

Paper-ID: VGI_194916



Freihandwinkelmessungen bei Meteorbeobachtungen

Hans Löschner ¹

¹ *Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **37** (4–6), S. 120–125

1949

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Loeschner_VGI_194916,  
Title = {Freihandwinkelmessungen bei Meteorbeobachtungen},  
Author = {L{\o}schner, Hans},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {120--125},  
Number = {4--6},  
Year = {1949},  
Volume = {37}  
}
```



Freihandwinkelmessungen bei Meteorbeobachtungen

Von Prof. Dr. H. Löschner, Wien

Bei der Meldung eines Meteorfalles ist bekanntlich die Leuchtbahn (Flugbahn) des Meteors möglichst genau zu beschreiben. Der bekannte Meteorforscher Prof. Dr. G. Nießl-Mayendorf und nach ihm das Astronomische Büro des Univ.-Prof. Dr. O. Thomas in Wien empfehlen die Einzeichnung der Leuchtbahn in das Straßen- oder Landschaftsbild und die Angabe der Azimute oder magn. Streichwinkel und der Höhenwinkel vom Anfangspunkt und insbesondere möglichst zuverlässig vom Endpunkt der Leuchtbahn.

Manche Beobachtungen können durch nachträgliche Messungen mit einem Winkelmeßinstrument ergänzt und vervollkommen werden. So habe ich einmal über Wunsch des Prof. Nießl die Angaben eines Beobachters auf dessen Beobachtungsort in einer Straße Brünns durch Messungen von Streichwinkel und Höhenwinkel des in das Straßenbild eingeschätzten Anfangspunktes und des Endpunktes der Leuchtbahn eines Meteors mit Hilfe eines Bussoleninstrumentes mit Höhenkreis nachträglich befriedigend vervollständigen können.

Aber oft ist eine nachträgliche Messung nicht durchführbar und oft ist es vorteilhaft, an die Beobachtung des Meteorfalles unmittelbar die wenn auch nur freihändige Messung anzuschließen.

Eine vollständige Messung umfaßt die Horizontalwinkelmessung und die Höhenwinkelmessung.

Die freihändige Horizontalwinkelmessung mit Hilfe eines in der Armweite quer zur Sehrichtung gehaltenen Zentimetermaßstabes ist schon von P. Kahle beschrieben worden¹⁾. Der Nullpunkt der von links nach rechts laufenden Zentimeterteilung wird auf den linken Zielpunkt, der Daumen-Nagel auf den rechtsseitigen Zielpunkt eingestellt. Am Daumen-Nagel erfolgt die Ablesung der Zentimeter und deren Bruchteile, und diese Ablesezahl in Zentimetern entspricht angenähert der Anzahl von Graden in alter (sexagesimaler) Teilung des gemessenen Winkels. Man nennt diese Art der Freihandwinkelmessung die brachimetrische Winkelmessung (lateinisch: brachium, griechisch: metron). Auf Grund von Vergleichsmessungen mit einem Theodolit habe ich den mittleren Fehler für Winkel bis zu 10° a. T. unter $\pm 1^{\circ}$ erhalten, für Winkel zwischen 10° und 50° a. T. durchschnittlich mit $\pm 0,8^{\circ}$ (also rd. 1°). Die mittleren Fehler wurden aus wahren Fehlern abgeleitet. Als Maßstablänge habe ich 10 bis 20 cm zweckmäßig gefunden. Große Winkel werden nicht in fortlaufender Aneinanderreihung, sondern in Abschnitten nach der Wahl eines oder mehrerer fester Zwischen-Zielpunkte gemessen.

Bei den ganz unvorhergesehenen Meteorfällen steht aber in der Regel auch ein Zentimetermaßstab nicht zur Verfügung. Ich habe daher schon seit 1911 zahlreiche Versuchsmessungen mit der bloßen Hand als eigentliche Freihandwinkel-

¹⁾ P. Kahle, „Krokieren für technische und geographische Zwecke“ in der Zeitschr. f. praktische Geologie, 1895, S. 333 f.

messungen durchgeführt, wobei als Maßstab bei ausgestrecktem rechten Arm die Spanne der rechten Hand dient. Ich visiere dabei mit dem linken Auge (bei geschlossenem rechten Auge) nach dem linksseitigen Ziel, in dessen Richtung der Daumen der rechten Hand zu halten ist.

