

Reise von Gran Canaria nach St. Lucia

Trip from Gran Canaria to St. Lucia

Um die Position um 23:15 ermitteln zu können, benötigen wir die Position des Leuchtturms sowie seine Höhe. Beides finden wir im Leuchtfuerverzeichnis (oder unter Umständen in der Seekarte).

To get the position at 23:15 we need the position of the lighthouse and its height. We'll find that in the List of Lights (or possibly on the chart)

23928	-Punta Sardinia, NW.	28°09.9'N	Fl.(4)W.	157	20 White round tower, red bands
D2816		15°42.5'W	period 20s	48	75.
			fl. 0.3s, ec. 3s		
			fl. 0.3s, ec. 3s		
			fl. 0.3s, ec. 3s		
			fl. 0.3s, ec. 9.8s		

Die Position ist offensichtlich 28°09,9'N 015°42,5'W, die Höhe wird durch die beiden Zahlen 157 und 48 angegeben. Bei der 157 handelt es sich um die Höhe in Fuß und bei der 48 in Metern. Wir vernachlässigen den Einfluss der Gezeiten auf die Höhe des Leuchtturmes.

The position obviously is 28°09.9'N 015°42.5'W. The height is represented by the two numbers 157 and 48. The 157 in feet and the 48 in meters. We neglect the influence of the tide onto the height of the lighthouse.

Die Distanz kann durch nachschlagen in Tabellen oder durch Berechnen einer Formel ermittelt werden. Im Leuchtfuerverzeichnis (Pub. 113 List of Lights) findet man eine Tabelle mit dem Namen „Visibility Table“. Darin sucht man sowohl die Distanz von der eigenen Augeshöhe zum Horizont (bei 10 ft sind das 3,7 sm) als auch die Distanz von der Höhe des Feuers zu dessen Horizont (bei 157 ft sind das 14,7 sm) und addiert diese beiden Zahlen. Die Distanz zum Leuchtturm beträgt damit 17,4 sm. Schaut man hingegen in „Tafel 9 Abstand eines Feuers in der Kimm“ in *Fulst Nautische Tafeln*, so findet man für 3 m Augeshöhe und 48 m Feuerhöhe eine Distanz von 18,0 sm. Wer in *Norie's Nautical Tables* in der Tabelle „Extreme Range Table“ nachschaut, der findet für die Distanz einen Wert von 18,1 nm.

The distance can be obtained by looking into tables or by calculating a formula. In the List of Lights there is a „Visibility Table“ in which you look up the distance from your height of eye to the horizon (for 10 ft this is 3.7 nm) as well as the distance from the light to its horizon (for 157 ft this is 14.7 nm) and add those numbers to get the distance between you and the light house with 17.4 nm. Looking into *Fulst Nautical Tables* you'll find „Tafel 9 Abstand eines Feuers in der Kimm“, which reads 18.0 nm for 3 m height of eye and 48 m height of the light. In the *Norie's Nautical Tables* the equivalent „Extreme Range Table“ delivers 18.1 nm.

The calculation by formulas follows:

Die Berechnung mit der Formel folgt hier:

$$D = 2.075 * (\sqrt{h} + \sqrt{H})$$

h: Augeshöhe/Height of Eye

$$D = 2.075 * (\sqrt{3} + \sqrt{48}) = 18.0$$

H: Höhe des Feuers(Height of the Light)

Im Folgenden werde ich mit dem Wert 18,0 sm weiterarbeiten.

I will use the value 18.0 nm in the following.

