

Bestimmung von Azimut und Abstand:

Stundenwinkel:

$$t = \text{Gr}t \pm \lambda ; \quad + \text{ für E-Längen} \\ - \text{ für W-Längen}$$

Berechnete Höhe (= Entfernung des geißten Ortes vom Bildpunkt):

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t ;$$

Bei der Verwendung des arcsin ist zu beachten: nur Werte von $0^\circ < h < 90^\circ$ sind sinnvoll!

Der Abstand der Standlinie zum geißten Ort ergibt sich aus der Differenz zwischen gemessener und berechneter Höhe. Dabei gilt: $1'' \hat{=} 60 \text{ sm} \quad \Leftrightarrow \quad 1' \hat{=} 1 \text{ sm} \quad \text{und}$

$h_{\text{gemessen}} > h_{\text{berechnet}} \Rightarrow$ der wahre Ort liegt näher am Bildpunkt als der geißte;

$h_{\text{gemessen}} < h_{\text{berechnet}} \Rightarrow$ der wahre Ort liegt weiter vom Bildpunkt weg als der geißte;

Zur Berechnung des **Azimuths** gibt es drei äquivalente Formeln;

Zeitazimut:
$$\tan Az_r = \frac{-\sin t}{\tan \delta \cdot \cos \varphi - \sin \varphi \cdot \cos t} ;$$

Es ist zu beachten, daß der arctan nur Werte von -90° bis 90° liefert, das Azimut aber von 0° bis 360° geht. Das Azimut ist also dementsprechend umzuwandeln.

es gilt: $t > 180^\circ \Rightarrow 0^\circ \leq Az \leq 180^\circ ;$

$$t < 180^\circ \Rightarrow 180^\circ \leq Az \leq 360^\circ ;$$

Höhenazimut:
$$\cos Az_r = \frac{\sin \delta - \sin h \cdot \sin \varphi}{\cos h \cdot \cos \varphi} ;$$

Auch hier gilt, daß der arccos nur Werte von 0° bis 180° liefert. Es gilt entsprechend:

$$t > 180^\circ \Rightarrow 0^\circ \leq Az = Az_r \leq 180^\circ ;$$

$$t < 180^\circ \Rightarrow 180^\circ \leq Az = 360^\circ - Az_r \leq 360^\circ ;$$

Zeit-Höhenazimut:
$$\sin Az_r = \frac{\cos \delta \cdot \sin t}{\cos h} ;$$

Auch hier muß betrachtet werden, in welchem Quadranten das Azimut liegt.

Mittagsbesteck:

Mittagslänge:

- 1) Bestimmung des ungefähren Mittagszeitpunktes mit : Ortsmittag = $T + \frac{\lambda}{15^\circ} \cdot 1h$;
- 2) Bestimmung des genauen Mittagszeitpunktes durch zwei Messungen des gleichen Winkels vor und nach dem Mittagszeitpunkt: der exakte Ortsmittag liegt in der Mitte zwischen beiden Messungen.
- 3) Bestimmung des Grt der Sonne zum Mittagszeitpunkt aus Nautischem Jahrbuch (Grt für volle Stunde + Zuwachs aus Schalttafeln oder Interpolation)
- 4) Der Längengrad des Schiffes ist gleich dem Grt der Sonne. (Für $\text{Grt} > 180^\circ$ gilt $\lambda = (360^\circ - \text{Grt})E$);

Mittagsbreite:

- 1) Bestimmung des ungefähren Mittagszeitpunkts auf ca.1 min genau; (s.o.)
- 2) Messung des Höhenwinkels der Sonne zum Mittagszeitpunkt; (h)
- 3) Messung mit der Gesamtbeschildung verrechnen.
- 4) Bestimmung der Deklination der Sonne zum Mittagszeitpunkt aus Nautischem Jahrbuch;

5) $j = \pm_1 d \pm_2 (90^\circ - h)$

Dabei ist: $\pm_1 = +$ für nördliches δ ;

$\pm_1 = -$ für südliches δ ;

$\pm_2 = +$ für Sonne im Süden;

$\pm_2 = -$ für Sonne im Norden;

Gesamtbeschickung (Gb) für die Sonne für eine Augeshöhe von 2m:

Kimmabstand	Gb
>18°	11'
>25°	12'
>40°	13'

oder:

$$Gb = 16,55 - \frac{60}{\text{Kimmabst.}} + 0,25 \cdot \cos(30 \cdot \text{Monat}) - 1,8 \cdot \sqrt{\text{Augeshöhe}}$$

Beide Werte gelten nur für Kimmabstände >18°, da die Messung der Sonne bei kleineren Kimmabständen nicht sinnvoll ist.

Formelzeichen:

- Grt Greenwich-Stundenwinkel = Bildpunktlänge (0<Grt < 360°, keine Ostlängen);
- δ Deklination = Bildpunktsbreite;
- λ Länge des (gegißten) Schiffsortes (Bei Berechnungen: Westlängen negativ);
- φ Breite des (gegißten) Schiffsortes (Bei Berechnungen: Südbreiten negativ);
- t Stundenwinkel (0<t<360°, wie bei Grt);
- Az Azimut = Richtung vom Schiffsort zum Bildpunkt hin;
- Gb Gesamtbeschickung;

Formeln für den Rechner:

Gesamtbeschickungen:

Sonne: (Unterrand ab 14° Kimmabstand)

$$Gb = 16,55 - \frac{60}{h} + 0,25 \cdot \cos(30 \cdot \text{Monat}) - 1,8 \cdot \sqrt{Ah};$$

(Oberrand:)

$$Gb = 16,55 - \frac{60}{h} - 0,25 \cdot \cos(30 \cdot \text{Monat}) - 1,8 \cdot \sqrt{Ah} - 32';$$

Mond: $18^\circ < h < 50^\circ$:

$$Gb = 0,49 - \frac{60}{h-1} + HP \cdot \cos h - 1,8 \cdot \sqrt{Ah} \pm HP \cdot 0,272;$$

$50^\circ < h$:

$$Gb = 0,63 - \frac{60}{h-1} + HP \cdot \cos h - 1,8 \cdot \sqrt{Ah} \pm HP \cdot 0,272;$$

”+” für Unterrand, ”-” für Oberrand

Fixsterne: (ab 14° Kimmabstand)

$$Gb = 0,4 - \frac{60}{h} - 1,8 \cdot \sqrt{Ah};$$

Planeten: wie Fixsterne. Zusatzbeschickung für HP ggf. mit:

$$Zb = HP \cdot \cos h;$$

Formelzeichen:

Ah Augeshöhe in Metern;

Gb Gesamtbeschickung;

h Höhe des Gestirns (Kimmabstand);

HP Horizontalparallaxe;

Zb Zusatzbeschickung;

Berechnung der Ephemeriden (Bildpunktkoordinaten) für Sonne und Aries:

Aktuelle Zeit:

$$t = 367 \cdot y - \text{INT} \left\{ 7 \cdot \frac{y + \text{INT} \left(\frac{m+9}{12} \right)}{4} \right\} + \text{INT} \left(\frac{275 \cdot m}{9} \right) - 730531,5 + d + \frac{\text{UTC}}{24 \text{ h}};$$

INT = Vorkommaanteil; m = Monat;

y = Jahreszahl (vierstellig); d = Tag;

Grt für Frühlingspunkt:

$$\text{Grt}_\gamma = 100,46023^\circ + 0,9856743^\circ \cdot t + \text{UTC} \cdot \frac{15^\circ}{1 \text{ h}};$$

Sonne:

$$g = 357,528^\circ + 0,9856003^\circ \cdot t;$$

$$L = 280,460^\circ + 0,9856473^\circ \cdot t + 1,915^\circ \cdot \sin g + 0,02^\circ \cdot \sin(2g);$$

$$\varepsilon = 23,439^\circ - 4^\circ \cdot 10^{-7} \cdot t;$$

$$\sin \delta = \sin L \cdot \sin \varepsilon;$$

$$\tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{\cos \varepsilon \cdot \sin L}{\cos \delta + \sin L};$$

$$\text{Grt} = \text{Grt}_\gamma - \alpha;$$

Höhen- und Horizontalwinkelmessung

Hierbei handelt es sich strenggenommen nicht um Verfahren zur Astronavigation, sondern um terrestrische Verfahren. Da die Messung aber auch mit dem Sextanten erfolgt, tauchen sie hier auf. Gegenüber der Kompasspeilung haben sie den Vorteil, dass sie erheblich genauer sind, zusammen mit einer Kompasspeilung liefern sie direkt einen Standort aus nur einem Objekt (Höhenwinkelmessung) bzw. ein Fehlerdreieck aus nur zwei Objekten.

Höhenwinkelmessung:

Höhenwinkel des Objektes mit Sextanten messen, Höhe des Objektes aus Leuchtfeuerverzeichnis oder Seekarte. Wichtig: Wenn ich die Höhe über der Wasserlinie nehme, dann unbedingt sicherstellen, dass ich – bei weit entfernten Objekten – nicht statt der Wasserlinie am Objekt die Kimm gemessen habe (Erdkrümmung!). Außerdem ggf. Gezeitenstand berücksichtigen.

Dann ergibt sich: $D = \frac{13 h}{7 H}$ Mit: $D = \text{Distanz zum Objekt in sm}$

$h = \text{gemessener Höhenwinkel in Minuten}$

$H = \text{Höhe des Objektes in m}$

Horizontalwinkelmessung:

Mit dem Sextanten den Winkel zwischen zwei bekannten Objekten messen. In der Seekarte eine Verbindungslinie zwischen den Objekten zeichnen, und an diese $90^\circ - h$ antragen. Ist $90^\circ - h$ positiv, dann weisen die Linien zu mir in (wie in der Skizze), ist es negativ, dann liegt der Schnittpunkt hinter den Objekten, die Linien weisen von mir weg. Ein Kreis um den Schnittpunkt durch die beiden Objekte liefert meine Standlinie.

