

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

### Berechnungsverfahren:

Die Meteorspur wird berechnet für alle gemeinsamen Schnittlinien der Ebenen der Beobachtungsorte, welche durch die Punkte Ort-Spuranfang-Spurende gelegt werden. Diese Methode verwendet die Punkte Spuranfang und Spurende nur um die Lage dieser Ebenen im Raum zu definieren. Sie ist deshalb auch dann gut geeignet, wenn die Anfangs- bzw. Endpunkte der von den Orten 1 und 2 beobachteten Spurbahnen nicht die gleichen sind.

### Beobachtungsdaten: Geografische Koordinaten der Beobachtungsorte:

Beobachtungsorte:	Nr.	Stat.-Id.	Stationsname	Geogr. Koordinaten		Höhe über Meer [km]
				Breite $\Phi$ [° dez.]	Länge $\lambda$ [° dez.]	
				$\Phi$ nördlich positiv, südlich negativ	$\lambda$ östlich von Greenwich positiv, westlich von Greenwich negativ	

ORT_KOORD1 =	$\begin{pmatrix} 1 & \text{"BOS"} & \text{"Privatsternwarte Bos-cha"} \\ 2 & \text{"GNO"} & \text{"Osservatorio Astronomico di Gnosca"} \\ 3 & \text{"LOC"} & \text{"Beobachtungsstation Locarno"} \end{pmatrix}$	ORT_KOORD2 =	$\begin{pmatrix} 46.777367 & 10.169708 & 1.666 \\ 46.231461 & 9.024039 & 0.254 \\ 46.1723 & 8.7878 & 0.367 \end{pmatrix}$
--------------	---	--------------	---

### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 24

Monat: M = 11

Jahr: Y = 2015

Weltzeit: UT = 17.376667 [h dezimal]

Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 3

Epoche der Äquatorkoordinaten:

Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 3

JD<sub>Epoche</sub> = 2451545

(J2000.0 = Julianisches Datum 2451545,0)

Umgerechnete bzw. vorgegebene Horizont-Koordinaten:

Richtungen zu den Anfangs- und Endpunkten der Bahnspur (Zählweise der Azimutwinkel von Süden (0°) über Westen (90°) usw):

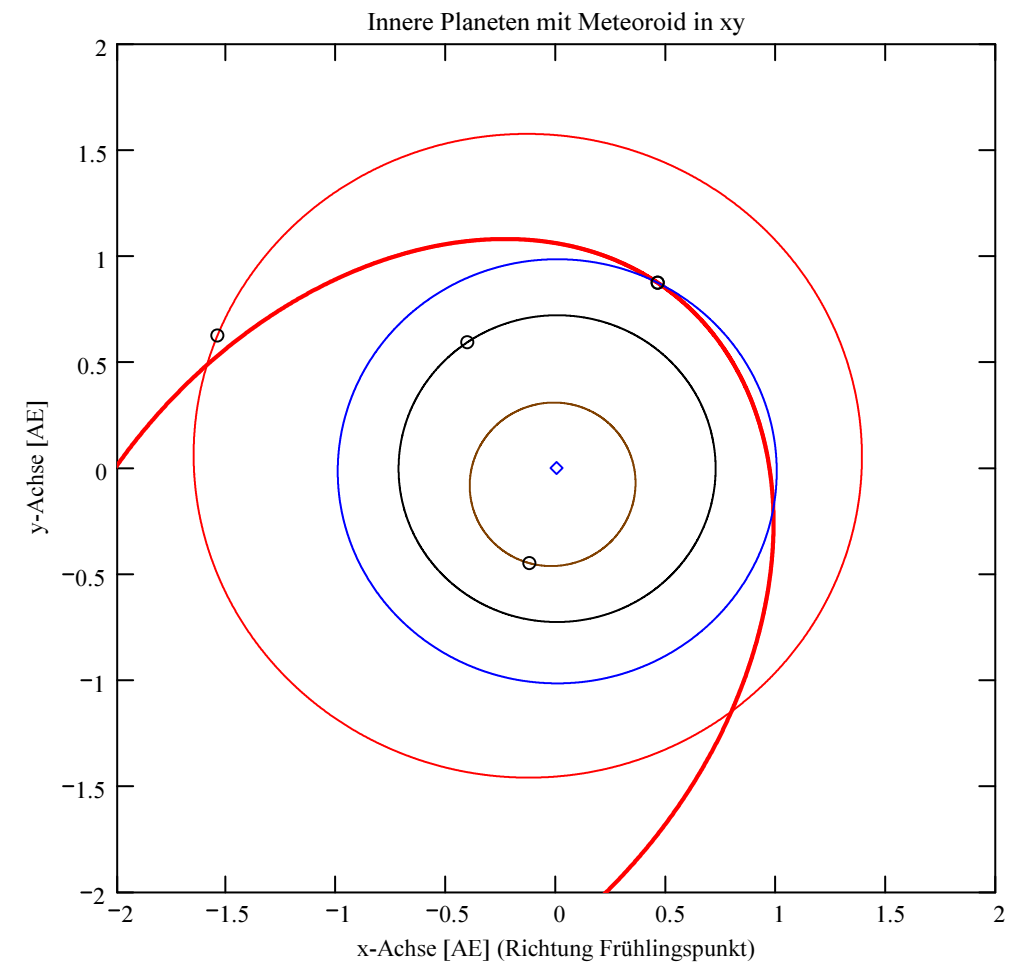
### Beobachtete Rektaszensionen, Deklinationen, Helligkeit und Leuchtdauer der Spurpunkte für die Beobachtungsorte:

