

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

### Berechnungsverfahren:

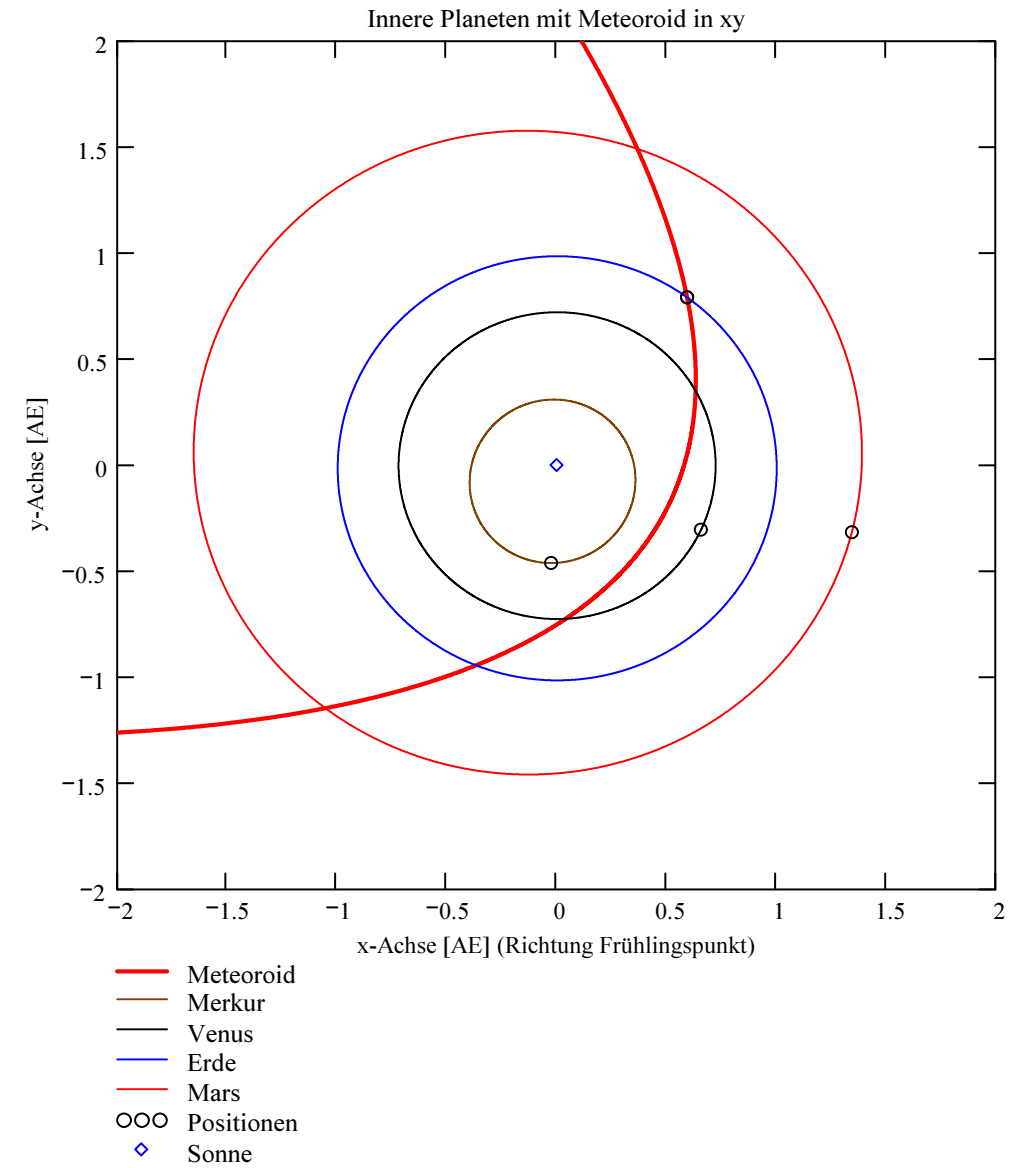
Die Meteorspur wird berechnet für alle gemeinsamen Schnittlinien der Ebenen der Beobachtungsorte, welche durch die Punkte Ort-Spuranfang-Spurende gelegt werden. Diese Methode verwendet die Punkte Spuranfang und Spurende nur um die Lage dieser Ebenen im Raum zu definieren. Sie ist deshalb auch dann gut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

