

Vorwort

Seit 2016 sind in den Navigationsprüfungen zum SSS und SHS keine programmierbaren Taschenrechner mehr erlaubt.

Der im Folgenden genutzte CASIO fx-87DE Plus ist nicht programmierbar und vom SSS/SHS-Lenkungsausschuss für die Prüfung zugelassen. Nahezu gleich und ebenfalls zugelassen sind die Modelle: fx-87DE X und fx-991DE X.

Letzterer ist meine Empfehlung, da dieser eine besonders gute Übersicht aller Variablenspeicher gleichzeitig bietet.

Alle Modelle verfügen über 9 Variablenspeicher und können eine einmal eingegebene komplexe Rechnung mit verschiedenen Zahlenwerten in den Variablen mehrfach ausführen.

Somit sind die Berechnungen der aufwändigen Formeln, z.B. für Besteck-, Großkreis-, Gestirnhöhen- und Azimutberechnung, gut durchführbar.



Inhalt

Vorwort	1
Erklärung der Darstellung der Tasten.....	2
Grundlagen und Grundeinstellungen.....	2
Berechnen von astronomischer Höhe.....	3
Berechnung von astronomischem Azimut	4
Besteckrechnung nach Mittelbreite – Bestimmung Kurs und Distanz.....	5
Besteckrechnung nach Mittelbreite – Bestimmung Zielkoordinaten	6
Berechnung von orthodromischer Großkreisentfernung und Anfangswinkel.....	7






Diese Anwenderunterstützung ist ein erster Versuch für die neuen Taschenrechner-Bedingungen für die Prüfung zum SHS.

Ich werde diese Anleitung weiter ausbauen und unter www.lutzboehme.de online stellen. Für Hinweise zur Verbesserung dieser Anleitung und Anmerkungen bin ich dankbar.

Ich wünsche allen Prüfungsbewerbern viel Erfolg und tapferes Lernen.

Lutz Böhme

Erklärung der Darstellung der Tasten

	Grundrechenfunktion, hier Addition
	Ist die feste Grundfunktion einer Taste (hier die Winkeleingabe in Grad, Minuten, Sekunden)
	Ist die 2. Funktion einer Taste (hier die Speicherfunktion eines Wertes in einen Variablenspeicher). Diese Funktion wird durch die SHIFT -Taste aktiviert. Tipp: nach aktivieren von STO wird automatisch auf eine Speichertaste (A...F, M, X oder Y) gewartet. Ein vorheriges Drücken der ALPHA -Taste zur Auswahl des Speicherbuchstabens ist dann nicht notwendig. Bei einigen Modellen ist die STO eine Hauptfunktionstaste und RCL die 2. Funktion.
	Ist die alphanumerische Funktion einer Taste (hier die Variablenspeicher „A“ und „Y“). Diese Funktion wird durch die ALPHA -Taste aktiviert.
	Die große runde Schaltwippe kann nach Oben und Unten sowie nach Links und Rechts betätigt werden (hier nach Oben dargestellt)

Im Model CASIO fx-991 DE X ist die Hintergrundfarbe der Tasten etwas anders als hier dargestellt und statt einer blauen Schaltwippe gibt es vier silberne Cursortasten für $\leftarrow \uparrow \rightarrow \downarrow$.

Grundlagen und Grundeinstellungen

Der fx- kann Brüche wie in geschriebener Form $\frac{\sin(A)}{\cos(B)} = C$ darstellen. Diese Darstellungsart ist über **SETUP** und dann **1:Mth2D** und **1:2D** aktivierbar oder über **2:Linear** deaktivierbar.




Werden Ergebnisse dann als Bruch ausgegeben, wird mit **S \leftrightarrow D** wieder in dezimale Werte gewandelt.

Grundsätzlich muss der fx- für alle folgenden Berechnungen im Deg-Modus über **SETUP** und dann **3:Deg** für Winkelberechnungen eingestellt sein. Diese Einstellung entspricht der Grundeinstellung.

