Band 55 Februar 1922

S I R I U S

Rundschau der gesamten Sternforschung für Freunde der Himmelskunde und Fachastronomen

Herausgegeben von Dr. Hans-Hermann Kritzinger in Berlin

„Wissen und Erkennen sind die Freude und die Berechtigung der Menschheit.“ Kosmos.

VERLAG VON EDUARD HEINRICH MAYER IN LEIPZIG

Die Fluchtentafel im Dienste der Himmelskunde.

Von **P. Luckey** in Elberfeld.

Die Fluchtlinientafel oder Fluchtentafel ist eine Art graphische Rechentafel, die neuerdings, besonders bei den Konstruktions- und den Betriebsingenieuren immer mehr Beachtung und Anwendung findet. Einmal hergestellt, erspart sie langwierige Ausrechnungen nach Formeln und Zahlentafeln, und wegen der einfachen, mechanisch und zwangläufig zum richtigen Ergebnis führenden Handhabung dient sie dem mathematischen Laien ebenso wie dem Fachmann. Sie spart also Zeit und ermüdende Gehirnarbeit. Langwierige und gleichartige, oft mit Unlust verrichtete Arbeit an Ausrechnungen verzehrt die Nervenkraft. Da, wo die Genauigkeit der graphischen Tafel nicht ausreicht, kann sie vor, während und nach der Zahlenrechnung zur Kontrolle auf grobe Fehler herangezogen werden. Auch kann sie die Ausgangswerte für eine Näherungsmethode liefern. Im folgenden soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie die Fluchtentafel auch in der angewandten Himmelskunde nützlich sein kann.

1. Es möge sich um die Aufgabe handeln: Zu gegebener Ortssternzeit ϑ und gegebener geographischer Breite φ das Azimut a des Polarsterns zu finden. Wer den Polarstern zur raschen und genaueren Feststellung der Himmelsrichtungen benutzt, wünscht dieses Azimut schnell und möglichst ohne Rechnung zu beliebiger Zeit zu erfahren. Der Seemann und der Artillerist brauchen es ebenso wie der kanadische Land Surveyor, der nach seiner Dienstvorschrift bei Tage mit dem $1^1/_2$-zölligen Dienstfernrohr den Polarstern aufsucht, um mit seiner Hilfe die nordsüdlich verlaufenden Sektionsgrenzen der land surveys festzustellen. An Stelle der Zahlentafeln, aus denen man in diesem wie in vielen anderen Fällen die Werte der gesuchten Größe fertig entnehmen kann, werden graphische Rechentafeln oder Nomogramme, wie der Franzose M. d'Ocagne[1]) solche Tafeln nennt, wegen ihrer Bequemlichkeit und übersichtlichen Anschaulichkeit oft bevorzugt. Abb. 1 zeigt für unsere Aufgabe eine graphische Tafel der älteren, beliebten und verbreiteten Art, die wir als „Tafeln mit Kurvenschnitt“, „Kurventafeln“ oder „Netztafeln“ bezeichnen, weil sie

[1]) D'Ocagne hat die Methoden des Entwerfens graphischer Rechentafeln aller Art zu einem systematischen Zweig der angewandten Mathematik, der Nomographie, vereinigt. M. d'Ocagne, Traité de Nomographie, Paris 1899. Einen elementaren Einblick in die einfachsten Verfahren gibt P. Luckey, Einführung in die Nomographie, Leipzig 1918 und 1920 (Mathematisch-physikalische Bibliothek. Bde. 28 und 37).

sich als Netz dreier sich schneidender, bezifferter Kurvenscharen darstellen. Die Abbildung ist entnommen aus H. H. Kritzinger, Schuß und Schall in Wetter und Wind, Leipzig 1918[1]). Um z. B. in der geographischen Breite

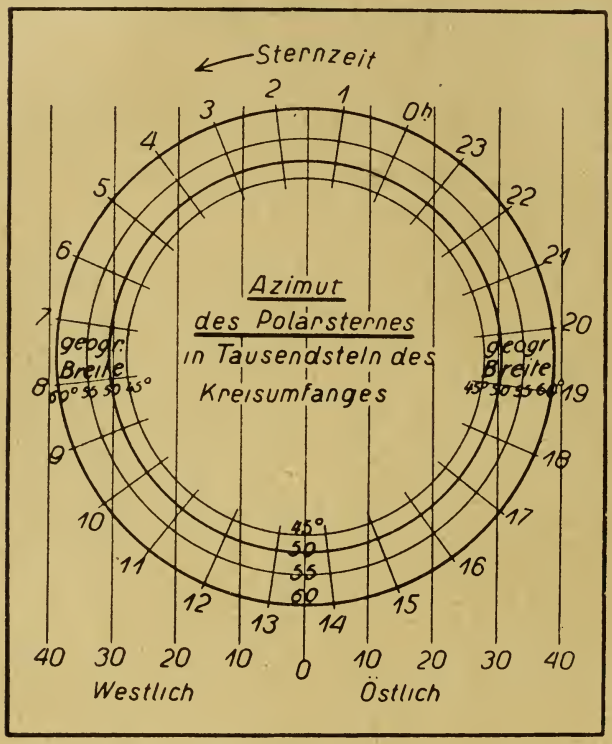


Abb. 1.

$\varphi = 55°$ und zur Ortssternzeit $\vartheta = 6^h$ das Azimut des Nordsternes zu finden, sucht man in Abb. 1 den Punkt auf, in dem der Kreis $\varphi = 55°$ die Gerade $\vartheta = 6^h$ schneidet. Die durch diesen Schnittpunkt nach dem Augenmaß einzuschaltende Gerade der dritten Schar $a = 32$ gibt das gesuchte Azimut an, das hier in einem für artilleristische Zwecke geeigneten Winkelmaß gemessen ist.

Abb. 2[2]) löst nun dieselbe Aufgabe durch eine Fluchtentafel. An Stelle der drei bezifferten Kurvenscharen der Abb. 1 sehen wir in Abb. 2 drei bezifferte Funktionsleitern (Skalen) für φ, ϑ und a. Suchen wir z. B. für Berlin ($\varphi = 52° 31'$) zur Ortssternzeit $\vartheta = 10^h 50^m$ das Azimut a des Polarsternes, so brauchen wir nur den Punkt

$$\vartheta = 10^h 50^m$$

der ϑ-Leiter mit dem Punkt $\varphi = 52° 31'$ der φ-Leiter durch eine Gerade (1) zu verbinden. Diese Gerade, die wir den Weiser nennen wollen, schneidet die a-Leiter in dem gesuchten Wert $a = 1° 10'$ (West). Statt die Gerade zu ziehen, spannt man einen dünnen schwarzen Faden über das Blatt, oder man bedient sich zur Herstellung der „Flucht" eines durchsichtigen Zellhornlineals, auf dem eine Gerade gezogen ist. Auch ein Blatt Pauspapier mit einer dünnen, schwarzen Geraden läßt sich als Weiser verwenden. Die Lösung zweier anderer Aufgaben möge dem Leser noch zeigen, wie gut und bequem die Tafel Rechenergebnisse liefert:

1. Um welchen Betrag kann in München ($\varphi = 48° 8'$) der Nordstern im Höchstfalle von der Richtung des Meridians abweichen? Die Weiserstellungen (2a) und (2b) ergeben die Höchstwerte $1° 40'$ West und Ost.

