

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:

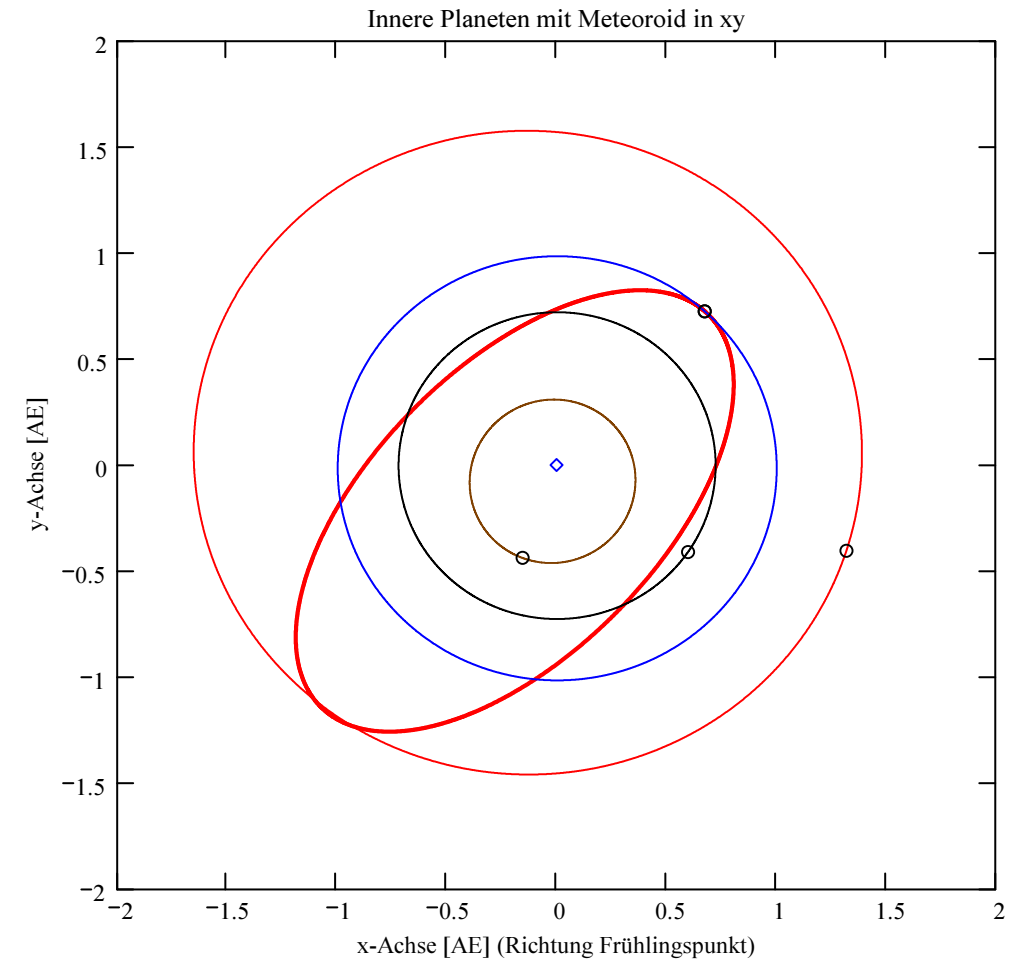
$\Phi$  nördlich positiv,  $\lambda$  östlich von Greenwich  
 südlich negativ, positiv, westlich von  
 Greenwich negativ

Geogr. Breite  $\Phi$  [° dez.]    Geogr. Länge  $\lambda$  [° dez.]    Höhe über Meer [km]

Beobachtungsorte:

Nr. Stat.-Id. Stationsname

ORT_KOORD1 =	1	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"	ORT_KOORD2 =	47.010278	9.536667	0.54
	2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"		46.777367	10.169708	1.666
	3	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"		46.804261	9.224167	1.288
	4	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"		46.1723	8.7878	0.367
	5	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"		46.231461	9.024039	0.254



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

### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: **D = 9**

Monat: **M = 11**

Jahr: **Y = 2016**

Weltzeit: **UTC = 4.714167** [h dezimal]

Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 5

Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 10

Epoche der Äquatorkoordinaten:

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	$\alpha_{Ep} =$	deg	$\delta_{Ep} =$	deg	$\alpha_{Ep} =$	deg							
2							$\delta_{Ep} =$	deg	Mag =	Dur_sec =			
3											Mag =	Dur_sec =	
4													Dur_sec =
5													

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

HOR_KOORD =	338.867203	4.812213	67.277225	29.917062
	81.672843	64.956567	69.328732	57.045263
	337.40818	338.303341	38.990862	37.236486
	228.517976	245.696078	43.841881	34.382715
	224.65238	242.996355	49.613988	46.228754

