

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.]	
	1	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"	46.804261	9.224167	1.288
	2	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"	46.231461	9.024039	0.254
	3	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"	46.1723	8.7878	0.367

$$\text{ORT\_KOORD1} = \begin{pmatrix} 1 & \text{"FAL"} & \text{"Sternwarte Mirasteilas Falera"} \\ 2 & \text{"GNO"} & \text{"Osservatorio Astronomico di Gnosca"} \\ 3 & \text{"LOC"} & \text{"Beobachtungsstation Locarno"} \end{pmatrix} \quad \text{ORT\_KOORD2} = \begin{pmatrix} 46.804261 & 9.224167 & 1.288 \\ 46.231461 & 9.024039 & 0.254 \\ 46.1723 & 8.7878 & 0.367 \end{pmatrix}$$

### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag:	D = 18	Stunden:	H_UT = 3	Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 3	Epoche der Äquatorkoordinaten: JD <sub>Epoche</sub> = 2451545 (J2000.0 = Julianisches Datum 2451545,0)
Monat:	M = 1	Minuten:	M_UT = 21		
Jahr:	Y = 2017	Sekunden:	S_UT = 16		
Weltzeit:	UTC = 3.354444 [h dezimal]				

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

Umgerechnete bzw. vorgegebene Horizont-Koordinaten:

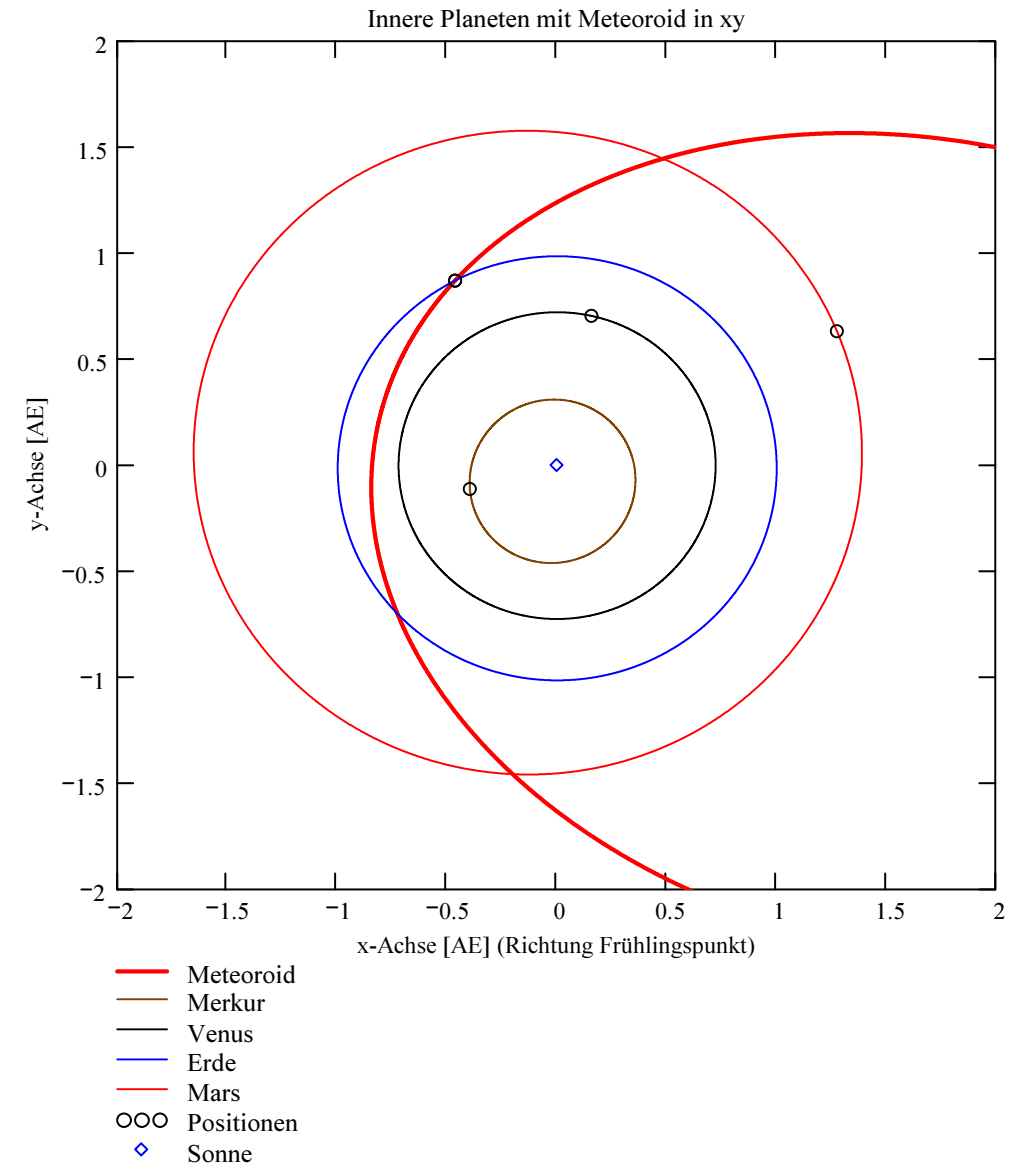
Richtungen zu den Anfangs- und Endpunkten der Bahnspur (Zählweise der Azimutwinkel von Süden (0°) über Westen (90°) usw):