Natürlich kann man die Position um 23:15 mit dieser Distanz und der rechtweisenden Peilung (068° ; Gegenrichtung 248°) zeichnerisch in der Seekarte bestimmen. Es ist aber auch rechnerisch mit Formeln möglich. Das sieht dann so aus:

Breitendifferenz $b = D * \cos(\alpha)$
 $b = 18 * \cos(248^\circ)$
 $b = -6,7 \text{ sm [']}$
 negativ => südlicher

Breite der Position: 28°03,2'N

Für die weitere Berechnung wird die sog. Mittelbreite φ_m benötigt. Das ist die Breite, die mittig zwischen der Breite des Leuchtturms und unserer Breite liegt, also 28°06,6'N

Längendifferenz $l = \frac{D * \sin(\alpha)}{\cos(\varphi_m)}$
 $l = \frac{18 * \sin(248^\circ)}{\cos(28,11^\circ)}$
 $l = -18,9'$
 negativ => westlicher

Länge der Position: 016°01,4'W

Im nächsten Schritt wird die Koppelposition für 07:15 am 25.11. bestimmt. In der Zeit von 23:15 bis 07:15 – das sind 8 Stunden - wird mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 4 kn ein Kurs von 195° gefahren. Die Strecke beträgt demnach 32 sm.

Damit kann die Koppelposition wiederum zeichnerisch in der Seekarte oder mit gleicher Rechnung wie oben bestimmt werden.

Es ergibt sich: 27°32,3'N
016°10,8'W

Of course it is possible to obtain the 23:15 position with distance an true bearing (068°; contrary direction is 248°) by a drawing on the chart. It is possible as well to get the position by calculation. That looks like this:

Difference of latitude $b = D * \cos(\alpha)$
 $b = 18 * \cos(248^\circ)$
 $b = -6.7 \text{ nm [']}$
 negativ => more to the south

LAT of the position: 28°03,2'N

For the calculation of the longitude we need the mean LAT which is right between the LAT of the light house and the LAT of our position, hence 28°06.6'N

Difference of longitude $l = \frac{D * \sin(\alpha)}{\cos(\varphi_m)}$
 $l = \frac{18 * \sin(248^\circ)}{\cos(28.11^\circ)}$
 $l = -18.9'$
 negativ => more to the west

LON of the position: 016°01.4'W

The next step is getting the position 07:15 on November 25th. From 23:15 to 07:15 – that is 8 hours - we sail with 4 kt with COG 195°. The distance is 32 nm.

With these data the Dead Reckoning position (DR) can be obtained by a drawing in the chart or by a calculation like the one above.

We get: 27°32,3'N
016°10,8'W

Jetzt endlich kommt die Astronomische Navigation ins Spiel. Für diese Musterlösung kommen die Werte für Grt (Greenwicher Stundenwinkel) und Deklination sowie deren Unterschiede (v, d) aus dem *Nautical Almanac 2024 Commercial Edition*. Wenn Du diese Werte aus anderen Quellen verwendest, dann kann es sein, dass es da minimale Abweichungen gibt.

Für die Berechnung der Höhe und des Azimuts gibt es viele verschiedene Verfahren. Für diese Aufgabe werde ich das Verfahren mit Formeln (Berechnung mit Taschenrechner) und das Verfahren mit den HO249-Tafeln zeigen. In weiteren Aufgaben kommen dann auch andere Verfahren zum Einsatz.

Zuerst das Verfahren mit Formeln

At last celestial navigation comes into play. For this sample solution the values for GHA, DEC as well as v and d come from the *Nautical Almanac 2024 Commercial Edition*. If you choose to get them from other sources there might be slightly different values.

For the sight reduction there are many different methods. For this exercise I will use the method with formulas (calculation by pocket calculator) and with the HO249 tables. In oncoming exercises other methods will be used.