2. Wann beträgt in Christiania ($\varphi = 59° 55'$) die Abweichung $2°$ West? Das Nomogramm ergibt die Ortssternzeiten $\varphi = 9^h 10^m$ und $5^h 46^m$.

Man vergegenwärtige sich die Umständlichkeit einer ebenso genauen Lösung dieser Aufgaben mit Hilfe einer kleineren Zahlentafel für die Azimute des Nordsternes. Vor der Zahlentafel hat die Fluchtentafel ebenso wie die Kurventafel den großen Vorteil, daß

[1]) In diesem anregenden Buche findet man auch eine Reihe von Fluchtentafeln.

[2]) Siehe auf Tafel II.

sich die Einschaltungen (Interpolationen) ohne jede Rechnung durch Einstellung des Weisers nach dem Augenmaß vollziehen lassen. Die Fluchtentafel ist klarer als die Kurventafel, deren Liniengewirr oft die Ablesungen erschwert. Auch ist die Fluchtentafel meist leichter, rascher und genauer herstellbar. Man beachte auch den Vorteil, daß eine Leiter oft nur nach der einen Seite Teilstriche trägt. Dann steht die andere Seite für andere Teilstriche zur Verfügung. So kann man in Abb. 2 (auf Tafel II) an der φ-Leiter Teilstriche für Orte anbringen, wie es hier für Rom, München, Berlin und Christiania geschehen ist. So könnte man auch an der a-Leiter eine zweite Teilung nach einem anderen, etwa artilleristischen Winkelmaß anbringen.

Während aber durch eine Netztafel jede beliebige stetige funktionale Beziehung zwischen drei Veränderlichen, wie hier φ, ϑ, a darstellbar ist, ist die Darstellung durch eine Fluchtentafel von der Art der Abb. 2 nicht in jedem beliebigen Falle möglich. Selbst wenn wir die Träger der drei Leitern krummlinig annehmen, ist die Gleichung nur darstellbar, wenn sie sich auf eine gewisse mathematische Form bringen läßt. Dies ist zum Glück in sehr vielen praktisch wichtigen Fällen möglich. In unserem Falle läßt sich zwar die ursprünglich zugrunde liegende Gleichung

$$\operatorname{ctg} a \sin t = \sin \varphi \cos t - \cos \varphi \operatorname{tg} 88° 53.4' \quad (1)$$

nicht in der bewußten Form darstellen. Ersetzen wir diese Gleichung aber durch die auf der Rechentafel angegebene Näherungsformel, die im Bereiche $\varphi = 40°$ bis $\varphi = 60°$ selbst im ungünstigsten Falle für a nur einen Fehler von weniger als 0.5′ ergibt (für Berlin weniger als 0.1′), so ist die Darstellung durch eine Fluchtentafel möglich. Durch eine Kurventafel läßt sich die strenge Gleichung (1) darstellen; aber die Herstellung wäre sehr mühsam. Abb. 1 ist keine solche strenge Darstellung, sie entspricht vielmehr der noch gröberen Näherungsformel $a \cos \varphi = \operatorname{tg} 66.6' \cdot \sin t$, die im dargestellten Bereich Fehler bis zu etwa $2^1/_3'$ bringt. In der strengen Darstellung müßte wenigstens eine der Geradenscharen oder die Kreisschar zu einer Schar anderer Kurven schwach verzerrt sein.

In Abb. 2 wurde auf Grund der im nautischen Jahrbuch für 1922 angegebenen scheinbaren Örter für die Poldistanz ein Mittelwert $P = 66.6'$ zu grunde gelegt, ebenso für die gerade Aufsteigung der Wert $a = 1^h\,33^m\,20^s$.

Die Schwankungen der Poldistanz und der geraden Aufsteigung während des Jahres 1922 können für a auch im ungünstigsten Falle nur einen Fehler von weniger als 1′ hervorrufen. Auch mit dem vorher genannten Fehler zusammen wird dieser Fehler selten (in Berlin nie) 1′ etwas übersteigen. Ungenaue oder zu kleine Zeichnung und ungenaue Ablesung können natürlich größere Fehler verursachen, die sich aber durch Sorgfalt und großen Maßstab vermeiden lassen. Auch für 1921 und 1923 ist die Rechentafel, besonders für Deutschland, mit guter Annäherung brauchbar

Zum Entwurf der Rechentafel vergleiche man E. Delville, Abacus of the Altitude and Azimuth of the Pole Star, Proc. Roy. Soc. Canada Sect. III 1906, S. 3 bis 11. Wie die Überschrift dieser Abhandlung sagt, gibt Delville auch eine Fluchtentafel für die Höhe des Polarsterns.

2. Abb. 3[1]) liefert für beliebige Orte der Erde und an beliebigen Tagen des Jahres die wahren Aufgangs- und Untergangszeiten der Sonne. Die Teilstriche für die Tage wurden nach den Sonnendeklinationen des Jahres 1921 angebracht. Für andere Jahre ergeben sich aber natürlich nur kleine Abweichungen. Für die Südhalbkugel der Erde sind die Bezeich-

[1]) Siehe auf Tafel II.

nungen „Auf-“ und „Untergang“ zu vertauschen.

Anwendungsbeispiele:

1. Wann geht in Berlin ($\varphi = 52°31'$) am 9. Februar die Sonne auf und unter? Der eingezeichnete Weiser ergibt $7^h\ 20^m$ und $4^h\ 40^m$ wahrer Sonnenzeit. Dies sind nur Näherungswerte, da der Faden genau auf den Teilstrich des Tagesdatums eingestellt wurde (mittlerer Greenwicher Mittag). Die Näherungswerte können dann zu einer genaueren, für Auf- und Untergang verschiedenen Einstellung des Fadens zwischen den Datumstrichen benutzt werden, wobei auch der Zeitunterschied gegen Greenwich zu berücksichtigen ist.

2. Man verfolge Auf- und Untergangszeiten für Berlin während eines Jahres. (Man drehe die Weisergerade um den Punkt $\varphi = 52°31'$).

3. Ebenso verfolge man Auf- und Untergangszeiten für Hammerfest ($\varphi = 70°40'$). Wann beginnt hier und wann endet (mathematisch) der Polartag und wann die Polarnacht?

4. In welcher Breite beginnt die Polarnacht am 1. November? (Man verbindet November 1 mit 12^h der gegenüberliegenden Leiter und findet $\varphi = 75^2/_3°$).

D'Ocagne gibt (Traité de Nom. S. 57) eine Netztafel für dieselbe Aufgabe nach einer größeren Netztafel von Collignon, die auch den Übergang zur mittleren Ortszeit ermöglicht und auf die Dauer der Dämmerung Rücksicht nimmt (Nouv. Ann. d. Math. 2. Reihe, Bd. XVIII, S. 179, u. 3. Reihe, Bd. I, S. 490). Auf diese Netztafel von Collignon werden wir weiter unten noch einmal zu sprechen kommen. Wünscht man die Auf- und Untergangszeiten für eine engere Breitenzone, etwa die von Deutschland, so läßt sich durch andere Größenverhältnisse und andere Anordnung der Leitern eine Rechentafel mit viel genaueren Ergebnissen entwerfen als Abb. 3, die eben einen Überblick über die Verhältnisse auf der ganzen Erde geben soll.

Auch sind auf den Urzeichnungen die Ablesungen bequemer und genauer ausführbar als auf unseren verkleinerten Abbildungen.