Orte:	Rektaszension der Spuranfänge für Orte:	Deklinationen der Spuranfänge für Orte:	Rektaszension der Spurenden für Orte:	Deklinationen der Spurenden für Orte:	Helligkeit [Mag]:	Leuchtdauer [s]:
-------	---	---	---------------------------------------	---------------------------------------	-------------------	------------------

iL =						
1	$\alpha_{Ep} = 3.307598$	$\delta_{Ep} = -7.120837$	$\alpha_{Ep} = 14.963908$	$\delta_{Ep} = -22.723055$	Mag = -0.9	Dur <sub>sec</sub> = 3.12
2	$\alpha_{Ep} = 32.186306$	$\delta_{Ep} = 5.146974$	$\alpha_{Ep} = 38.368809$	$\delta_{Ep} = -5.639463$	Mag = -2	Dur <sub>sec</sub> = 2.22
3	$\alpha_{Ep} = 35.719246$	$\delta_{Ep} = 6.082608$	$\alpha_{Ep} = 41.991692$	$\delta_{Ep} = -5.663278$	Mag = -1.8	Dur <sub>sec</sub> = 2.86

Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
-----------------------	---------------------	---------------------	-------------------

HOR_KOORD =	$\begin{pmatrix} 325.751272 & 321.871551 & 30.217046 & 11.34059 \\ 289.49956 & 291.92758 & 24.626277 & 12.412216 \\ 285.730221 & 288.965151 & 22.855507 & 9.909828 \end{pmatrix}$
-------------	---



- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- Positionen
- ◇ Sonne

Hinweis: Falls einzelne Koordinaten nicht in Äquator-, sondern in Horizont-Koordinaten vorgegeben sind erscheint auf der ganzen Zeile 0.

Hinweis: Falls keine Zeitangabe für die Leuchtdauer vorhanden ist, so erscheint 0 als Zahlenwert!

**Ergebnistabelle für alle durchgeführten Berechnungen:**

Durchgeführte Berechnungen (alle möglichen Kombinationen mit jeweils 2 Beobachtungsstandorten):