At first the method with formulas

Astro-Navigation mit Formeln/with formulas

Gestirn celest body Sirius Chr 07:13:05 Ah 3 m

Datum date 25-11-24 UT1 07:12:48

Temp 5 °C / °F

Luft-Druck 1013 hPa / inch

Grt (h) 169°43,1 Unt + v 1

Zuwachs increment 3 12,5

Verb / β corr / SHA 258°26,1

Grt GHA 071°21,7

Ok λ DR/EP LON 016°10,8 Ok φ DR/EP LAT 027°32,3

t LHA 055°10,9

t 55,18167° Ok φ 27,53833° δ 016,74833°

$hr = \arcsin(\sin A * \sin B + \cos A * \cos B * \cos C)$

hr 20,58377° A, B, C, D: Vorschlag zur Speicherbelegung des Taschenrechners

hr Hc 20°35,0

hb-hr 6,4

Azr = arccos $\frac{\sin B - \sin D * \sin A}{\cos D * \cos A}$

t > 180° : Az = Azr
t < 180° : Az = 360 - Azr

Az 237°

Sextant Ablesung 20°31,5

Ib 0°2,7

Ka 20°34,2

Gb 0°5,6

Zusatz-besch. +

hb 20°28,6

ho Sextant 20°31,5

index correction 0°2,7

DIP -°3,0

apparent altitude 20°31,2

A2/A3 moon 1 0°2,6

add corr moon 2 +

A4 correction +

Ho altitude 20°28,6

Gestirn celest body Jupiter Chr 07:15:28 Ah 3 m

Datum date 25-11-24 UT1 07:15:11

Temp 5 °C / °F

Luft-Druck 1013 hPa / inch

Grt (h) 092°45,5 Unt 0 v 2,8

Zuwachs increment 3 47,8

Verb / β corr / SHA +°0,7

Grt GHA 096°34,0

Ok λ DR/EP LON 016°10,8 Ok φ DR/EP LAT 027°32,3

t LHA 080°23,2

t 80,38667° Ok φ 27,53833° δ 022,20000°

$hr = \arcsin(\sin A * \sin B + \cos A * \cos B * \cos C)$

hr 18 16728° A, B, C, D: Vorschlag zur Speicherbelegung des Taschenrechners

hr Hc 18 10,0

hb-hr 2,8

Azr = arccos $\frac{\sin B - \sin D * \sin A}{\cos D * \cos A}$

t > 180° : Az = Azr
t < 180° : Az = 360 - Azr

Az 286°

Sextant Ablesung 18 10,4

Ib 0°2,7

Ka 18 13,1

Gb 0°6,0

Zusatz-besch. +

hb 18 07,1

ho Sextant 18 10,4

index correction 0°2,7

DIP -°3,0

apparent altitude 18 10,1

A2/A3 moon 1 0°2,9

add corr moon 2 +

A4 correction +

Ho altitude 18 07,2

Die Sextantbesichtigung wurde auf zwei verschiedene Arten gemacht. Einmal mit den Tabellen aus dem (deutschen) *Nautischen Jahrbuch* (sehr ähnlich in *Fulst* oder *Norie's*) und einmal mit den Tabellen aus dem *Nautical Almanac*. Wie man beim Jupiter sehen kann, können dabei durchaus leicht unterschiedliche Werte herauskommen.

Altitude correction is done with two different ways. Once with the tables from the (german) *Nautischen Jahrbuch* (very similar in *Fulst* or *Norie's*) and once with tables from the *Nautical Almanac*. As you can see it is quite possible to get slightly different results.