Man kann den persönlichen Schwinkel σ , der einer Spanne in Armweite entspricht, leicht berechnen, indem man die Spanne s mißt und sodann bei ausgestrecktem rechten Arm die Distanz d vom linken Auge bis zum Daumen der rechten Hand durch einen Gehilfen messen läßt. Es ist $\operatorname{tg} \sigma = \frac{s}{d}$. Bei mir ist $s = 20,5 \text{ cm}$ und d wurde aus mehrfachen Messungen im Horizont mit $55,69 \text{ cm}$ ermittelt, woraus sich der Schwinkel $\sigma = 20^\circ 12'$ ergibt, also rd. 20° . Der Tiefpunkt zwischen dem Zeige- und dem Mittelfinger entspricht dem Schwinkel von 10° . Dazwischen kann man auf einzelne Grade schätzen.

Zu beachten ist, daß dieser Schwinkel σ nur für horizontale Zielungen gilt. Beim Heben der rechten Hand (Visieren nach Höhenobjekten) wird die Visierweite nach dem Daumen (d. i. der Abstand vom linken Auge bis zum rechten Daumen) geringer, und der nach der horizontalen Spanne laufende Schwinkel wächst allmählich.

Für vertikale Visuren erhalte ich für die Spanne bei einer Daumendistanz von 38 cm den Schwinkel mit $28^\circ 20'$. Der Schwinkel für die horizontal gehaltene Spanne wächst also vom Horizont bis zum Zenit von rd. 20° bis rd. 30° .

Will man den Horizontalwinkel zwischen zwei Zielpunkten von verschiedenen Höhenwinkeln messen, so ist es am einfachsten, die Zielpunkte zunächst auf den Horizont zu projizieren, die Fußpunkte der Perpendikel an Gegenständen der Natur festzuhalten und sodann den Horizontalwinkel zwischen diesen Fußpunkten zu messen.

Wenn man nicht mit dem linken, sondern mit dem rechten Auge (bei geschlossenem linken Auge) über die Spanne der rechten Hand visiert, so ergibt sich ein um rd. $1\frac{1}{2}$ bis 2° kleinerer Schwinkel ²⁾.

Ich habe bei Vermessungsübungen mit Studenten deren Theodolitmessungen durch die hier geschilderte Freihandwinkelmessung oftmals auf grobe Fehler kontrolliert und habe dabei vereinzelt Messungen als mit einem groben Ablesefehler behaftet erkannt.

Nicht so einfach wie die Freihand-Horizontalwinkelmessung ist die Freihand-Höhenwinkelmessung. Ich habe hierüber vielfache Versuche angestellt und als Erster berichtet ³⁾.

Die der Höhenwinkelmessung eigentümliche Schwierigkeit liegt in der Bestimmung der Ausgangsrichtung für die Messung, also der Horizont-, bzw. der Zenitrichtung. Diese Schwierigkeit läßt sich aber durch persönliche Versuchsmessungen mit einem einfachen Lot-Neigungsmesser (hand level) überwinden.

²⁾ H. L ö s c h n e r, in „Die Himmelswelt“, 1944, Heft 7—9.

³⁾ H. L ö s c h n e r, „Freihändige Höhenwinkelmessung im Dienste der Meteorbeobachtung“ in „Die Himmelswelt“, Bd. 55, 1948, Heft 5/6.

Für die Höhenwinkelmessung ist die Ausgangsrichtung durch einen Merkpunkt im Horizont des beobachtenden Auges gegeben, den ich in der Landschaft erhalte, indem ich die rechte Hand vorstrecke und den Handrücken nach Augenmaß in den Horizont des beobachtenden Auges bringe. Einen Höhenwinkel messe ich sodann mit der lotrecht nach aufwärts gerichteten Spanne der rechten Hand, wobei der Daumen nach unten an die Ausgangsrichtung (den Horizont) gehalten wird. Meine Spanne entspricht im Horizont der Augen dem Höhenwinkel von ungefähr 20 Altgraden, die Mitte zwischen Zeige- und Mittelfinger gibt 10 Altgrade.

Für die Zenitwinkelmessung verwende ich als Ausgangspunkt einen Merkpunkt im Zenit, den ich erhalte, indem ich meine rechte Hand in die Lotrechte über das linke Auge (bei geschlossenem rechten Auge) stelle. Dieser Merkpunkt liegt zwar in der Regel in der freien Luft oder auf der monotonen Decke eines Beobachtungsraumes, er kann aber doch bei unverrücktem Hinsehen mit dem beobachtenden Auge genügend sicher festgehalten werden. An diesen Merkpunkt setze ich mit dem kleinen Finger der rechten Hand das Maß der Spanne an. Der Bogen, den die Spanne in der Vertikalebene absetzt, entspricht bei mir dem Winkel von rd. 30 Altgraden.