### 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	$\alpha_{A_{Ep}} = 152.115341$	$\delta_{A_{Ep}} = -4.23303$	$\alpha_{E_{Ep}} = 179.226273$	$\delta_{E_{Ep}} = -7.903793$	Mag = -0.9	Dur_sec = 0
2	$142.531586$	$15.088857$	$186.663559$	$18.762503$	-0.6	0
3	$152.772507$	$19.709747$	$205.25116$	$20.769848$	-0.5	0

Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
30.614959	357.371182	34.332718	35.163622
53.904053	340.390069	47.640967	61.275491
44.375108	307.825876	57.028676	55.442438

$$\text{HOR\_KOORD} = \begin{pmatrix} 30.614959 & 357.371182 & 34.332718 & 35.163622 \\ 53.904053 & 340.390069 & 47.640967 & 61.275491 \\ 44.375108 & 307.825876 & 57.028676 & 55.442438 \end{pmatrix}$$



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
1	1	1	2
2	2	3	3
3	0	0	0
4	45.7942	45.7971	45.7833
5	8.3723	8.3747	8.1521
6	92.7419	92.4762	94.2027
7	45.8929	45.8938	45.8889
8	9.2841	9.284	9.1988
9	74.3752	74.304	74.9882
10	45.7652	45.7826	45.7948
11	8.1173	8.2446	8.2615
12	98.0561	95.1564	92.1346
13	45.8842	45.8951	45.8978
14	9.2011	9.297	9.2922
15	76.0063	74.0513	73.3345
16	159.7667	159.309	126.3827
17	125.4885	125.3676	85.0736
18	131.5348	112.6407	109.0603
19	86.2306	89.2299	88.3641
20	74.8946	74.6275	85.4377
21	89.1786	86.4232	84.0489
22	347.2989	350.1522	396.6977
23	354.0872	349.0904	389.1139
24	46.2588	46.2541	46.2556
25	13.6134	13.6522	14.1786
26	79.1511	79.2784	80.8456
27	260.8659	261.019	261.4185
28	261.5199	261.6713	262.1693
29	260.6832	260.9257	261.4969
30	261.4604	261.6806	262.2363
31	14.5168	14.4136	13.3648
32	13.8741	13.7729	12.628
33	14.697	14.5055	13.2877
34	13.9325	13.7637	12.5624
35	27.5056	31.0821	3.5776
36	"k. A."	"k. A."	"k. A."
37	"k. A."	"k. A."	"k. A."