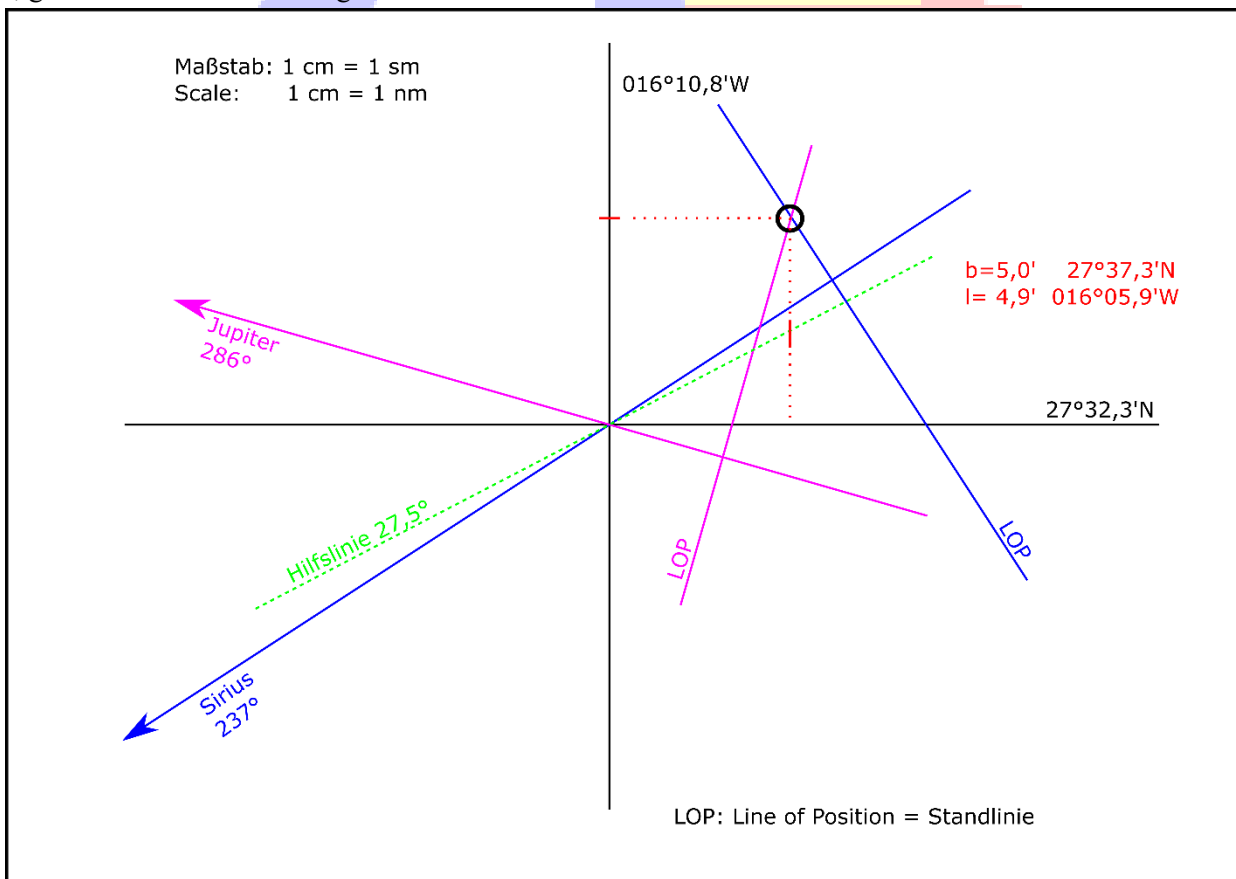
3/7

Manche Taschenrechner können mit Winkeln in Grad und Minuten mit Kommastelle umgehen, andere nicht. Daher ist im Formblatt vorgesehen, dass man die Winkel auch in Grad mit Dezimalzahlen eintragen kann. Es sollten 5 Nachkommastellen verwendet werden, um Rundungsfehler in den Ergebnissen zu vermeiden. Es ist sehr hilfreich, einen Taschenrechner mit mindestens 4 Speicherplätzen zu verwenden, da man sich dann einiges an Tipp-Arbeit erspart. Legt man die Werte in den Speichern ab, dann kann man sich das Eintragen der Dezimal-Gradzahlen sparen.

Wenn wir die Azimute und die Höhendifferenzen haben, gehen wir in die Zeichnung.

Some pocket calculators can work with degree and minutes with decimal, others can't. Therefore the form provides fields to fill in with values as degrees in decimals. You should use 5 positions after decimal point to prevent errors due to rounding. It is very helpful to use a calculator with at least 4 memories. If you put the values into the memory, you don't need to fill in the fields designated for degree values in decimals.

As soon as we have Azimuth and Intercept we start the drawing.



Der Schnittpunkt der Standlinien (LOP) ergibt unsere Position um 07:15. Die Breite kann man direkt abmessen. Da entspricht jede Seemeile einer Bogenminute. Wir liegen um 5,0' nördlicher als 27°32,3'N, also bei 27°37,3'N. Bei der Länge müssen wir beachten, dass die Meridiane mit zunehmender Breite näher zusammenrücken, man also Seemeilen und Bogenminuten nicht gleichsetzen darf.