### Beobachtungsdaten: Geografische Koordinaten der Beobachtungsorte:

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

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

Nr.	Stat.-Id.	Stationsname	Geogr. Breite [° dez.]	Geogr. Länge [° dez.]	Höhe über Meer [km]
1	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"	47.010278	9.536667	0.54
2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"	46.777367	10.169708	1.666
3	"MAU"	"Beobachtungsstation Mauren"	47.22521	9.55227	0.506



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 15 Stunden: H\_UT = 4  
 Monat: M = 11 Minuten: M\_UT = 12  
 Jahr: Y = 2016 Sekunden: S\_UT = 34  
 Weltzeit: UTC = 4.209444 [h dezimal]

Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 3  
 Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 3

Epoche der Äquatorkoordinaten:  $JD_{Epoche} = 2451545$   
 (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						
2						
3						

Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
282.442764	274.173144	62.524657	55.614036
191.655986	192.013989	86.371795	72.724441
304.747789	298.758898	58.067318	52.699927

1	$\alpha_{A_{Ep}} = 160.742646$	$\delta_{A_{Ep}} = 35.622956$	$\alpha_{E_{Ep}} = 170.675195$	$\delta_{E_{Ep}} = 35.235894$	Mag = $\begin{pmatrix} -5.3 \\ -4.7 \\ -0.5 \end{pmatrix}$	Dur_sec = $\begin{pmatrix} 0.38 \\ 0.74 \\ 0.32 \end{pmatrix}$
2	$\alpha_{A_{Ep}} = 128.841205$	$\delta_{A_{Ep}} = 50.385761$	$\alpha_{E_{Ep}} = 135.60869$	$\delta_{E_{Ep}} = 63.543978$		
3	$\alpha_{A_{Ep}} = 155.729417$	$\delta_{A_{Ep}} = 24.807934$	$\alpha_{E_{Ep}} = 162.309819$	$\delta_{E_{Ep}} = 22.788975$		

HOR_KOORD =			
282.442764	274.173144	62.524657	55.614036
191.655986	192.013989	86.371795	72.724441
304.747789	298.758898	58.067318	52.699927

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	46.9096	46.9118	46.8483
5	10.2095	10.1955	10.1899
6	103.3401	101.1606	124.5041
7	46.9759	46.9767	46.9798
8	10.2307	10.214	10.2319
9	79.0926	77.1769	75.7328
10	46.849	46.9195	46.9133
11	10.1901	10.1977	10.2107
12	125.6947	98.2793	100.2941
13	46.9824	46.977	46.9712
14	10.2328	10.2141	10.2292
15	76.7099	77.0838	78.8724
16	115.6154	113.1694	123.0716
17	94.9129	92.6046	77.5196
18	124.2643	114.8658	117.2259
19	78.5417	95.9341	98.167
20	25.446	25.139	51.1245
21	51.3973	22.217	22.4592
22	83.0749	80.9626	79.4692
23	80.5739	80.865	82.7615
24	47.1956	47.1893	47.188
25	10.3013	10.2749	10.2989
26	17.9341	17.7079	17.7549
27	192.2207	190.9155	192.2071
28	192.2365	190.9293	192.2385
29	192.2063	190.9171	192.2226
30	192.2381	190.9293	192.2364
31	72.3587	72.5749	72.5928
32	72.2909	72.5087	72.4583
33	72.4207	72.567	72.5263
34	72.2842	72.5085	72.467
35	59.8593	22.8458	82.7045
36	66.9631	66.1553	69.0872
37	69.4559	69.4282	70.1851

