

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 12 (1967)

Heft: 99

Artikel: Astronomische Orts-, Zeit- und Azimutbestimmung mittlerer Genauigkeit

Autor: Schwendener, H.R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900141>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Astronomische Orts-, Zeit- und Azimutbestimmung mittlerer Genauigkeit

von H. R. SCHWENDENER, Heerbrugg

(Vortrag gehalten an der Jahresversammlung der SAG
vom 1. 5. 1966 in St. Gallen)

Die Forschung über das Verhalten von Tieren beschäftigt sich unter anderem mit der Eigenschaft gewisser Land- und Meerestiere, frühere Brutplätze über riesige Distanzen mit erstaunlicher Genauigkeit wieder aufzufinden. Die dazu notwendigen Fähigkeiten der Standortbestimmung und der Orientierung sind dem Menschen nicht gegeben. Ihm wurde lediglich die Intelligenz verliehen, die ihn befähigt, dafür die Gegebenheiten der Natur zu erkennen und auszunutzen und selber weitere Hilfsmittel zu entwickeln.

Als wichtigste Gegebenheit der Natur wurden bereits im frühesten Altertum die Gestirne erkannt und verwendet. Im Gegensatz zu den meisten Errungenschaften früherer Kulturen sind die *Gestirne als Hilfsmittel zur Standortbestimmung* und Orientierung aber nicht etwa veraltet. Gerade in der neuesten Zeit haben sie im Zusammenhang mit der Erdmessung durch Satellitenbeobachtungen und mit der Raumfahrt wieder grosse Bedeutung erlangt. Als zweite Gegebenheit der Natur wurde im Mittelalter die nordweisende Eigenschaft der Magnetnadel erkannt. Als Hilfsmittel zur groben Orientierung ist die Magnetbussole seither wegen ihrer Einfachheit unerreicht. Seit einigen Jahrzehnten wird, ebenfalls zur Orientierung, die auf dem Trägheitsgesetz basierende richtungsweisende Eigenschaft des Kreisels benutzt.

Das wichtigste vom Menschen geschaffene Hilfsmittel zur Standortbestimmung und Orientierung ist sicher die *Karte*, also der Grundriss des Geländes. In ihr sollen sämtliche im Gelände markanten Details ersichtlich sein und somit dem Betrachter ermöglichen, seinen Standort zu finden und die Karte zu orientieren. Mit Karten, die diese Bedingungen erfüllen, sind wir in der Schweiz optimal und in allen so genannt hochentwickelten Ländern gut versehen. Über den weit grösseren Teil der bewohnbaren Erdoberfläche existieren aber keine oder derart ungenügende Karten, dass eine sichere Standortbestimmung und Orientierung nach Karten unmöglich ist. Man stellt sich vielleicht die Frage, welche Bedeutung die astronomische *Ortsbestimmung* und Orientierung *mittlerer Genauigkeit* heute noch hat. Ein optimales Kartenwerk macht die astronomischen Methoden überflüssig; diese müssen aber in vielen Entwicklungsländern

heute und in weite Zukunft noch häufig angewandt werden.

Die uns im Leben bewusst werdenden Grössen beschränken sich nicht auf den Raum mit seinen drei Dimensionen. Als mindestens so wichtige vierte Dimension kommt die *Zeit* hinzu. Als Gegebenheit der Natur zur Bestimmung der Zeit dienen seit jeher dank der Rotation der Erde die Gestirne. Erst in neuester Zeit wurden durch die Erkenntnisse der modernen Physik von der Erdrotation unabhängige Methoden der Zeitmessung gefunden, die in absehbarer Zeit die astronomische Zeitmessung ersetzen können (Atomuhr). Als vom Menschen geschaffenes Hilfsmittel dient die Uhr, wobei die Sonnenuhr noch als astronomische Methode anzusehen ist. Die astronomische Zeitmessung mittlerer Genauigkeit als Selbstzweck, also zur Bestimmung der Uhrzeit, hat heute kaum mehr Bedeutung, da man mit geeigneten Radiogeräten auf der ganzen Welt genaueste Zeitzeichen empfangen kann. Da jedoch eine der beiden zur astronomischen Standortbestimmung gehörenden Grössen, nämlich die astronomische Länge, mit der Zeit in direktem Zusammenhang steht, kommt der Zeitmessung als Hilfszweck zur Standortbestimmung die gleiche Bedeutung zu wie der Breitenbestimmung.