**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:

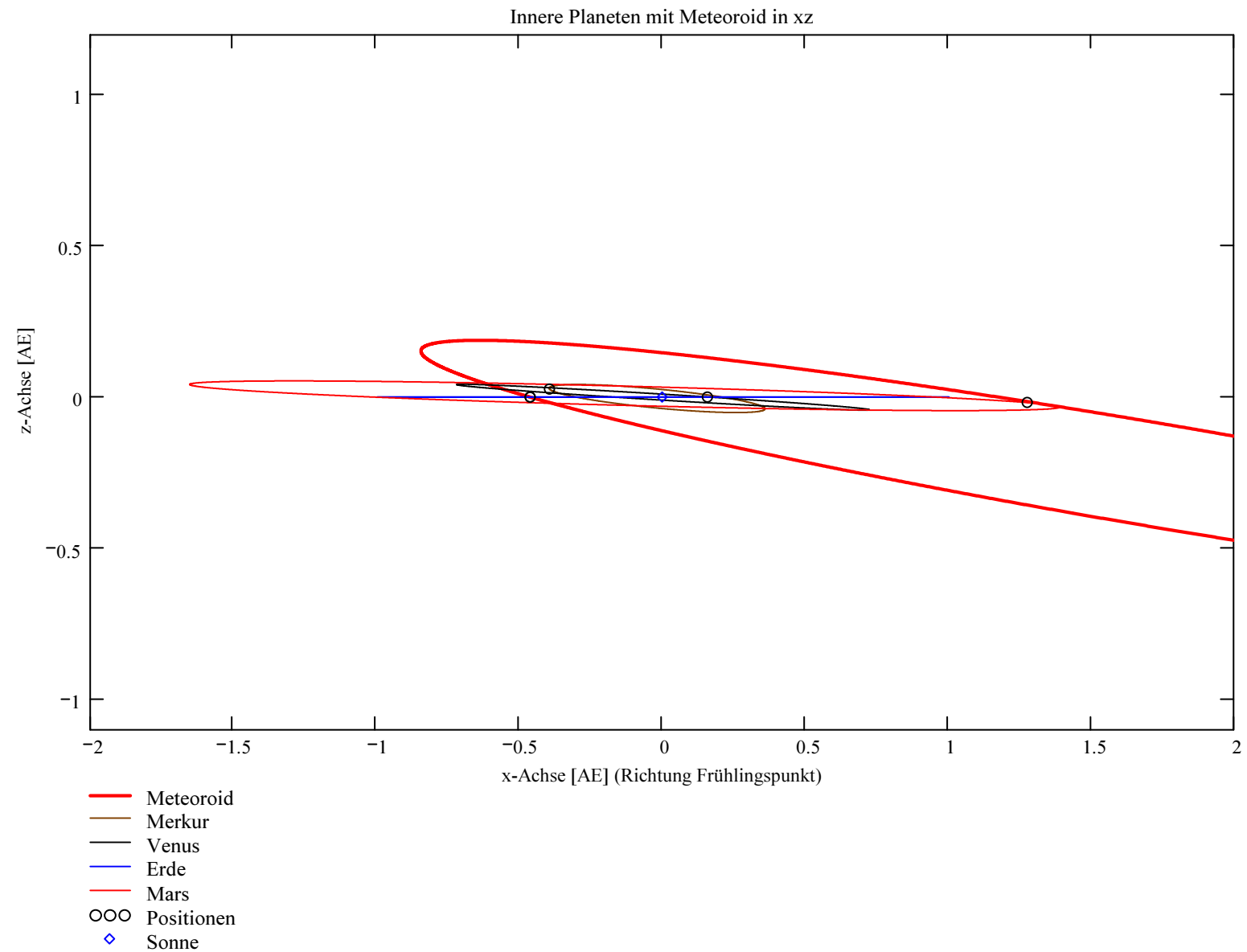
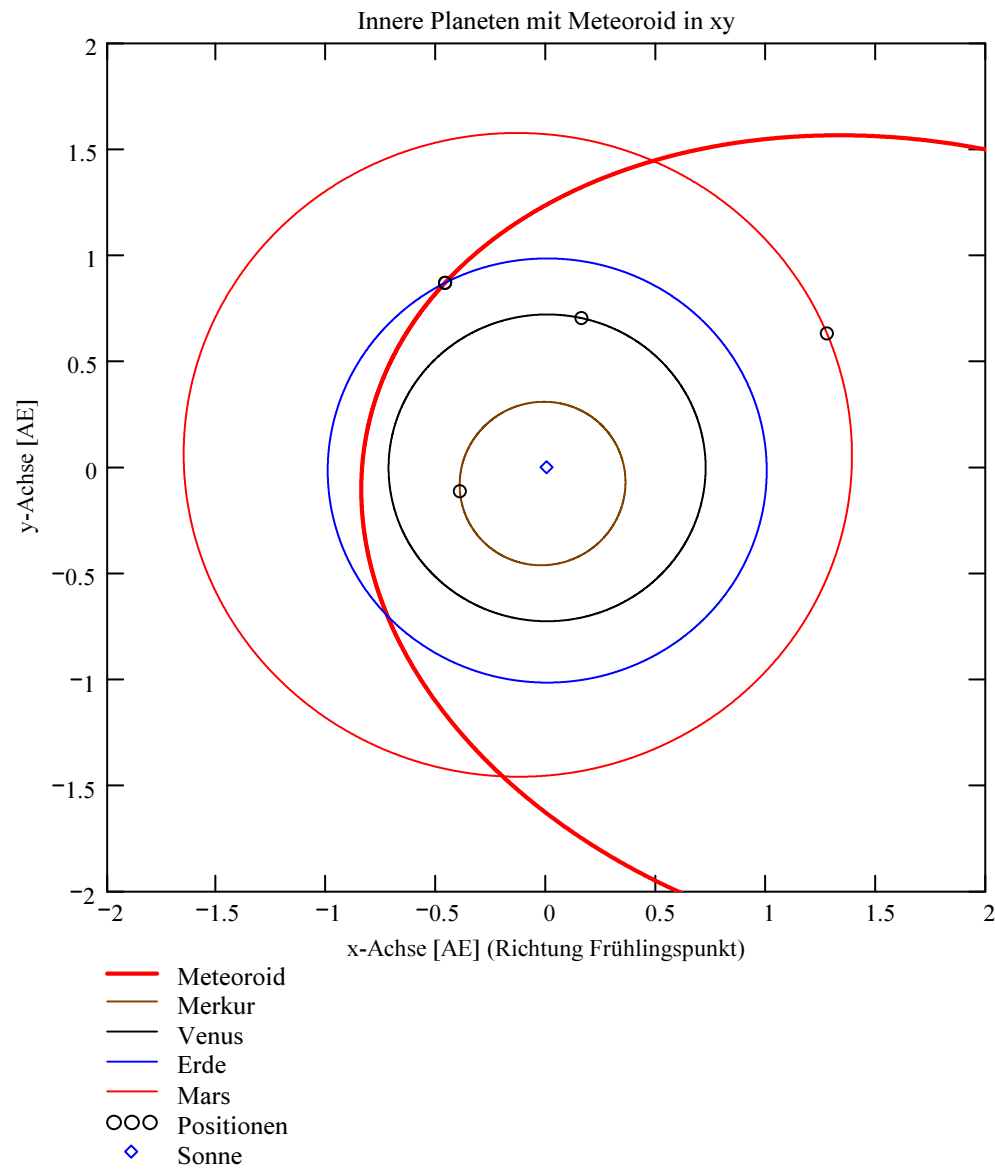
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

