073	.074	.076	.077
9.3	.079	.081	.082	.084	.086	.088	.090	.091	.093	.095
9.4	.097	.099	.101	.104	.106	.108	.110	.112	.115	.117
9.5	.119	.122	.124	.127	.129	.132	.135	.137	.140	.143
9.6	.146	.148	.151	.154	.157	.160	.163	.167	.170	.173
9.7	.176	.180	.183	.187	.190	.194	.197	.201	.205	.209
9.8	.212	.216	.220	.224	.228	.232	.237	.241	.245	.250
9.9	.254	.258	.263	.267	.272	.277	.281	.286	.291	.296
0.0	0.301	.306	.311	.316	.321	.327	.332	.337	.343	.348
0.1	.354	.360	.365	.371	.377	.382	.388	.394	.400	.406
0.2	.412	.419	.425	.431	.437	.443	.450	.457	.463	.470
0.3	.476	.483	.490	.497	.503	.510	.517	.524	.531	.538
0.4	.546	.553	.560	.567	.575	.582	.589	.597	.604	.612
0.5	0.619	.627	.635	.642	.650	.658	.666	.674	.681	.689
0.6	.697	.705	.713	.721	.730	.738	.746	.754	.762	.771
0.7	.779	.787	.796	.804	.813	.821	.830	.838	.847	.855
0.8	.864	.873	.881	.890	.899	.907	.916	.925	.934	.943
0.9	.951	.960	.969	.978	.987	.996	*.005	*.014	*.023	*.032
1.0	1.041	.050	.060	.069	.078	.087	.096	.105	.115	.124
1.1	.133	.142	.152	.161	.170	.180	.189	.198	.208	.217
1.2	.227	.236	.245	.255	.264	.274	.283	.293	.302	.312
1.3	.321	.331	.340	.350	.359	.369	.379	.388	.398	.407
1.4	.417	.427	.436	.446	.455	.465	.475	.484	.494	.504
1.5	1.514	.523	.533	.543	.552	.562	.572	.582	.591	.601
1.6	*.611	.621	.630	.640	.650	.660	.669	.679	.689	.699
1.7	.709	.718	.728	.738	.748	.758	.767	.777	.787	.797
1.8	.807	.817	.827	.836	.846	.856	.866	.876	.886	.896
1.9	.905	.915	.925	.935	.945	.955	.965	.975	.985	.994
2.	2.004	.103	.203	.302	.402	.501	.601	.701	.801	.901
3.	3.000									
A	B o	I	2	3	4	5	6	7	8	9

$$\log a - \log b = A$$

$$\log(a + b) = \log b + B$$

$$\log a - \log b = B$$

$$\log(a - b) = \log b + A$$

$$cp\log a = B$$

$$\log(I - a) = \log a + A$$

72. Dreistellige Logarithmentafel.

b) Logarithmen der Zahlen.

N.	L. o	I	2	3	4	5	6	7	8	9
10	.000	.004	.009	.013	.017	.021	.025	.029	.033	.037
11	.041	.045	.049	.053	.057	.061	.064	.068	.072	.076
12	.079	.083	.086	.090	.093	.097	.100	.104	.107	.111
13	.114	.117	.121	.124	.127	.130	.134	.137	.140	.143
14	.146	.149	.152	.155	.158	.161	.164	.167	.170	.173
15	.176	.179	.182	.185	.188	.190	.193	.196	.199	.201
16	.204	.207	.210	.212	.215	.217	.220	.223	.225	.228
17	.230	.233	.236	.238	.241	.243	.246	.248	.250	.253
18	.255	.258	.260	.262	.265	.267	.270	.272	.274	.276
19	.279	.281	.283	.286	.288	.290	.292	.294	.297	.299
20	.301	.303	.305	.307	.310	.312	.314	.316	.318	.320
21	.322	.324	.326	.328	.330	.332	.334	.336	.338	.340
22	.342	.344	.346	.348	.350	.352	.354	.356	.358	.360
23	.362	.364	.365	.367	.369	.371	.373	.375	.377	.378
24	.380	.382	.384	.386	.387	.389	.391	.393	.394	.396
25	.398	.400	.401	.403	.405	.407	.408	.410	.412	.413
26	.415	.417	.418	.420	.422	.423	.425	.427	.428	.430
27	.431	.433	.435	.436	.438	.439	.441	.442	.444	.446
28	.447	.449	.450	.452	.453	.455	.456	.458	.459	.461
29	.462	.464	.465	.467	.468	.470	.471	.473	.474	.476
30	.477	.479	.480	.481	.483	.484	.486	.487	.489	.490
31	.491	.493	.494	.496	.497	.498	.500	.501	.502	.504
32	.505	.507	.508	.509	.511	.512	.513	.515	.516	.517
33	.519	.520	.521	.522	.524	.525	.526	.528	.529	.530
34	.531	.533	.534	.535	.537	.538	.539	.540	.542	.543
35	.544	.545	.547	.548	.549	.550	.551	.553	.554	.555
36	.556	.558	.559	.560	.561	.562	.563	.565	.566	.567
37	.568	.569	.571	.572	.573	.574	.575	.576	.577	.579
38	.580	.581	.582	.583	.584	.585	.587	.588	.589	.590
39	.591	.592	.593	.594	.595	.597	.598	.599	.600	.601
40	.602	.603	.604	.605	.606	.607	.609	.610	.611	.612
41	.613	.614	.615	.616	.617	.618	.619	.620	.621	.622
42	.623	.624	.625	.626	.627	.628	.629	.630	.631	.632
43	.633	.634	.635	.636	.637	.638	.639	.640	.641	.642
44	.643	.644	.645	.646	.647	.648	.649	.650	.651	.652
45	.653	.654	.655	.656	.657	.658	.659	.660	.661	.662
46	.663	.664	.665	.666	.667	.667	.668	.669	.670	.671
47	.672	.673	.674	.675	.676	.677	.678	.679	.679	.680
48	.681	.682	.683	.684	.685	.686	.687	.688	.688	.689
49	.690	.691	.692	.693	.694	.695	.695	.696	.697	.698
50	.699	.700	.701	.702	.702	.703	.704	.705	.706	.707
51	.708	.708	.709	.710	.711	.712	.713	.713	.714	.715
52	.716	.717	.718	.719	.719	.720	.721	.722	.723	.723
53	.724	.725	.726	.727	.728	.728	.729	.730	.731	.732
54	.732	.733	.734	.735	.736	.736	.737	.738	.739	.740
N.	L. o	I	2	3	4	5	6	7	8	9

72. Dreistellige Logarithmentafel.

b) Logarithmen der Zahlen (Schluss).