**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:

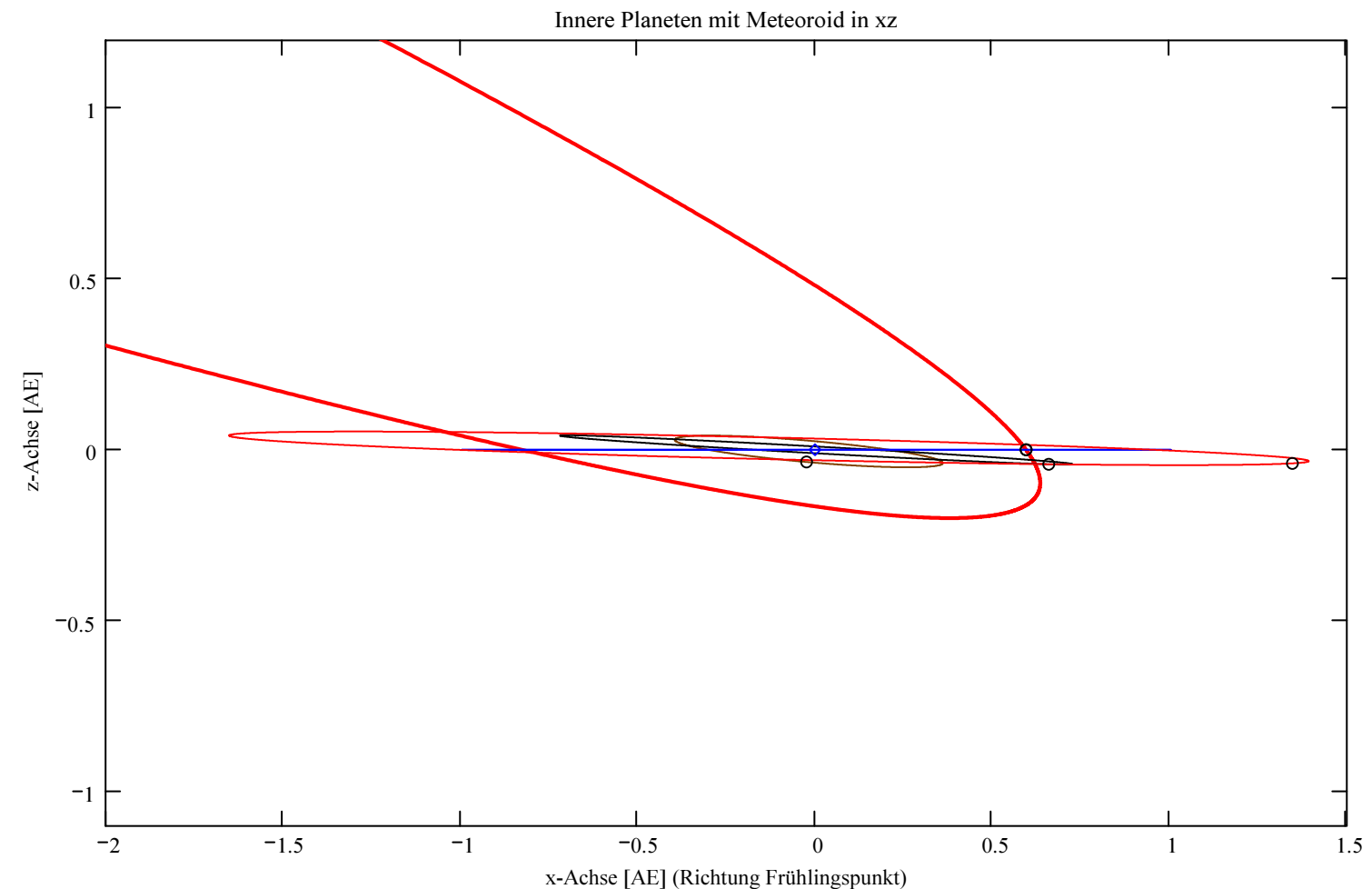
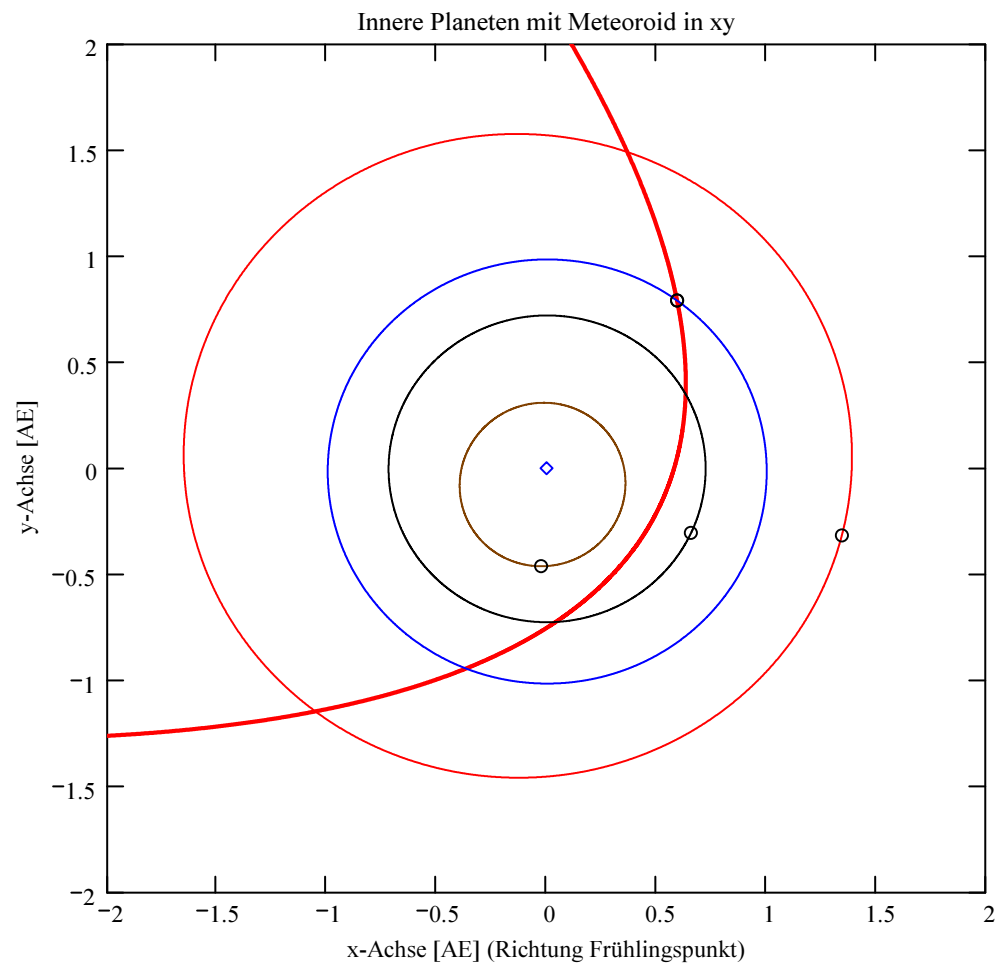
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