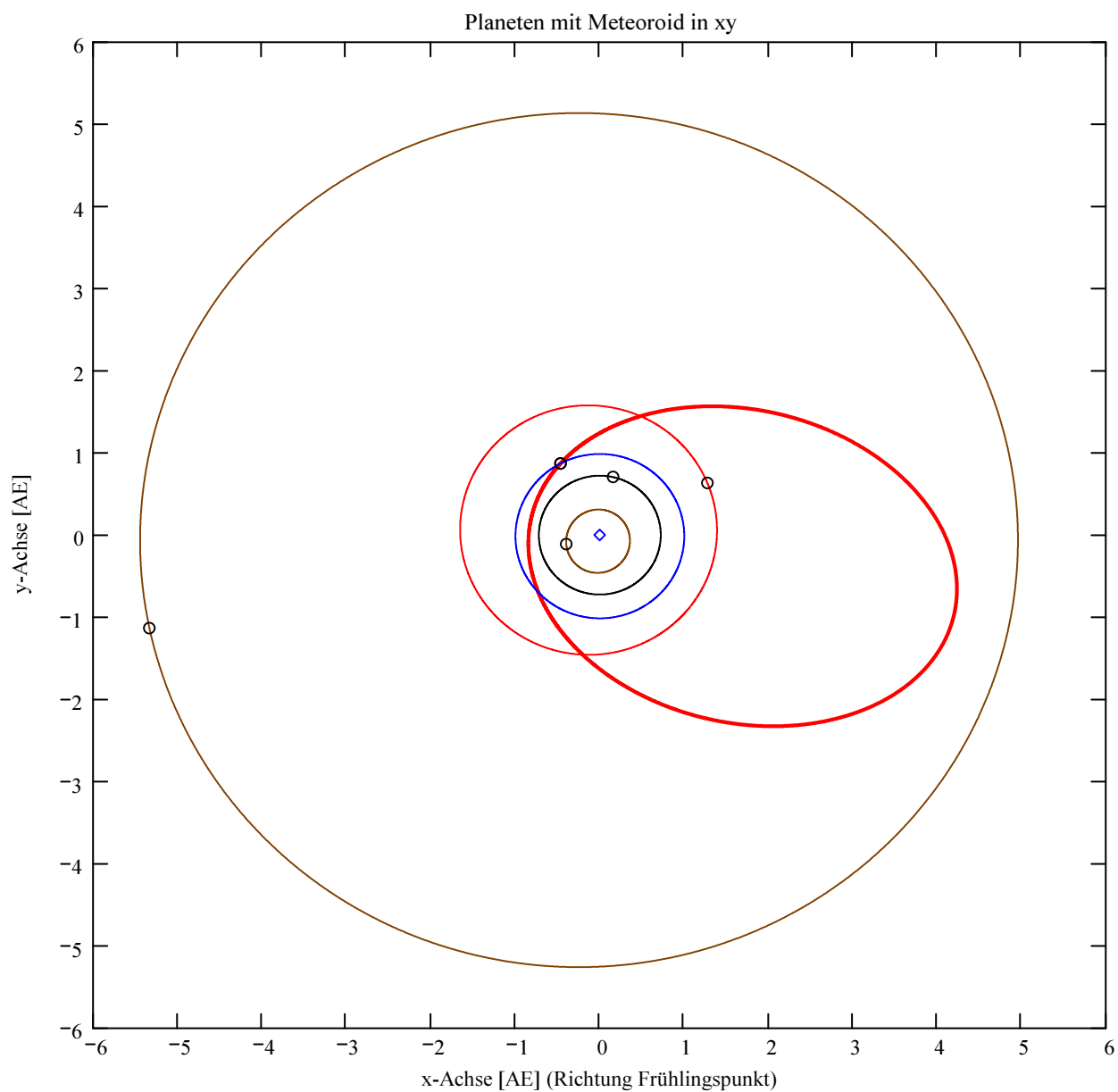
Grosse Halbachse:  $a_M = 2.5999$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.6757$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.8431$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 10.8593$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 117.9859$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 49.8168$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 167.8027$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 310.1845$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 1531.1868$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2456274.0841329$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 12, Monat = 12, Jahr = 2012  
 Zeit (UTC): Stunden = 14, Minuten = 1, Sekunden = 9.083  
 Tage\_dez = 12.584133