N.	L. o	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	.740	.741	.742	.743	.744	.744	.745	.746	.747	.747
56	.748	.749	.750	.751	.751	.752	.753	.754	.754	.755
57	.756	.757	.757	.758	.759	.760	.760	.761	.762	.763
58	.763	.764	.765	.766	.766	.767	.768	.769	.769	.770
59	.771	.772	.772	.773	.774	.775	.775	.776	.777	.777
60	.778	.779	.780	.780	.781	.782	.782	.783	.784	.785
61	.785	.786	.787	.787	.788	.789	.790	.790	.791	.792
62	.792	.793	.794	.794	.795	.796	.797	.797	.798	.799
63	.799	.800	.801	.801	.802	.803	.803	.804	.805	.806
64	.806	.807	.808	.808	.809	.810	.810	.811	.812	.812
65	.813	.814	.814	.815	.816	.816	.817	.818	.818	.819
66	.820	.820	.821	.822	.822	.823	.823	.824	.825	.825
67	.826	.827	.827	.828	.829	.829	.830	.831	.831	.832
68	.833	.833	.834	.834	.835	.836	.836	.837	.838	.838
69	.839	.839	.840	.841	.841	.842	.843	.843	.844	.844
70	.845	.846	.846	.847	.848	.848	.849	.849	.850	.851
71	.851	.852	.852	.853	.854	.854	.855	.856	.856	.857
72	.857	.858	.859	.859	.860	.860	.861	.862	.862	.863
73	.863	.864	.865	.865	.866	.866	.867	.867	.868	.869
74	.869	.870	.870	.871	.872	.872	.873	.873	.874	.874
75	.875	.876	.876	.877	.877	.878	.879	.879	.880	.880
76	.881	.881	.882	.883	.883	.884	.884	.885	.885	.886
77	.886	.887	.888	.888	.889	.889	.890	.890	.891	.892
78	.892	.893	.893	.894	.894	.895	.895	.896	.897	.897
79	.898	.898	.899	.899	.900	.900	.901	.901	.902	.903
80	.903	.904	.904	.905	.905	.906	.906	.907	.907	.908
81	.908	.909	.910	.910	.911	.911	.912	.912	.913	.913
82	.914	.914	.915	.915	.916	.916	.917	.918	.918	.919
83	.919	.920	.920	.921	.921	.922	.922	.923	.923	.924
84	.924	.925	.925	.926	.926	.927	.927	.928	.928	.929
85	.929	.930	.930	.931	.931	.932	.932	.933	.933	.934
86	.934	.935	.936	.936	.937	.937	.938	.938	.939	.939
87	.940	.940	.941	.941	.942	.942	.943	.943	.943	.944
88	.944	.945	.945	.946	.946	.947	.947	.948	.948	.949
89	.949	.950	.950	.951	.951	.952	.952	.953	.953	.954
90	.954	.955	.955	.956	.956	.957	.957	.958	.958	.959
91	.959	.960	.960	.960	.961	.961	.962	.962	.963	.963
92	.964	.964	.965	.965	.966	.966	.967	.967	.968	.968
93	.968	.969	.969	.970	.970	.971	.971	.972	.972	.973
94	.973	.974	.974	.975	.975	.975	.976	.976	.977	.977
95	.978	.978	.979	.979	.980	.980	.980	.981	.981	.982
96	.982	.983	.983	.984	.984	.985	.985	.985	.986	.986
97	.987	.987	.988	.988	.989	.989	.989	.990	.990	.991
98	.991	.992	.992	.993	.993	.993	.994	.994	.995	.995
99	.996	.996	.997	.997	.997	.998	.998	.999	.999	.000
N.	L. o	1	2	3	4	5	6*	7	8	9

72. Dreistellige Logarithmentafel.

c) Logarithmen der trigonometrischen Funktionen.

	sin	tang	cotg	cos			sin	tang	cotg	cos	
	cos	cotg	tang	sin			cos	cotg	tang	sin	
0°0	—	—	—	0.000	90°0	10°0	9.240	9.246	0.754	9.993	80°0
0.2	7.543 ³⁰¹	7.543 ³⁰¹	2.457	0.000	89.8	10.2	9.248	9.255	0.745	9.993	79.8
4	7.844 ¹⁷⁶	7.844 ¹⁷⁶	2.156	0.000	6	4	9.257	9.264	0.736	9.993	6
6	8.020 ¹²⁵	8.020 ¹²⁵	1.980	0.000	4	6	9.265	9.272	0.728	9.993	4
8	8.145 ⁹⁷	8.145 ⁹⁷	1.855	0.000	89.2	10.8	9.273	9.280	0.720	9.992	79.2
1.0	8.242 ⁷⁹	8.242 ⁷⁹	1.758	0.000	89.0	11.0	9.281	9.289	0.711	9.992	79.0
1.2	8.321 ⁶⁷	8.321 ⁶⁷	1.679	0.000	88.8	11.2	9.288	9.297	0.703	9.992	78.8
4	8.388 ⁵⁸	8.388 ⁵⁸	1.612	0.000	6	4	9.296	9.305	0.695	9.991	6
6	8.446 ⁵¹	8.446 ⁵¹	1.554	0.000	4	6	9.303	9.312	0.688	9.991	4
8	8.497 ⁴⁶	8.497 ⁴⁶	1.503	0.000	88.2	11.8	9.311	9.320	0.680	9.991	78.2
2.0	8.543 ⁴¹	8.543 ⁴¹	1.457	0.000	88.0	12.0	9.318	9.327	0.673	9.990	78.0
2.2	8.584 ³⁸	8.585 ⁴²	1.415	0.000	87.8	12.2	9.325	9.335	0.665	9.990	77.8
4	8.622 ³⁷	8.622 ³⁷	1.378	0.000	6	4	9.332	9.342	0.658	9.990	6
6	8.657 ³⁵	8.657 ³⁵	1.343	0.000	4	6	9.339	9.349	0.651	9.989	4
8	8.689 ³²	8.689 ³²	1.311	0.999	87.2	12.8	9.345	9.356	0.644	9.989	77.2
3.0	8.719 ²⁸	8.719 ²⁸	1.281	0.999	87.0	13.0	9.352	9.363	0.637	9.989	77.0
3.2	8.747 ²⁶	8.747 ²⁷	1.253	0.999	86.8	13.2	9.359	9.370	0.630	9.988	76.8
4	8.773 ²⁵	8.774 ²⁵	1.226	0.999	6	4	9.365	9.377	0.623	9.988	6
6	8.798 ²³	8.799 ²³	1.201	0.999	4	6	9.371	9.384	0.616	9.988	4
8	8.821 ²³	8.822 ²³	1.178	0.999	86.2	13.8	9.378	9.390	0.610	9.987	76.2
4.0	8.844 ²¹	8.845 ²¹	1.155	0.999	86.0	14.0	9.384	9.397	0.603	9.987	76.0
4.2	8.865 ²⁰	8.866 ²¹	1.134	0.999	85.8	14.2	9.390	9.403	0.597	9.987	75.8
4	8.885 ¹⁹	8.886 ²⁰	1.114	0.999	6	4	9.396	9.410	0.590	9.986	6
6	8.904 ¹⁹	8.906 ²⁰	1.094	0.999	4	6	9.402	9.416	0.584	9.986	4
8	8.923 ¹⁷	8.924 ¹⁸	1.076	0.998	85.2	14.8	9.407	9.422	0.578	9.985	75.2
5.0	8.940 ¹⁷	8.942 ¹⁷	1.058	0.998	85.0	15.0	9.413	9.428	0.572	9.985	75.0
5.2	8.957 ¹⁷	8.959 ¹⁷	1.041	0.998	84.8	15.2	9.419	9.434	0.566	9.985	74.8
4	8.974 ¹⁵	8.976 ¹⁷	1.024	0.998	6	4	9.424	9.440	0.560	9.984	6
6	8.989 ¹⁵	8.991 ¹⁵	1.009	0.998	4	6	9.430	9.446	0.554	9.984	4
8	9.005 ¹⁴	9.007 ¹⁵	0.993	0.998	84.2	15.8	9.435	9.452	0.548	9.983	74.2
6.0	9.019 ¹⁴	9.022 ¹⁴	0.978	0.998	84.0	16.0	9.440	9.457	0.543	9.983	74.0
6.2	9.033 ¹⁴	9.036 ¹⁴	0.964	0.997	83.8	16.2	9.446	9.463	0.537	9.982	73.8
4	9.047 ¹³	9.050 ¹³	0.950	0.997	6	4	9.451	9.469	0.531	9.982	6
6	9.060 ¹³	9.063 ¹³	0.937	0.997	4	6	9.456	9.474	0.526	9.982	4
8	9.073 ¹³	9.076 ¹³	0.924	0.997	83.2	16.8	9.461	9.480	0.520	9.981	73.2
7.0	9.086 ¹²	9.089 ¹³	0.911	0.997	83.0	17.0	9.466	9.485	0.515	9.981	73.0
7.2	9.098 ¹²	9.102 ¹²	0.898	0.997	82.8	17.2	9.471	9.491	0.509	9.980	72.8
4	9.110 ¹²	9.114 ¹¹	0.886	0.996	6	4	9.476	9.496	0.504	9.980	6
6	9.121 ¹¹	9.125 ¹¹	0.875	0.996	4	6	9.481	9.501	0.499	9.979	4
7.8	9.133 ¹²	9.137 ¹²	0.863	0.996	82.2	17.8	9.485	9.507	0.493	9.979	72.2
8.0	9.144 ¹⁰	9.148 ¹¹	0.852	0.996	82.0	18.0	9.490	9.512	0.488	9.978	72.0
8.2	9.154 ¹¹	9.159 ¹⁰	0.841	0.996	81.8	18.2	9.495	9.517	0.483	9.978	71.8
4	9.165 ¹⁰	9.169 ¹⁰	0.831	0.995	6	4	9.499	9.522	0.478	9.977	6
6	9.175 ¹⁰	9.180 ¹¹	0.820	0.995	4	6	9.504	9.527	0.473	9.977	4
8.8	9.185 ⁹	9.190 ¹⁰	0.810	0.995	81.2	18.8	9.508	9.532	0.468	9.976	71.2
9.0	9.194 ¹⁰	9.200 ⁹	0.800	0.995	81.0	19.0	9.513	9.537	0.463	9.976	71.0
9.2	9.204 ⁹	9.209 ¹⁰	0.791	0.994	80.8	19.2	9.517	9.542	0.458	9.975	70.8
4	9.213 ⁹	9.219 ¹⁰	0.781	0.994	6	4	9.521	9.547	0.453	9.975	6
6	9.222 ⁹	9.228 ⁹	0.772	0.994	4	6	9.526	9.552	0.448	9.974	4
9.8	9.231 ⁹	9.237 ⁹	0.763	0.994	80.2	19.8	9.530	9.556	0.444	9.974	70.2
10.0	9.240	9.246	0.754	0.993	80.0	20.0	9.534	9.561	0.439	9.973	70.0
	cos	cotg	tang	sin			cos	cotg	tang	sin	