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
1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4
2	2	3	4	5	3	4	5	4	5	5
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	46.7072	46.5647	46.7063	46.706	46.7284	46.7349	46.7349	46.3951	46.3961	46.7479
5	9.7084	9.7884	9.7089	9.7091	9.6628	9.7283	9.7281	9.4709	9.4702	9.7366
6	88.8477	131.2514	89.1075	89.1972	107.3443	93.4666	93.5036	41.7235	41.6161	95.4476
7	46.3877	46.4041	46.391	46.3934	46.5888	46.6037	46.6039	46.3836	46.3838	46.3842
8	9.4608	9.4627	9.4612	9.4615	9.5817	9.6278	9.6281	9.4666	9.4664	9.4683
9	41.222	40.1396	41.0048	40.8487	79.5532	73.3444	73.3005	40.0696	40.0448	40.1791
10	46.7351	46.4051	46.7538	46.7129	46.3959	46.7498	46.7081	46.6448	46.5842	46.7073
11	9.7302	9.4648	9.7466	9.7146	9.4703	9.7397	9.7076	9.5643	9.5283	9.7064
12	93.0588	40.7209	96.4566	90.2744	41.6366	95.7621	89.3573	78.0051	65.8103	89.2039
13	46.6038	46.401	46.3791	46.3833	46.3865	46.3811	46.3868	46.3836	46.3883	46.39
14	9.6279	9.4566	9.4519	9.4535	9.4649	9.4583	9.4636	9.4666	9.4678	9.4726
15	73.323	38.4458	39.2097	39.311	39.7976	39.5905	40.2311	40.0783	40.616	41.0523
16	95.6193	141.4512	95.9003	95.9973	112.8127	98.0135	98.0529	63.9575	63.7885	136.184
17	80.7998	78.6694	80.3723	80.0652	92.5843	85.2211	85.169	63.757	63.7166	70.0371
18	97.5785	62.3792	137.6178	117.5892	63.8209	136.6309	116.397	111.3592	85.7486	116.1976
19	85.1957	61.1007	68.3426	53.9363	63.3121	69.0084	55.2034	69.861	55.7332	56.3341
20	62.5397	96.2216	62.6416	62.6604	32.5103	26.1084	26.1513	2.1164	2.1046	71.7029
21	25.8629	2.4048	74.5271	66.0511	2.158	73.0063	63.7165	48.4439	33.6943	62.4875
22	54.4088	42.4443	53.6626	53.1968	93.3581	95.6503	95.3614	51.3822	53.7786	52.3979
23	96.5993	40.6539	51.3186	51.1986	46.7594	51.7272	52.4337	51.3934	54.5436	53.5342
24	46.1055	46.3314	46.1167	46.1238	46.1808	46.1155	46.1184	46.103	46.0678	46.114
25	9.2447	9.3168	9.2483	9.2506	9.3472	9.2583	9.2622	9.3628	9.3698	9.2716
26	40.9047	19.0332	40.3279	39.9907	31.7791	40.2108	40.0425	38.9007	42.0358	40.0845
27	28.339	55.0534	28.6645	28.8585	21.9503	27.9659	27.87	14.5015	12.0627	27.1679
28	28.1579	54.8095	28.4833	28.6773	21.8905	27.8922	27.7967	14.4984	12.0599	26.9716
29	28.355	54.8111	28.6921	28.8625	21.8087	27.9743	27.855	14.5699	12.1051	27.1458
30	28.28	54.8049	28.4765	28.6716	21.8048	27.7683	27.6764	14.4984	12.0609	26.9747
31	49.7766	71.3668	50.3417	50.6718	58.81	50.4881	50.6526	51.4007	48.2999	50.6258
32	49.4146	71.091	49.9833	50.3158	58.6597	50.34	50.5047	51.3889	48.2873	50.218
33	49.8082	71.0928	50.3958	50.6796	58.4522	50.5049	50.6224	51.6586	48.4922	50.5802
34	49.6594	71.0858	49.9698	50.3044	58.4421	50.0886	50.26	51.3889	48.2919	50.2245
35	40.1432	20.1748	84.0064	65.2553	58.9448	124.1471	105.3936	65.7565	47.2232	18.7542
36	31.5857	48.5968	31.6372	31.6466	40.6379	32.6355	32.6891	5.8788	5.8461	30.1273
37	32.3286	6.6801	31.3139	"k. A."	5.9946	30.6749	"k. A."	20.3546	"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)