Ein mehr als zweifaches Aneinanderreihen der Spanne ist im Interesse der Genauigkeit zu vermeiden. Ich pflege daher die Höhenwinkelmessung nur bis zur doppelten Spanne, also bis zu einem Höhenwinkel von rd. 40 Graden auszuführen. Bei größeren Höhenwinkeln pflege ich nur Zenitwinkelmessungen auszuführen, wobei ich vom geschätzten Zenitpunkt aus mit einer doppelten Spanne bis zum Zenitwinkel von rd. 60° komme.

Wichtig war nun, zu untersuchen, wie genau die Ausgangsrichtung, also 1. der Stützpunkt im Horizont für die Höhenwinkelmessung, und 2. der Stützpunkt im Zenit für die Zenitwinkelmessung ermittelt werden kann.

Zu 1. habe ich den nachfolgenden Vergleich durchgeführt: Ich stellte den Handrücken des ausgestreckten rechten Armes schätzungsweise in den Horizont des beobachtenden linken Auges (bei geschlossenem rechten Auge) ein, hielt dann diesen Horizont durch einen Merkpunkt in der Landschaft fest und ermittelte sodann mit Hilfe eines Lot-Neigungsmessers von Wolz den kleinen Neigungswinkel des nach diesem Merkpunkt laufenden Sehstrahls. Diese Vergleichsbeobachtungen habe ich unabhängig von einander nach verschiedenen Richtungen oftmals wiederholt und darnach den mittleren Fehler m_0 einer solchen schätzungsweise Bestimmung des Aug-Horizontes berechnet. Zwanzig Beobachtungen haben ergeben:

$$m_0 = \sqrt{\frac{[\Delta \Delta]}{n}} = \pm 1,04^{\circ}.$$

wobei Δ die Abweichung vom Wolz-Horizont und $n = 20$ bedeutet. Die Abweichungen schwankten zwischen 0 und 2,3°. (Den mittleren Fehler einer Neigungsmessung mit dem Wolz-Instrument fand ich aus 30 unabhängigen Messungen zu $\pm 0,5^{\circ}$.)

Sodann habe ich die Genauigkeit freihändiger Höhenwinkelmessungen durch Vergleich mit Wolz-Messungen ermittelt. Hiebei beobachtete ich in Gruppen von 20 zu 20 unabhängigen Messungen. Den Fehler m_0 in der freihändigen Bestimmung des Horizontes habe ich zunächst dadurch ausgeschieden, daß ich den Horizont mit dem Wolz'schen Neigungsmesser bestimmt und an einem Merkpunkt in der Natur festgehalten habe. Von diesem Merkpunkt aus habe ich den Höhenwinkel mit der Handspanne abgesteckt und mit dem Wolz'schen Neigungsmesser nachgemessen. Die Ergebnisse dieser freihändigen Höhenwinkelmessungen sind in der Tabelle (1) zusammengestellt:

Tabelle 1.

h	$\frac{1}{4} s$	$\frac{1}{2} s$	$1 s$	$1\frac{1}{2} s$	$2 s$
h_1	6,3 ⁰	13,0 ⁰	24,1 ⁰	35,9 ⁰	46,1 ⁰
m_1	$\pm 0,8^0$	$\pm 0,9^0$	$\pm 1,1^0$	$\pm 1,6^0$	$\pm 1,4^0$
m	$\pm 1,2^0$	$\pm 1,3^0$	$\pm 1,5^0$	$\pm 1,9^0$	$\pm 1,7^0$

In der Tabelle (1) bedeutet h den Höhenwinkel ausgedrückt in Hand-Spannen, h_1 den Höhenwinkel, wie er als Mittel aus je 20 unabhängigen Messungen mit dem Wolz-Neigungsmesser erhalten wurde. Die mittleren Fehler m_1 beziehen sich auf eine Einzelbeobachtung von den $n = 20$ Messungen mit der Hand-Spanne.

($m_1 = \pm \sqrt{\frac{[v \ v]}{n-1}}$). Bei den Freihandhöhenwinkelmessungen der Praxis wird nun auch der Horizont nach Augenmaß bestimmt, es ist daher der Gesamtfehler m einer freihändigen Höhenwinkelmessung: $m = \sqrt{m_0^2 + m_1^2}$. Dieser Gesamtfehler m ist in der Tabelle (1) gleichfalls angegeben. Hiernach kann ein Höhenwinkel, ausgedrückt in Spannen (bis zu $2 s$) mit einem mittleren Fehler von $\pm 2^0$ freihändig ermittelt werden.