Grosse Halbachse:  $a_M = 163.9267$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.9965$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.5758$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 159.9724$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 233.002$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 260.6263$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 133.6283$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = -80.6245$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 766606.246$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 1691139.21618616$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 1 Monat = 2 Jahr = -82  
 Zeit (UTC): Stunden = 17 Minuten = 11 Sekunden = 18.485  
 Tage\_dez = 1.716186

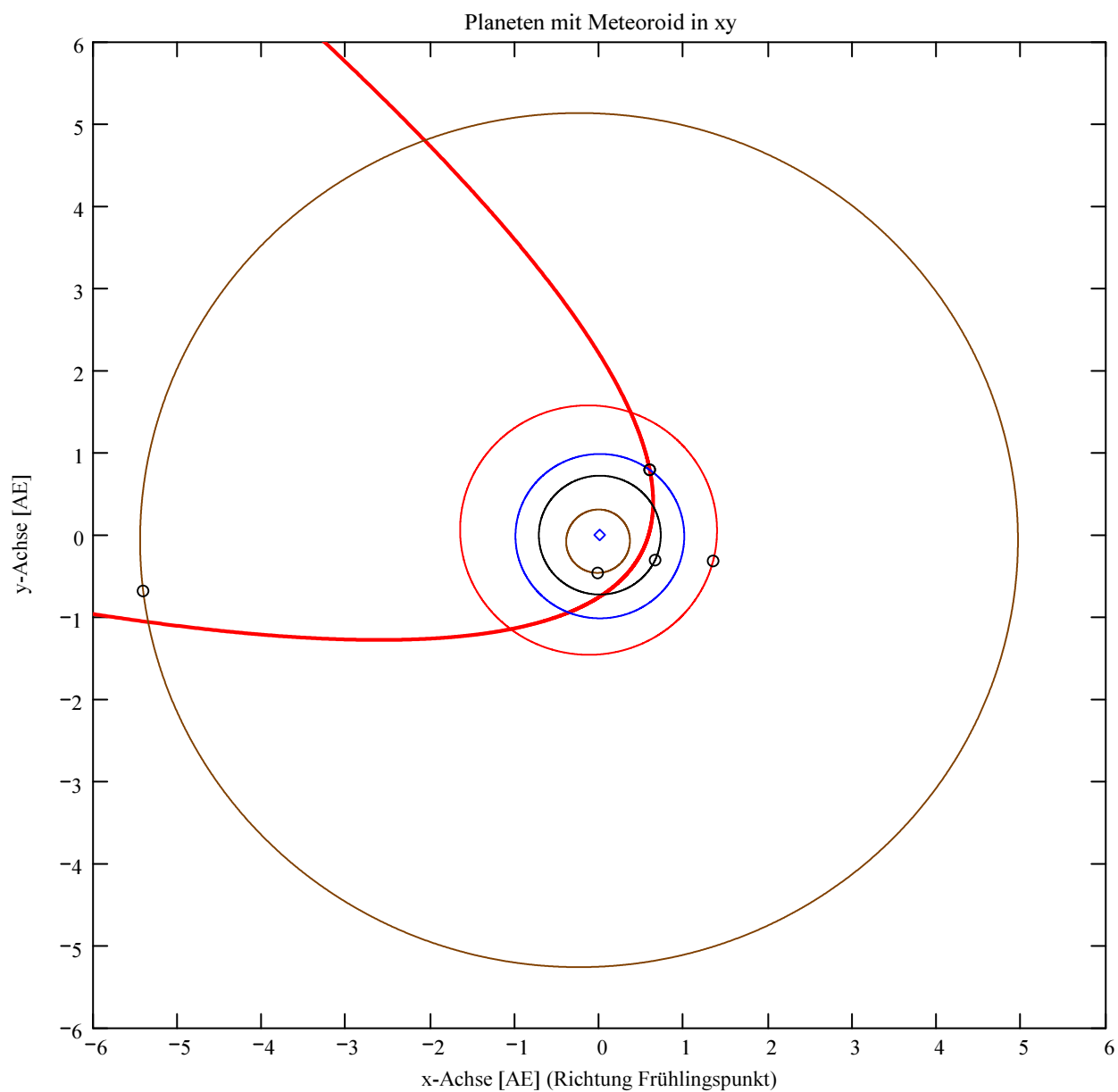
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 67.973$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_u| = 67.08$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 42.29$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 123.687$  deg  $\delta_{\text{Rad}_s} = 28.44$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_w2} = 123.35$  deg  $\delta_{\text{Rad}_w2} = 28.33$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_heli} = 101.003$  deg  $\beta_{\text{Rad}_heli} = 14.981$  deg