Der fx- beachtet Punkt- vor Strichrechnung selbständig. Schließende Klammern, zum Beispiel nach Eingabe von **cos()**, müssen aber ggf. selbst gesetzt werden.

Der SSS/SHS-Lenkungsausschuss empfiehlt, sämtliche Werte auf mind. 5 Nachkommastellen zu nutzen.

In den unten folgenden Beispielen wird folgende Darstellung verwendet:

	Arbeitsschritt	Taschenrechnerein- / ausgabe
1.	Eingabe von $\varphi_K: 54^\circ 30,5' N$ und Speicherung in „A“	54  30  , 6  STO A
2.	Ausgabe von „A“	RCL A 54°30'36"

Berechnen von astronomischer Höhe

Gegeben sind die Koppelortkoordinaten O_K -Breite (φ_K): $54^\circ 00,0' N$ sowie die astronomischen Werte LHA (t): $058^\circ 08,2'$ und Deklination (δ): $02^\circ 26,4' S$.

Zuerst werden die Werte für φ , δ und t direkt in Winkelwerten eingegeben und in Variablenspeichern eingefügt.

1.	Eingabe von φ_K : $54^\circ 00,0' N$	54 $^\circ$ $'$ $''$
2.	Speicherung von φ_K in Speicher A	STO A
3.	Eingabe von δ : $02^\circ 26,4' S$ (Achtung: Süd = negativer Wert)	(-) 2 $^\circ$ $'$ $''$ 26,4 $^\circ$ $'$ $''$
4.	Speicherung von δ in Speicher B	STO B
5.	Eingabe von t: $058^\circ 08,2'$	58 $^\circ$ $'$ $''$ 8,2 $^\circ$ $'$ $''$
6.	Speicherung von t in Speicher C	STO C

Nun erfolgt die eigentliche Formeleingabe für die Gestirns Höhe: h_r .

$$h_r = \arcsin(\sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t)$$

Damit (später) mehrere Gestirne in Folge berechnet werden können, werden in die Formel die Variablennamen statt der Zahlenwerte eingegeben. So kann die Formel nach Neueingabe der Werte in die Variablen wiederholt – mit den neuen Werten - ausgerechnet werden.

1.	Eingabe von arcsin (sin A x sin B + ...	\sin^{-1} sin A) x sin B) +
2.	Eingabe von ... cos A x cos B x ...	cos A) x cos B) x
3.	Eingabe von ... cos C)	cos C))
4.	Berechnung starten	=
5.	Anzeige lautet:	15,9956942
6.	Umrechnung des Dezimalwinkels in Grad, Minuten und Sekunden	$^\circ$ $'$ $''$
7.	Ergebnis lautet, Grad- und Minuten notieren	$15^\circ 59' 44,5''$
8.	Umrechnung der Winkelsekunden in Dezimalgrad: dazu manuelle Eingabe der Sekunden / 60; ggf. Umwandlung in dezimal	44,5 \div 60 = $\frac{89}{120}$ S \leftrightarrow D
9.	Anzeige lautet: Diese Werte sind die Nachkommastellen der Winkelminuten in dezimaler Darstellung	0,741666...

Ergebnis: $h_r = 15^\circ 59,741666'$

Dieser Wert darf auf eine Nachkommastelle gerundet werden: $h_r = 15^\circ 59,7'$

Berechnung von astronomischem Azimut

Nun erfolgt die Eingabe der Formel für das Azimut-Strich: Az' .

$$Az' = \arctan\left(\frac{\sin t}{\sin \varphi \times \cos t - \tan \delta \times \cos \varphi}\right)$$

Die notwendigen Werte befinden sich ggf. noch in den Variablenspeichern, müssten andernfalls wie bei der Berechnung von h_r eingegeben werden. Siehe Vorseite.

Die Formel wird am besten im Mth2D-Darstellung eingegeben (siehe Grundeinstellungen).