Das Thema des Vortrages ist auf die Instrumente und Methoden zur Erreichung mittlerer Genauigkeiten beschränkt. Dabei sei als «*mittlere Genauigkeit*» der Bereich der Unsicherheit der Resultate von einer Winkelsekunde bis zu einer Winkelminute definiert, wozu man hauptsächlich Theodolite verwendet.

Aus dieser Genauigkeitsangabe im Winkelmaass geht hervor, dass bei Standortbestimmungen nicht Längenmasse z. B. in Kilometern bestimmt werden. Die bei einer astronomischen Ortsbestimmung erhaltenen Resultate ergeben lediglich die Winkel, die die Richtung des Lotes im Standort gegenüber angenommenen Nullebenen einnimmt. So bedeutet die astronomische Breite φ den Winkel zwischen dem Lot im Standpunkt und der Ebene, die zur Drehachse der Erde senkrecht steht (*Abb. 1*). Die astronomische Länge λ bedeutet den Winkel zwischen den Meridianebenen im Standpunkt und im angenommenen Längen-Nullpunkt Greenwich. Das astronomische Azimut A einer Richtung bedeutet den Horizontalwinkel im Standort zwischen den Richtungen zum Himmelspol und zum terrestrischen Zielpunkt. Da wir auf der Erdoberfläche in Längenmassen und nicht im Winkelmaass zu denken pflegen, müssen wir die Relation zwischen Strecken und Winkel kennen.

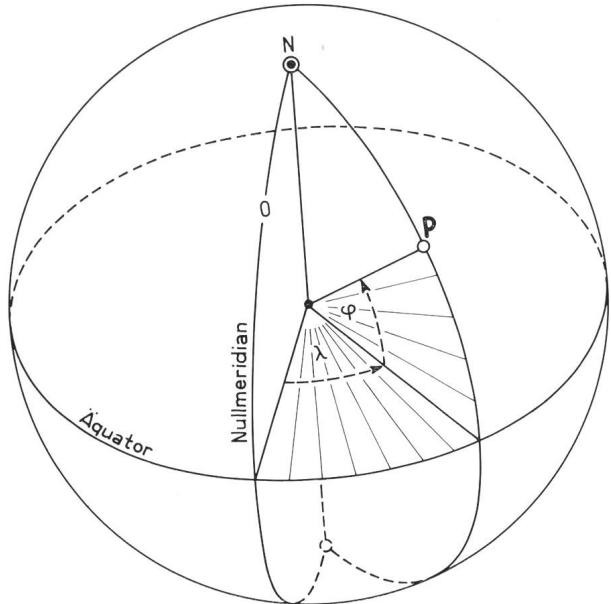


Abb. 1

Eine Winkelminute bedeutet den Winkel, den zwei Richtungen einschliessen, wenn sie nach einem Kilometer um 29 cm klapfen. Eine Winkelsekunde bedeutet den sechzigsten Teil oder 5 mm Abstand auf 1 km Distanz. Dies zeigt, dass die Genauigkeit von 1 Winkelsekunde bereits eine hohe Lagegenauigkeit von Punkten gegeneinander ergibt, was aber nur bei Azimut- oder Richtungsbestimmungen zum Ausdruck kommt. Bei Standortbestimmungen mit Gestirnen misst man ja Winkel, die Erdzentriwinkel bedeuten (Abb. 1) und deshalb mit den Erddimensionen in Zusammenhang gebracht werden müssen. Rechnet man mit einem runden Erdradius von 6370 km, so ergibt sich für die Unsicherheit einer Messung von einer Winkelsekunde eine Lageunsicherheit des Punktes von 6370 mal 5 mm, also von rund 30 Metern. Oder eine Winkelunsicherheit von einer Bogenminute entspricht einer Lageunsicherheit des Punktes von 6370 mal 29 cm, also von 1.85 km. Vor allem aus diesen Unsicherheiten im Längenmass dürfte klar werden, warum die Standortsbestimmung mit Gestirnen nur in Gebieten ohne hinreichende Karten von Bedeutung ist, da man sich ja bereits in Karten 1:100 000 mit Genauigkeiten in der Grösse von wenigen Zehnermetern einmessen kann.