72. Dreistellige Logarithmentafel.

225

c) Logarithmen der trigonometrischen Funktionen (Fortsetzung).

	sin	tang	cotg	cos		sin	tang	cotg	cos		
20°0	9.534	9.561	0.439	9.973	70°0	30°0	9.699	9.761	0.239	9.938	60°0
20.2	9.538	9.566	0.434	9.972	69.8	30.2	9.702	9.765	0.235	9.937	59.8
4	9.542	9.570	0.430	9.972	6	4	9.704	9.768	0.232	9.936	6
6	9.546	9.575	0.425	9.971	4	6	9.707	9.772	0.228	9.935	4
20.8	9.550	9.580	0.420	9.971	69.2	30.8	9.709	9.775	0.225	9.934	59.2
21°0	9.554	9.584	0.416	9.970	69°0	31°0	9.712	9.779	0.221	9.933	59.0
21.2	9.558	9.589	0.411	9.970	68.8	31.2	9.714	9.782	0.218	9.932	58.8
4	9.562	9.593	0.407	9.969	6	4	9.717	9.786	0.214	9.931	6
6	9.566	9.598	0.402	9.968	4	6	9.719	9.789	0.211	9.930	4
21.8	9.570	9.602	0.398	9.968	68.2	31.8	9.722	9.792	0.208	9.929	58.2
22°0	9.574	9.606	0.394	9.967	68°0	32°0	9.724	9.796	0.204	9.928	58.0
22.2	9.577	9.611	0.389	9.967	67.8	32.2	9.727	9.799	0.201	9.927	57.8
4	9.581	9.615	0.385	9.966	6	4	9.729	9.803	0.197	9.927	6
6	9.585	9.619	0.381	9.965	4	6	9.731	9.806	0.194	9.926	4
22.8	9.588	9.624	0.376	9.965	67.2	32.8	9.734	9.809	0.191	9.925	57.2
23°0	9.592	9.628	0.372	9.964	67°0	33°0	9.736	9.813	0.187	9.924	57.0
23.2	9.595	9.632	0.368	9.963	66.8	33.2	9.738	9.816	0.184	9.923	56.8
4	9.599	9.636	0.364	9.963	6	4	9.741	9.819	0.181	9.922	6
6	9.602	9.640	0.360	9.962	4	6	9.743	9.822	0.178	9.921	4
23.8	9.606	9.644	0.356	9.961	66.2	33.8	9.745	9.826	0.174	9.920	56.2
24°0	9.609	9.649	0.351	9.961	66°0	34°0	9.748	9.829	0.171	9.919	56.0
24.2	9.613	9.653	0.347	9.960	65.8	34.2	9.750	9.832	0.168	9.918	55.8
4	9.616	9.657	0.343	9.959	6	4	9.752	9.836	0.164	9.917	6
6	9.619	9.661	0.339	9.959	4	6	9.754	9.839	0.161	9.915	4
24.8	9.623	9.665	0.335	9.958	65.2	34.8	9.756	9.842	0.158	9.914	55.2
25°0	9.626	9.669	0.331	9.957	65°0	35°0	9.759	9.845	0.155	9.913	55.0
25.2	9.629	9.673	0.327	9.957	64.8	35.2	9.761	9.848	0.152	9.912	54.8
4	9.632	9.677	0.323	9.956	6	4	9.763	9.852	0.148	9.911	6
6	9.636	9.680	0.320	9.955	4	6	9.765	9.855	0.145	9.910	4
25.8	9.639	9.684	0.316	9.954	64.2	35.8	9.767	9.858	0.142	9.909	54.2
26°0	9.642	9.688	0.312	9.954	64°0	36°0	9.769	9.861	0.139	9.908	54.0
26.2	9.645	9.692	0.308	9.953	63.8	36.2	9.771	9.864	0.136	9.907	53.8
4	9.648	9.696	0.304	9.952	6	4	9.773	9.868	0.132	9.906	6
6	9.651	9.700	0.300	9.951	4	6	9.775	9.871	0.129	9.905	4
26.8	9.654	9.703	0.297	9.951	63.2	36.8	9.777	9.874	0.126	9.903	53.2
27°0	9.657	9.707	0.293	9.950	63°0	37°0	9.779	9.877	0.123	9.902	53.0
27.2	9.660	9.711	0.289	9.949	62.8	37.2	9.781	9.880	0.120	9.901	52.8
4	9.663	9.715	0.285	9.948	6	4	9.783	9.883	0.117	9.900	6
6	9.666	9.718	0.282	9.948	4	6	9.785	9.887	0.113	9.899	4
27.8	9.669	9.722	0.278	9.947	62.2	37.8	9.787	9.890	0.110	9.898	52.2
28°0	9.672	9.726	0.274	9.946	62°0	38°0	9.789	9.893	0.107	9.897	52.0
28.2	9.674	9.729	0.271	9.945	61.8	38.2	9.791	9.896	0.104	9.895	51.8
4	9.677	9.733	0.267	9.944	6	4	9.793	9.899	0.101	9.894	6
6	9.680	9.737	0.263	9.943	4	6	9.795	9.902	0.098	9.893	4
28.8	9.683	9.740	0.260	9.943	61.2	38.8	9.797	9.905	0.095	9.892	51.2
29°0	9.686	9.744	0.256	9.942	61°0	39°0	9.799	9.908	0.092	9.891	51.0
29.2	9.688	9.747	0.253	9.941	60.8	39.2	9.801	9.911	0.089	9.889	50.8
4	9.691	9.751	0.249	9.940	6	4	9.803	9.915	0.085	9.888	6
6	9.694	9.754	0.246	9.939	4	6	9.804	9.918	0.082	9.887	4
29.8	9.696	9.758	0.242	9.938	60.2	39.8	9.806	9.921	0.079	9.886	50.2
30°0	9.699	9.761	0.239	9.938	60°0	40°0	9.808	9.924	0.076	9.884	50.0
	cos	cotg	tang	sin			cos	cotg	tang	sin	