1.	Eingabe von $\arctan\left(\frac{\sin C}{\sin A \times \dots}\right)$	
2.	Eingabe von $\dots \cos C - \tan B \times \cos A$	
3.	Berechnung starten	
4.	Anzeige lautet:	61,97178727

Nun muss das Azimut mit den folgenden Bedingungen vollkreisig angepasst werden:

Wenn $t < 180^\circ$ dann:

Wenn $Az' < 0$ dann $Az = Az' + 360^\circ$ sonst $Az = Az' + 180^\circ$

Wenn $t \geq 180^\circ$ dann:

Wenn $Az' < 0^\circ$ dann $Az = Az' + 180^\circ$ sonst $Az = Az'$

In diesem Beispiel ist $t = 058^\circ 08,2'$ somit kleiner als 180° , es gilt die obere Bedingung.

Azimut' ist laut Berechnung $61,971\dots^\circ$ somit größer als 0° , es gilt die zweite Bedingung: das Azimut' muss noch um 180° vergrößert werden.

4.	Anzeige lautet:	61,97178727
5.	Azimut plus 180°	
6.	Anzeige lautet:	241,9717873

Ergebnis: $Az = 241,9717873$

Da das Azimut für die weitere (meist grafische) Lösung auf ganze Grade gerundet werden kann, liegt das Ergebnis vor: $Az = 242^\circ$

Besteckrechnung nach Mittelbreite – Bestimmung Kurs und Distanz

Berechnungen nach Mittelbreite sind nur für Entfernungen < 500sm sinnvoll.

Gegeben sind Start- (φ_A, λ_A) und Zielkoordinaten (φ_B, λ_B), gesucht werden der Kurs (α) und die Distanz (d).

Die Formeln lauten:

$$\varphi_M = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} \quad d_{lox} = \sqrt{(\Delta\varphi)^2 + (\Delta\lambda)^2} \quad \alpha_{lox}' = \arctan\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi}\right)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A \quad \Delta\lambda = (\lambda_B - \lambda_A) \times \cos\varphi_M$$

An folgendem Beispiel werde alle Schritte verdeutlicht:

Beispiel: $\varphi_A = 27^\circ 54,2' \text{ N}$, $\lambda_A = 015^\circ 42,1' \text{ W}$, $\varphi_B = 26^\circ 56,8' \text{ N}$, $\lambda_B = 017^\circ 14,4' \text{ W}$

1.	Eingabe von φ_A : $27^\circ 54,2' \text{ N}$ und Speicherung in Speicher A	27 ° ' 54,2 STO A
2.	Eingabe von λ_A : $015^\circ 42,1' \text{ W}$ und Speicherung in Speicher B	(-) 15 ° ' 42,1 STO B
3.	Eingabe von φ_B : $26^\circ 56,8' \text{ N}$ und Speicherung in Speicher C	26 ° ' 56,8 STO C
4.	Eingabe von λ_B : $017^\circ 14,4' \text{ W}$ und Speicherung in Speicher D	(-) 17 ° ' 14,4 STO D
5.	Berechnung der Mittelbreite φ_M ...	RCL A + RCL C =
6.	...	54°51'0" ÷ 2 =
7.	... und Speicherung in M	27°25'30" STO M
8.	$\Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_A$ berechnen ...	RCL C - RCL A =
9.	... und in X speichern	-0°57'24" STO X
10.	$\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A$ berechnen ...	RCL D - RCL B =
11.	... und in Y speichern	-1°32'18" STO Y
12.	d_{lox} berechnen	$\sqrt{X^2 + (Y \times \cos M)^2} = 1,6672302...$
13.	d_{lox} aus Winkelgrad in Winkelminuten = Seemeilen umrechnen	$\times 60 = 100,0338...$
	<u>Ergebnis: $d_{lox} = 100,0 \text{ sm}$</u> auf eine Nachkommastelle runden	
14.	α_{lox}' berechnen	$\tan^{-1} \left(\frac{Y}{X \cos M} \right) \times \text{Ans} = 54,98394267$

Nun muss α_{lox}' mit den folgenden Bedingungen vollkreisig angepasst werden. Dabei müssen die Vorzeichen von α_{lox}' sehr gewissenhaft beachtet werden.