Das wichtigste Instrument zur *astronomischen Orts-, Zeit- und Azimutbestimmung* mittlerer Genauigkeit ist ohne Zweifel der *Theodolit*. Woher dieser Ausdruck stammt, haben die Sprachforscher bis heute nicht herausgefunden. Die evtl. im Wort Theodolit zu erkennenden griechischen Wortstämme können sicher nicht mit dem Sinn oder Zweck oder Aufbau in Zusammenhang gebracht werden. Der Theodolit besteht im wesentlichen aus einem Fernrohr, das um eine horizontale und eine vertikale Achse drehbar ist, und somit das Anvisieren jeder beliebigen Richtung ermöglicht. Der untere Teil ist mit einem fein geteilten horizontalen Kreis versehen, auf dem die jeweiligen Richtungen des Fernrohrs im Winkelmaß abgelesen werden können. Der drehbare obere Teil trägt einen vertikalen Kreis, an dem man den Neigungs-

winkel des Fernrohres gegen die Lotrichtung messen kann. Mit Hilfe sogenannter Libellen lassen sich die Drehachsen genau ins Lot bzw. in den Horizont stellen. Diese Erklärung eines Theodolits hört sich zwar sehr einfach an. Noch vor 5 Jahrzehnten war der Aufbau der Theodolite auch einfach. Statt dessen war das Arbeiten damit kompliziert und zeitraubend. Seither ist der Aufbau des Theodolits komplizierter, die praktische Arbeit daran aber wesentlich einfacher geworden. Der Theodolit in Abb. 2, ein in Heerbrugg gebauter Wild T2, ist ohne Übertreibung der auf der ganzen Welt meistbekannteste Theodolit. Die Grundkonzeption des T2 stammt von Dr. HEINRICH WILD aus den zwanziger Jahren. Die Unsicherheit der Winkelmessung mit dem T2 beträgt 1 Winkelsekunde. Wenn man sich überlegt, dass die Kreisteilung einen Durchmesser von etwa 90 mm hat und somit 1 Winkelsekunde einem Linearmass von 2/10 000 mm entspricht, so kann man sich etwa vorstellen, welche Genauigkeitsansprüche an den Bauartiger Instrumente gestellt werden.

Die Theodolite T0 und T1 sind für geringere Genauigkeiten konstruiert, der T0 für $\frac{1}{2}$ Winkelminute, der T1 für etwa 5 Winkelsekunden. Wild baut auch ein astronomisches Universal, den T4, bei dem die Messgenauigkeit in der Grössenordnung 0.1 bis 0.2 Winkelsekunden liegt. Da die Theodolite vor al-

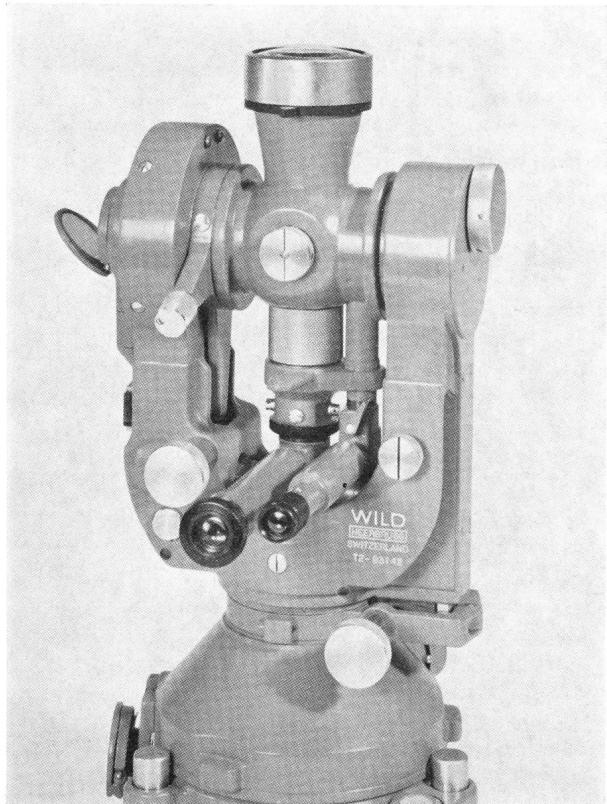


Abb. 2: Universaltheodolit Wild T2 mit Zenitolukaren.