**Legende:**

- 1 Beobachtungsort 1 Nr.:
- 2 Beobachtungsort 2 Nr.:
- 3 Bodenhöhe für Schnittpkt. mit Spurverlängerung [km]:
- 4 Geog. Breite Spuranfang Ort 1 [°]:
- 5 Geog. Länge Spuranfang Ort 1 [°]:
- 6 Höhe ü. M. Spuranfang Ort 1 [km]:
- 7 Geog. Breite Spurende Ort 1 [°]:
- 8 Geog. Länge Spurende Ort 1 [°]:
- 9 Höhe ü. M. Spurende Ort 1 [km]:
- 10 Geog. Breite Spuranfang Ort 2 [°]:
- 11 Geog. Länge Spuranfang Ort 2 [°]:
- 12 Höhe ü. M. Spuranfang Ort 2 [km]:
- 13 Geog. Breite Spurende Ort 2 [°]:
- 14 Geog. Länge Spurende Ort 2 [°]:
- 15 Höhe ü. M. Spurende Ort 2 [km]:
- 16 Distanz Ort 1 zu Spuranfang [km]:
- 17 Distanz Ort 1 zu Spurende [km]:
- 18 Distanz Ort 2 zu Spuranfang [km]:
- 19 Distanz Ort 2 zu Spurende [km]:
- 20 Spurlänge Ort 1 [km]:
- 21 Spurlänge Ort 2 [km]:
- 22 Ort 1 Spur-Endpkt.-Boden [km]:
- 23 Ort 2 Spur-Endpkt.-Boden [km]:
- 24 Geog. Breite Bodenpunkt [°]:
- 25 Geog. Länge Bodenpunkt [°]:
- 26 Winkel zw. Zenit und Spurverlängerung im Bodenpunkt [°]:
- 27 Richtungswinkel Ort 1 zu Spuranfang [°]:
- 28 Richtungswinkel Ort 1 zu Spurende [°]:
- 29 Richtungswinkel Ort 2 zu Spuranfang [°]:
- 30 Richtungswinkel Ort 2 zu Spurende [°]:
- 31 Neigungswinkel Ort 1 Spuranfang [°]:
- 32 Neigungswinkel Ort 1 Spurende [°]:
- 33 Neigungswinkel Ort 2 Spuranfang [°]:
- 34 Neigungswinkel Ort 2 Spurende [°]:
- 35 Winkel zw. Beobachtungsebenen [°]:
- 36 Mittlere Relativ-Geschwindigkeit zur Erde in der Spur von Ort 1 [km/s]
- 37 Mittlere Relativ-Geschwindigkeit zur Erde in der Spur von Ort 2 [km/s]

OUT2<sub>1</sub> =

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	2												
2	2	3	3												
3	0	0	0												
4	45.6662	45.6697	45.6686												
5	11.2464	11.2431	11.2168												
6	91.5122	91.2204	87.0704												
7	45.4384	45.4342	45.4698												
8	11.6532	11.6576	11.6146												
9	42.408	42.5417	52.4598												
10	45.6553	45.6597	45.67												
11	11.266	11.2609	11.2139												
12	89.1294	89.1125	87.3244												
13	45.4816	45.4514	45.4377												
14	11.5765	11.6277	11.6783												
15	51.621	46.0359	46.9465												
16	174.9998	174.4424	202.0782												
17	192.9974	193.5904	225.3674												
18	206.7299	220.2824	215.993												
19	221.9846	240.0883	244.4548												
20	63.9372	64.2669	51.7374												
21	48.8204	56.8661	60.3895												
22	55.4984	56.468	79.0926												
23	67.5205	61.0934	70.819												
24	45.2365	45.2231	45.1591												
25	12.0087	12.0242	12.2255												
26	40.3324	41.2843	48.7168												
27	308.2377	308.6352	305.1453												
28	308.5302	308.9331	305.4305												
29	308.2518	308.648	305.1432												
30	308.4751	308.9116	305.4762												
31	50.3536	49.4227	42.1555												
32	49.9888	49.0489	41.8134												
33	50.3361	49.4067	42.158												
34	50.0579	49.076	41.7583												
35	31.2803	35.0176	3.7746												
36	20.4927	20.5984	23.3051												
37	21.9912	19.8832	21.1152												

**Hinweise:**

Richtungswinkel der Flugrichtung des Meteors (Zählweise S (=0°) über W (=90°) nach N (=180°) und E (=270°)). Gleichbedeutend mit dem Winkel zur Herkunftsrichtung des Meteors (Zählweise analog wie Windrichtungen über N (=0°) über E nach S und W)

Winkel zwischen den Beobachtungsebenen:  
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

**Bahnelemente, Bahnort und Perihelzeit für den Meteoroiden bezüglich des heliozentrischen, ekliptikalen Koordinatensystems J2000.0:**