72. Dreistellige Logarithmentafel.

c) Logarithmen der trigonometrischen Funktionen (Schluß).

	sin	tang	cotg	cos	
40°0	9.808	9.924	0.076	9.884	50°0
40.2	9.810	9.927	0.073	9.883	49.8
4	9.812	9.930	0.070	9.882	6
6	9.813	9.933	0.067	9.880	4
40.8	9.815	9.936	0.064	9.879	49.2
41.0	9.817	9.939	0.061	9.878	49.0
41.2	9.819	9.942	0.058	9.876	48.8
4	9.820	9.945	0.055	9.875	6
6	9.822	9.948	0.052	9.874	4
41.8	9.824	9.951	0.049	9.872	48.2
42.0	9.826	9.954	0.046	9.871	48.0
42.2	9.827	9.957	0.043	9.870	47.8
4	9.829	9.961	0.039	9.868	6
6	9.831	9.964	0.036	9.867	4
42.8	9.832	9.967	0.033	9.866	47.2
43.0	9.834	9.970	0.030	9.864	47.0
43.2	9.835	9.973	0.027	9.863	46.8
4	9.837	9.976	0.024	9.861	6
6	9.839	9.979	0.021	9.860	4
43.8	9.840	9.982	0.018	9.858	46.2
44.0	9.842	9.985	0.015	9.857	46.0
44.2	9.843	9.988	0.012	9.855	45.8
4	9.845	9.991	0.009	9.854	6
6	9.846	9.994	0.006	9.852	4
44.8	9.848	9.997	0.003	9.851	45.2
45.0	9.849	0.000	0.000	9.849	45.0
	cos	cotg	tang	sin	

72. Dreistellige Logarithmentafel.

d) Logarithmen der trigonometrischen Funktionen der in Zeit ausgedrückten Winkel.

0^h	sin	tang	cotg	cos	5^h	0^h	sin	tang	cotg	cos	5^h
0 ^m	—	—	—	0.000	60 ^m	30 ^m	9.116	9.119	0.881	9.996	30 ^m
1	7.640 ³⁰¹	7.640 ³⁰¹	2.360	0.000	59	31	9.130 ¹⁴	9.134 ¹⁵	0.866	9.996	29
2	7.941 ¹⁷⁶	7.941 ¹⁷⁶	2.059	0.000	58	32	9.144 ¹⁴	9.148 ¹⁴	0.852	9.996	28
3	8.117 ¹⁷⁶	8.117 ¹⁷⁶	1.883	0.000	57	33	9.157 ¹³	9.161 ¹³	0.839	9.995	27
4	8.242 ¹²⁵	8.242 ¹²⁵	1.758	0.000	56	34	9.170 ¹³	9.174 ¹³	0.826	9.995	26
	97	97					12	13			
5	8.339	8.339	1.661	0.000	55	35	9.182	9.187	0.813	9.995	25
6	8.418 ⁷⁹	8.418 ⁷⁹	1.582	0.000	54	36	9.194 ¹²	9.200 ¹³	0.800	9.995	24
7	8.485 ⁶⁷	8.485 ⁶⁷	1.515	0.000	53	37	9.206 ¹²	9.212 ¹²	0.788	9.994	23
8	8.543 ⁵⁸	8.543 ⁵⁸	1.457	0.000	52	38	9.218 ¹²	9.224 ¹²	0.776	9.994	22
9	8.594 ⁵¹	8.594 ⁵¹	1.406	0.000	51	39	9.229 ¹¹	9.235 ¹¹	0.765	9.994	21
	46	46					11	11			
10	8.640	8.640	1.360	0.000	50	40	9.240	9.246	0.754	9.993	20
11	8.681 ⁴¹	8.682 ⁴²	1.318	9.999	49	41	9.250 ¹⁰	9.257 ¹¹	0.743	9.993	19
12	8.719 ³⁸	8.719 ³⁷	1.281	9.999	48	42	9.261 ¹¹	9.268 ¹¹	0.732	9.993	18
13	8.754 ³⁵	8.754 ³⁵	1.246	9.999	47	43	9.271 ¹⁰	9.278 ¹⁰	0.722	9.992	17
14	8.786 ³²	8.786 ³²	1.214	9.999	46	44	9.281 ¹⁰	9.289 ¹¹	0.711	9.992	16
	30	31					9	10			
15	8.816	8.817 ²⁸	1.183	9.999	45	45	9.290	9.299	0.701	9.992	15
16	8.844	8.845 ²⁶	1.155	9.999	44	46	9.300 ¹⁰	9.308 ⁹	0.692	9.991	14
17	8.870	8.871 ²⁶	1.129	9.999	43	47	9.309 ⁹	9.318 ¹⁰	0.682	9.991	13
18	8.895 ²⁵	8.896 ²⁵	1.104	9.999	42	48	9.318 ⁹	9.327 ⁹	0.673	9.990	12
19	8.918 ²³	8.920 ²⁴	1.080	9.999	41	49	9.327 ⁹	9.337 ¹⁰	0.663	9.990	11
	22	22					8	9			
20	8.940	8.942 ²¹	1.058	9.998	40	50	9.335	9.346	0.654	9.990	10
21	8.961 ²¹	8.963 ²¹	1.037	9.998	39	51	9.344 ⁸	9.355 ⁹	0.645	9.989	9
22	8.982 ²¹	8.984 ²¹	1.016	9.998	38	52	9.352 ⁸	9.363 ⁹	0.637	9.989	8
23	9.001 ¹⁹	9.003 ¹⁹	0.997	9.998	37	53	9.360 ⁸	9.372 ⁹	0.628	9.988	7
24	9.019	9.022 ¹⁹	0.978	9.998	36	54	9.368 ⁸	9.380 ⁹	0.620	9.988	6
	18	17					8	9			
25	9.037	9.039 ¹⁸	0.961	9.997	35	55	9.376 ⁸	9.389 ⁸	0.611	9.987	5
26	9.054 ¹⁷	9.057 ¹⁶	0.943	9.997	34	56	9.384 ⁷	9.397 ⁸	0.603	9.987	4
27	9.070	9.073 ¹⁶	0.927	9.997	33	57	9.391 ⁸	9.405 ⁸	0.595	9.986	3
28	9.086 ¹⁶	9.089 ¹⁶	0.911	9.997	32	58	9.399 ⁷	9.413 ⁷	0.587	9.986	2
29	9.101 ¹⁵	9.105 ¹⁶	0.895	9.997	31	59	9.406 ⁷	9.420 ⁸	0.580	9.985	1
30	9.116 ¹⁵	9.119 ¹⁴	0.881	9.996	30	60	9.413 ⁷	9.428 ⁸	0.572	9.985	0

0^h	cos	cotg	tang	sin	5^h	0^h	cos	cotg	tang	sin	5^h
----------------------	-----	------	------	-----	----------------------	----------------------	-----	------	------	-----	----------------------

72. Dreistellige Logarithmentafel.

d) Logarithmen der trigonometrischen Funktionen der in Zeit ausgedrückten Winkel (Fortsetzung).