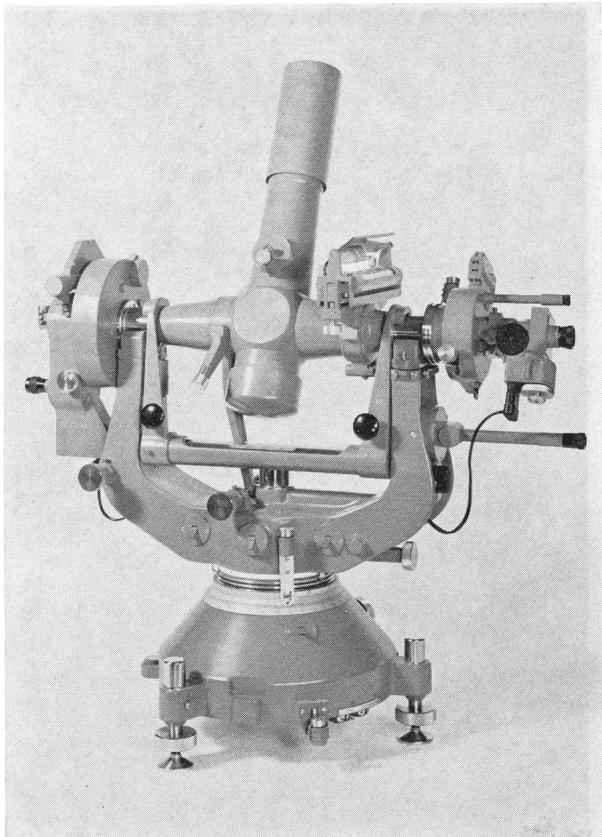


Abb. 3: Astronomisches Universal Wild T4.

lem für terrestrische Tagesmessungen mit mehr oder weniger flachen Visuren gebraucht werden, sind für die steilen Visuren in der Astronomie Zubehörteile notwendig, so z. B. die *Zenitokulare* (Abb. 2), die eine bequeme Beobachtung bis zu Zenitzielungen erlauben. Für Nachtarbeiten können die Kreise und das Fadenkreuz mit einem 4-Volt-Batteriekasten beleuchtet werden.

Der mit dem Theodolit am einfachsten durchzuführende Teil einer astronomischen Ortsbestimmung ist die *Messung der astronomischen Breite*. Sie ist gleich dem Höhenwinkel der Richtung vom Standpunkt zum Himmelspol. Der Himmelspol ist zwar nicht sichtbar, kann aber ausgedrückt werden als Mittelpunkt der scheinbaren Kreisbahn der Sterne im Laufe eines Tages.

Die Breite lässt sich z. B. bestimmen, indem man in der Abenddämmerung den Höhenwinkel zu einem polnahen Stern in seiner höchsten Kulmination und nach 12 Stunden in der Morgendämmerung in seiner tiefsten Kulmination misst. Das Mittel der beiden Höhenwinkel entspricht dem Höhenwinkel zum Himmelspol (Abb. 4). Falls man von diesem Resultat noch den Einfluss der Refraktion, also der Krümmung des Zielstrahles beim Durchlaufen der Atmosphäre subtrahiert, erreicht man eine Genauigkeit der Breite von

etwa $10''$ (Winkelsekunden). Der mittlere Refraktionseinfluss in unseren Breiten kann dabei genügend genau mit etwa $50''$ angenommen werden. Dieses Verfahren wird man vor allem beim Fehlen von astronomischen Jahrbüchern anwenden, da man dazu keinerlei Sternkoordinaten benötigt. Leider ist die Anwendung auf das Winterhalbjahr beschränkt, da die Beobachtung in 12 Stunden Abstand im Sommer kaum möglich ist.