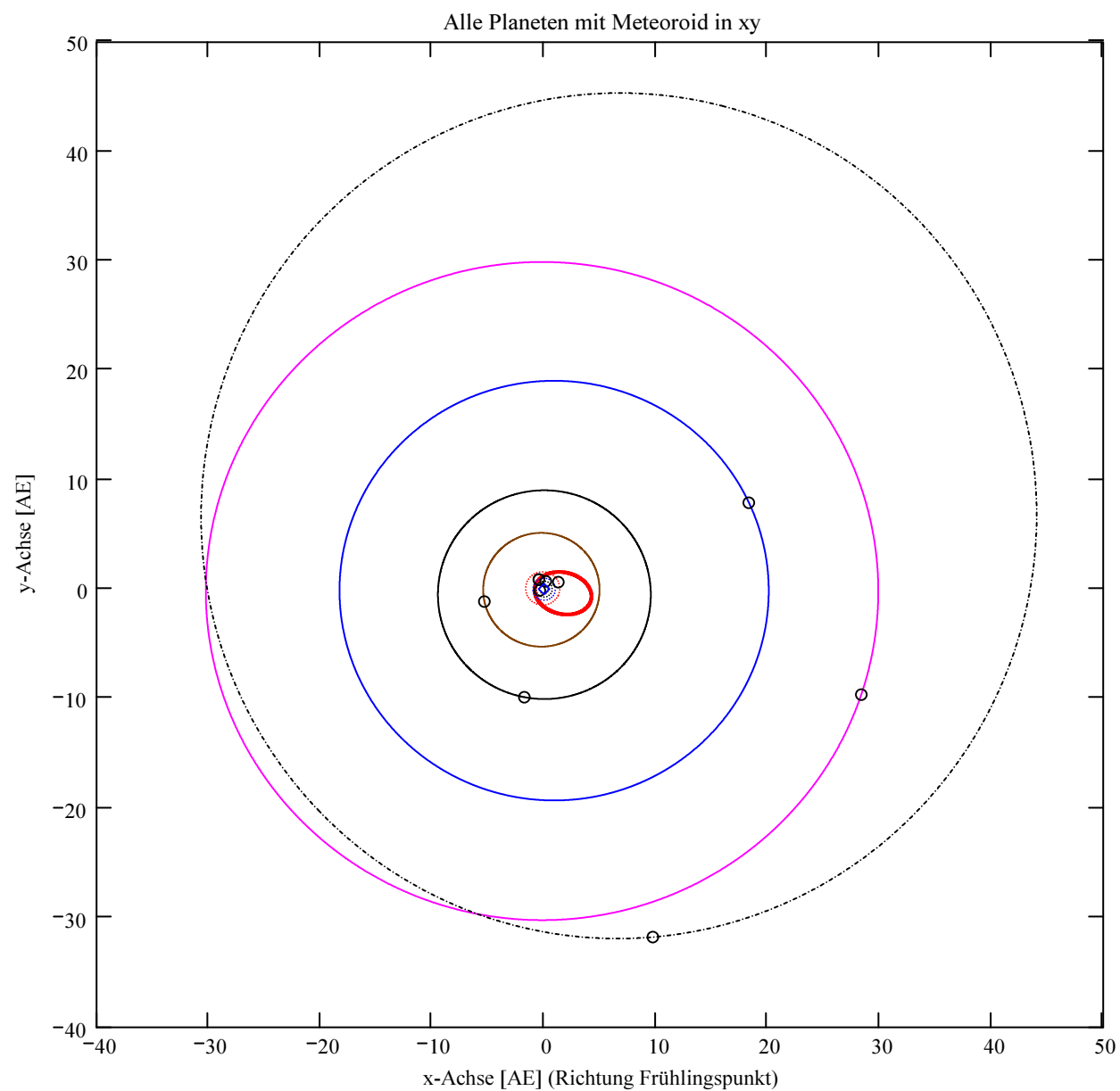
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 18.822$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_{M\_geoz}| = 19.138$  [km/s]  
 Geozentrisch ursprünglich:  $|v_u| = 15.579$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 38.238$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 102.711$  deg,  $\delta_{\text{Rad}_s} = 4.193$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_{w2}} = 96.105$  deg,  $\delta_{\text{Rad}_{w2}} = -2.5$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_{heli}} = 48.092$  deg,  $\beta_{\text{Rad}_{heli}} = -10.158$  deg



Berechnung: Beat Booz



- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- Jupiter
- Saturn
- Uranus
- Neptun
- Pluto
- OOO Positionen
- ◇ Sonne



- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- Jupiter
- Saturn
- Uranus
- Neptun
- Pluto
- 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 Beobachtungen, welche für die Berechnung der mittleren Trajektorie berücksichtigt werden:  
 (0 = wird nicht berücksichtigt  
 1 = wird berücksichtigt).  
 Für die Gewichtung werden die Ebenen-Schnittwinkel mit ausgewertet.

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

Auswahl für die Berechnung der mittleren Trajektorie:

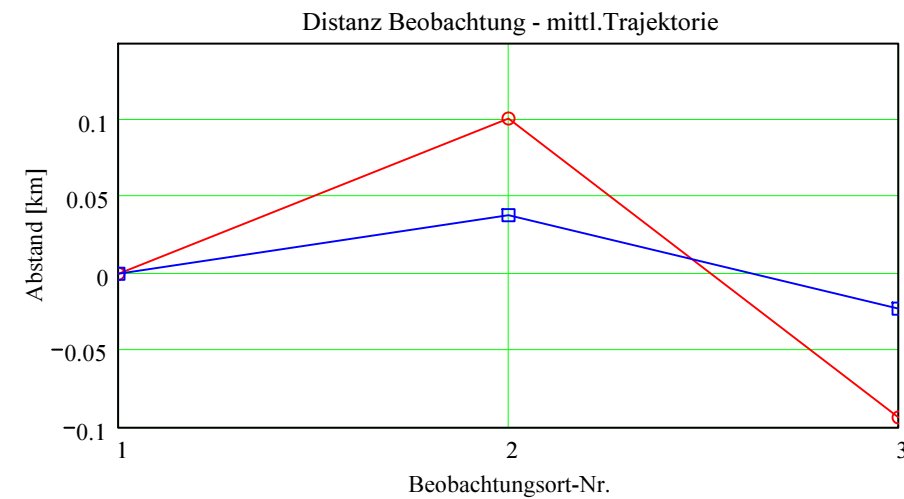
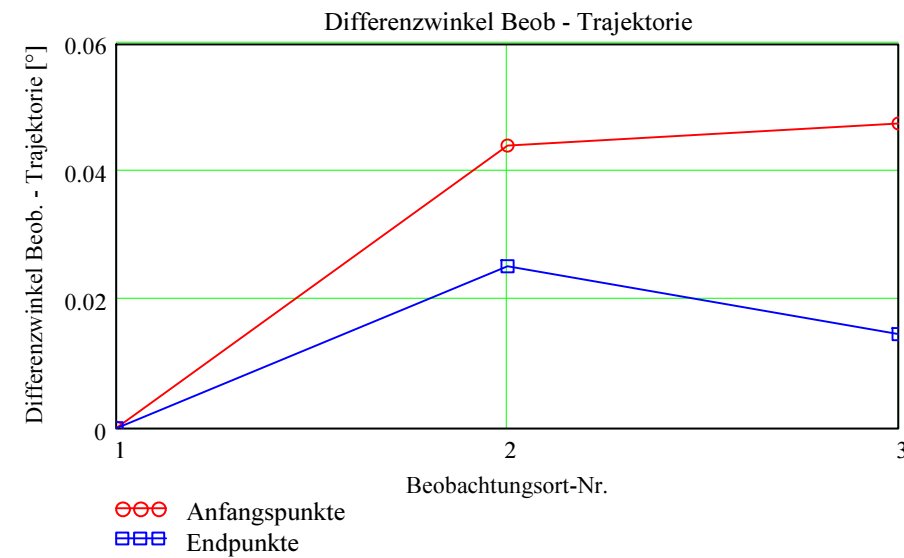
$$\text{IndPaar} = \begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.3 \\ 2.3 \end{pmatrix}$$