The intersection of the Lines Of Position (LOP) is our position at 07:15. The latitude (LAT) can be determined directly. Every Nautical Mile corresponds to a minute of arc. Our position is 5.0' more northerly than 27°32.3'N, hence 27°37.3'N. With the longitude (LON) it is not that easy.

Entweder man misst die sog. Abweitung (Abstand der Position von der senkrechten Achse, hier 4,3 sm) und teilt diese durch den Kosinus der Breite oder man zeichnet sich eine Hilfslinie (in der Zeichnung grün) mit einem Winkel zur waagerechten Achse, der der Breite entspricht, fällt dann das Lot von der Position auf die Hilfslinie und misst dann entlang der Hilfslinie bis zum Ursprung die Längendifferenz. Wir liegen um 4,9' östlicher als 016°10,8'W, also auf 016°05,9'W.

The meridians converge towards north/south pole, you may not equate nautical miles with minutes of arc. Either you measure the horizontal distance from the position to the vertical axis (here 4.3 nm) and divide it by the Cosine of the LAT or you draw a helping line with an angle to the horizontal axis equaling the LAT, drop a perpendicular from the position to the helping line and then measure along the helping line to the origin. We are 4.9' more easterly than 016°10.8'W, hence at 016°05.9'W.

Und nun zum HO249-Verfahren

Beim HO249-Verfahren muss der Anwender keine Berechnungen im sphärischen Dreieck machen, sondern kann die Ergebnisse direkt aus einer Tabelle ablesen. Damit das Tafelwerk nicht unnötig groß wird, verwendet man anstatt der Koppelposition eine angenommene Position (Assumed Position), für die gilt, dass die Breite (LAT) und der Ortsstundenwinkel (LHA) ganzzahlige Gradzahlen (also die Minutenwerte gleich Null) sind.

And now the method with HO249 tables

Using the HO249 method the user does not need to calculate within the spherical triangle but can read the results from a table. To limitate the tables in size instead of Dead Reckoning Position (DR) or Estimated Position (EP) a so called Assumed Position (AP) is used. For AP applies that LAT and LHA are whole degree numbers (minutes = 0).

Celestial Navigation with HO249 tables

celestial object Sirius clock 07 13 05 date 25-11-24 GHA (h) 169° 43,1' Increment 3° 12,5' SHA corr (v) +258° 26,1' GHA 071° 21,7' EP/DR Long 016° 10,8'	clock corr. 0 : 17 UT1 07 12 48 Hight of Eye 3 m Temp — °C / °F Air Pressure — hPa / inch Dec (h) 16° 44,9' HP — Dec 16° 44,9' EP/DR Lat 027° 32,3'	celestial object Jupiter clock 07 15 28 date 25-11-24 GHA (h) 092° 45,5' Increment 3° 47,8' SHA corr (v) + 0° 0,7' GHA 096° 34,0' EP/DR Long 016° 10,8'	clock corr. 0 : 17 UT1 07 15 11 Hight of Eye 3 m Temp — °C / °F Air Pressure — hPa / inch Dec (h) 22° 12,0' HP 0,0' Dec 22° 12,0' EP/DR Lat 027° 32,3'
---	--	--	---



AP Long 016° 21,7' AP Lat (nwd) 28° 00,0' LHA 055° 00,0' Dec rounded down 16° 00,0' nwd = nearest whole degree AP = Assumed Position	hs Sextant 20° 31,5' index correction 0° 2,7' DIP - 0° 3,0' apparent altitude 20° 31,2' A2/A3 moon 1 0° 2,6' add corr moon 2 — A4 correction — Ho altitude 20° 28,6'	AP Long 016° 34,0' AP Lat (nwd) 28° 00,0' LHA 080° 00,0' Dec rounded down 22° 00,0' nwd = nearest whole degree AP = Assumed Position	hs Sextant 18° 10,4' index correction 0° 2,7' DIP - 0° 3,0' apparent altitude 18° 10,1' A2/A3 moon 1 0° 2,9' add corr moon 2 — A4 correction — Ho altitude 18° 07,2'
---	---	---	---