Besitzt man einen Sternalmanach, in dem die Sternkoordinaten angegeben sind, so genügt die Beobachtung der oberen Kulmination der Sterne. Die Sternkoordinaten geben einerseits die Deklination δ , also den Winkel zwischen Himmelsäquator und Stern, und andererseits die Rektaszension RA, also die Ortssternzeit der oberen Kulmination. Aus der auf etwa ein halbes Grad genähert bekannten Länge λ_0 des Ortes und dem aus dem Almanach zu entnehmenden Unterschied R zwischen Sternzeit und mittlerer Zeit lässt sich der Zeitpunkt UT (Universalzeit) der Kulmination eines beliebigen Sternes auf wenige Minuten genau vorausberechnen.

$$UT = RA - R - \lambda_0$$

Der Zenitwinkel z_0 , unter dem ein bestimmter Stern kulminiert, kann aus der Deklination des Sterns und einer auf ein halbes Grad genähert bekannten Breite φ_0 abgeleitet werden. Die beiden Vorzeichen entsprechen den Fällen, dass der Stern zwischen Zenit und Pol oder auf der dem Pol abgewandten Seite des Meridians kulminiert.

$$z_0 = \pm (\delta - \varphi_0)$$

Man zielt also einige Minuten vor der Kulmination den Stern mit dem Fadenkreuz an und führt das

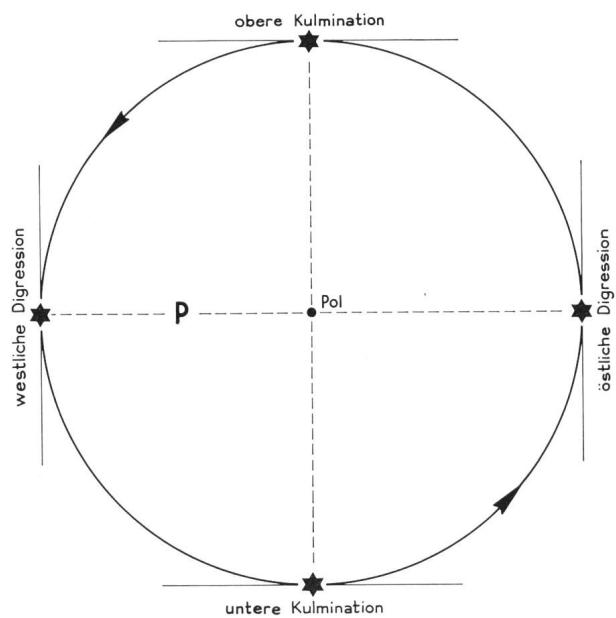


Abb. 4

Fernrohr der Bewegung des Sterns nach, bis er seine grösste Höhe erreicht hat. Die astronomische Breite φ ergibt sich aus Deklination δ , abgelesener Zenitwinkel z und Einfluss der Refraktion nach der Formel:

$$\varphi = \delta \pm (z - \text{Refraktion})$$

Der Einfluss der Refraktion variiert mit Temperatur, Luftdruck und vor allem Neigung der Visur. Gut genäherte Werte für die jeweilige Refraktion können ebenfalls dem Sternalmanach entnommen werden. Die noch verbleibenden Unsicherheiten lassen sich durch geeignete Beobachtungsanordnung weitgehend eliminieren.

Die bei diesem sehr einfachen Verfahren erreichbaren *Genauigkeiten* sind hauptsächlich von der Beobachtungsanordnung und von den verwendeten Instrumenten abhängig. Zur Sicherung der Resultate und zur Erhöhung der Genauigkeit wird man natürlich an einem Abend mehrere Sterne beobachten.

Mit dem Wild T2 beträgt die Unsicherheit dieser Breitenbestimmung bei Beobachtung von einem Dutzend Sternen etwa 1" (Winkelsekunde), mit dem T1 etwa 3 bis 5", mit dem Universal T4 etwa 0.2". Im Gegensatz zu Azimut- und Zeitbestimmungen ist der Rechenaufwand für Breitenbestimmung nach dieser Methode gering, da keinerlei trigonometrische Berechnungen erforderlich sind.