Um den in Spannen gemessenen Höhenwinkel in Gradmaß zu erhalten, kann man die Spanne zunächst mit 20^0 annehmen und sodann eine Korrektur in Prozenten vornehmen unter Zugrundelegung der mit dem Neigungsmesser erhaltenen Winkelwerte. Für meine Beobachtungen folgt zum Beispiel, daß die Höhenwinkelangaben bis zu einschl. einer Spanne um 25% zu vergrößern sind und die Höhenwinkelangaben zwischen $1 s$ und $2 s$ um 18% . Für einen Höhenwinkel gemessen mit $\frac{1}{2} s$ ergibt sich hiernach in Gradmaß: $10 + 2,5 = 12,5^0$; für einen Höhenwinkel gemessen mit $1\frac{1}{2} s$ ergibt sich in Gradmaß: $30 + 5,4 = 35,4^0$. Dies in guter Übereinstimmung mit h_1 in der Tabelle. (Für viele Zwecke wird es genügen, einfach alle Beobachtungen bis zu $2 s$ mit einer mittleren Korrektur von 22% zu versehen. Dies ergäbe für $\frac{1}{2} s$ im Gradmaß: $12,2^0$ und für $1\frac{1}{2} s$ im Gradmaß: $36,6^0$.)

Zu 2) Aufsuchen des Stützpunktes im Zenit und seine Genauigkeit. Ich habe mich in den Rahmen einer geöffneten Tür gestellt, derart, daß ich in der Ebene der lotrechten Wandfläche stand. Sodann habe ich die rechte Hand lotrecht emporgehoben und sie in die Ebene der Wand gebracht, wobei ich — wie immer — mit dem linken Auge visiert habe. So war die Blickrichtung vom beobachtenden linken

Auge nach der ausgestreckten rechten Hand in die Lotrechte gebracht. Nach solchen Versuchen bekommt man bald eine befriedigende Sicherheit im Einstellen der rechten Hand in die Blickrichtung vom linken Auge nach dem Zenitpunkt, an den man dann die Zenitwinkelmessung mit der Spanne der rechten Hand anschließen kann. Die Daumenspitze bildet dabei den Ausgangspunkt der Spanne.

Um über die Genauigkeit der schätzungsweisen Einstellung der Blickrichtung nach dem Zenitpunkt Aufschluß zu erhalten, habe ich den nachfolgenden Versuch durchgeführt. Ich markierte im Rahmen einer Schiebetür von 2,6 m Höhe eine Lotrechte durch Firstpunkt und Fußpunkt und befestigte im Firstpunkt eine Zentimeter-Skala (in Schwarz-Weiß-Feldern) in Richtung der vertikalen Wandebene. Der Nullpunkt der Teilung lag in der Zenitrichtung und es konnte die Abweichung der eingeschätzten Blickrichtung von der Zenitrichtung in der Wandebene an der Skala abgelesen werden. Um diese Einstellungen unbeeinflusst vorzunehmen, habe ich mit der linken Hand einen aufgespannten Schirm über mir gehalten und die Einstellung des Daumenrandes der rechten Hand-Spanne in die Lotrechte unter dem Schirm vorgenommen. Nach seitlichem Abschwenken des Schirmes habe ich auf der nunmehr sichtbaren Zentimeter-Skala die Abweichung der Blickrichtung von der Lotrechten abgelesen. Aus 40 unabhängigen Beobachtungen ergab sich die mittlere Abweichung bei einer Beobachtung mit $\pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = + 3,246 \text{ cm}$.

Da der Abstand der Zentimeter-Skala vom Auge 1,05 m war, folgt der mittl. Fehler im Abschätzen der Richtung nach dem Zenitpunkt mit $(m_0) = \pm 1^{\circ} 46'$, also rd. 2° .

Bei der Genauigkeitsuntersuchung zur freihändigen Zenitwinkelmessung habe ich zunächst den Fehler im Einschätzen der Zenitrichtung dadurch ausgeschieden, daß ich mich in einem Türrahmen in die Ebene der lotrechten Wandfläche stellte, mit Blickrichtung senkrecht zur Wand, sodann längs dieser Wand mit dem linken Auge nach dem Zenitpunkte visierte und den Daumenrand der rechten Handspanne in diese Lotrichtung brachte. Sodann habe ich mit der Handspanne den Zenitwinkel abgesteckt und den zugehörigen Höhenwinkel (also den Ergänzungswinkel des abgesteckten Zenitwinkels) mittels des Wolz-Neigungsmessers gemessen. (Da das Wolz-Instrument nur Höhenwinkel bis 60° messen läßt, konnte ich Zenitwinkel innerhalb einer Handspanne nicht untersuchen.)