Wünscht man dagegen eine Tafel für den Stundenwinkel des Auf- und Unterganges beliebiger Sterne, so tritt an die Stelle der Teilung für die Tage des Jahres eine solche für die Deklination δ. Eine solche, für nautische Zwecke entworfene Fluchtentafel findet man behandelt in Perret, Sur l'application de la Nomographie aux principales tables nautiques, Ass. franc. pour l'Av. des Sciences, Cherbourg 1905, S. 80 bis 102. Diese Abhandlung eines französischen Marineoffiziers enthält eine Reihe von Anwendungen der Nomographie auf astronomische Aufgaben, die der Seemann oft zu lösen hat.

(Forts. folgt.)

Astronomie, Kirche und Nostradamus.

Von **Jacob M. Schneider**, Altstätten Ct. St. Gallen.

Der „Sirius“ hat im Doppelheft Juli und August 1921 betreffs Galilei usw. mehreres gebracht, was zu Irrtümern führt. Das wissenschaftliche Ansehen des „Sirius“ verlangt es deshalb, daß die nötigen Korrekturen eingefügt werden. Wir befleißen uns möglichster Kürze.

1. Martin Luther sagte von Coppernicus: „Der Narr will die ganze Kunst Astronomiae umkehren. Aber wie die heilige Schrift anzeiget, so hieß Josua die Sonne stillstehen und nicht das Erdreich.“ (Tischreden, herausg. v. Förstemann u. Bindseil IV (Berlin 1848), 575). Sein Freund Melanchthon schrieb im Jahre 1549 heftig gegen das Weltsystem des Coppernicus, dessen Werk im Jahre 1543 in Nürnberg erschienen war. Eine ganze Reihe protestantischer Prediger bis zum Jahre 1744 folgte ihren Führern im Kampfe gegen Coppernicus usw. Die Jahrzahl 1607 von Nostradamus betreffs Verfolgung der Astronomen kann also hier nicht stimmen; denn Luther, Melanch-

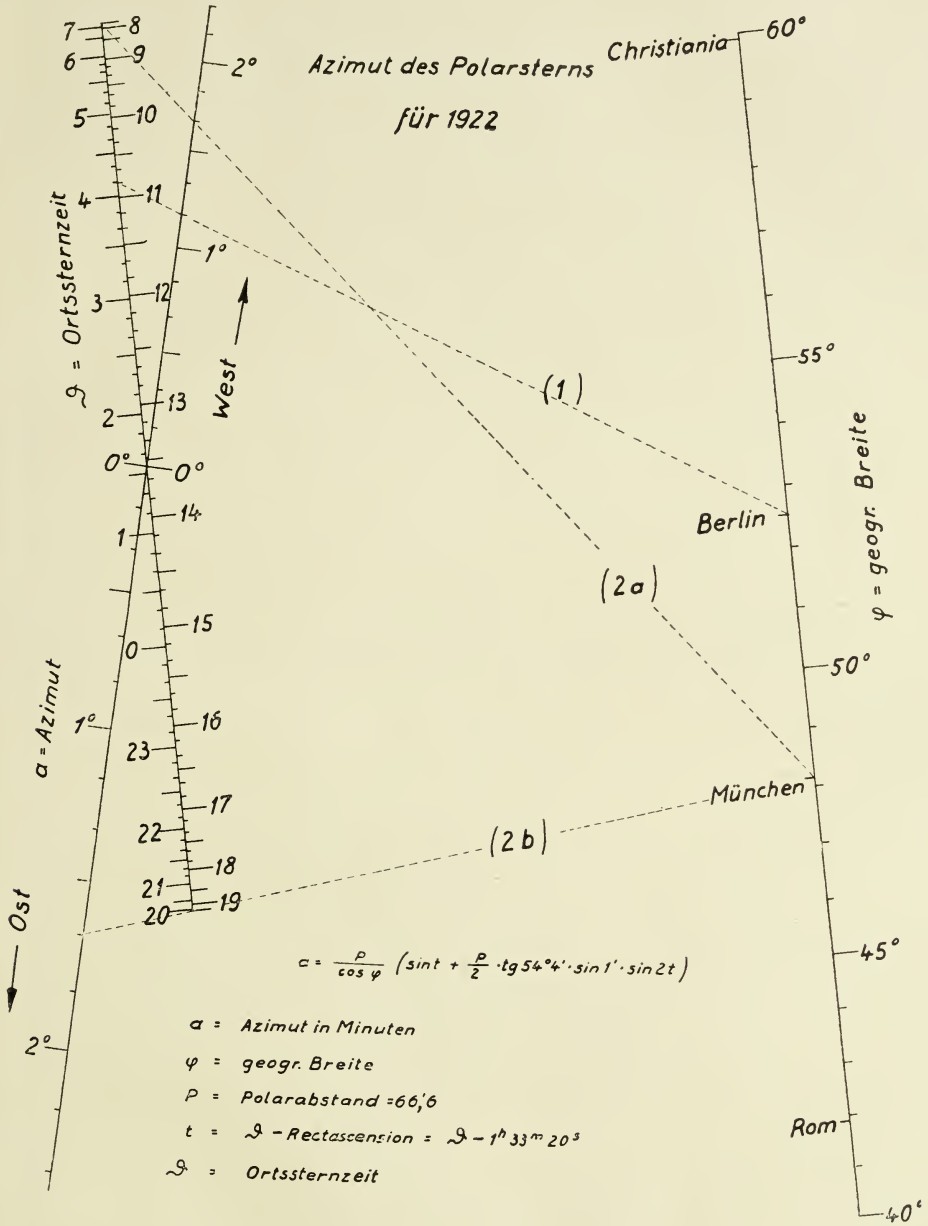


Abb. 2

Beispiel: Für Berlin ($\varphi = 52° 31'$) hat zur Ortssternzeit $\vartheta = 10^h\ 50^m$ das Azimut den Wert $a = 1° 10'$ (West).