Die einfachste Methode der *astronomischen Nord- oder Azimutbestimmung* ist das Analogon der erstgenannten Methode der Breitenbestimmung. Astronomisch Nord ist die Richtung zum Himmelspol, also zum Mittelpunkt der scheinbaren Kreisbahn der Sterne. Das Azimut vom Standpunkt zu einem terrestrischen Zielpunkt, also der Horizontalwinkel im Standpunkt zwischen Himmelspol und Zielpunkt lässt sich z. B. bestimmen, indem man in der Abenddämmerung nacheinander den Zielpunkt und einen polnahen Stern in seiner östlichen Digression, das heißt seiner grössten östlichen Abweichung vom Pol, anzielt und jeweilen den Horizontalkreis des Theodolits abliest. Nach etwa 12 Stunden in der Morgendämmerung wiederholt man diese Winkelmessung in der westlichen Digression des Sterns. Das Mittel beider Winkel entspricht dem Winkel zwischen Himmelspol und Zielpunkt, also dem astronomischen Azimut. Das Verfahren ist wieder beschränkt durch die Notwendigkeit, nach etwa 12 Stunden den Stern noch zu sehen.

Kann man die Deklination oder den Polabstand p dieses polnahen Sterns aus einem Almanach entnehmen, so lässt sich der Horizontalwinkel zwischen dem Stern in seiner Digression und dem Pol leicht berechnen aus der Division Poldistanz durch cosinus der Breite φ . Es genügt dann, den nur in einer Digression gemessenen Winkel zwischen Stern und Zielpunkt um den errechneten Winkel zwischen Stern und Pol zu korrigieren, um das astronomische Azimut zu erhalten.

Bei diesen Methoden wurde vorausgesetzt, dass der Stern in der Digression, also in der ausschliesslich vertikalen Bewegungsphase angezielt wird. Der Nachteil dieser Methoden ist der Umstand, dass dabei nur einige Zeitminuten in der täglichen Bahn eines Sterns verwendbar sind. Erst die Kenntnis der Ortssterzeit und der Rektaszension des Sterns ermöglicht die Verwendung eines Sterns in einer beliebigen Stellung seiner Bahn zur Azimutbestimmung. Man liest dann im Moment des Anzielns des Sterns mit dem Fadenkreuz eine nach dem Zeitzeichen geeichte Uhr ab. Dieser Zeitpunkt kann mit Hilfe der geographischen Länge des Ortes und dem Unterschied zwischen mittlerer Zeit und Sternzeit in die Ortssterzeit umgewandelt werden. Mit der Ortssterzeit, der Rektaszension und einer genähernten Breite φ_0 lässt sich der Horizontalwinkel zwischen dem Pol und dem Stern im Moment der Zielung berechnen. Bei diesem Verfahren ist allerdings bereits die Voraussetzung für eine relativ genaue Kenntnis der astronomischen Länge des Standortes gemacht. Immerhin genügt aber bei Verwendung des Polarsterns während 1 Stunde vor bis 1 Stunde nach der Digression die Kenntnis der Länge auf 3 Winkelminuten zur Erreichung einer Azimutgenauigkeit von 1 bis 2 Winkelsekunden. Besonders wichtig zur Erreichung von Genauigkeiten besser als etwa 10 Winkelsekunden ist die genaue Lotstellung der Vertikalachse des Theodolits, da sich Fehler in der Lotrichtung bei Richtungsmessungen mit steilen Zielungen, z. B. nach dem Polarstern, stark auswirken. Als Zubehör zum T2 liefert Wild deshalb eine spezielle Reiterlibelle, an der die Lotrichtung auf etwa 1 Winkelminute genau festgestellt werden kann. Diese Libelle wird wie ein Reiter auf die Kippachse aufgesetzt.

Vielfach wird zur *Azimutbestimmung* die *Sonne* verwendet. Wesentlich von Vorteil ist dabei, dass, solange die Sonne scheint, der terrestrische Zielpunkt ohne zusätzliche Beleuchtung sichtbar ist. Da die Sonne nicht polnah ist, ist aber die Kenntnis der mittleren Ortszeit und somit der geographischen Länge auf etwa eine Sekunde genau notwendig. Da die Sonne im Gegensatz zu den Sternen nicht punktförmig ist, müssen spezielle Methoden angewandt werden, um die Messungen auf die in den Jahrbüchern angegebene Stellung der Sonnenmitte zu beziehen. Bei Sonnenbeobachtungen muss zudem das Fernrohr mit Sonnenfiltern ausgerüstet werden, um die optischen Teile vor Hitzestrahlung und das Auge vor Blendung zu schützen.