HO249 tables: Hc **20° 56'**, d **0° 0' 38"**, Z **123°**, table 5, Lat N **360**, LHA **0-180**, Lat S **180-360**, Hr **20° 28'**, Az **237°**, Ho-Hr **0,6'**, Az **286°**, Ho altitude **30,8'**

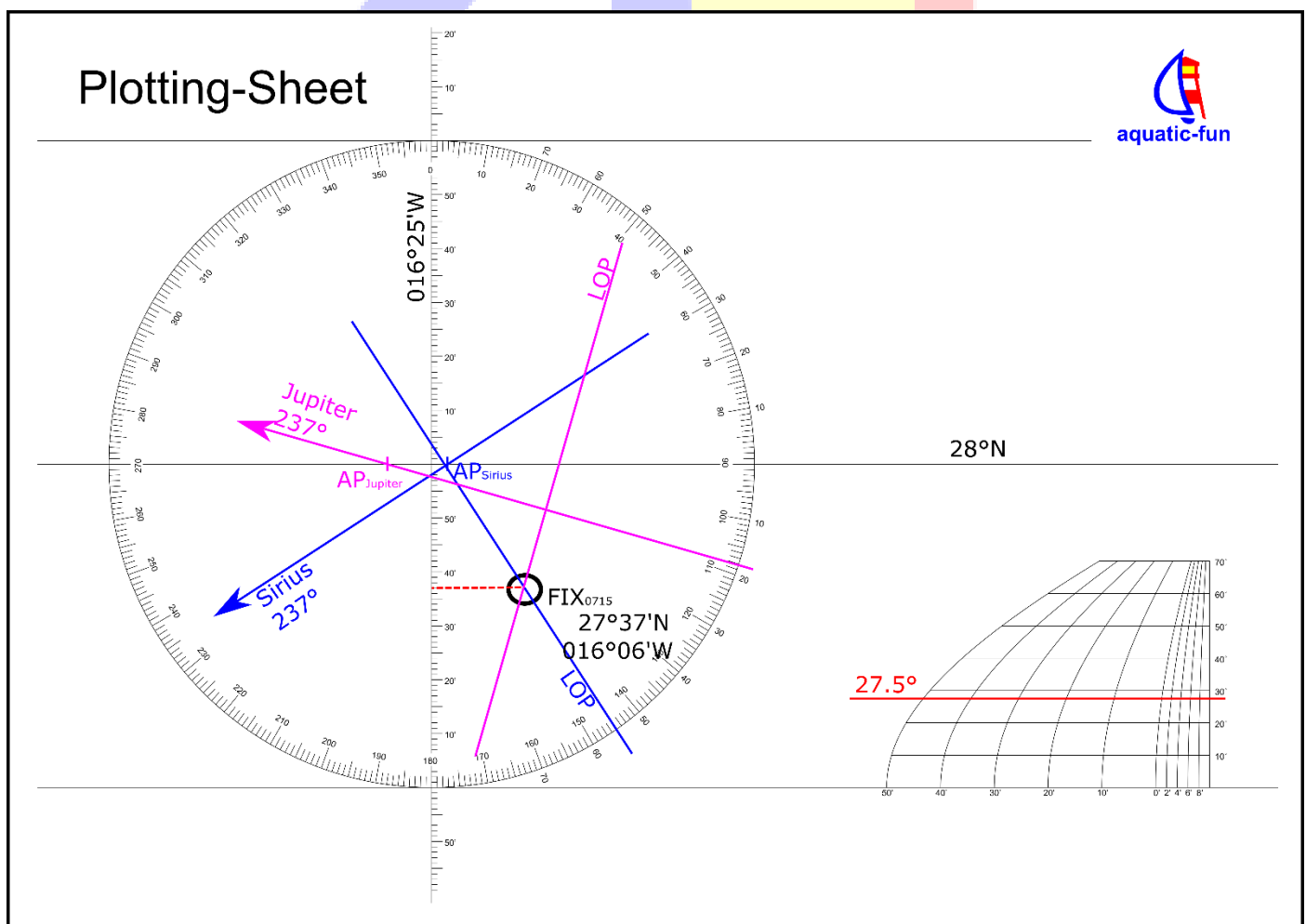
* is towards
 - is away

Da Azimuth und Höhendifferenz für jede Messung mit einer eigenen angenommenen Position bestimmt wurden, muss auch für jede Messung in der Zeichnung, die AP eingezeichnet werden und von ihr aus der Azimut gezeichnet werden.

Since Azimuth and Intercept have been determined with a separate Assumed Position (AP), there has to be a specific AP for each measurement in the drawing.

Die Zeichnung kann man auf einem sogenannten Plotting-Sheet oder auf einem leeren Blatt Papier machen. Zunächst werde ich zeigen, wie es auf einem Plotting-Sheet aussieht, danach mit einem leeren Blatt Papier.

You can do the drawing on a plotting sheet or on a plane sheet of paper. First I will show the way using the plotting sheet. Thereafter I will show the way using a plane sheet of paper.