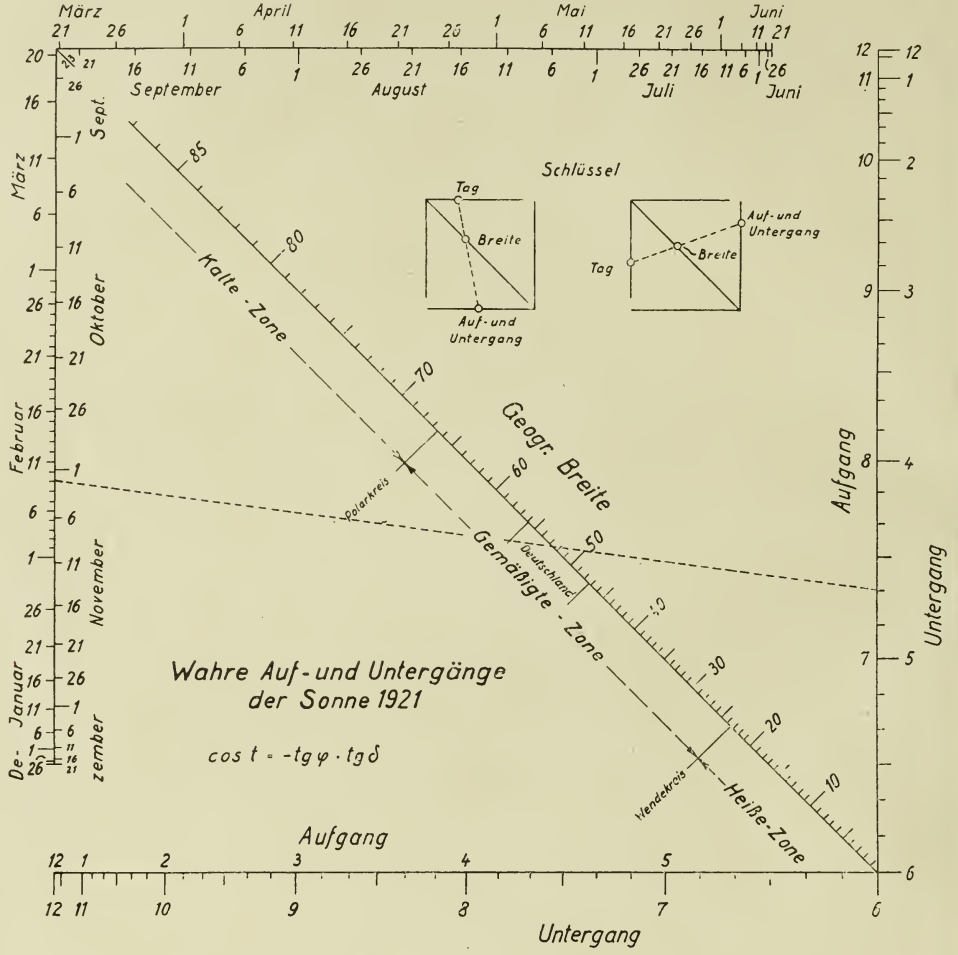


Abb. 3

Beispiel: Für Berlin ($\varphi = 52\frac{1}{2}°$) ist am 9. Februar annähernd die Aufgangszeit $4^h\ 40^m$ und die Untergangszeit $7^h\ 20^m$.

Nomogramm für die ganze Erde zur Bestimmung der wahren Zeit der Auf- und Untergänge der Sonne.

Die Fluchtentafel im Dienste der Himmelskunde.

Von **P. Luckey** in Elberfeld. (Schluß.)

3. Mit Hilfe der Tafel Abb. 4 kann man auf der Uraniasternwarte in Berlin und an jedem Ort, der annähernd dieselbe Breite hat, zu zwei beliebigen der drei Größen: Stundenwinkel t, Zenitdistanz z und Deklination δ die dritte finden.

Beispiele: 1. Wie hoch steht Wega ($\alpha = 18^h\,34^m$, $\delta = 38,^o7$) um $\vartheta = 2^h$ Ortssternzeit? Aufl.: Zu $\vartheta = 2^h$ findet man durch Subtraktion im Kopfe $t = \vartheta - \alpha = 2^h - \alpha = 26^h - 18^h\,34^m = 7^h\,26^m$. Die Rechentafel ergibt dann zu $t = 7^h\,26^m$ und $\delta = 38.7^o$ den Wert $z = 71^o$. Wega steht also rund 19^o hoch.

2. Zu welcher Ortssternzeit ϑ erreicht ein Objekt von der Deklination $\delta = 71^o$ und der Rektaszension $\alpha = 3^h\,14^m$ den Zenitabstand 50^o? Die Tafel ergibt die Stundenwinkel $t = 8^h\,10^m$ und $15^h\,50^m$. Also sind die gesuchten Ortssternzeiten $\vartheta = t + \alpha = 11^h\,24^m$ und $19^h\,4^m$.

Hat man es häufiger mit ein und demselben Objekt zu tun, so wird man für seinen δ-Wert an der δ-Leiter, deren Träger übrigens ein Ellipsenbogen ist, einen Teilstrich anbringen.

Da die der Rechentafel Abb. 4 zugrunde liegende Formel symmetrisch in bezug auf φ und δ ist, so kann man mit einer Rechentafel von demselben Gefüge auch die Beziehung zwischen Stundenwinkel, Zenitdistanz und variabler geographischer Ortsbreite bei gegebener Deklination eines bestimmten Fixsternes darstellen. Eine derartige, für Ortsbestimmung im Luftfahrzeug bestimmte Fluchtentafel zur Ermittlung der geographischen Breite aus der Ortssternzeit und der Höhe des Atair findet man bei W. Leick, Astronomische Ortsbestimmungen. Leicks Buch gibt auch andere hier in Frage kommende Veröffentlichungen an.

Die Abb. 4 habe ich nach dem Vorbild einer von M. d'Ocagne für die Breite des Pariser Observatoriums gezeichneten graphischen Tafel entworfen, die zur Vorbereitung der Beobachtungen am dortigen Äquatoreal dienen sollte.

Über die Konstruktion vergleiche man M. d'Ocagne, Sur la résolution etc., Compt. rend. de l'Ac. d. Sc., Bd. 135, S. 728 (1902). D'Ocagne erzeugt die krummlinige δ-Leiter durch mehrfache Projektionen. Ich zog ebenso wie bei Abb. 2 die genauere punktweise Herstellung nach den rechtwinkligen Koordinaten der Leiterpunkte vor und gebe für denjenigen, der das Nomogramm Abb. 4 für eine andere Breite entwerfen will, die Gleichungen für diese Koordinaten an:

t-Leiter: $x_t = o \qquad y_t = -b \cos t$

z-Leiter: $x_z = a \qquad y_z = b\,(2 \cos z - 1)$

δ-Leiter: $$x_\delta = \frac{a}{1 + 2 \cos\varphi \cos\delta},$$

$$y_\delta = b \frac{2 \sin\varphi \sin\delta - 1}{1 + 2 \cos\varphi \cos\delta}$$

Hier ist für φ die betreffende geographische Breite einzusetzen. Die Konstanten a und b wählte ich $a = 200$ *mm*, $b = 150$ *mm*. Die nach den obigen Gleichungen ausgerechneten Leiterpunkte steche ich mit der Nadel in einen Bogen Millimeterpapier, unter dem ein Zeichenbogen ausgebreitet ist. Auf ihn stechen sich die Punkte durch, und so kann er zur Anfertigung der Reinzeichnung dienen.

4. Ist es vorteilhaft, häufig vorkommende einfache Additionen oder Subtraktionen nomographisch auszuführen, wie z. B. die Ausrechnung des Stundenwinkels aus der Sternzeit und der Rektaszension nach der Formel $t = \vartheta - \alpha$? Es ließe sich natürlich leicht eine Fluchtentafel für diese Aufgabe entwerfen, ebenso wie man auch auf jedes Jahr eine Fluchtentafel für die Umrechnung der mittleren Sonnenzeit in eine Ortssternzeit und umgekehrt herstellen könnte. Meistens wird man

aber wohl in diesen Fällen die leichte Zahlen- oder Tabellenrechnung im Kopf oder mit dem Bleistift vorziehen, wobei man nötigenfalls auch größere Genauigkeit erzielt als mit einem Nomogramm. Eher als eine Fluchtentafel käme hier auch die Benutzung eines scheibenförmigen oder linealförmigen Sonderschiebers in Frage, der ebenso wie die Fluchtentafel zwangläufig zum richtigen Ergebnis führt und ebenfalls keine Schwierigkeit beim Überschreiten von 0^h und 24^h bringt. Aus starkem Zeichenpapier selbstverfertigte Schieber tun schon ganz gute Dienste. (Man vergleiche A. Pliwa, Stundenwinkelknecht usw., diese Zeitschrift 1921, S. 85.)