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

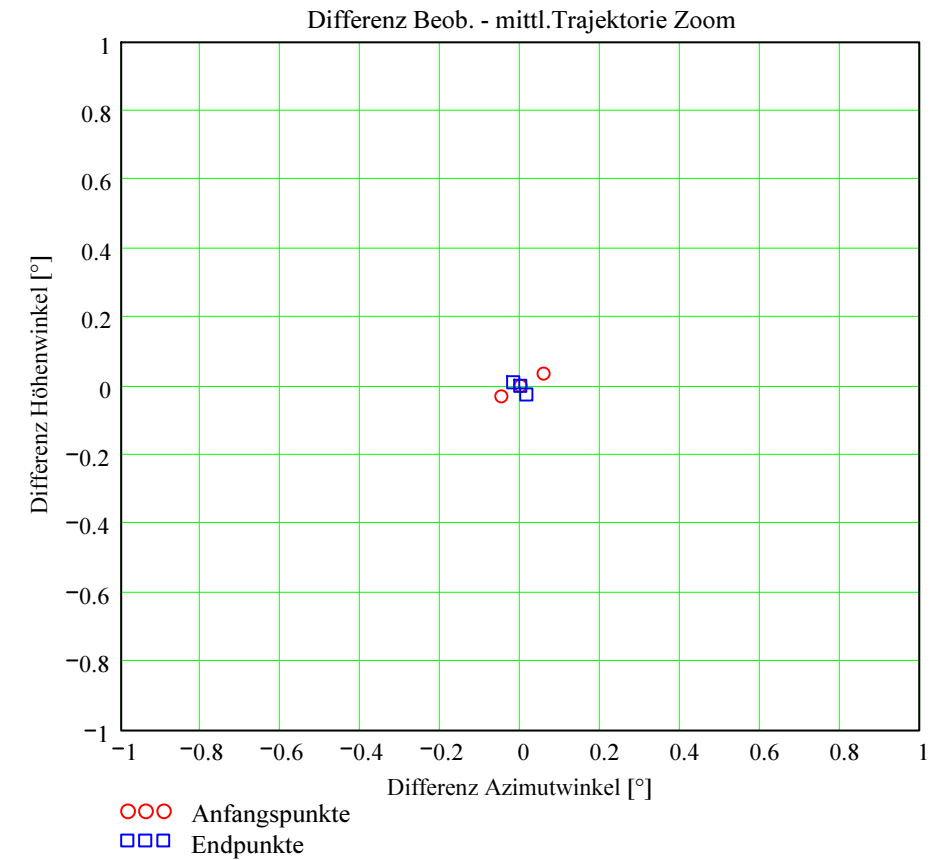
Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"
	2	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"
	3	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"

Berechnung: Beat Booz



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

$$\text{ORT\_KOORD1} = \begin{pmatrix} 1 & \text{"FAL"} & \text{"Sternwarte Mirasteilas Falera"} \\ 2 & \text{"GNO"} & \text{"Osservatorio Astronomico di Gnosca"} \\ 3 & \text{"LOC"} & \text{"Beobachtungsstation Locarno"} \end{pmatrix}$$

**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 [°]:

$$mTr_1 =$$

	1	2	3
1	"FAL"	"GNO"	"LOC"
2	45.795713	45.767058	45.78115
3	8.373599	8.119321	8.243708
4	92.600506	97.878844	95.287077
5	260.941201	260.758988	260.848112
6	14.466008	14.645641	14.557745
7	45.893446	45.88484	45.894808
8	9.28406	9.200954	9.297262
9	74.331774	75.958882	74.074035
10	261.594343	261.53468	261.603821
11	13.824292	13.882775	13.815003

**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]:

$$bTr_1 =$$

	1	2	3
1	"FAL"	"GNO"	"LOC"
2	30.614959	53.951715	44.316937
3	34.332718	47.671203	56.993199
4	159.523139	131.236515	112.839956
5	0	-0.047662	0.058171
6	0	-0.030236	0.035477
7	0.000001	0.044101	0.047559
8	-0	0.101014	-0.093663
9	357.371182	340.375354	307.843913
10	35.163622	61.299782	55.43192
11	125.414713	86.156987	89.268447
12	-0	0.014716	-0.018036
13	0	-0.02429	0.010518
14	0	0.025298	0.014674
15	-0	0.038042	-0.022862