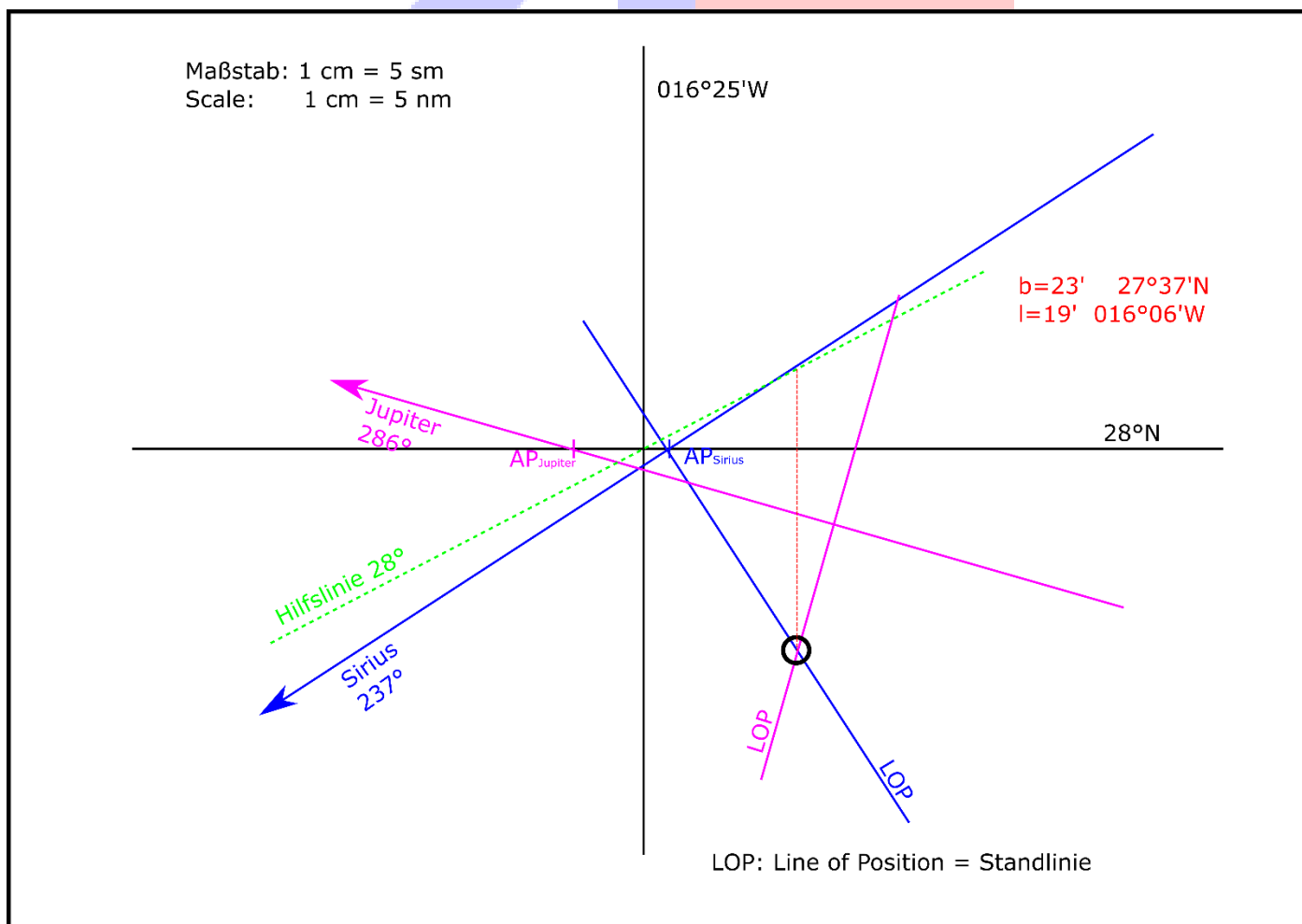


Die Grafik rechts unten ist für die Umrechnung von Meilen in Minuten (Länge) und andersherum. Dazu eine Linie bei der entsprechenden Breite ziehen und Distanzen von der Zeichnung mit dem Marinezirkel übertragen. An der senkrechten Achse innerhalb des Kreises kann man Meilen ablesen, in der Grafik unten rechts Bogenminuten der Länge.

The right bottom graph is for conversion between Nautical Miles and Minutes of arc (longitude) and vice versa. Draw a line at the according LAT, take distances with dividers. At the vertical axis you can read Nautical Miles, in the right bottom graph you can read Minutes of arc of LON.

Hat man gerade kein Plotting-Sheet zur Hand, so kann man die Zeichnung auch problemlos auf einem leeren Blatt Papier machen. Statt der Grafik rechts unten auf dem Plotting-Sheet zeichnet man sich eine Hilfslinie durch den Koordinaten-Ursprung mit einem Winkel zur waagerechten Achse, die der Breite entspricht. Längenminuten misst man nun im entsprechenden Maßstab entlang dieser Hilfslinie ab und fällt von dort das Lot auf die entsprechende Breite. Bzw. geht man senkrecht von einer Position zu der Hilfslinie, um dann von dort bis zum Ursprung die Längenminuten abzumessen.