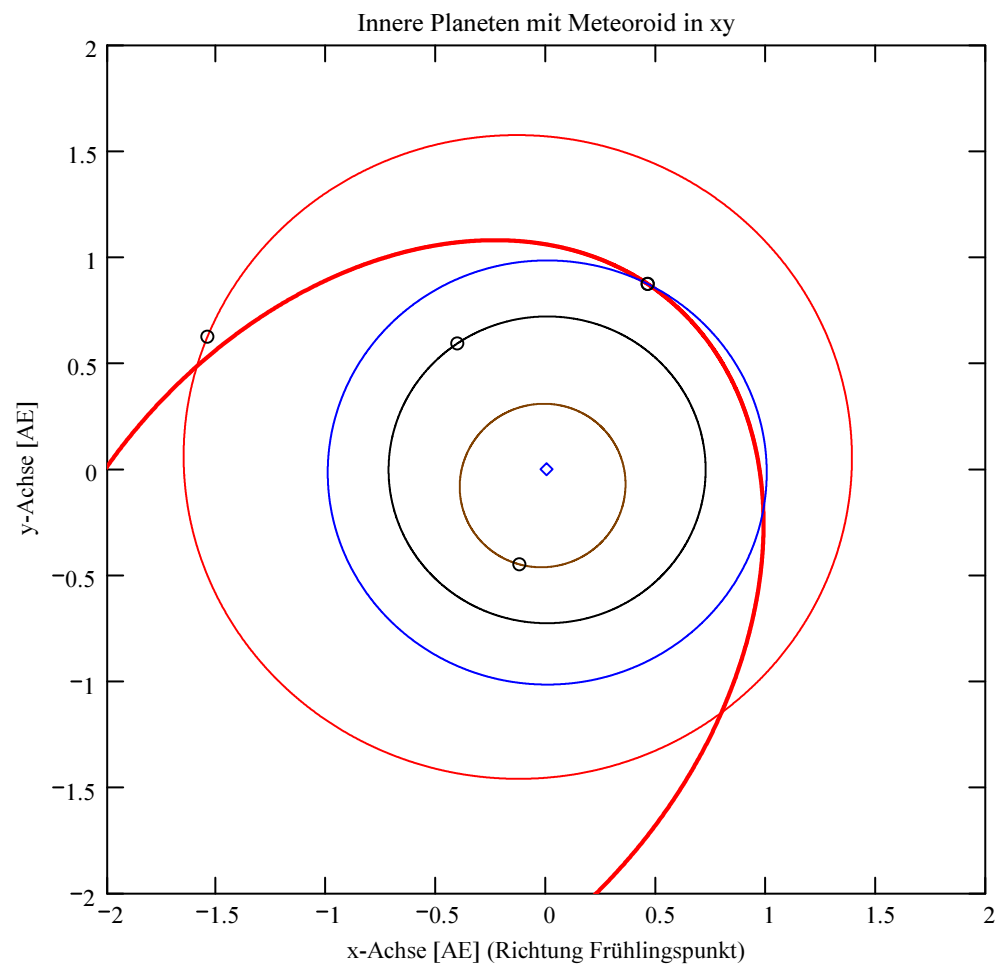
Grosse Halbachse:  $a_M = 2.0758$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.5314$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.9728$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 31.5912$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 241.8843$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 163.2671$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 45.1514$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 16.7331$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 1092.4004$  [Tage]  
 Perihelzeit (UT):  $t_0 = 2457337.9302807$  [Julianisches Datum]