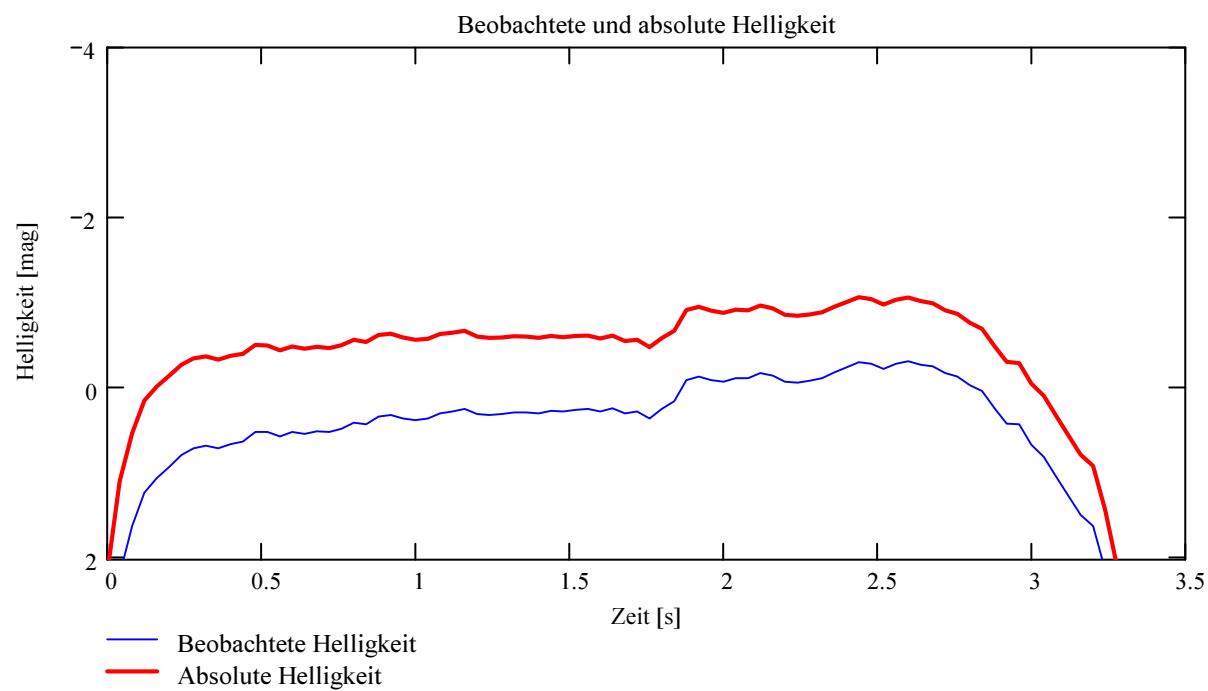
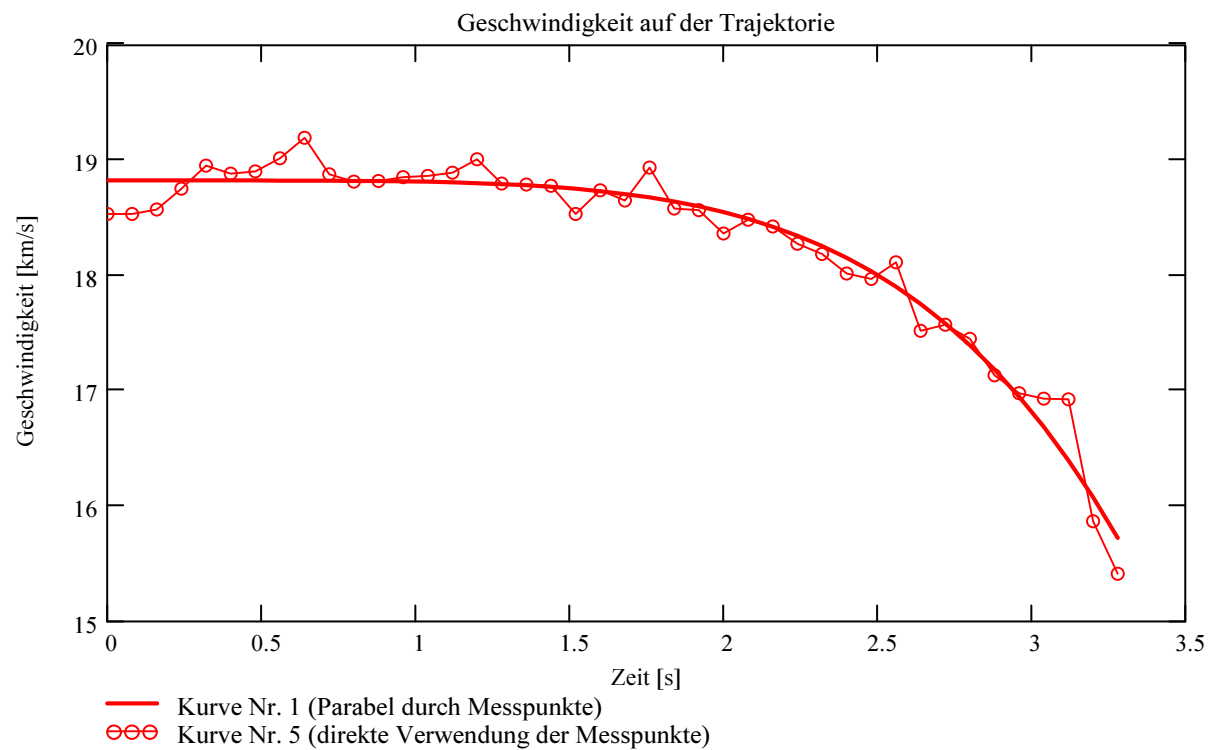
## Ergebnisse aus den auf die mittlere Trajektorie projizierten Messpunkten der xml-Datei