Is no Plotting Sheet available, then it is no hassle to simply do the drawing on a plane sheet of paper. Instead of the right bottom graph on the Plotting Sheet you draw a helping line through the origin with an angle to the horizontal axis equaling the LAT. Measure (be aware of scale) minutes of arc (LON) along this helping line, drop a perpendicular to the according LAT. Or (vice versa) drop a perpendicular from a position to the helping line and measure the minutes of arc (LON) along the helping line.



Wenn Du die Ergebnisse der beiden Methoden (berechnet mit Formeln bzw. HO249) vergleichst, dann wirst Du feststellen, dass sie nicht identisch sind. Die Abweichungen können auch noch größer werden als in diesem Beispiel. Das liegt zum einen an den Rundungen, die bei HO249 vorgenommen werden, zum anderen am unterschiedlichen Maßstab der Zeichnungen. Die beobachtete Position ist für eine weitere Navigation auf jeden Fall ausreichend genau.

Bei Fragen oder Anregungen schreibe mir gerne eine E-Mail:

Comparing the results of both methods (calculation with formulas and HO249) you will find they are not identical. These differences can even be bigger than in this example. One reason is that in HO249 rounding find place. The other reason is the scale off the drawing. The FIX we get is good enough for further navigation anyhow.

Questions or hints? Don't hesitate to contact me via e-mail: