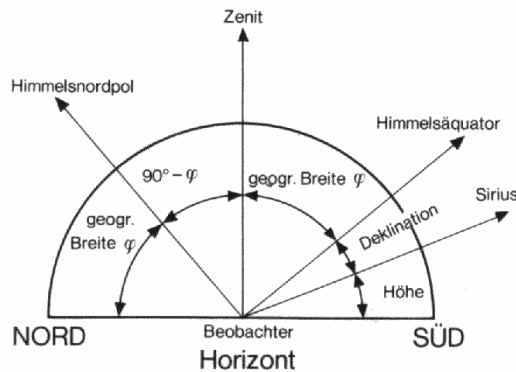


# Beziehungen zwischen Koordinatensysteme

Für zahlreiche Zwecke ist es notwendig, die Koordinaten eines Systems in das andere umzurechnen. In dieser Einführung werden wir uns im folgenden nur mit den beiden besprochenen Koordinatensystemen beschäftigen.

## Der Meridianschnitt

Eine Reihe von Beziehungen zwischen dem Horizontalsystem und dem Äquatorialsystem können mit Hilfe des **Meridianschnitts** dargestellt werden.



## Meridianschnitt

Die Polhöhe entspricht der geografischen Breite  $\varphi$ , der Äquatorhöhe, also die Höhe des Äquators über dem Südhorizont beträgt  $90^\circ - \varphi$ .

Ein Gestirn geht durch den Zenit, wenn seine Deklination  $\delta$  der geogr. Breite  $\varphi$  entspricht. Alle Gestirne die sich nicht weiter als die geogr. Breite vom Himmelsnordpol entfernen, das heißt  $\delta \geq 90^\circ - \varphi$ , sind zirkumpolar.

Ein Gestirn erreicht bei seiner oberen Kulmination eine Höhe von  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ .

Ein Gestirn mit einer Deklination von  $-\delta < 90^\circ - \varphi$  steigt am Beobachtungsort mit der Breite  $\varphi$  nicht über den Horizont.

## Umwandlung von Äquatorialkoordinaten in Horizontalkoordinaten

Möchte man Äquatorialkoordinaten in Horizontalkoordinaten oder umgekehrt umrechnen, bedient man sich des **nautischen** (auch **astronomischen**) **Dreiecks**. Das nautische Dreieck wird aus dem Gestirn, dem Himmelsnordpol und dem Zenit gebildet. Alle Formeln zur Umrechnung der Systeme wurden aus dem nautischen Dreieck abgeleitet.

Es gelten folgende Beziehungen:

$$\sin h = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos t \quad (1)$$

$$\tan A = \sin t / (\cos t * \sin \varphi - \tan \delta * \cos \varphi) \quad (2)$$

*Anmerkung zur Berechnung des Azimut:*

Die arcus tangens-Funktion liefert nur Werte zwischen  $-90^\circ$  und  $+90^\circ$ . Um Werte von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  zu erhalten, ist die Umwandlung von kartesischen in Polarkoordinaten zu verwenden, wie sie in wissenschaftlichen Taschenrechnern üblich ist.

Die oben angeführte Formel liefert den Azimut vom Süden Richtung West gezählt. Um den Azimut von Norden über Osten zu erhalten sind  $180^\circ$  zu addieren.

Es werden folgende Symbole benutzt:

A	Azimut in Grad, gemessen von S über W, N, O
h	Höhe in Grad
$\varphi$	geogr. Breite in Grad
$\delta$	Deklination in Grad
t	Stundenwinkel in Grad

### **Die Berechnung des Stundenwinkels t**

Der Stundenwinkel t eines Gestirns ist definiert als:

$$t = \theta - \alpha \quad (3)$$

t	Stundenwinkel in Stunden (durch Multiplikation mit 15 erhält man Grad)
$\alpha$	Rektaszension in Stunden
$\theta$	Ortssternzeit in Stunden

Um den Stundenwinkel eines Gestirns für einen bestimmten Zeitpunkt zu erhalten ist die Berechnung der Sternzeit erforderlich.

### **Die Bestimmung der Sternzeit**

In allen astronomischen Jahrbüchern ist die Sternzeit an einem beliebigen Datum für den Ort Greenwich (geogr. Länge  $\lambda=0^\circ$ ), für 0h Uhr UT (universal time, Weltzeit) abgedruckt.

Ist die Sternzeit für Greenwich gegeben, kann die Ortssternzeit wie folgt berechnet werden:

$$\theta = \theta_0 + \lambda / 15 + T_Z * 1.002738 \quad (4)$$

$\theta$	Ortssternzeit in Stunden
$\theta_0$	Sternzeit in Greenwich, 0h UT in Stunden
$\lambda$	geogr. Länge in Grad (positiv für östliche Längen)
$T_Z$	Zeitpunkt der Beobachtung in UT

Der Zeitpunkt der Beobachtung in UT kann wie folgt berechnet werden:

$$T_Z = \text{Uhrzeit} - \text{Differenz zur Weltzeit} - \text{Sommerzeit}$$

Die Differenz zur Weltzeit beträgt für Österreich +1h, die Sommerzeit +1h von Ende März bis Ende Oktober, sonst 0h.

#### Wichtige Anmerkungen:

Bis 1982 wurden geogr. Längen in östlicher Richtung NEGATIV gezählt. Mit Beschluss der IAU 1982 wurden dieses System umgedreht und geogr. Längen werden in östlicher Richtung POSITIV gemessen. Bei der Verwendung von Formeln ist dies unbedingt zu berücksichtigen.

Auf die Berechnung der **Sternzeit für Greenwich  $\theta_0$**  wird hier nicht weiter eingegangen und auf das Literaturverzeichnis verwiesen.

### **Weitere Berechnungen**

Möchte man den **Meridiandurchgang** eines Gestirns berechnen, bedient man sich der Kulminationsbedingung:

$$\text{Ortssternzeit } \theta = \text{Rektaszension } \alpha \quad (5)$$

Durch Umwandlung der Sternzeitformel (4) erhält man den Zeitpunkt  $T_Z$  der Kulmination, wenn die Sternzeit in Greenwich  $\theta_0$  aus Tabellen entnommen oder berechnet wird.

**Auf und Untergang** eines Gestirns errechnet man nach Umwandlung der Höhenformel (1):

$$\cos t_0 = (\sin h_0 - \sin \varphi * \sin \delta) / (\cos \varphi * \cos \delta) \quad (6)$$

$t_0$  Stundewinkel des Gestirns bei Erreichen der Höhe  $h_0$  in Grad

$h_0$  Höhe des Objekts in Grad, für welche der Stundenwinkel berechnet wird

Setzt man für  $h_0$  die gewünschte Höhe des Objekts ein (zB.  $0^\circ$  für den Aufgang bzw. Untergang) erhält man beim errechneten Stundenwinkel  $t_0$  den halben Tagbogen. Auf- und Untergang erhält man durch:

$$\theta_A = \alpha - t_0 \quad (7)$$

$$\theta_U = \alpha + t_0 \quad (8)$$

$t_0$  Stundenwinkel des Gestirns bei Erreichen der Höhe  $h_0$  in Stunden

$\alpha$  Rektaszension in Stunden

$\theta_A$  Ortssternzeit für Aufgang in Stunden

$\theta_U$  Ortssternzeit für Untergang in Stunden

Durch Umwandlung der Formel (4) kann die Uhrzeit für Aufgang und Untergang des Gestirns berechnet werden.

*Anmerkung:* Bei der Berechnung von Kulmination, Auf- und Untergang von Sonne, Mond und Planeten ist zu berücksichtigen, dass sich die Koordinaten dieser Himmelskörper ständig ändert. Für die Berechnung sind daher spezielle Algorithmen notwendig. (siehe Literaturverzeichnis)

## Die Refraktion

Setzt man in Formel (6) als Höhe  $0^\circ$  zur Berechnung des Auf- und Untergangs ein, so vernachlässigt man die Lichtbrechung in der Atmosphäre.

Als **atmosphärische Refraktion** bezeichnet man die Krümmung des Lichtes während seines Weges durch die Erdatmosphäre. Die atmosphärische Refraktion ist im Zenit null, in  $45^\circ$  Höhe etwa eine Bogeminute. Am Horizont beträgt sie etwa  $35'$ . Sonne und Mond sind deshalb in Wirklichkeit unter dem Horizont, wenn sie scheinbar auf- oder untergehen.

Für die Berechnung von Auf- und Untergängen sind daher folgende Werte zu verwenden:

Objekt	Höhe
Sterne und Planeten	- 0,567°
Sonne	- 0,833°
Mond	+ 0,125°
Bürgerliche Dämmerung	- 6°
Nautische Dämmerung	- 12°
Astronomische Dämmerung	-18°