Aus der Tabelle (2) entnehmen wir, daß der Zenitwinkel für die erste Handspanne rund 35° mißt und für zwei aneinander gereihte Handspannen rund 59° (nahe 60°). Die z_1 sind die Mittel aus je 20 unabhängigen Beobachtungen. Die mittlere Fehler für eine solche Beobachtung sind aus $(m_1) = \sqrt{\frac{[v v]}{n-1}}$ berechnet.

Tabelle 2.

$Z =$	1 s	1,5 s	2 s
$z_1 =$	34,6 ⁰	46,1 ⁰	58,8 ⁰
$(m_1) =$	$\pm 1,3^{\circ}$	$\pm 1,5^{\circ}$	$\pm 0,9^{\circ}$
$(m) =$	$\pm 2,4^{\circ}$	$\pm 2,5^{\circ}$	$\pm 2,1^{\circ}$

Bei den Freihandzenitwinkelmessungen der Praxis wird nun auch der Zenitpunkt freihändig bestimmt, es ist also der Gesamtfehler (m) einer freihändigen Zenitwinkelmessung (m) = $\sqrt{(m_0)^2 + (m_1)^2}$. Hiernach sind die in Tabelle (2) enthaltenen mittleren Fehler (m) berechnet. Ein Zenitwinkel kann also mit einem mittleren Fehler von rd. $2,5^0$ freihändig ermittelt werden.

Der Vorgang bei der freihändigen Zenitwinkelmessung ist der folgende: Man mißt mit der Spanne vom geschätzten Zenitpunkt aus. Sodann berechnet man das Gradmaß, indem man zunächst den Winkelwert der Spanne mit 30^0 annimmt. Dazu kommt die prozentuelle Verbesserung, die auf Grund persönlicher Vergleichsmessungen mit einem Neigungsmesser bestimmt worden ist. Für meine Beobachtungen haben sich die in der Tabelle 3 verzeichneten Korrekturen in Prozenten ergeben.

Tabelle 3.

Zenitwinkel	Verbesserung
1 s	+ 15 ⁰ / ₀
1,5 s	+ 2 ⁰ / ₀
2 s	- 2 ⁰ / ₀

Für viele Zwecke wird es genügen, einfach alle Beobachtungen mit dem Winkelwert von 30^0 für eine Spanne zu belassen, allenfalls nur bei den Zenitwinkeln bis zu 1 s die Verbesserung von + 15⁰/₀ anzubringen.

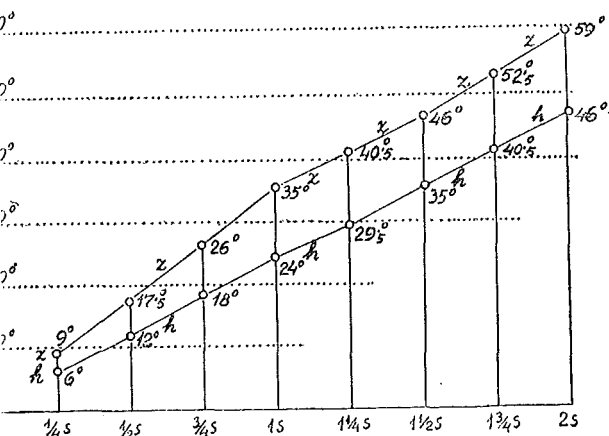


Abb. 1

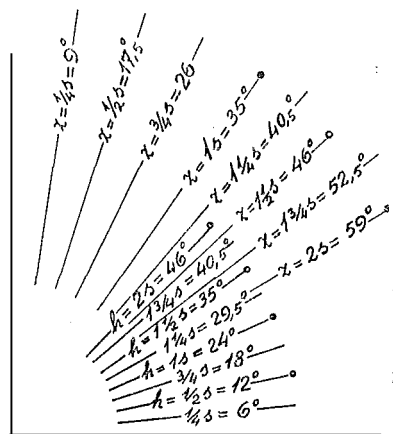


Abb. 2

Noch einfacher und genauer ist es, wenn man sich für die freihändige Höhenwinkel- und Zenitwinkelmessung ein Diagramm in der Art von Abb. 1 oder Abb. 2 herstellt, worin die persönlichen Verbesserungen berücksichtigt sind.

Es empfiehlt sich, Objekte in geringerer Höhe nach dem Höhenwinkel und Objekte in größerer Höhe nach dem Zenitwinkel einzumessen.