Als Kombination eines Sonnenfilters und einer Vorrichtung zum Anzielen der Sonnenmitte dient das von Prof. ROELOFS erfundene und von Wild als Zubehör zu den Theodoliten gebaute ROELOF'sche Sonnenprisma. Es ist auf das Fernrohrobjektiv aufsteckbar und besitzt vier geschwärzte keilförmige Gläser, die die Sonne derart ablenken, dass in Seite und Höhe versetzt 4 Bilder der Sonne im Fernrohr erscheinen. Diese vier Bilder schneiden sich in einem kleinen Randviereck, das den Sonnenmittelpunkt repräsentiert (Abb. 5). Zur Azimutbestimmung zielt man nach dem terrestrischen Zielpunkt den Sonnenmittelpunkt an, liest die Zeit an einer geeichten Uhr und die Richtung am Horizontalkreis ab. Aus der Uhrzeit bei der Sonnenzielung sowie mit der Breite und Länge des Standorts kann das Azimut der Sonne im Zeitpunkt der Zielung und somit das Azimut der terrestrischen Richtung berechnet werden. Je nach Genauigkeit der geographischen Länge des Standorts und der Zeitnahme lässt sich das Azimut mit der Sonne bis auf etwa 10" genau bestimmen. Genauere Messungen mit der Sonne sind infolge Unregelmässigkeiten des scheinbaren Zentrums der Sonnenbahn und Sonnenbestrahlung des Instrumentes kaum zu erreichen.

Als neuestes Hilfsmittel zur Azimutbestimmung stellt die Firma Wild ein Kreiselgerät her, mit dem das Azimut mit einer

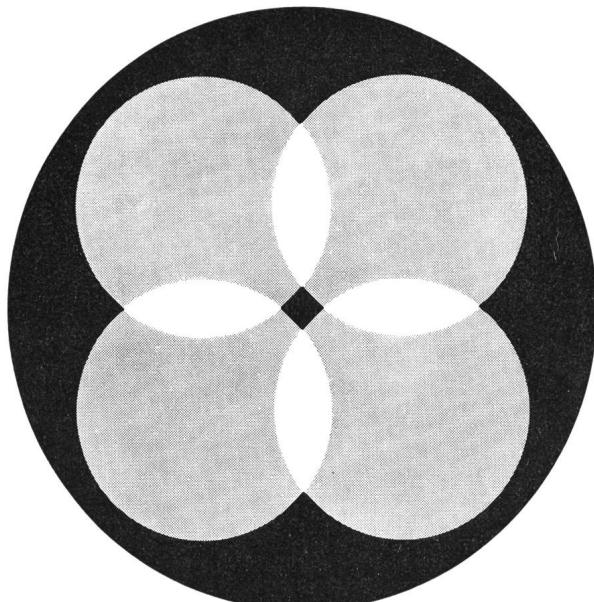


Abb. 5

Genauigkeit von $20''$ gemessen werden kann. Die Kreiselorientierung ist die einzige Methode, die dem Vermesser eine Orientierung unabhängig von Ort, Zeit und Wetter mit einer derart hohen Genauigkeit ermöglicht.

Die dritte Grösse bei einer Ortsbestimmung ist die Messung der *astronomischen Länge oder der Zeit*. Der Winkel zwischen den Meridianebenen von Greenwich und des Standortes kann im Winkelmaß oder Zeitmaß ausgedrückt werden. Kennt man die genaue Zeit durch Empfang eines Zeitzeichens oder durch Verwendung einer geeichten Uhr, so lässt sich durch astronomische Beobachtungen die astronomische Länge des Standortes bestimmen. Kennt man jedoch die astronomische Länge, so erhält man aus den Beobachtungen die Uhrzeit.