Ausgewerteter Beobachtungsort (xml-Datei): Stat\_Id = "FAL"

Minimale Zeitdifferenz zwischen den verwendeten Messpunkten:

$\Delta T_{MP} = 0.08$  [s]

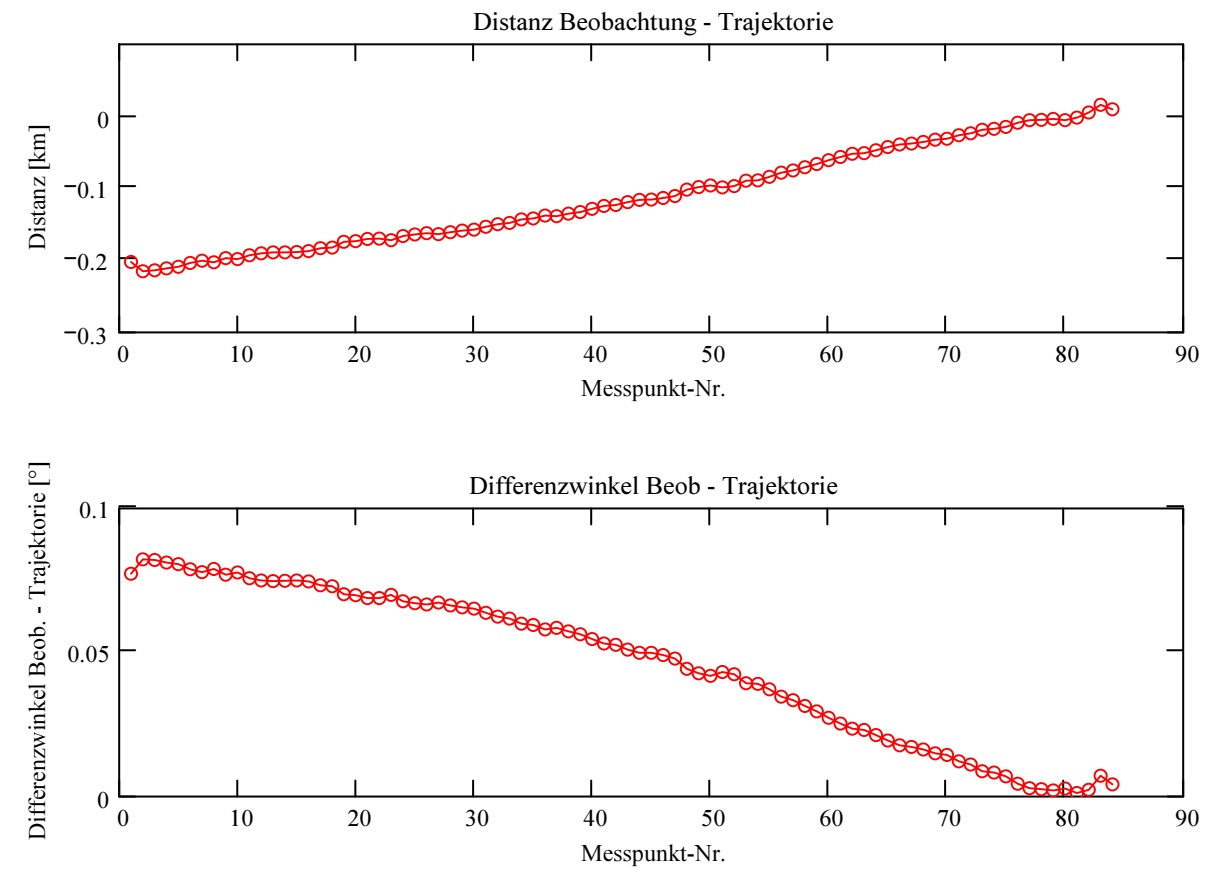
Dieser Wert wird für jedes Meteorereignis auf eine geringe Welligkeit des Geschwindigkeitsverlaufes optimiert.



Abschätzung der Meteormasse (basierend auf der Formel von Luigi Jacchia (Smithsonian Astrophysical Laboratory)):

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.013$  [kg]

## Abweichung der Beobachtungen bzw Messpunkten von der mittleren Trajektorie:



## Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "FAL"

### Anfangspunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_1} = 45.814832$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_1} = 8.546265$  deg

$H_{Beob\_SP_1} = 89.06$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_1} = 14.344134$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_1} = 261.064983$  deg

### Endpunkt:

$\Phi_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 45.893461$  deg

$\lambda_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 9.284198$  deg

$H_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 74.329$  [km]

$NeigWinkel_{Beob\_N\_pkt} = 13.824195$  deg

$Richtungswinkel_{Beob\_N\_pkt} = 261.594442$  deg