Das eigentliche fruchtbare Anwendungsfeld der Fluchtlinientafel ist vielmehr das Gebiet der schwierigeren Formeln, die verwickeltere Rechnungen oder umständliche Zahlentafeln erfordern würden. Sahen wir schon den Nutzen der Fluchtentafeln bei Gleichungen mit drei Veränderlichen, so erhöhen sich die Vorteile noch bei einer größeren Zahl der Veränderlichen. Es gibt mancherlei Hilfsmittel, um die Fluchtlinienmethode für Gleichungen mit mehr als drei Veränderlichen fruchtbar zu machen. Ein sehr wichtiges solches Hilfsmittel ist die Ersetzung der einfachen Funktionsleiter durch ein aus zwei Kurvenscharen bestehendes Gebilde. Das Netz von Ellipsen- und Hyperbelbögen der Abb. 5 ist ein Beispiel für ein solches verallgemeinertes Leitergebilde, das man etwa als Netzleiter bezeichnen könnte. Die Variablen dieser Netzleiter sind die geographische Breite φ und die wahre Sonnenzeit, d. i. der Stundenwinkel t der Sonne, und während ein Punkt einer gewöhnlichen Leiter der Träger eines Wertes einer einzigen Veränderlichen ist, so ist hier jeder Punkt Träger der Werte zweier Veränderlichen. Der in Abb. 5 mit einem kleinen Kreis umgebene Punkt z. B. ist der Träger der Werte $\varphi = 51.2°$ und $t = 3^h\,30^m$ der beiden Netzvariablen. Einen solchen Punkt einer Netzleiter kann man nun ebenso wie früher den Punkt einer gewöhnlichen Leiter mit Punkten zweier anderer Leitern, die gewöhnliche Leitern oder auch Netzleitern sein können, fluchten. Ersetzt man so in den früher besprochenen Fluchtentafeln für drei Veränderliche jede gewöhnliche Leiter durch eine Netzleiter, so bekommt man Fluchtentafeln für Gleichungen ziemlich allgemeiner Art mit sechs Veränderlichen. Aber schon wenn man nur eine der gewöhnlichen Leitern durch eine Netzleiter ersetzt, erhält man eine Form, in der man eine Fülle von Gleichungen mit vier Veränderlichen vertafeln kann, die wohl auf keine andere Art so bequem und anschaulich graphisch darzustellen sind. Zum Beispiel läßt sich die für den Seemann wichtige Aufgabe, das Azimut eines Gestirnes aus geographischer Breite, Stundenwinkel und Deklination zu finden, durch ein derartiges Nomogramm darstellen, das dann die umfangreichen und umständlichen Azimuttafeln ersetzt. Der oben erwähnte Franzose Perret hat ein solches Azimutnomogramm entworfen, das bei der französischen Marine ausprobiert wurde (Annales hydrographiques 1904). Die Grundlagen für den Entwurf dieser Tafel und anderer Fluchtentafeln zu den Hauptaufgaben der sphärischen Dreiecksrechnung findet man in dem Vortrag behandelt, den d'Ocagne auf der Edinburger Napierfeier hielt, Enseignement mathématique 18 und 19 (1916 und 1917).

Der in Abb. 5 dargestellte, für den Wanderer bestimmte „Sonnenkompaß" ist dem Azimutnomogramm von Perret nahe verwandt. Aber nach der dritten Funktionsleiter, derjenigen für die Azimute, wird man in dieser Figur vergeblich suchen. Sie ist

durch eine Transformation ins Unendliche geworfen worden und ist nichts anderes als die Bahn der Projektion des Sonnenmittelpunktes auf den Horizont. Dieser Sonnenkompaß[1]), die Verallgemeinerung eines von M. Koppe entworfenen Blattes für konstante geographische Breite, ist der streng richtige Ersatz der Regel, nach der man mit Hilfe einer Taschenuhr bei Sonnenschein die Himmelsrichtungen auffinden soll, einer Regel, die bekanntlich sehr fehlerhaft ist, wenn man nicht mit Kritzinger (Sirius 50, 1917, S.145) die Taschenuhr dem Himmelsäquator parallel hält. Die Abb. 5 zeigt anschaulich, welche groben Vereinfachungen die falsche Taschenuhrregel sich leistet: Die in der Mitte befindliche „Jahresleiter" läßt sie zu einem Punkt, dem Mittelpunkt des Zifferblattes, zusammenschrumpfen, und die aus Ellipsen und Hyperbeln bestehende Netzleiter ersetzt sie einfach durch einen bezifferten Kreis, den Stundenkreis des Zifferblattes. Ein weiterer Fehler ist die Verwendung der mitteleuropäischen Zeit an Stelle der wahren Sonnenzeit des betreffenden Ortes, die wir kurz „wahre Ortszeit" nennen wollen. Um aus der bekannten M. E. Z. rasch für beliebige Orte in Mitteleuropa und an beliebigen Tagen des Jahres die wahre Ortszeit zu ermitteln, die man bei genauer Verwendung des Sonnenkompasses zugrunde legen muß, kann sich der Wanderer der Rechentafel Abb. 6 bedienen. Die ganze Handhabung von Ortszeitsucher und Sonnenkompaß ist nach kurzer Übung rascher ausgeführt, als in Worten beschrieben[2]).

[1]) Näheres darüber in meiner Mitteilung „Ein Sonnenkompaß", Zeitschr. f. math. u. nat. Unterr. 1921, S. 168 bis 175.

[2]) Der Sonnenkompaß (Abb. 5) und der Ortszeitsucher (Abb. 6) sind, auf eine Karte gedruckt, für 1.50 ℳ einschließlich Porto zu beziehen von der Baedekerschen Buchhandlung in Elberfeld. Postscheckkonto Köln 1658.

5. Mancherlei andere Verallgemeinerungen der einfachen Dreileitertafel erhält man, wenn man statt der einfachen Geraden als Weiser zur Ablesung der Werte andere Gebilde benutzt. Der britische Kapitän Weir hat, schon lange bevor Fluchtentafeln von Frankreich aus allgemeiner verbreitet wurden, ein „Azimutdiagramm" entworfen, mit dem unser „Sonnenkompaß" im wesentlichen übereinstimmt, bei dem aber noch für die Azimute ein geteilter Kreis um den Mittelpunkt der Ellipsen gezeichnet ist, und die Ablesung mit Hilfe eines Parallelenlineals vollzogen wird. Anziehend ist es, aus Weirs eigener Schilderung (Proc. Roy. Soc. Edinburgh 16, 1888 bis 1889, S. 354) zu erfahren, wie dieser alte Praktiker, der analytischen Methoden abhold gewesen zu sein scheint, auf einer Australienfahrt bei Gelegenheit der täglichen Kompaßberichtigungen durch ganz elementare Überlegungen auf den Entwurf des Diagramms kam. Er projizierte, wie auch später Koppe, die tägliche Sonnenbahn auf die Ebene des Horizontes. Noch heutzutage weckt der Himmel mathematische Einfälle! Weirs seit 1890 bei Potter in London gedrucktes Azimutdiagramm hat die Größe 76×38 *cm*, liefert die Azimute mit einer Genauigkeit von etwa $^1/_4{}^\circ$ und ist wohl noch heute bei der britischen Kriegsmarine im Gebrauch; jedenfalls war dies zu Beginn des Weltkrieges der Fall, wie ich aus einer Bemerkung von Bell entnehmen zu können glaube (Proc. Roy. Soc. Edin. **36**, 1915 bis 1916, S. 192).

In Deutschland kam H. Maurer auf dasselbe Diagramm (Ann. d. Hydr. u. mar. Met. 33, 1905, S. 125 bis 130 und S. 323), vollzog aber die Ablesung mit Hilfe eines auf Pauspapier gedruckten bezifferten Kreises[1]). Damit

[1]) Zu den Azimutnomogrammen von Weir und Perret gesellt sich noch der Azimutstab von R. Nelting, abgebildet in Ann. d. Hydr. u. mar. Met. 1910, S. 560/61.

kommen wir zu einer noch allgemeineren Form graphischer Tafeln, bei denen auf einem durchsichtigen Blatt ein oder mehrere bezifferte Systeme von Punkten oder Kurven gezeichnet sind. Das Blatt wird auf einem undurchsichtigen Blatt, das auch derartige Systeme trägt, verschoben und auf die Werte der Variablen eingestellt. Dem Sternkundigen sind ja solche Nomogramme unter dem Namen „Transformatoren" bekannt[1]).

6. Man pflegt die Nomographie als einen der neuesten Zweige der angewandten Mathematik zu bezeichnen und weiß insbesondere auf Jahr und Tag nachzuweisen, wann die ersten Fluchtentafeln im vorigen Jahrhundert auftauchten. Der Freund der Himmelskunde kann die Neuheit der Sache nur bedingt gelten lassen. Denn fassen wir unsere Begriffe nicht zu eng, so finden wir graphische Rechentafeln in Fülle schon im Altertum und im Mittelalter.

Die Erforschung des Laufes der Gestirne war es fast immer, die den Menschengeist zum Entwurf solcher Gebilde führte, die teils zugleich Meßwerkzeuge, teils reine Rechenwerkzeuge waren. An diesen Vorrichtungen, die Skalen und Kurvennetze trugen, löste man astronomische Aufgaben mit eingesteckten Nadeln, Schnur, gleitender Perle und herunterhängendem Lot als Ablesevorrichtungen.

Nach der Definition, die M. d'Ocagne in der Einleitung des Traité de Nomographie gibt, könnte man glauben, daß zum Zustandekommen eines Nomogrammes das darzustellende Gesetz vorher in einer oder mehreren Gleichungen analytisch formuliert sein müsse. So datiert denn auch d'Ocagne die nomographische Darstellung einer Beziehung zwischen zwei Variablen erst seit Descartes, die Netztafeln für drei Variable erst seit dem Auftauchen solcher Tafeln bei gewissen französischen Ingenieuren zu Beginn des 19. Jahrhunderts. In der geschichtlichen Entwicklung kam aber zuerst das Nomogramm, dann erst die Gleichung. Im kleinen hat sich dieser Prozeß in unseren Tagen bei dem Azimutdiagramm des Kapitäns Weir wiederholt. Die Nomographie ist viel, viel älter als die analytische Geometrie, und ich möchte behaupten, daß die Nomographie des Altertums und des Mittelalters eine latente analytische Geometrie, großenteils mit Polarkoordinaten, war. Die Erfindung der analytischen Geometrie war das Aufspringen einer Knospe, in der schon alles entwickelt war, etwa wie Maxwells analytische Entwicklungen bei Faraday vorbereitet waren. Hätte d'Ocagnes Gewährsmann, der Ingenieur und Mathematiker Lalanne, die Abbildungen in der Geschichte der Astronomie seines älteren Landsmannes De Lambre betrachtet, oder die vielen Tafeln in dem 1844 erschienenen

[1]) Außer den erwähnten Anwendungen der Nomographie auf die Himmelskunde sind für den Leser vielleicht von Belang die übrigen, im Traité de Nom. von d'Ocagne behandelten Nomogramme zur Erd- und Himmelskunde, darunter auch eine Fluchtentafel zur Keplerschen Gleichung, ferner Nomogramme zur Optik. Erwähnt sei auch: M. d'Ocagne, Sur l'application de la nomographie a la prédiction des occulations d'étoiles par la Lune. Comptes Rend. 130 (1900 I), S. 554 bis 557. Dem Nomogramm zum sphärischen Cosinussatz von Soreau (Contribution etc., Mém. et compt. rend. Soc. Ing. civ. 1901, S. 326) ziehe ich das 1852 patentierte Nomogramm des württembergischen Reallehrers M. Eble vor, das dem Erfinder in Paris Ehrungen einbrachte. Man findet es mit anderen graphischen Tafeln zur sphärischen Dreieckslehre in Laskas Lehrb. d. Astronomie, I, abgebildet. Auch die Annalen d. Hydr. u. mar. Met. liefern eine Ausbeute an Rechentafeln zur angewandten Himmelskunde. Einen anziehenden Einblick in die Methoden, die bei den Seeleuten in den letzten vier Jahrhunderten Eingang fanden, gab E. Gelcich in dem inhaltreichen Aufsatz: Über nautische Diagramm-Instrumente und Rechenapparate, Zentralztg. f. Optik u. Mechanik 5 (1884), S. 242 bis 283.

„Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes" seines Zeitgenossen L. Am. Sédillot untersucht, so hätte dieser erfinderische Ingenieurmathematiker gesehen, daß die Astronomen schon seit vielen Jahrhunderten echte „Abaken" besaßen. Er hätte auch erkannt, daß die von ihm erfundene „Anamorphose", die Umwandlung von krummlinigen Netztafeln in geradlinige, längst da war, wenn auch nicht in analytischer Formulierung.[1])

Die alte Nomographie ist wohl in der Hauptsache eine Nomographie des sphärischen Dreieckes im Dienste der angewandten Himmelskunde. Das von Claudius Ptolemäus beschriebene „Analemma" war ein Nomogramm zur Auflösung sphärischer Dreiecke, bei dem als Ablesegeräte ein Lineal und ein rechter Winkel, beide ohne Teilungen, dienten. Dieses Nomogramm enthielt bekanntlich echte Sinusleitern zu einer Zeit, wo man sonst noch die Sehne als Funktion des Bogens benutzte. „Analemma" ist also der eigentliche, bescheidene griechische Name dessen, was man in unserer Zeit „Nomogramm" genannt hat. Das „Planisphärium" desselben großen astronomischen Schriftstellers enthält die mathematischen Grundlagen für das ebene Astrolabium, ein aus einer festen und einer drehbaren ebenen Scheibe, die im Prinzip Kreisscharen und Geradenscharen trugen, bestehender, der Auflösung sphärischer Dreiecke dienender Transformator, dem die Araber eine so große Pflege angedeihen ließen.

Die nomographischen Methoden des Mittelalters, die wie die des Altertums in der Hauptsache auf dem Prinzip des Kurvenschnittes beruhen (Netztafeln), kamen ganz besonders auch an den Instrumenten zur Ausbildung, die zur Ermittlung der Zeit auf ein Gestirn eingestellt wurden. So geht die alte Nomographie fließend in die Gnomonik über. Die Mathematiker des Abendlandes übernahmen diese Dinge von den Arabern und bildeten sie seit der Frührenaissance weiter. Ich nenne nur zwei Beispiele aus der frühen Zeit: Regimontans „Quadratum horarium generale" ist ein Zeitbestimmungsinstrument für beliebige Breiten, das von zahlreichen späteren Mathematikern, Astronomen und Gnomonikern unter Namen wie „Horarium generale" oder „universales geradliniges Analemma" übernommen wurde. Die „Meteoroskope" des Nürnberger Priesters Johannes Werner, die uns seit einigen Jahren durch den Abdruck der wiedergefundenen Handschrift zugänglich gemacht wurden, sind Nomogramme im engeren Sinne und dienen wie das Analemma des Ptolemäus zur Lösung himmelskundlicher Aufgaben.

Wie ganz und gar die neuzeitlichen „Nomographen" die Fühlung mit den alten verloren haben, dafür ein Beispiel: Auf Seite 57 des Traité de Nomographie findet man als Erfindung von M. Collignon eine Netztafel abgebildet, die wir schon oben (S. 24) erwähnt haben. Diese Netztafel ist aber als Teilfall in dem vorhin genannten Horarium enthalten, das, nachdem es 1499 bei Regiomontan zuerst auftauchte, in Kalendarien und Gnomoniken des 16. Jahrhunderts weit verbreitet wurde. Der von Collignon behandelte Sonderfall wird in den alten Schriften auch besonders hervorgehoben. Die Figur ist bei De Lambre abgebildet, und die Bezeichnung „geradliniges Analemma" scheint mir auf eine mehr oder weniger bewußte „Anamorphose" hinzudeuten. Tatsächlich besteht diese Tafel,

[1]) Ob man sich die Aufgabe stellte, irgend eine bestimmte krummlinige Netztafel in eine geradlinige zu transformieren, wäre noch zu untersuchen. Jedenfalls bestand die Tendenz, geradlinige Netze herzustellen, die nach ebensolchen Verzerrungsgesetzen gebildet sind wie Lalannes Geradennetze.

der der sphärische Kosinussatz zu Grunde liegt, nur aus geraden Linien, wie denn auch d'Ocagne die Tafel von Collignon im Kapitel „Anamorphose" bringt. In dem Ableseverfahren, das bei diesem Instrument zur Anwendung kommt, erkennen wir übrigens eine Abart des modernen Verfahrens der äquidistanten Punkte (d'Ocagne, Calcul graphique et Nomographie, S. 346.)

Wenn auch, wie gesagt, die meisten alten Nomogramme und Instrumente das Gepräge von Netztafeln tragen, so wird es doch einer eingehenderen Forschung vorbehalten bleiben, in den verwickelteren Anordnungs- und Ablesemethoden jener Diagramme die Wurzeln moderner Verfahren bloßzulegen. Apians Instrumente zeigen das „Aneinanderheften" von Netztafeln (échelles binaires accolées). Fluchtentafeln in einfacher und reiner Ausprägung sind wohl nicht bekannt, aber wie mir scheint ist Werners erstes „Meteoroskop" ein zusammengesetztes Nomogramm, dessen ersten Teil man als Fluchtentafel ansprechen kann, da hier das ungeteilte Lineal genau so auf Skalen einzustellen ist, wie bei einem modernen Fluchtennomogramm der Faden. Die vielfache Anwendung der Alhidade oder des an einem festen Punkt befestigten Fadens (mit oder ohne verschiebbare Perle) braucht nicht als Fluchtenmethode angesprochen zu werden, da sie mathematisch mit der Anbringung eines bezifferten Strahlenbüschels (und einer bezifferten Schar konzentrischer Kreise) übereinkommt und so zahlreiche alte Beispiele für die von d'Ocagne als Netztafeln behandelten Polartafeln (abaques polaires) liefert. Aber steckt in der Anwendung dieser beweglichen, jedoch durch einen festen Punkt gehenden Geraden nicht doch schon keimhaft die spätere Fluchtenmethode?

Hat nicht bei dieser Auffassungsweise der griechische Geist schon in der Dämmerung ionischer Wissenschaft als großes Kulturdenkmal eine gewaltige stereometrische Fluchtentafel geschaffen? Denn was ist die vollständige Sonnenuhr, zu der natürlich die am Firmament wandernde Sonne selbst hinzugehört, wie bei einer modernen Uhr das Räderwerk zum Zifferblatt und den Zeigern, was ist die Sonnenuhr nach ihrem mathematischen Bau anders als ein riesiges räumliches Fluchtennomogramm? Ein Liniennetz aus Stunden- und Deklinationskreisen an der unendlich fernen Himmelshohlkugel bildet die erste Leiter, eine „Netzleiter" nach unserer Benennung. Die Sonne selbst legt auf dieser Leiter in jedem Augenblick durch ihr Dasein einen Punkt fest und sendet ihre Strahlen als „Weiser" aus. Die zweite Leiter ist zu einem Punkt reduziert, der Spitze des Gnomons[1]). Die dritte Leiter dagegen ist wieder eine „Netzleiter", nämlich das auf eine ebene oder krumme Fläche entworfene Netz von Stunden- und Deklinationslinien. Arachne, Spinne, hieß bekanntlich dieses Liniennetz, das, eingemeißelt in die in Marmor gehauene Skaphe, noch heute als ehrwürdiges Denkzeichen antiker „Nomographie" anzuschauen ist.

[1]) Hier erkennen wir den wesentlichen Unterschied der späteren Sonnenuhr von der antiken. Bei der späteren Sonnenuhr ist nämlich dieses zweite Element eine Gerade (der schattenwerfende Stab) und der „Weiser" eine Ebene (Schattenebene), während der Weiser bei der antiken Sonnenuhr eine Gerade war (Schattengerade).

Rundschau.

Neuer Komet. Unter dem 29. Jan. versandte die Astronomische Zentralstelle Kiel ein Telegramm, das die fünf Tage vorher erfolgte Entdeckung eines Kometen durch Reid meldete, der auch schon voriges Jahr den ersten Kome-

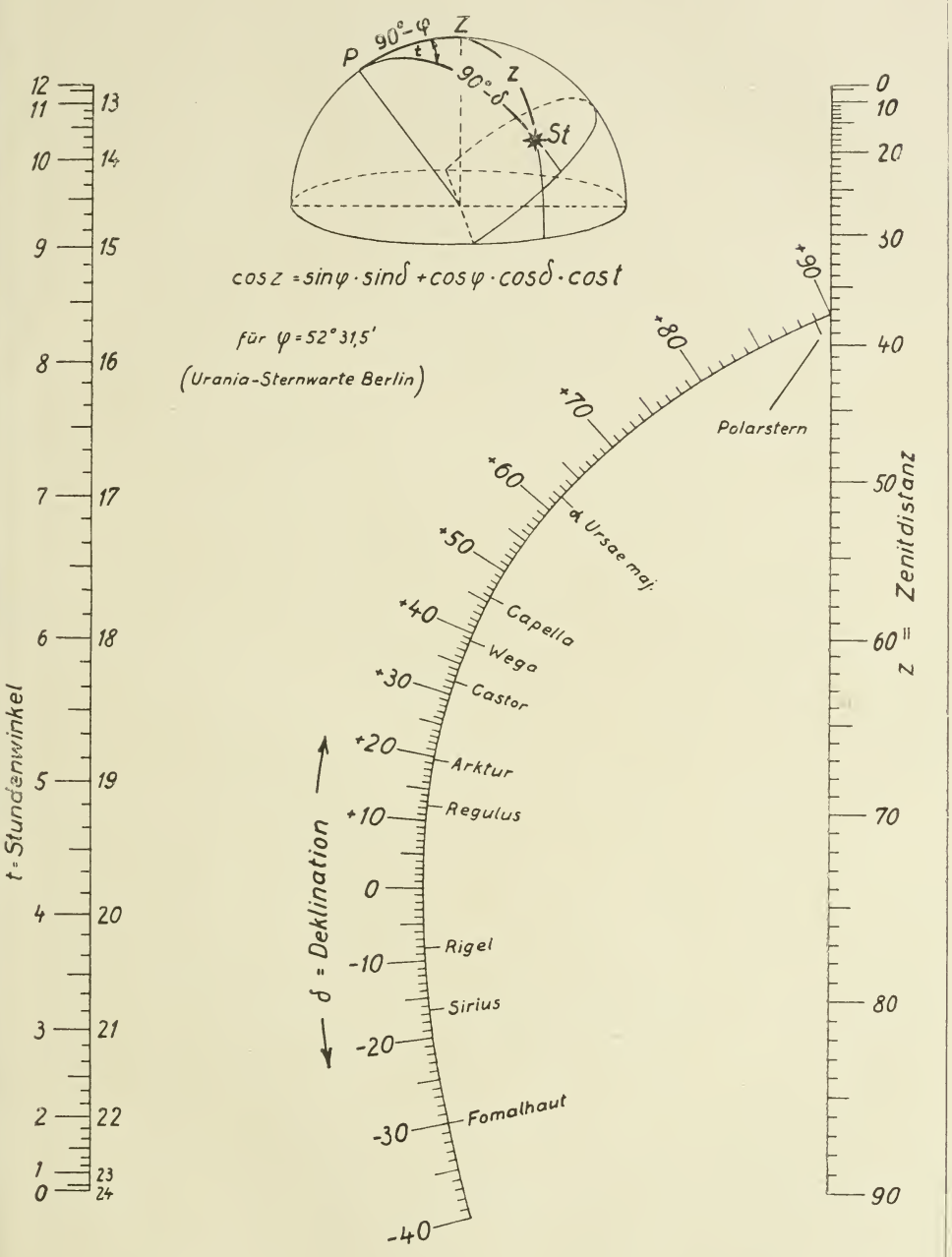


Abb. 4

Abhängigkeitsgesetz zwischen Zenitabstand und Stundenwinkel von Sternen beliebiger Deklination für die Breite von Berlin.

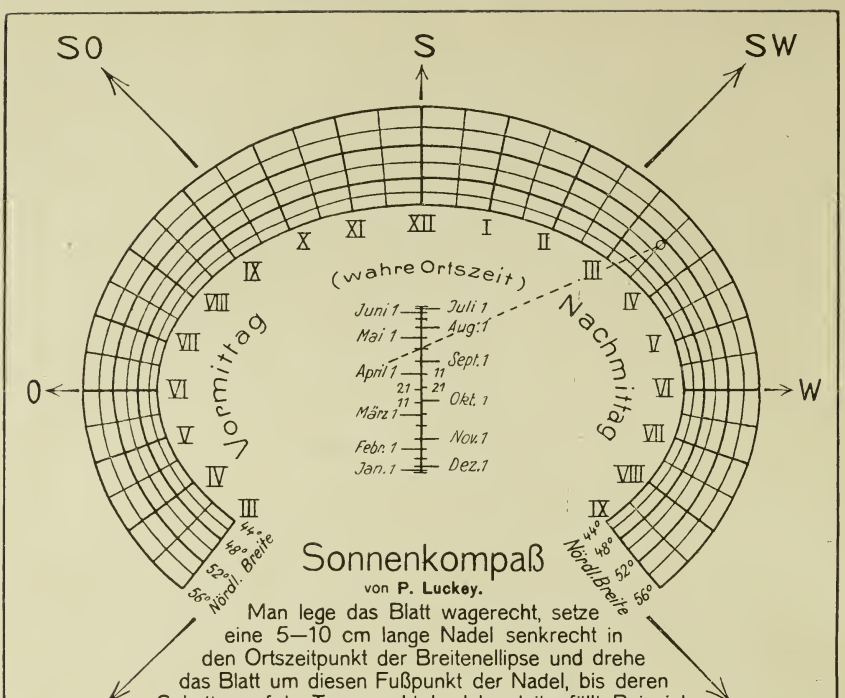
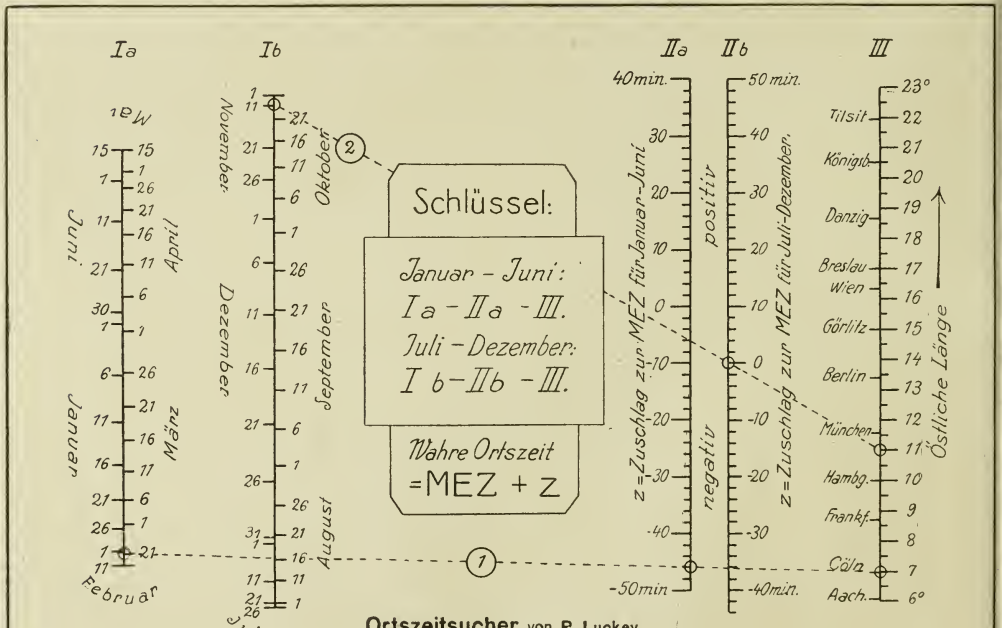


Abb. 5



Man halte einen Faden oder den geraden Rand eines Blattes Papier so auf das Blatt, daß er den Tagespunkt auf Leiter Ia (für Januar bis Juni) oder Ib (für Juli bis Dezember) mit dem Längenpunkt auf Leiter III verbindet. Diese Verbindung zeigt auf Leiter IIa (für Januar bis Juni) oder auf Leiter IIb (für Juli bis Dezember) den Zuschlag z an, den man zur Bahnzeit (= MEZ) hinzufügen muß, um die wahre Ortszeit zu erhalten. (Vorzeichen beachten!) Beispiele: 1. Für Essen (7° ö. Länge) ergibt sich am 21. Februar z = — 46 Min. Also ist: Wahre Ortszeit = Bahnzeit — 46 Min. Um 11 Uhr Bahnzeit ist z. B. 10 Uhr 14 Min. wahre Ortszeit. 2. Ende Oktober und Anfang November haben Helmstedt, Halberstadt, Erfurt, Coburg, Nürnberg, Augsburg, Verona (alle etwa 11° ö. L.) um 12 Uhr Bahnzeit auch wahren Mittag, da z = 0 ist.

Abb. 6