Die astronomische Zeit- oder Längenmessung stellt an den Umgang mit Vermessungsinstrumenten und an die Kenntnisse der theoretischen Grundlagen höhere Anforderungen als die Breiten- und Azimutmessungen. Es sei hier nur auf die Methode hingewiesen, die rein anschaulich am einfachsten ist. Sie setzt allerdings die Kenntnis der astronomischen Nordrichtung, also der Meridianebene voraus, deren Bestimmung vorher geschildert wurde. Aus den Sternalmanachs und mit einer genäherten geographischen Breite kann neben der Höhe, unter der ein Stern kulminiert, auch die Rektaszension RA herausgelesen werden, also die Ortssternzeit des Meridiandurchgangs. Richtet man das Fernrohr fest in die bekannte Nordrichtung ein, so überstreicht die Ziellinie beim Kippen die Meridianebene. Mit dem Unterschied R zwischen Sternzeit und mittlerer Zeit und einer genäherten Länge λ_0 lässt sich die mittlere Zeit UT eines Sterndurchgangs durch die Meridianebene genähert vorausberechnen.

$$UT = RA - R - \lambda_0$$

Wir richten also das Fernrohr einige Minuten vor dem Durchgang in die gewünschte Höhe und lesen im Moment des Sterndurchgangs durch das Fadenkreuz die geeichte Uhr ab. Der Unterschied zwischen vorausberechneter und tatsächlicher Zeit des Durchgangs wird zur genäherten Länge addiert. Das Resultat ergibt die astronomische Länge des Standortes. Kann man diese jedoch aus einer Karte z. B. auf 1 Sekunde genau entnehmen, so ergibt der Vergleich der vorausberechneten Zeit des Sterndurchgangs mit der abgelesenen Uhrzeit den Uhrstand auf etwa 1 Sekunde genau.

An einem Beispiel sei eine *praktische Anwendung* der astronomischen Ortsbestimmung mittlerer Genauigkeit gezeigt. Ich war vor einigen Jahren für ein schweizerisches Konsortium mit der Absteckung von Hochspannungsleitungen in Südmesopotamien beschäftigt. Dabei stellte sich mir unter anderem folgende Aufgabe. Ein Leitungsstück von etwa 100 km Länge musste geradlinig durch die Wüste abgesteckt werden, wobei der Anfangspunkt festgelegt war. Nach etwa 70 km sollte die Leitung ein Ölfeld derart durchqueren, dass die Mitte zwischen zwei Ölquellen auf 100 m genau eingehalten wird. Auf beiden Punkten bestimmte ich mit dem Wild-Theodolit T1 die astronomische Breite und Länge. Dann berechnete ich das aus Breiten- und Längenunterschied resultierende Anfangsazimut der Verbindung beider Punkte. Dieses Azimut übertrug ich mit Hilfe des Polarsterns ins Gelände und begann mit der Absteckung der Geraden, was etwa 1 Woche dauerte. Das Zusammentreffen auf 50 m genau mit dem zweiten Punkt zeigte, dass die Ortsbestimmung auf 1 bis 2 Winkelsekunden richtig war.

Mit einem Zusatzgerät zu den Theodoliten, dem sogenannten *Meridiansucher* von Wild, lassen sich ohne Rechnung in einem Arbeitsgang direkt Breite, Zeit und Nordrichtung bestimmen. Dieses Gerät besteht aus zwei Glaskellen, die vor das Fernrohrobjektiv aufgesteckt werden und so dimensioniert sind, dass die Ablenkinkel der Ziellinie des Fernrohrs den Polabständen der beiden Sterne α und β des kleinen Bären entsprechen. Das Fernrohr mit aufgestecktem Meridiansucher wird ungefähr auf den Polarstern gerichtet. Keilfassung und Fernrohr dreht man, bis die im Gesichtsfeld erscheinenden beiden Sterne sich im Fadenkreuz decken. Die ungebrochene Ziellinie des Fernrohrs ist damit auf etwa 1 Winkelminute genau nach Norden gerichtet, die Ablesung am Höhenkreis entspricht auf etwa $1'$ genau der Breite und die Ablesung am Stundenkreis des Meridiansuchers auf etwa 1 Zeitminute der Ortssternzeit. Aus einer kleinen beigegebenen Tabelle können noch evtl. Korrekturen wegen Refraktion und Änderung der Sternörter entnommen werden. Die mit diesem Zusatzgerät erreichbare Genauigkeit ist zwar nicht überwältigend, an Einfachheit ist diese Methode aber kaum zu überbieten.