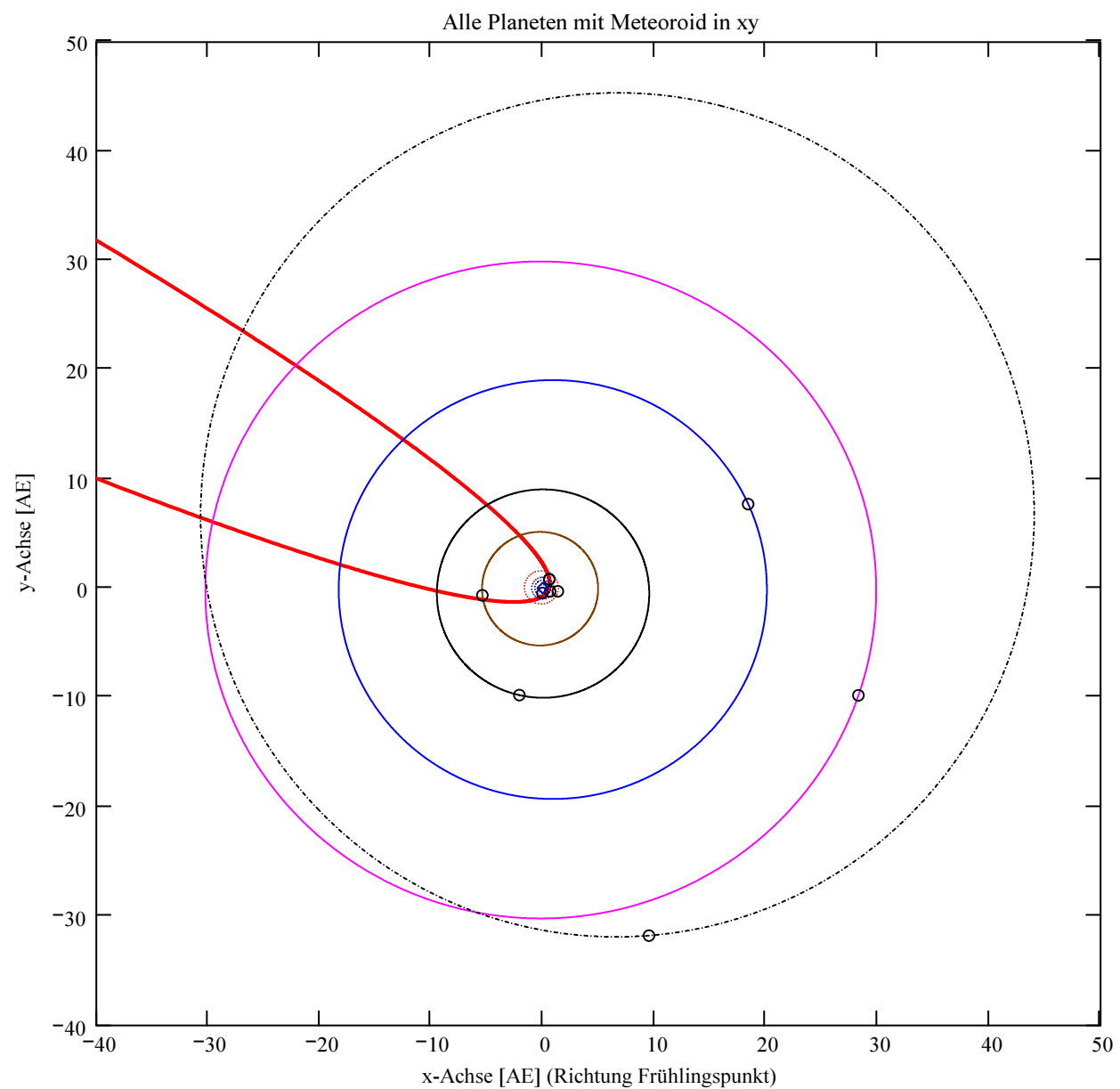
- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- ooo Positionen
- ◇ Sonne