I^h	sin	tang	cotg	cos	4^h	I^h	sin	tang	cotg	cos	4^h
0 ^m	9.413	9.428	0.572	9.985	60 ^m	30 ^m	9.583	9.617	0.383	9.966	30 ^m
1	9.420	9.436	0.564	9.984	59	31	9.587	9.623	0.377	9.965	29
2	9.427	9.443	0.557	9.984	58	32	9.592	9.628	0.372	9.964	28
3	9.434	9.450	0.550	9.983	57	33	9.596	9.633	0.367	9.963	27
4	9.440	9.457	0.543	9.983	56	34	9.601	9.638	0.362	9.962	26
		8					4	5			
5	9.447	9.465	0.535	9.982	55	35	9.605	9.643	0.357	9.962	25
6	9.453	9.472	0.528	9.982	54	36	9.609	9.649	0.351	9.961	24
7	9.460	9.479	0.521	9.981	53	37	9.614	9.654	0.346	9.960	23
8	9.466	9.485	0.515	9.981	52	38	9.618	9.659	0.341	9.959	22
9	9.472	9.492	0.508	9.980	51	39	9.622	9.664	0.336	9.958	21
		6	7				4	5			
10	9.478	9.499	0.501	9.979	50	40	9.626	9.669	0.331	9.957	20
11	9.484	9.505	0.495	9.979	49	41	9.630	9.674	0.326	9.956	19
12	9.490	9.512	0.488	9.978	48	42	9.634	9.678	0.322	9.955	18
13	9.496	9.518	0.482	9.978	47	43	9.638	9.683	0.317	9.955	17
14	9.501	9.525	0.475	9.977	46	44	9.642	9.688	0.312	9.954	16
		6	6				4	5			
15	9.507	9.531	0.469	9.976	45	45	9.646	9.693	0.307	9.953	15
16	9.513	9.537	0.463	9.976	44	46	9.650	9.698	0.302	9.952	14
17	9.518	9.543	0.457	9.975	43	47	9.653	9.702	0.298	9.951	13
18	9.523	9.549	0.451	9.974	42	48	9.657	9.707	0.293	9.950	12
19	9.529	9.555	0.445	9.974	41	49	9.661	9.712	0.288	9.949	11
		5	6				3	4			
20	9.534	9.561	0.439	9.973	40	50	9.664	9.716	0.284	9.948	10
21	9.539	9.567	0.433	9.972	39	51	9.668	9.721	0.279	9.947	9
22	9.544	9.573	0.427	9.972	38	52	9.672	9.726	0.274	9.946	8
23	9.549	9.578	0.422	9.971	37	53	9.675	9.730	0.270	9.945	7
24	9.554	9.584	0.416	9.970	36	54	9.679	9.735	0.265	9.944	6
		5	6				3	4			
25	9.559	9.590	0.410	9.969	35	55	9.682	9.739	0.261	9.943	5
26	9.564	9.595	0.405	9.969	34	56	9.686	9.744	0.256	9.942	4
27	9.569	9.601	0.399	9.968	33	57	9.689	9.748	0.252	9.941	3
28	9.574	9.606	0.394	9.967	32	58	9.692	9.753	0.247	9.940	2
29	9.578	9.612	0.388	9.966	31	59	9.696	9.757	0.243	9.939	1
30	9.583	9.617	0.383	9.966	30	60	9.699	9.761	0.239	9.938	0
I^h	cos	cotg	tang	sin	4^h	I^h	cos	cotg	tang	sin	4^h

72. Dreistellige Logarithmentafel.

d) Logarithmen der trigonometrischen Funktionen der in Zeit ausgedrückten Winkel (Schluß).

2^h	sin	tang	cotg	cos	3^h	2^h	sin	tang	cotg	cos	3^h				
0 ^m	9.699	9.761	0.239	9.938	60 ^m	30 ^m	9.784	9.885	0.115	9.899	30 ^m				
I	9.702	3	9.766	5	0.234	9.936	59	31	9.787	3	9.889	4	0.111	9.898	29
2	9.705	3	9.770	4	0.230	9.935	58	32	9.789	2	9.893	4	0.107	9.897	28
3	9.709	4	9.774	4	0.226	9.934	57	33	9.792	3	9.897	4	0.103	9.895	27
4	9.712	3	9.779	5	0.221	9.933	56	34	9.794	2	9.901	4	0.099	9.894	26
		3	4						3	3		4			
5	9.715		9.783	0.217	9.932	55	35	9.797		9.904	0.096	9.892	25		
6	9.718	3	9.787	4	0.213	9.931	54	36	9.799	2	9.908	4	0.092	9.891	24
7	9.721	3	9.792	5	0.208	9.930	53	37	9.801	2	9.912	4	0.088	9.889	23
8	9.724	3	9.796	4	0.204	9.928	52	38	9.804	3	9.916	4	0.084	9.887	22
9	9.727	3	9.800	4	0.200	9.927	51	39	9.806	2	9.920	4	0.080	9.886	21
		3	4						2	2	4				
10	9.730		9.804	0.196	9.926	50	40	9.808		9.924	0.076	9.884	20		
11	9.733	3	9.808	4	0.192	9.925	49	41	9.810	2	9.928	4	0.072	9.883	19
12	9.736	3	9.813	5	0.187	9.924	48	42	9.813	3	9.931	3	0.069	9.881	18
13	9.739	3	9.817	4	0.183	9.922	47	43	9.815	2	9.935	4	0.065	9.879	17
14	9.742	3	9.821	4	0.179	9.921	46	44	9.817	2	9.939	4	0.061	9.878	16
		3	4						2	2	4				
15	9.745		9.825	0.175	9.920	45	45	9.819		9.943	0.057	9.876	15		
16	9.748	3	9.829	4	0.171	9.919	44	46	9.821	2	9.947	4	0.053	9.874	14
17	9.750	2	9.833	4	0.167	9.917	43	47	9.823	2	9.951	4	0.049	9.873	13
18	9.753	3	9.837	4	0.163	9.916	42	48	9.826	3	9.954	3	0.046	9.871	12
19	9.756	3	9.841	4	0.159	9.915	41	49	9.828	2	9.958	4	0.042	9.869	11
		3	4						2	2	4				
20	9.759	2	9.845	0.155	9.913	40	50	9.830		9.962	0.038	9.868	10		
21	9.761	2	9.849	4	0.151	9.912	39	51	9.832	2	9.966	4	0.034	9.866	9
22	9.764	3	9.853	4	0.147	9.911	38	52	9.834	2	9.970	4	0.030	9.864	8
23	9.767	3	9.857	4	0.143	9.909	37	53	9.836	2	9.973	3	0.027	9.862	7
24	9.769	2	9.861	4	0.139	9.908	36	54	9.838	2	9.977	4	0.023	9.861	6
		3	4						2	2	4				
25	9.772	2	9.865	0.135	9.907	35	55	9.840		9.981	0.019	9.859	5		
26	9.774	2	9.869	4	0.131	9.905	34	56	9.842	2	9.985	4	0.015	9.857	4
27	9.777	3	9.873	4	0.127	9.904	33	57	9.844	2	9.989	4	0.011	9.855	3
28	9.779	2	9.877	4	0.123	9.902	32	58	9.846	2	9.992	3	0.008	9.853	2
29	9.782	3	9.881	4	0.119	9.901	31	59	9.848	2	9.996	4	0.004	9.851	1
30	9.784		9.885	4	0.115	9.899	30	60	9.849	1	0.000	4	0.000	9.849	0
2^h	cos	cotg	tang	sin	3^h	2^h	cos	cotg	tang	sin	3^h				

73. Phasenwinkel.

Der Phasenwinkel spielt eine wichtige Rolle bei photometrischen Untersuchungen und Beobachtungen der Planeten, sei es ihres Gesamtlichtes, sei es ihrer Oberflächenelemente. In dem ebenen Dreieck Sonne – Planet – Erde nennt man den Winkel am Planeten den Phasenwinkel α , den man kaum je genauer als auf $\pm 0^{\circ}2$ zu kennen braucht. Zu seiner bequemen Berechnung sind die kurzen Tafeln 73 entworfen, deren vorteilhafte Benutzung den Gebrauch des Rechenschiebers voraussetzt. Sie reichen hin zur Ableitung des Phasenwinkels α für alle oberen Planeten.