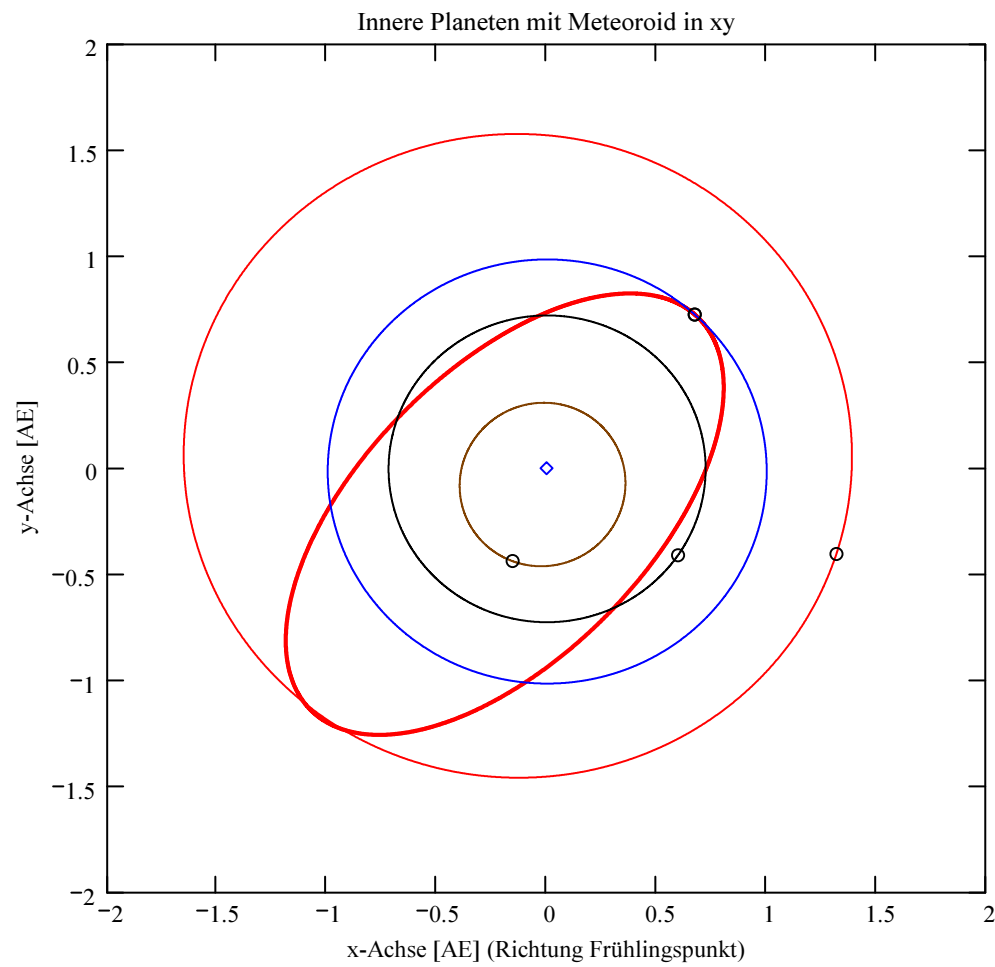
Winkel zwischen den Beobachtungsebenen:  
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

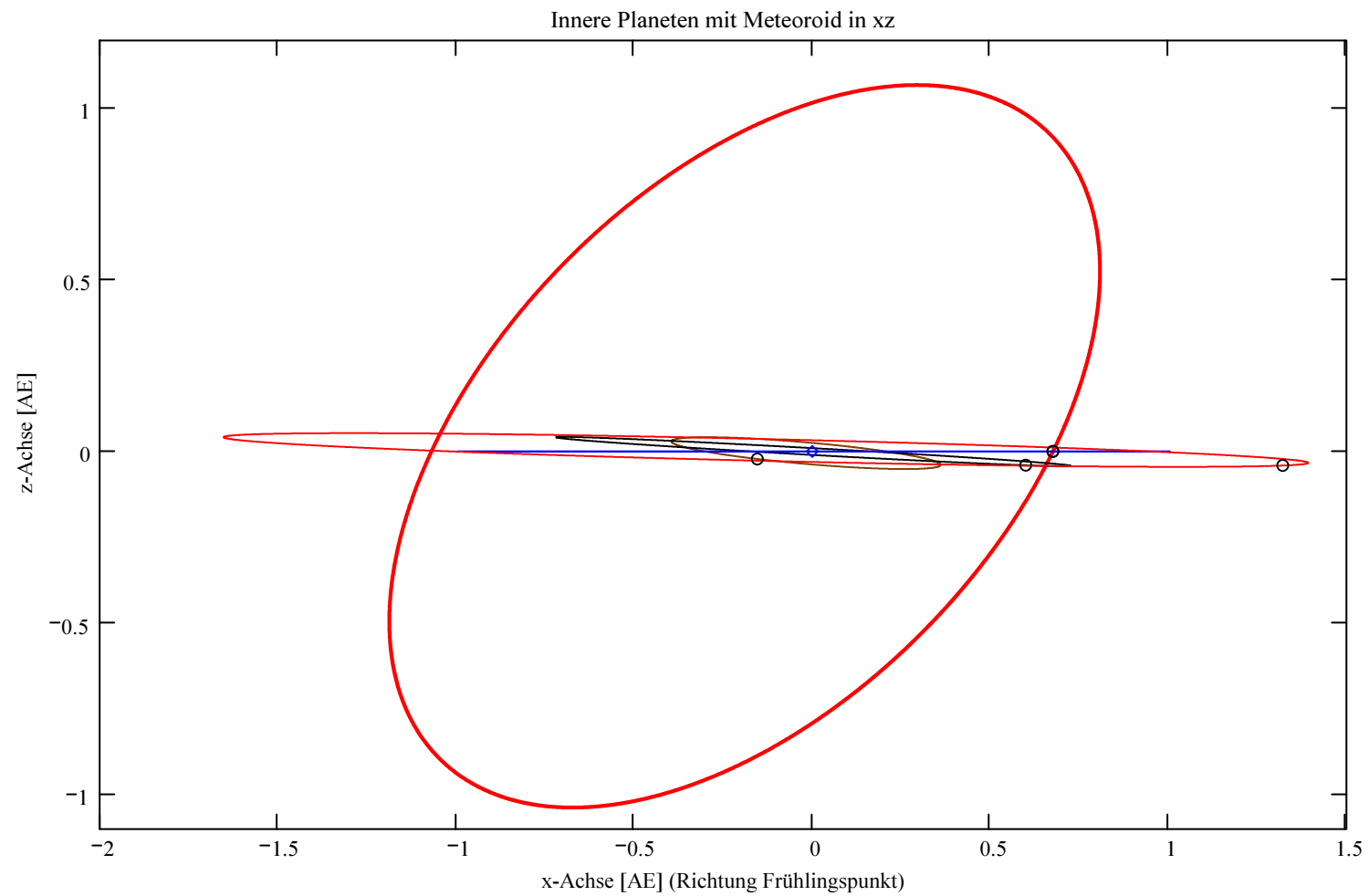
Grosse Halbachse:  $a_M = 1.2791$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.2259$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.9901$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 57.7305$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 226.987$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 183.56$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 50.547$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = -3.5589$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 528.3648$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2457176.54526751$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 3 Monat = 6 Jahr = 2015  
 Zeit (UTC): Stunden = 1 Minuten = 5 Sekunden = 11.113  
 Tage\_dez = 3.045268

Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 32.682$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_u| = 30.626$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 33.133$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 197.299$  deg  $\delta_{\text{Rad}_s} = 54.187$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_w2} = 200.68$  deg  $\delta_{\text{Rad}_w2} = 54.344$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_heli} = 318.217$  deg  $\beta_{\text{Rad}_heli} = 48.443$  deg

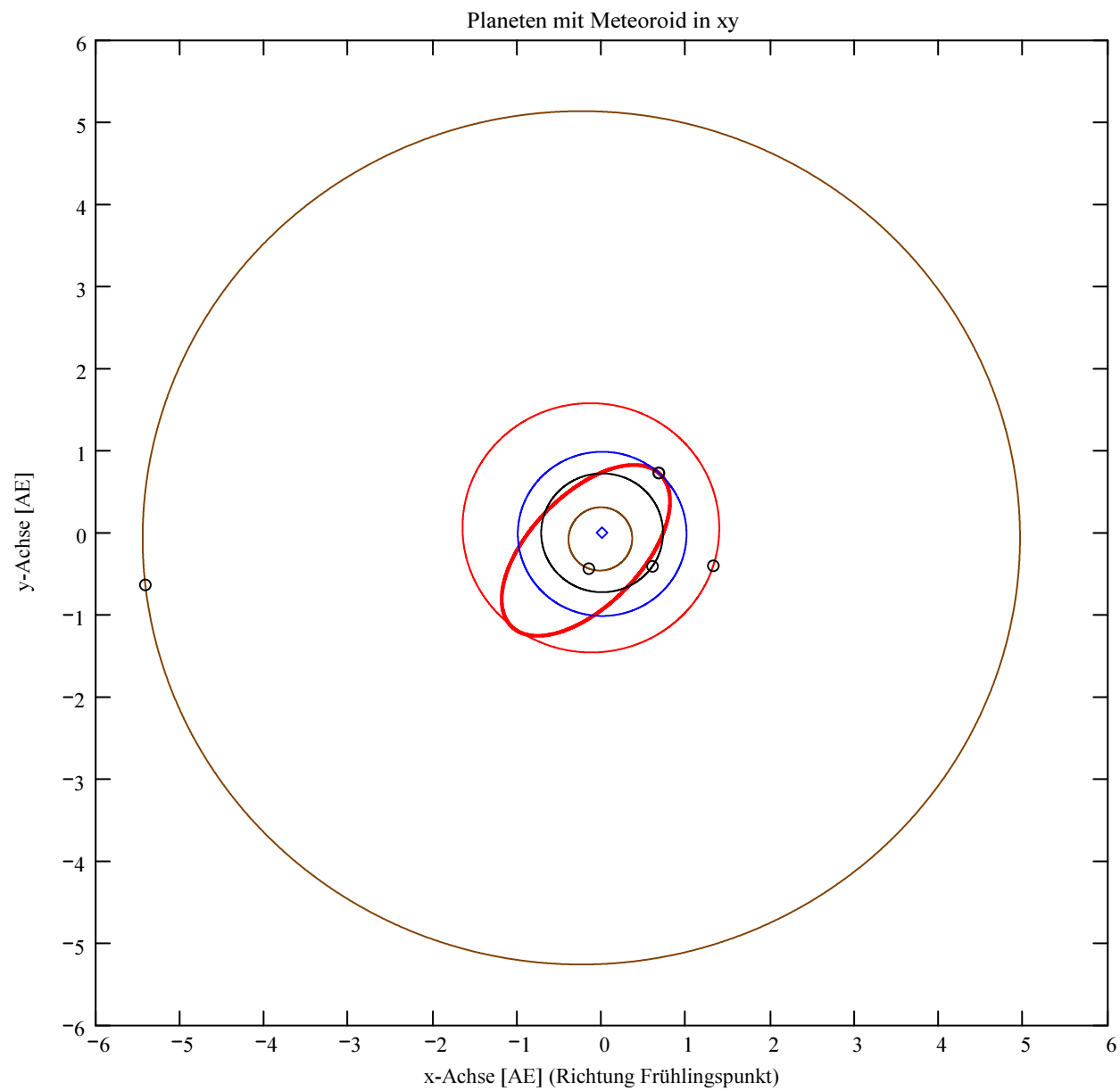


- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- OOO Positionen
- ◇ Sonne

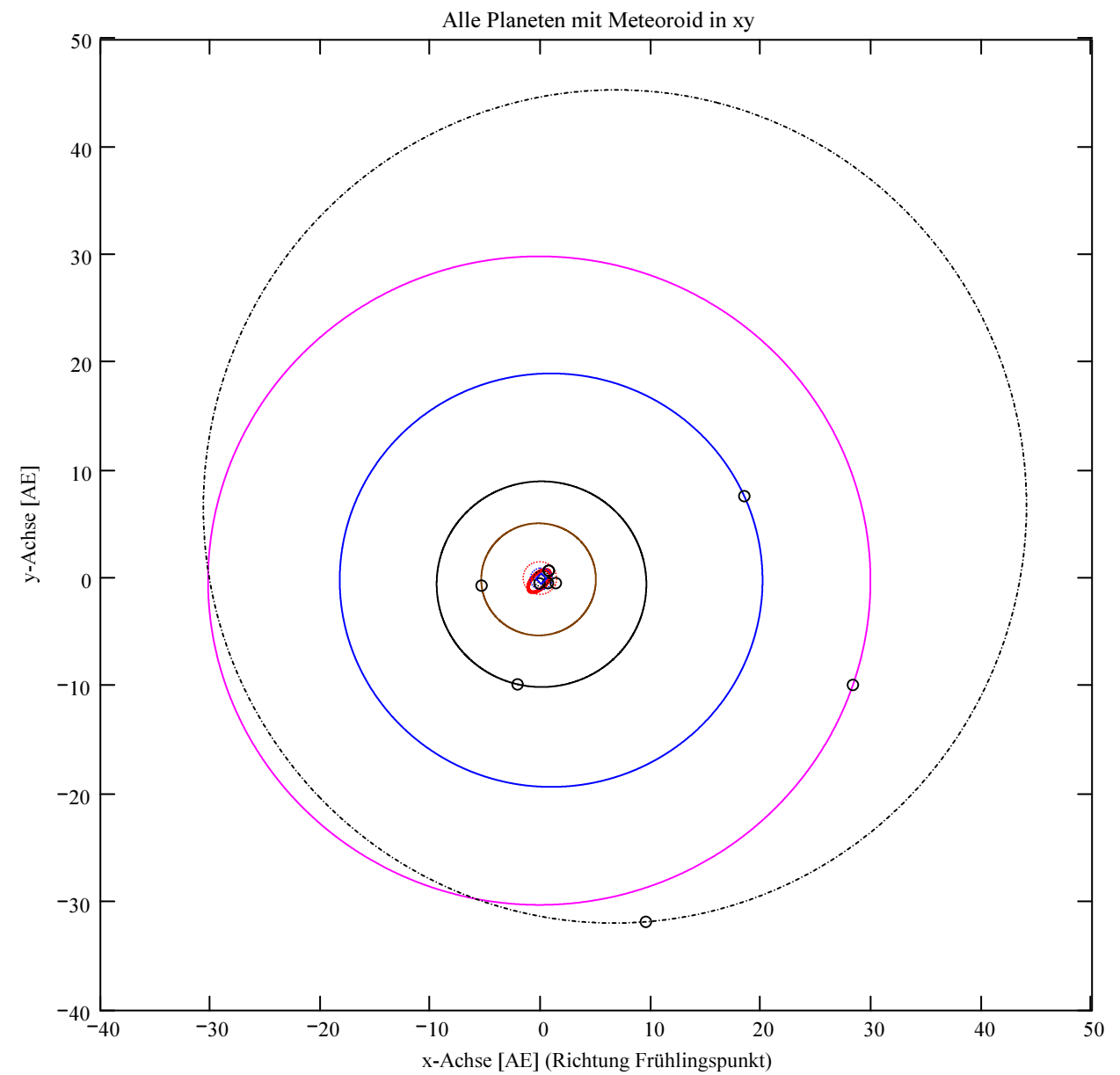


- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- OOO Positionen
- ◇ Sonne

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:

IndPaar =

	1
1	1.2
2	1.3
3	1.4
4	1.5
5	2.3
6	2.4
7	2.5
8	3.4
9	3.5
10	4.5

Gew =

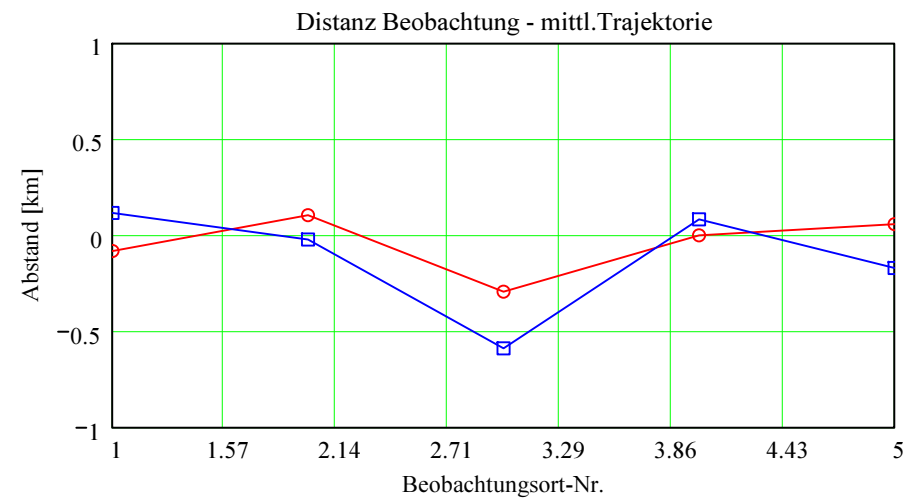
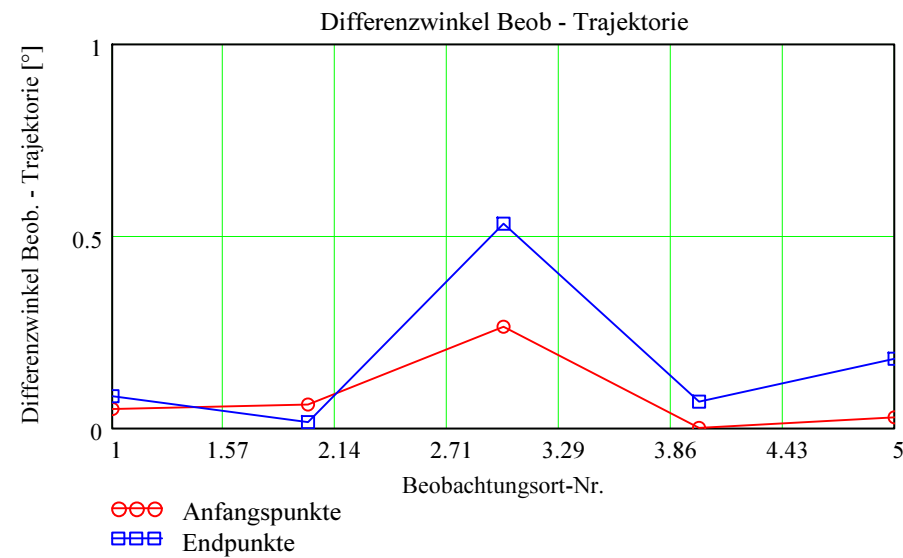
	1
1	1
2	0
3	1
4	1
5	0
6	1
7	1
8	0
9	0
10	0

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

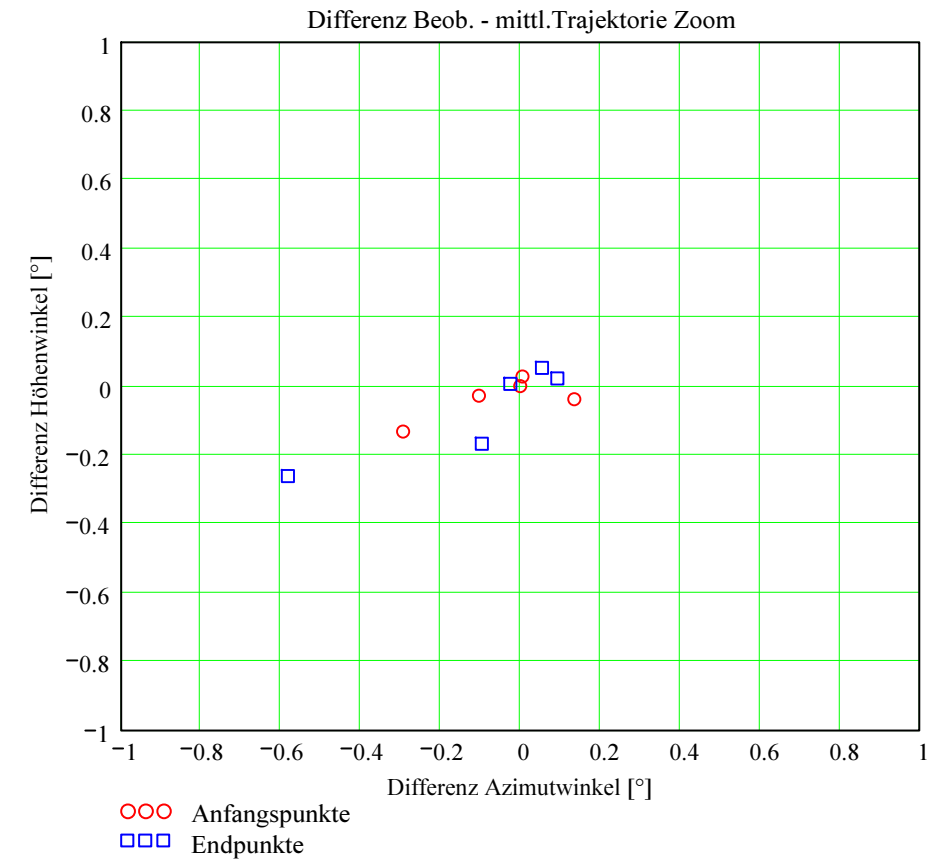
ORT\_KOORD1 =

1	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"
2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
3	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"
4	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"
5	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"

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

ORT\_KOORD1 =

1	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"
2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
3	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"
4	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"
5	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"

**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<sub>1</sub> =

	1	2	3	4	5
1	"MAI"	"BOS"	"FAL"	"LOC"	"GNO"
2	46.706494	46.734281	46.396332	46.752018	46.710463
3	9.707848	9.729621	9.466545	9.743533	9.710957
4	89.10621	93.403257	41.701806	96.150537	89.719528
5	28.421592	28.437567	28.245038	28.447777	28.423872
6	50.448266	50.479808	50.096504	50.499945	50.452772
7	46.39132	46.603936	46.385658	46.380348	46.383864
8	9.462672	9.62771	9.458297	9.454195	9.456911
9	40.944074	73.318277	40.088454	39.286294	39.817485
10	28.242211	28.362856	28.239019	28.236026	28.238008
11	50.090824	50.331889	50.084409	50.078391	50.082376