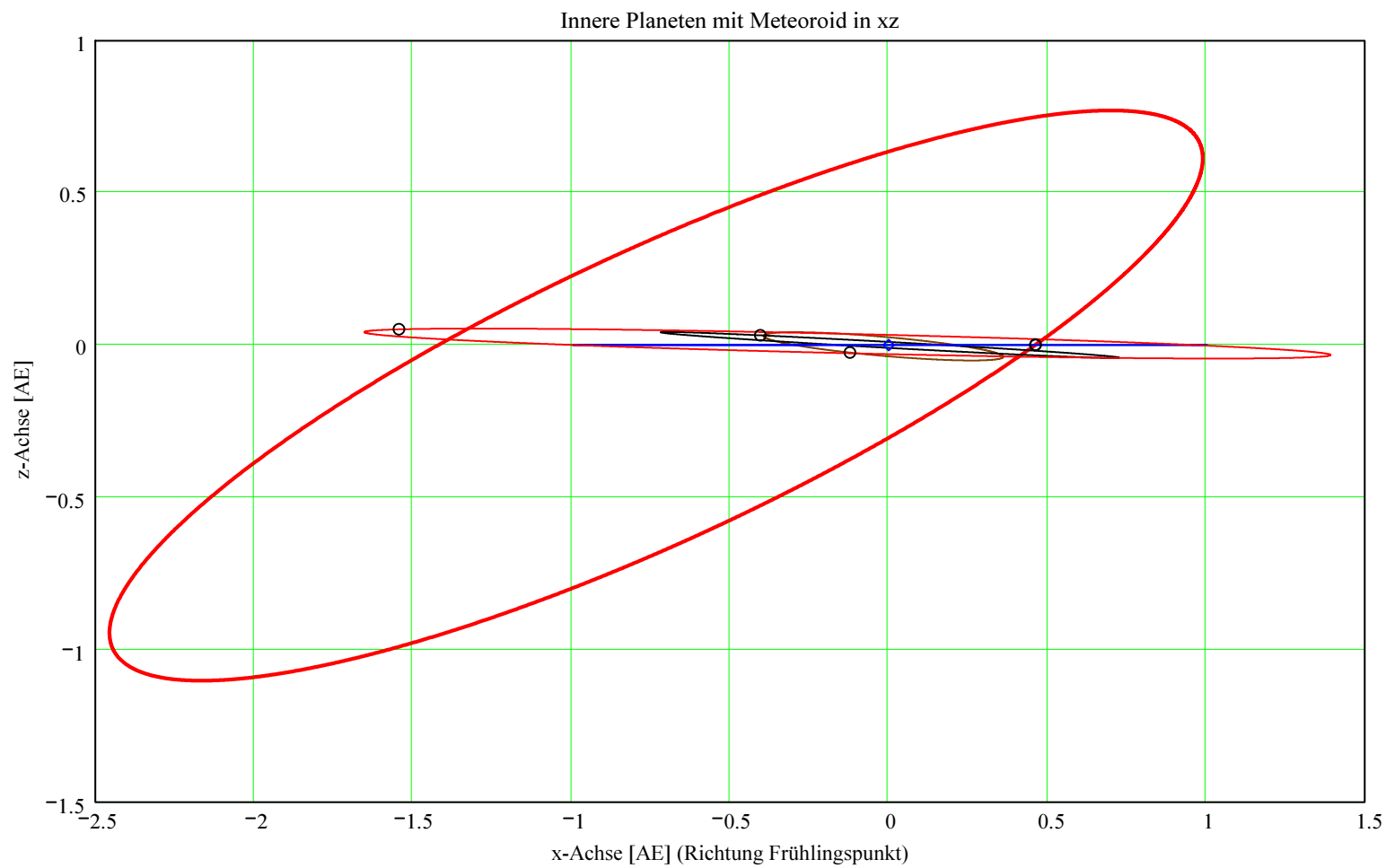
Datum: Tag = 11 Monat = 11 Jahr = 2015  
 Zeit (UT): Stunden = 10 Minuten = 19 Sekunden = 36.253  
 Tage\_dez = 11.430281

Betrag der beobachteten Geschwindigkeit (topozentrisch, relativ zur rotierenden Erde):  $|v_{M\_Beob}| = 22.5$  [km/s]

Betrag der absoluten Geschwindigkeit:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 37.01$  [km/s]



- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- OOO Positionen
- ◇ Sonne



- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- OOO Positionen
- ◇ Sonne

## Ergebnisse für die mittlere Trajektorie und die auf sie reduzierten Beobachtungspunkte

Unter "Gew" sind die Trajektorienkombinationen, welche für die Berechnung der mittleren Trajektorie verwendet wurden, ersichtlich.

Definition der Trajektoriengewichtung für die Mittelung:  
 (0 = wird nicht berücksichtigt  
 1 = normale Gewichtung  
 2 = wird doppelt gewichtet usw)

Vorhandene Indexpaarungen:  
 (Zahl vor Dezimalpunkt = Orte 1  
 Zahl nach Dezimalpunkt = Orte 2)