Folgende Formel liegt zugrunde. Sei
 r der Radiusvektor des Planeten, d. h. sein Abstand von der Sonne,
 A die Entfernung Planet – Erde,
 R der Radiusvektor der Erde, d. h. die Strecke Sonne – Erde
(Taf. 73 a),

so hat man

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{r - A}{R}\right)^2}}{\sqrt{r \cdot A}} \cdot R$$

Nun tabuliert man die Größe

$$E = \frac{1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{r - A}{R}\right)^2}$$

mit dem vom Rechenschieber leicht gelieferten Argument $\frac{r - A}{R}$
(Taf. 73 b), bildet, wiederum am Rechenschieber, $\sqrt{r \cdot A}$ und gewinnt durch eine weitere Einstellung des Schiebers den Wert

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{E}{\sqrt{r \cdot A}} \cdot R,$$

mit dem man dem Täfelchen 73 c den gesuchten Winkel α entnimmt.

Beispiel. Juli 18.

r	2.133	$\frac{r - A}{R}$	0.707	$\sin \frac{\alpha}{2}$	0.207
A	1.415	E	0.354	α	$23^{\circ}9$
R	1.016	$\sqrt{r \cdot A}$	1.738		

73. Phasenwinkel.

a) Radiusvektor R
der Erde.

b) $E = \frac{1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{r - A}{R} \right)^2}$

c) Sinus des
halben Winkels.

Tag	R
Jan. I	0.983 I
II	984 0
21	984 0
31	985 I
Febr. 10	987 2
	2
20	0.989 2
März 2	991 3
12	994 3
22	0.997 3
April 1	1.000 3
	2
II	1.002 3
21	005 3
Mai I	008 3
II	010 2
21	012 2
	2
31	1.014 I
Juni 10	015 I
20	016 I
30	017 I
Juli 10	017 0
	1
20	1.016 I
30	015 I
Aug. 9	014 2
19	012 2
29	010 2
	3
Sept. 8	1.007 2
18	005 2
28	1.002 3
Okt. 8	0.999 3
18	996 3
	3
28	0.993 2
Nov. 7	991 2
17	988 3
27	987 I
Dez. 7	985 2
	I
17	0.984 I
27	983 0
37	983 0

$\frac{r - A}{R}$	E	$\frac{r - A}{R}$	E
0.00	0.500 0	0.80	0.300 7
02	500 0	81	293 7
04	500 1	82	286 7
06	499 1	83	279 7
08	498 1	84	271 8
	I		8
0.10	0.497 1	0.85	0.263 8
12	496 1	86	255 8
14	495 1	87	247 8
16	494 2	88	238 9
18	492 2	89	228 10
	2		10
0.20	0.490 2	0.90	0.218 11
22	488 2	91	207 11
24	485 3	92	196 12
26	483 2	93	184 13
28	480 3	94	171 13
	3		15
0.30	0.477 3	0.950	0.156 8
32	474 3	955	148 8
34	470 4	960	140 8
36	466 4	965	131 9
38	462 4	970	122 9
	4	975	111 11
0.40	0.458 4		11
42	454 4	0.980	0.100 6
44	449 5	982	094 5
46	444 5	984	089 6
48	439 5	986	083 6
	6	988	077
0.50	0.433 6		7
52	427 6	0.990	0.070 3
54	421 7	991	067 3
56	414 7	992	063 4
58	407 7	993	059 4
	7	994	055 4
0.60	0.400 8		5
62	392 8	0.995	0.050 5
64	384 8	996	045 6
66	376 9	997	039 6
68	367 9	998	032 7
	10	999	022 10
0.70	0.357 10		22
72	347 11	1.000	0.000
74	336 11		
76	325 12		
78	313 12		
	13		
0.80	0.300		

$\sin \frac{1}{2} \alpha$	α
0.00	0°0 11
01	1.1 12
02	2.3 12
03	3.4 12
04	4.6 12
	.
0.05	5.7
06	6.9 12
07	8.0 12
08	9.2 11
09	10.3 12
	12
0.10	11.5 11
11	12.6 11
12	13.8 11
13	14.9 12
14	16.1 12
	12
0.15	17.3 11
16	18.4 12
17	19.6 11
18	20.7 12
19	21.9 12
	12
0.20	23.1 11
21	24.2 12
22	25.4 12
23	26.6 12
24	27.8 12
	12
0.25	29.0 11
26	30.1 12
27	31.3 12
28	32.5 12
29	33.7 12
	12
0.30	34.9 12
31	36.1 12
32	37.3 12
33	38.5 13
34	39.8 13
	12
0.35	41.0 12
36	42.2 12
37	43.4 13
38	44.7 12
39	45.9 13
	13
0.40	47.2

$$\sin \frac{1}{2} \alpha = \frac{E}{\sqrt{r \cdot A}} \cdot R$$

74. Wahrscheinlichkeitsintegral.

Das Wahrscheinlichkeitsintegral

$$\Theta(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t e^{-t^2} dt$$

besitzt eine große Bedeutung in Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung und in der Physik, z. B. in Refraktions- und Wärmetheorie. Das Integral $O(t)$ ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein positiver oder negativer Fehler zwischen die absoluten Grenzen σ und t fällt. Bei physikalischen Untersuchungen bleibt der konstante Faktor $\frac{2}{\sqrt{\pi}} = 1.128\,379 [0.052\,455]$ meist fort.

Die Tafel des Integrals $\Theta(t)$ wird hier mit dem Argument t auf 3 Stellen genau derart gegeben, daß sie für alle statistischen Zwecke ausreichend und bequem ist.

$$\Theta(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^t e^{-t^2} dt$$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,000	0,011	0,023	0,034	0,045	0,056	0,068	0,079	0,090	0,101
0,1	112	124	135	146	157	168	179	190	201	212
0,2	223	234	244	255	266	276	287	297	308	318
0,3	329	339	349	359	369	379	389	399	409	419
0,4	428	438	447	457	466	475	485	494	503	512
0,5	0,520	0,529	0,538	0,546	0,555	0,563	0,572	0,580	0,588	0,596
0,6	604	612	619	627	635	642	649	657	664	671
0,7	678	685	691	698	705	711	718	724	730	736
0,8	742	748	754	760	765	771	776	781	787	792
0,9	797	802	807	812	816	821	825	830	834	839
1,0	0,843	0,847	0,851	0,855	0,859	0,862	0,866	0,870	0,873	0,877
1,1	880	884	887	890	893	896	899	902	905	908
1,2	910	913	916	918	921	923	925	928	930	932
1,3	934	936	938	940	942	944	946	947	949	951
1,4	952	954	955	957	958	960	961	962	964	965
1,5	0,966	0,967	0,968	0,970	0,971	0,972	0,973	0,974	0,975	0,975
1,6	976	977	978	979	980	980	981	982	982	983
1,7	984	984	985	986	986	987	987	988	988	989
1,8	989	990	990	990	991	991	991	992	992	992
1,9	993	993	993	994	994	994	994	995	995	995
2,0	0,995	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,997	0,997	0,997
2,1	997	997	997	997	998	998	998	998	998	998
2,2	998	998	998	998	998	999	999	999	999	999
2,3	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2,4	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2,5	0,999 59		3,0	0,999 978						
2,6	999 76		3,1	999 988						
2,7	999 87		3,2	999 994						
2,8	999 92		3,3	999 997						
2,9	999 96		3,4	999 998						
3,0	0,999 978		3,5	0,999 999						
			3,6	1,000 000						

Alphabetisches Register.

Angegeben sind die Seitenzahlen.

- Aberration in Distanz 27, 150.
Aberration in Positionswinkel 27, 149.
Aberrationskonstante 55.
Abplattung der Erde 28, 34.
Abplattung der Erde, Verbesserung einer
Monddistanz wegen — 16, 131.
Additions- und Subtraktionslogarithmen
221.
Anomalie, exzentrische, in der Ellipse 44,
209.
Anomalie, wahre, in der Ellipse 209.
Anomalie, wahre, in der Parabel für
große Anomalien 40, 41, 177.
Anomalie, wahre, in parabelnahen Bahnen
42, 178.
Anomalie, wahre, in der parabolischen
Bewegung 40, 174.
Apheldistanz 212.
Äquatorkonstanten, Gaußsche 210.
Äquatorradius der Erde 28, 55.
Astronomische Konstanten 55, 196.
Auf- und Untergang, Refraktion bei — 5.
Ausdehnungskoeffizient der Luft 35.
Ausdehnungskoeffizienten, lineare 35, 162.
Ausgleichsrechnung 56, 198.
Azimut aus Distanzmessung 200.
Azimut für ein beliebiges Gestirn (Zeit-
azimut) 11, 115.
Azimut des Polarsterns 10, 111, 113.
Azimut, Sphäroidische Übertragung in —
29, 30, 154.
Azimutberechnung 200.

Bahnlage, Umwandlung der — 211.
Bahnverbesserung für große Exzentrizi-
täten (Th. v. Oppolzer) 51.
Barkersche Tafel 40.
Barometerskalen, Verwandlung der — 86.
Barometrische Höhenmessung 35, 163.
Barometrische Höhenmessung, logarith-
mische Rechnung 38, 169.
Barometrische Höhenmessung, Näherungs-
formel 37, 168.
Barometrische Höhenmessung, verschie-
dene Konstanten der Laplaceschen
Formel 35, 38.
Beobachtungsfehler, Theorie der — 55, 197.

Besselsche Refraktion 6, 90; genäherte
Formel 15.
Bessels Interpolationsformel 53, 193.
Bogenmaß in Zeitmaß 75.
Breite aus Polariszenitdistanzen 9, 107.
Breite, Sphäroidische Übertragung in —
29, 30, 154.
Breitenbestimmung 199.

Deklination der Sonne 65.
Dezimalteile des Tages 79.
Differenzialquotienten für große Exzenti-
ritäten (Th. v. Oppolzer) 51, 191.
Differenzialquotienten in der Parabel 49,
188.
Differentielle Präzession in Positionswinkel
26, 146.
Differentielle Präzession in Rektaszension
und Deklination 26, 139.
Distanz, Aberration in — 27, 150.
Distanz, Berechnung der scheinbaren —
zweier Gestirne aus AR und Decl. 20.
Distanz naher Sterne 24, 135.
Distanz, Refraktion in — 7, 15.

Elementenkorrekturen, Übergang auf die
— 50.
Elfords Methode (Monddistanzen) 14.
Ellipsoidische Erdfigur 28, 152.
Enckes f-Tafel 48, 187.
Erde, Abplattung 28, 34.
Erde, Äquatorradius 28, 55.
Erde, Dimensionen 34, 160.
Erde, Radiusvektor der Bahn 231.
Erdfigur, ellipsoidische 28, 152.
Erdoberfläche, Flächenwert 160.
Erdoberfläche, Formel 34.
Erdquadrant, Formel 34.
Erdquadrant, Länge 160.
Erdradius 152.
Erdadius, Verbesserung wegen Seehöhe
28.
Erster Vertikal, Stundenwinkel und Zenit-
distanz 5, 82, 84.
Eulersche Gleichung 45, 183.
Extinktion 61, 218.

- Exzentrische Anomalie für $e < 0.25$ 44,
182.
Exzentrische Anomalie für $e < 0.6$ 44,
182.
Exzentrizitätswinkel der Erdbahn 55.
- f**-Tafel, Enckes 48, 187.
Fehleranzahl 58.
Fehlerrechnung 55, 197.
Fehlerverteilung 58.
Feuchtigkeit bei barometrischer Höhen-
messung 36, 164.
- Gaußsche** Äquatorkonstanten 210.
Gaußsche Fehlerverteilung 58.
Gaußsche Tafel der wahren Anomalie
in der Parabel 40.
Geodätische Linie 31.
Geozentrische Breite 28, 152.
Geozentrischer Ort 210.
Geozentrische Zeit 62, 220.
Grade und Minuten, Verwandlung in Se-
kunden 89.
Greenwichzeit aus Monddistanzen 20.
Größenklassen, photometrische 61, 219.
Große Planeten, Massen 49.
Große Planeten, Störungsfaktoren 49.
- Halbe Tagbogen 80.
Heliocentrische Koordinaten 210, 212.
Heliocentrischer Ort 212.
Heliocentrische Zeit 62, 220.
Höhe, Berechnung der scheinbaren — aus
 φ, δ, t 18, 199.
Höhenazimut 200.
Höhenformel 18, 199.
Höhenmessung, barometrische 35, 163.
Höhenparallaxe des Mondes 127.
Höhenparallaxe der Planeten 106.
Höhenparallaxe, Verbesserung der — des
Mondes 19.
Höhenparallaxe der Sonne 106.
Horizontalparallaxe des Mondes, Korrek-
tion der — 14.
- Jahresanfang, Verbesserung wegen —
3, 74.
Immerwährende Sonnenephemeride 3, 65.
Intensitäten, photometrische 61, 219.
Interpolation 53.
Interpolation in die Mitte 54.
Interpolation nach Bessel 53, 193.
Interpolation nach Newton 53, 194.
Interpolationsfaktoren für Minutenteilung
33, 158.
Julianische Periode 39, 172.
Julianisches Jahr 196.
- Keplersche** Gleichung, Auflösung der
— 44, 182.
Kimmtiefe 7, 99.
- Kimmtiefe, Verbesserung wegen Tempe-
ratur 8, 99.
Konstanten, astronomische 55, 196.
Konstanten der barometrischen Höhen-
messung 35, 38.
Konstanten, mathematische 196.
Koordinaten, Verwandlung der — 209.
- Länge, Berechnung aus Monddistanzen 20.
Länge, scheinbare, der Sonne 62, 220.
Länge, sphäroidische Übertragung in —
29, 30, 154.
Längenbestimmung 204.
Placesche Formel der barometri-
schen Höhenmessung 35.
Lichtgeschwindigkeit 55, 196.
Lichtjahr 196.
Logarithmen, dreistellige 221, 222.
Logarithmentafeln, empfehlenswerte V.
Luft, Ausdehnungskoeffizient 35.
Luftdruck und Siedetemperatur des Was-
sers 39.
- M**-Tafel 8, 100.
Massen der großen Planeten 49.
Maßvergleichungen 34, 162.
Mathematische Konstanten 196.
Meridian, Reduktion in Zenitdistanz auf
den — 8, 100.
Meridianbogen vom Äquator bis zur Breite
 φ 33, 157.
Meridianquadrant der Erde, Formel 34.
Methode der kleinsten Quadrate 55, 197,
198.
- Mittlere Refraktion 90.
Mittlere Zeit in Sternzeit 77.
Mond, Höhenparallaxe 127.
Mond, Verbesserung der Höhenparallaxe
18, 19.
Monddeklination, Reduktion auf den Nor-
malpunkt 18.
Monddistanz 13.
Monddistanz, Ableitung der Greenwichzeit
für eine — 19, 20.
Monddistanz, Ableitung der scheinbaren
— 19.
Monddistanz, Einstellung eines Mondkraters
21.
Monddistanz, IV. Korrektion 15, 128.
Monddistanz, V. Korrektion 16, 130.
Monddistanz, VI. Korrektion (Verbesserung
wegen Erdfigur) 16, 131.
Monddistanz, VII. Korrektion (Verbesse-
rung wegen Sonnenparallaxe) 16, 132.
Monddistanz, Fehlereinflüsse 21.
Monddistanz, genäherte Reduktion 21, 133.
Monddistanz, Genauigkeit 13.
Monddistanz, Reduktion auf den Erdmittel-
punkt 19.
Monddistanz, Reduktion einer — 17.
Monddistanz, Verbesserung wegen Ab-
plattung 16, 131.