**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<sub>1</sub> =

	1	2	3	4	5
1	"MAI"	"BOS"	"FAL"	"LOC"	"GNO"
2	338.97141	81.538031	337.702326	228.518432	224.646874
3	67.305929	69.36707	39.123552	43.842453	49.586274
4	95.879094	97.921581	63.744121	137.181591	116.914896
5	-0.104207	0.134812	-0.294146	-0.000456	0.005506
6	-0.028704	-0.038338	-0.13269	-0.000572	0.027714
7	0.049419	0.061078	0.264154	0.00066	0.027943
8	-0.082698	0.104386	-0.293882	-0.00158	0.057019
9	4.71947	64.98216	338.885763	245.641747	243.092699
10	29.895608	57.039072	37.498106	34.330568	46.396567
11	80.30378	85.195993	63.41376	68.566019	54.48291
12	0.092743	-0.025593	-0.582422	0.054331	-0.096344
13	0.021454	0.006191	-0.26162	0.052147	-0.167813
14	0.083207	0.015237	0.531702	0.068782	0.180527
15	0.11662	-0.022657	-0.588468	0.082312	-0.171664

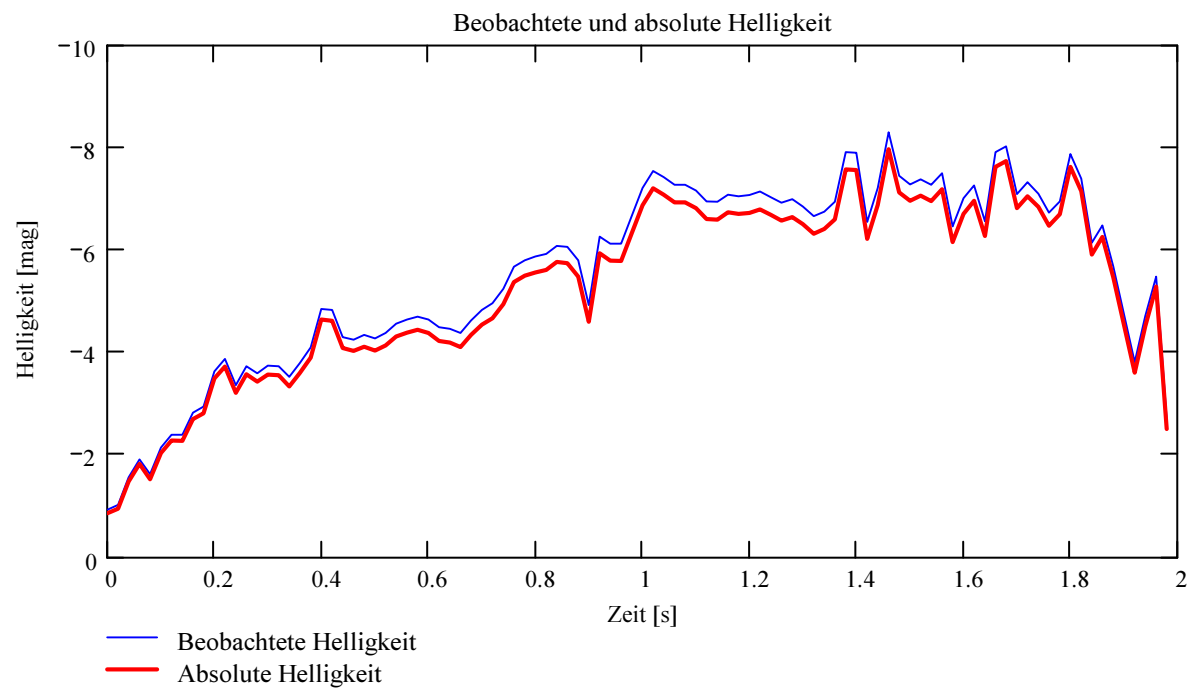
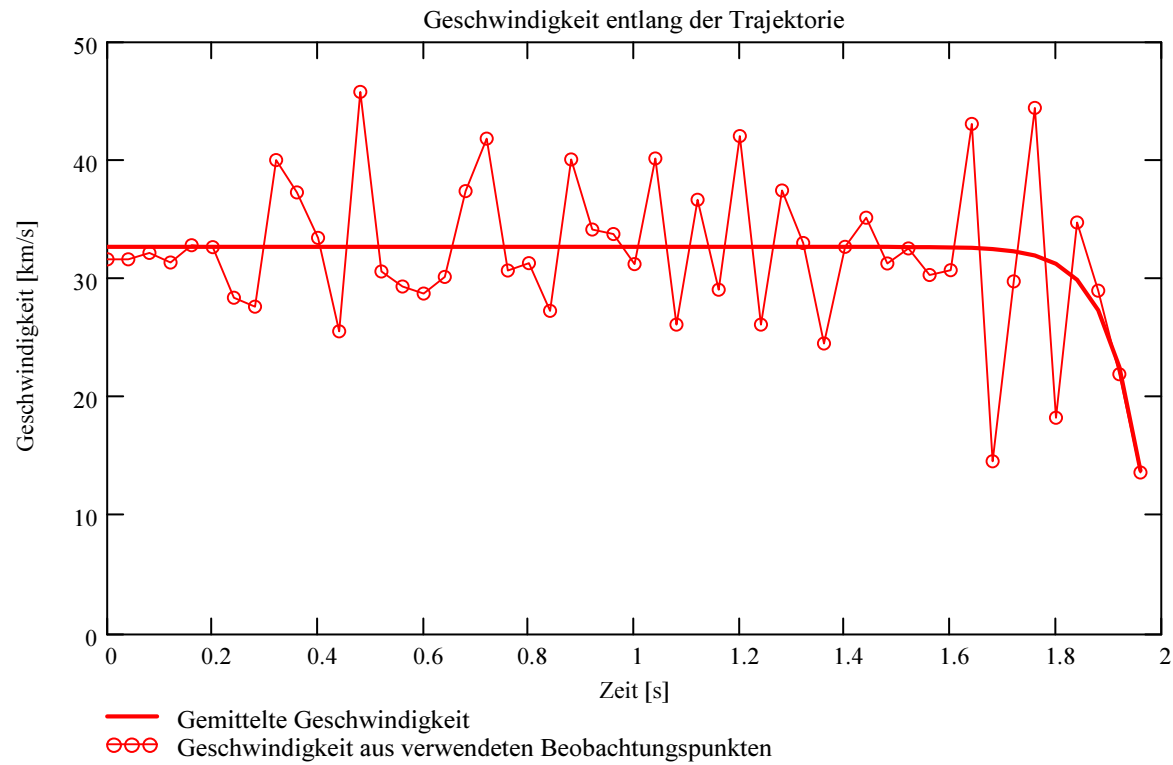
## Ergebnisse aus den auf die mittlere Trajektorie projizierten Messpunkten der xml-Datei

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

Minimale Zeitdifferenz zwischen den verwendeten Messpunkten:

$\Delta T_{MP} = 0.04$  [s]

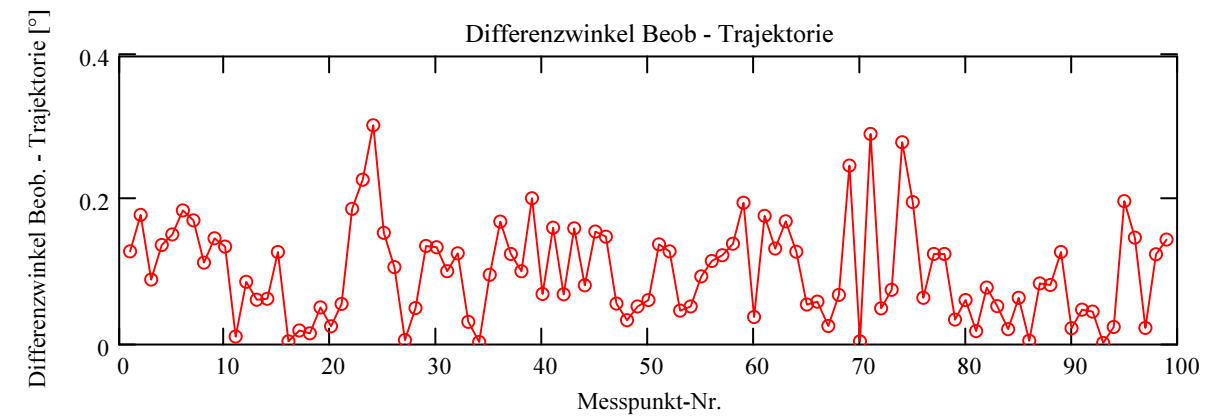
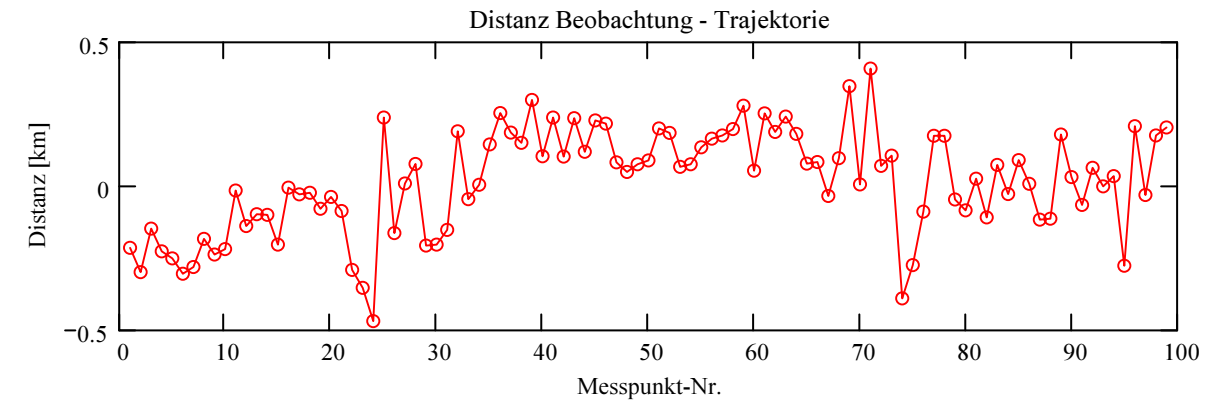
Dieser Wert wird für jedes Meteorereignis auf eine geringe Welligkeit des Geschwindigkeitsverlaufes optimiert.



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

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.831$  [kg]

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



### Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "MAI"

### Anfangspunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_1} = 46.706509$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_1} = 9.70786$  deg

$H_{Beob\_SP_1} = 89.108$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_1} = 50.448283$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_1} = 28.4216$  deg

### Endpunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 46.391335$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 9.462683$  deg

$H_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 40.946$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 50.090841$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 28.24222$  deg