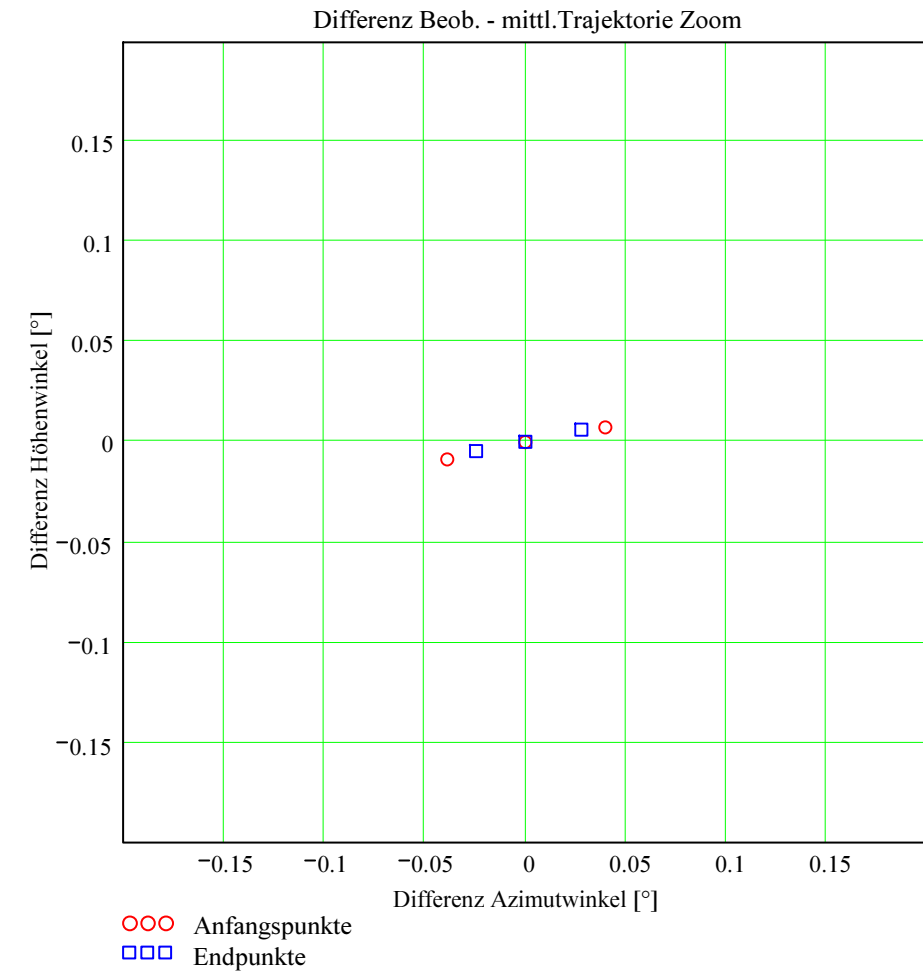
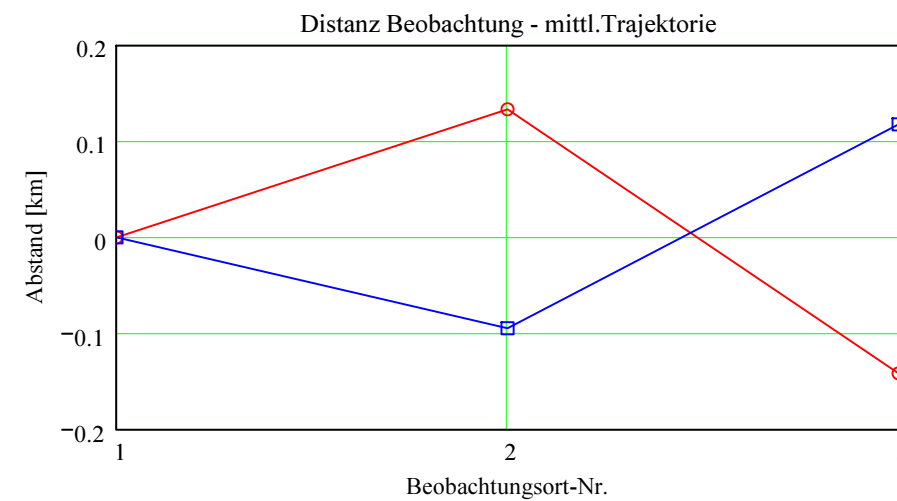
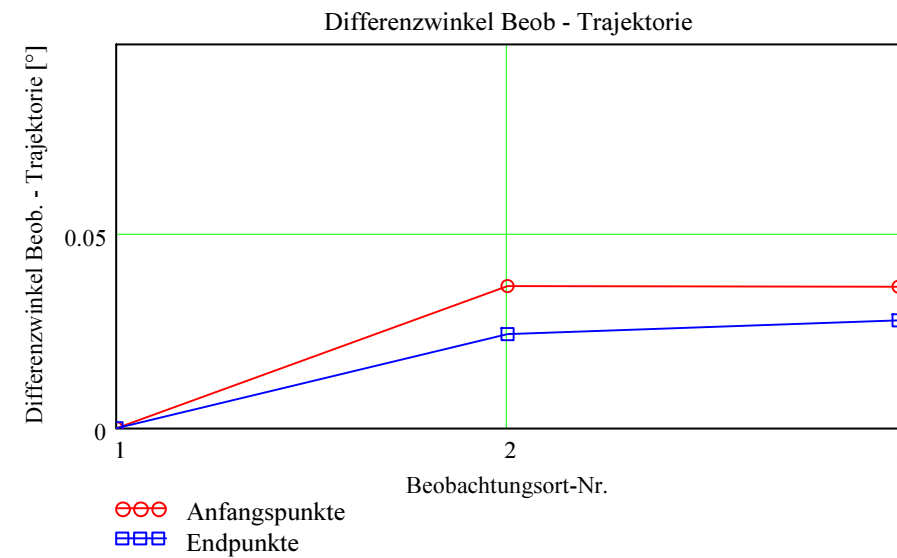
Ergebnis der Gewichtungsauswahl:

$$\text{IndPaar} = \begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.3 \\ 2.3 \end{pmatrix}$$

$$\text{Gew} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Nr.	Stat.-Id.	Beobachtungsort
1	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
2	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"
3	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"

Abweichung der vermessenen Richtungen zu den Anfangs- und Endpunkten von der berechneten mittleren Trajektorie.



**Ergebnisse für die mittlere Trajektorie und die auf sie reduzierten Beobachtungspunkte**

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
	2	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"
	3	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"

**Mittlere Trajektorie:**

Legende:

- 1 Beobachtungsort:
- 2 Geografische Breite Spuranfang [°]:
- 3 Geografische Länge Spuranfang [°]:
- 4 Höhe ü. M. Spuranfang [km]:
- 5 Richtungswinkel zum Spuranfang [°]:
- 6 Neigungswinkel zum Spuranfang [°]:
- 7 Geografische Breite Spurende [°]:
- 8 Geografische Länge Spurende [°]:
- 9 Höhe ü. M. Spurende [km]:
- 10 Richtungswinkel zum Spurende [°]:
- 11 Neigungswinkel zum Spurende [°]:

	1	2	3	4	5	6
mTr <sub>1</sub> =	"BOS"	"GNO"	"LOC"			
2	45.668031	45.656997	45.658043			
3	11.244706	11.264393	11.262528			
4	91.362484	89.00673	89.229846			
5	308.450199	308.464378	308.463034			
6	49.860626	49.84299	49.844661			
7	45.436116	45.480243	45.452886			
8	11.655629	11.577902	11.626115			
9	42.480734	51.680163	45.971302			
10	308.745597	308.689813	308.72442			
11	49.491055	49.561194	49.5177			

**Punkte auf mittlerer Trajektorie:**

Legende:

- 1 Beobachtungsort:
- 2 Azimutwinkel Spuranfang [°]:
- 3 Höhenwinkel Spuranfang [°]:
- 4 Distanz Beobachtungsort - Spuranfang [km]:
- 5 Differenz Beobachtungsort - Spuranfang in Azimut [°]:
- 6 Differenz Beobachtungsort - Spuranfang in Höhe [°]:
- 7 Differenzwinkel Beobachtungsort - Spuranfang [°]:
- 8 Kleinster Abstand Beob. Spuranfang [km]:
- 9 Azimutwinkel Spurende [°]:
- 10 Höhenwinkel Spurende [°]:
- 11 Distanz Beobachtungsort - Spurende [km]:
- 12 Differenz Beobachtungsort - Spurende in Azimut [°]:
- 13 Differenz Beobachtungsort - Spurende in Höhe [°]:
- 14 Differenzwinkel Beobachtungsort - Spurende [°]:
- 15 Kleinster Abstand Beob. Spurende [km]:

	1	2	3	4	5	6
bTr <sub>1</sub> =	"BOS"	"GNO"	"LOC"			
2	325.751272	289.459703	285.769037			
3	30.217046	24.618994	22.864223			
4	174.71378	206.506015	220.490608			
5	-0	0.039857	-0.038816			
6	-0	0.007283	-0.008716			
7	0	0.036957	0.036814			
8	-0	0.133202	-0.141671			
9	321.871551	291.952156	288.937356			
10	11.34059	12.416707	9.903626			
11	193.320198	222.155364	239.899877			
12	0	-0.024576	0.027795			
13	0	-0.004491	0.006202			
14	0	0.024418	0.028074			
15	-0	-0.094675	0.117548			