- M**onddistanz, Verbesserung wegen Ge-
 stirnparallaxe 16, 132.
Mondparallaxe, Reduktion der — 121.
Mondradius, parallaktische Vergrößerung
 14, 120.
G. Müllers Extinktion 61, 218.

Tafel 8, 100.
Newtons Interpolationsformel 53, 194.
**N
**Normalzeiten der wichtigeren Länder 161.

Oberfläche der Erde 34, 160.
Oppolzersche Hilfsgrößen 51, 191.
Ortsbestimmung, Formeln 199.

Parabel, wahre Anomalie in der — 40,
 174, 177.
Parallaktische Faktoren 33, 159.
Parallaktische Glieder in Monddistanz 15,
 16, 128, 130.
Parallaktischer Winkel am Gestirn (For-
 meln) 13, 14, 115.
Parallaxe in Rektaszension und Deklination
 34, 159.
Parallaxe, mittlere, der Sonne 3, 55.
Parallaxe, Verbesserung einer Monddistanz
 wegen — des Gestirns 16, 17, 132.
Perihelzeit in parabelnahen Bahnen 43, 181.
Periode, Julianische 39, 172.
Perrins A-B-C-Tafel 12.
Phasenwinkel 230, 231.
Photometrische Größenklassen 61, 219.
Photometrische Intensitäten 61, 219.
Planeten, Höhenparallaxe 106.
Planeten, Massen der großen — 49.
Planeten, Störungsfaktoren der großen —
 49.
Plato, Wallebene auf der Mondoberfläche,
 selenographische Koordinaten 21.
Polaris, Azimut 10, 111, 113.
Polaris, Polhöhe 9, 107.
Polhöhe aus Zenitdistanzen von Polaris 9,
 107.
Polhöhenbestimmung 199.
Positionswinkel, Aberration in — 27, 149.
Positionswinkel, Präzession in — 26, 146.
Präzession, differenzielle, in AR und Dekl.
 26, 139.
Präzession, genaue Berechnung für ver-
 schiedene Äquinoktien 24, 25, 138.
Präzession in Deklination 24, 137.
Präzession in Positionswinkel 26, 146.
Präzession in Rektaszension 24, 136.

Quecksilberbarometer, Reduktion auf 0°
 87.

Radaus Refraktion 59, 213.
Radiusvektor in der Ellipse 209.
Radiusvektor in der Parabel 40, 174.
Radiusvektor in parabelnahen Bahnen 42,
 178.

Radiusvektor der Sonne 65, 231.
Reduktion auf den Meridian 8, 100.
Reduktion auf die Sonne 62, 220.
Reduktion des Quecksilberbarometers
 auf 0° 87.
Reduktion der Sternzeit im mittleren Mit-
 tag 77.
Refraktion (Bessel-Gyldén) 5, 6, 90.
Refraktion als Funktion der wahren Zenit-
 distanz 6, 97.
Refraktion in Distanz für beliebige Ab-
 stände 15, 122, 123, 124.
Refraktion im Tagbogen 5.
Refraktion bei Okkultationsphänomenen
 59, 207.
Refraktion nach Radau 59, 213.
Refraktion, Verbesserung wegen Luftdruck
 92, 95, 126, 217.
Refraktion, Verbesserung wegen Lufttem-
 peratur 91, 96, 125, 215, 216.
Refraktion, logarithmische Formel 5, 93.
Refraktion für Mikrometermessungen 6, 7,
 98.
Refraktion, Verkürzung des Sonnen- und
 Mondradius durch — 121.
Refraktionstafel, logarithmische 5, 93.
Rektaszension der Sonne 65.

Sättigungsdrucke des Wasserdampfes 39,
 171.
Scheinbare Sonnenlänge 62.
Schönfeldsche Hilfsgrößen 49.
Schreibers Hilfsgrößen (1) und (2),
 Nachweis von Tafeln 31.
Schwerekorrektion für Quecksilberbaro-
 meter 35, 163, 167.
Seehöhe, Verbesserung des $\log \varrho$ wegen
 — 28.
Sehne in der Parabel 45, 183.
Sektor zu Dreieck in der Ellipse 46, 184,
 186.
Sektor zu Dreieck in der Hyperbel 46,
 184, 186.
Sektor zu Dreieck in der Parabel 45, 183.
Siderisches Jahr, Änderung 55, 196.
Siedepunkte des Wassers und atmosphä-
 rischer Druck 39, 171.
Sonne, Deklination 65.
Sonne, Höhenparallaxe 106.
Sonne, mittlere Horizontalparallaxe 55.
Sonne, Radiusvektor der Bahn 65, 231.
Sonne, Rektaszension 65.
Sonnephemeride 3, 65.
Sonnenhöhe, Stundenwinkel der größten —
 9, 105.
Sonnenlänge 62, 220.
Sonnenparallaxe 3, 55, 74.
Sonnenparallaxe, mittlere 3, 55.
Sonnenradius 3, 65.
Sonnenradius, mittlerer 3.
Sonnentafeln (Stürmers) 4.
Spezialle Störungen 48.****

Sphäroidische Übertragung von Breiten, Längen und Azimuten 29, 154.
 Sphäroidische Übertragung, maximale Korrektionsglieder 31.
 Sternbedeckung 204.
 Sternzeit im mittleren Mittag 65, 77.
 Sternzeit in mittlere Zeit 78.
 Sternzeit, Reduktion der — im mittleren Mittag 77.
 Störungen in den rechtwinkligen Koordinaten 48.
 Störungsfaktoren der großen Planeten 49.
 Stunden, Minuten, Sekunden in Dezimalteile des Tages 79.
 Stundenwinkel im Ersten Vertikal 5, 82.
 Stundenwinkel der größten Sonnenhöhe 9, 105
 Tafeln 63.
 Tag, Dezimalteile des — 79.
 Tagbogen 4, 5, 80.
 Tägliche Bewegung der Erde in der Bahn 55.
 Temperatur bei barometrischer Höhenmessung 36.
 Theoretische Astronomie, Formeln zur — 209.
 Thermometerskalen, Verwandlung der — 86.
 Tietjens Methoden für die Keplerische Gleichung 44, 182.
 Transformation der Bahnlage 211.
 Trigonometrische Funktionen, Logarithmen der — 224.
 Tropisches Jahr, Änderung 55, 196.

Umlaufszeit 212.

Vergrößerung des Mondradius 14, 120.
 Verhältnis Sektor zu Dreieck in der Parabel 45, 183.
 Verhältnis Sektor zu Dreieck in Ellipse und Hyperbel 46, 184, 186.
 Verkürzung des Sonnen- und Mondradius durch Refraktion 121.
 Verwandlung von Graden und Minuten in Sekunden 89.
 Verwandlung von Koordinaten 209.
 Wahre Anomalie in der Ellipse 209.
 Wahre Anomalie in der Parabel 40, 174.
 Wahre Anomalie in der Parabel für große Anomalien 40, 41, 177.
 Wahre Anomalie in parabelnahen Bahnen 42, 178.
 Wahrscheinlichkeitsintegral 232.
 Wasserdampf, Sättigungsdrucke 39, 171.
 Zeitazimut 11, 12, 115, 200.
 Zeitbestimmung 199.
 Zeitgleichung 65.
 Zeitmaß in Bogenmaß 76.
 Zeitreduktion auf die Sonne 62, 220.
 Zenitdistanz, Berechnung aus φ, δ, t 18, 199.
 Zenitdistanz im Ersten Vertikal 5, 84.
 Zirkummeridianhöhen 8, 100.
 Zirkummeridianzenitdistanzen 8, 100.
 Zonenzeiten 161.

Berichtigungen.

- ✓ Seite 6, Zeile 15 von oben statt 0° lies 0° .
- ✓ Seite 25, Zeile 3 von unten statt 25^m lies 52^m .
- ✓ Seite 111, $t = 8^h 40^m \varphi = 46^{\circ}$ statt 71 lies 73.