Für N-Kurse gilt: $\alpha_{lox} = 360^\circ + \alpha_{lox}'$

Für S-Kurse gilt: $\alpha_{lox} = 180^\circ + \alpha_{lox}'$

Im Beispiel ist $\alpha_{lox}' = + 54,98...^\circ$ und $\varphi_A > \varphi_B$ (südlicher Kurs) somit:

15.		180 + Ans = 234,98...
	<u>Ergebnis: $\alpha_{lox} = 235^\circ$</u> auf volle Gradzahl runden	

Besteckrechnung nach Mittelbreite – Bestimmung Zielkoordinaten

Gegeben sind Startkoordinaten (φ_A , λ_A), der Kurs (α) und die Distanz (d), gesucht werden die Zielkoordinaten (φ_B , λ_B).

Die Formeln lauten:

$$\varphi_M = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} \quad \Delta\varphi = d \times \cos \alpha \quad \varphi_B = \varphi_A + \Delta\varphi$$

$$\Delta\lambda = \frac{d \times \sin \alpha}{\cos \varphi_M} \quad \lambda_B = \lambda_A + \Delta\lambda$$

An folgendem Beispiel werden alle Schritte verdeutlicht:

Beispiel: $\varphi_A = 27^\circ 54,2' \text{ N}$, $\lambda_A = 015^\circ 42,1' \text{ W}$, $\alpha = 235^\circ$, $d = 100 \text{ sm}$

1.	$\Delta\varphi = d \times \cos \alpha$ wird zuerst berechnet, wobei d in Winkelminuten eingegeben wird: $0^\circ 100' \times \cos (235) =$	$0 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } 100 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } \times \text{ } \cos \text{ } 235 \text{ } =$
2.	Ergebnis ist $\Delta\varphi$	$-0^\circ 57' 21,46''$
3.	$\Delta\varphi$ mit φ_A addieren =	$+ \text{ } 27 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } 54,2 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } =$
4.	Ergebnis ist φ_B , dies in Speicher „M“ („M“ für die noch folgende Berechnung der Mittelbreite)	$26^\circ 56' 50,54'' \text{ STO M}$
5.	Winkelsekunden φ_B in nautisch umwandeln	$50,54 \div 60 = \frac{2527}{3000} \text{ S}\rightarrow\text{D } 0,8423$
	Ergebnis in nautisch: $\varphi_B = 26^\circ 56,8' \text{ N}$	auf eine Nachkommastelle runden
6.	Zur Berechnung der Mittelbreite „M“ + $\varphi_A =$	$\text{RCL M } + \text{ } 27 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } 54,2 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } =$
7.	$/ 2 =$ (Tipp: Ans kommt automatisch)	$\text{Ans } \div \text{ } 2 \text{ } =$
8.	Ergebnis (φ_M) wieder in „M“ speichern	$27^\circ 25' 31,27'' \text{ STO M}$
	$\Delta\lambda = d \times \sin \alpha$ wird berechnet, wobei d wieder in Winkelminuten eingegeben wird	
9.	$0^\circ 100' \times \sin (235) =$	$0 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } 100 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } \times \text{ } \sin \text{ } 235 \text{ } =$
10.	Zwischenergebnis	$-1^\circ 21' 54,91''$
11.	Zwischenergebnis / $\cos (\varphi_M) = \Delta\lambda$	$\text{Ans } \div \text{ } \cos \text{ } \text{RCL M } =$
12.	$\Delta\lambda$ (Tipp: Ans kommt automatisch)	$-1^\circ 32' 17,23''$
13.	$\Delta\lambda + \lambda_A = \lambda_B$ (Tipp: Westlänge: (-))	$\text{Ans } + \text{ } (-) \text{ } 15 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } 42,1 \text{ } ^\circ \text{ } '' \text{ } =$
14.	Ergebnis λ_B	$-17^\circ 14' 23,23''$
15.	Winkelsekunden in Dezimalminuten wandeln	$23,23 \div 60 = \frac{2323}{6000} \text{ S}\rightarrow\text{D } 0,38716$
16.	λ_B aus Winkelgrad, -minuten und Dezimalminuten nautisch zusammenstellen:	auf eine Nachkommastelle runden
	In nautischer Form: $\lambda_B = 017^\circ 14,4' \text{ W}$	

Die Bestimmungsortkoordinaten im Beispiel lauten somit: $\varphi_B = 26^\circ 56,8' \text{ N}$, $\lambda_B = 017^\circ 14,4' \text{ W}$.

Hinweis: φ_A , d und α hätten auch in Speichern abgelegt und daraus genutzt werden können, bringt in dieser Berechnung aber nur wenig Zeitvorteil.

Berechnung von orthodromischer Großkreisentfernung und Anfangswinkel

Gegeben sind die Koordinaten des Start- und Zielpunktes:

Start-Breite (φ): 40°30,0' N und Start-Länge (λ): 070°20,0' W

Ziel-Breite (φ): 49°30,0' N und Ziel-Länge (λ): 006°45,0' W

Die Formel für die orthodromische Distanz in Winkelgrad ($0^\circ 01' \Leftrightarrow 1 \text{ sm}$) lautet:

$$d_{orth} = \cos^{-1}(\sin \varphi_A \times \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \times \cos \varphi_B \times \cos \Delta\lambda)$$

Da auch für die weiteren Berechnungen nur die Differenz der beiden Positions-Längengrade ($\Delta\lambda$) notwendig ist, wird gleich diese Differenz ($\lambda_B - \lambda_A$) berechnet und in Variable C zwischengespeichert.

1.	Eingabe: λ_B : 006°45' W – (Achtung: West = negativer Wert)	
2.	Eingabe: λ_A : 070°20' W = (Achtung: West = negativer Wert)	
3.	Anzeige des Ergebnisses:	63°35'0"
4.	Das Ergebnis bleibt in dieser Form und wird in C gespeichert	

Nun erfolgt die Eingabe der beiden Breiten.

5.	Eingabe: φ_A : 40°30,0 N und Speicherung in A	
6.	Eingabe: φ_B : 49°30,0' N und Speicherung in B	

Jetzt die eigentliche Formel:

7.	Eingabe von $\arccos(\sin A \times \sin B + \dots$	
8.	Eingabe von $\dots \cos A \times \cos B \times \dots$	
9.	Eingabe von $\dots \cos C$	
10.	Berechnung starten	
11.	Anzeige lautet:	44,47523605
12.	Dieser Wert wird in D gespeichert	
13.	Dieser Wert in Grad wird nun in Seemeilen Distanz umgerechnet: * 60sm/°	
14.	Ergebnis (δ_D) in Seemeilen:	2668,5...

Der Anfangskurs wird mit folgender Formel bestimmt:

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{\sin \varphi_B - \cos \delta_G \times \sin \varphi_A}{\cos \varphi_A \times \sin \delta_G}\right)$$

Die Formel wird am besten im Mth2D-Darstellung eingegeben (siehe Einleitung).

16.	Eingabe von $\arccos(\frac{\sin B - \cos D \times \dots}{\dots})$	
17.	Eingabe von $\dots \sin A \frac{\sin B - \cos D \times \dots}{\dots} \cos A \times \sin D$	
18.	Berechnung starten	
19.	Der Anfangskurs lautet 56,1°	56,118605...

Demnächst geht es weiter...

Was wird noch benötigt?