- 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:

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

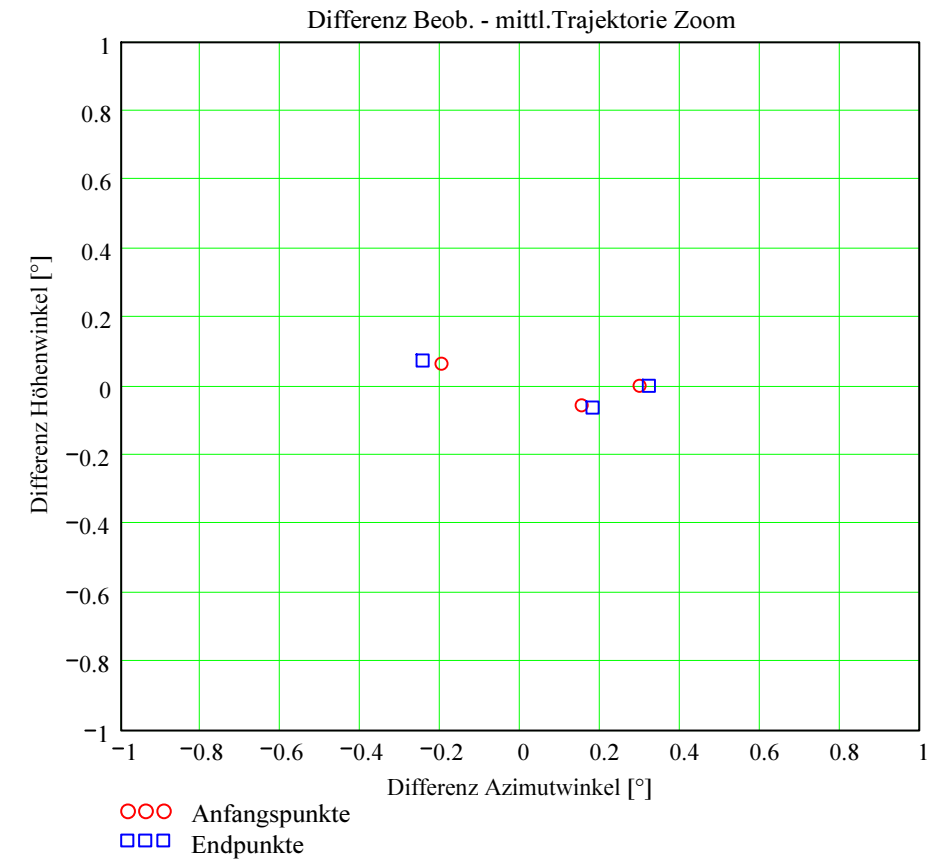
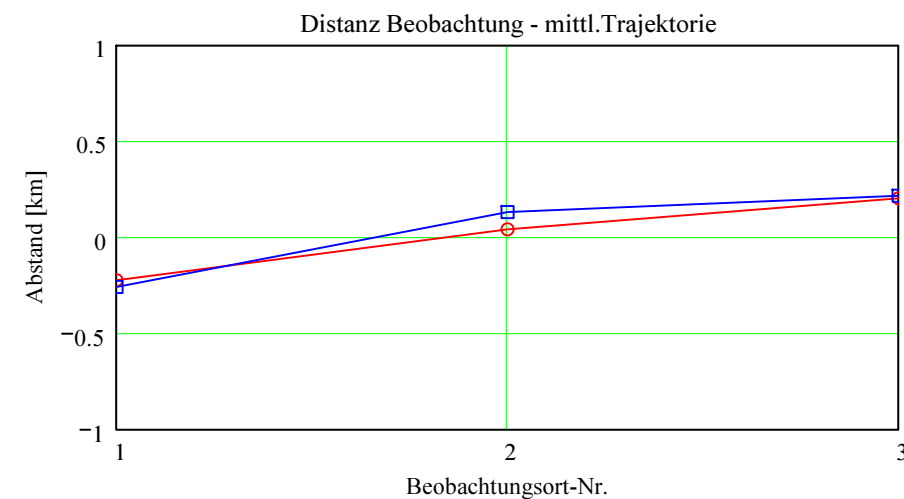
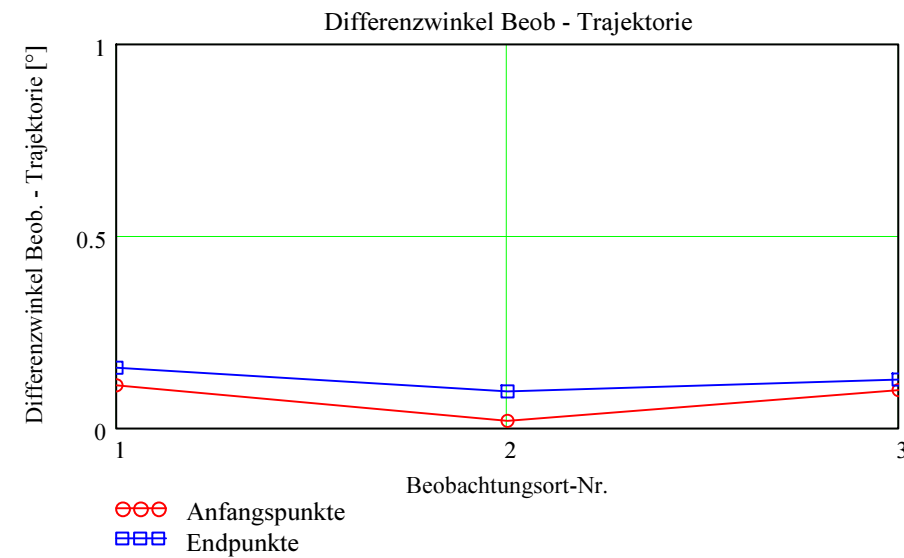
$$\text{Gew} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"
	2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
	3	"MAU"	"Beobachtungsstation Mauren"

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	"MAU"	"Beobachtungsstation Mauren"

**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
	"MAI"	"BOS"	"MAU"
mTr <sub>1</sub> =	46.908189	46.848708	46.915361
	10.20796	10.189511	10.210188
	102.90247	125.01284	100.247306
	191.886788	191.873017	191.888452
	72.508525	72.569329	72.501194
	46.973945	46.980934	46.973514
	10.228405	10.230581	10.22827
	78.642287	76.074728	78.800563
	191.902061	191.903687	191.901961
	72.441304	72.434159	72.441745

**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
	"MAI"	"BOS"	"MAU"
bTr <sub>1</sub> =	282.640276	191.356899	304.594376
	62.460431	86.371689	58.123834
	115.19026	123.581356	117.100746
	-0.197512	0.299087	0.153412
	0.064226	0.000106	-0.056516
	0.111565	0.018927	0.098833
	-0.224296	0.040824	0.201993
	274.418415	191.691909	298.578197
	55.54007	72.724316	52.76291
	94.452508	77.877448	97.997075
	-0.245271	0.32208	0.180701
	0.073966	0.000124	-0.062983
	0.157147	0.095648	0.126255
	-0.259057	0.130006	0.215943

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

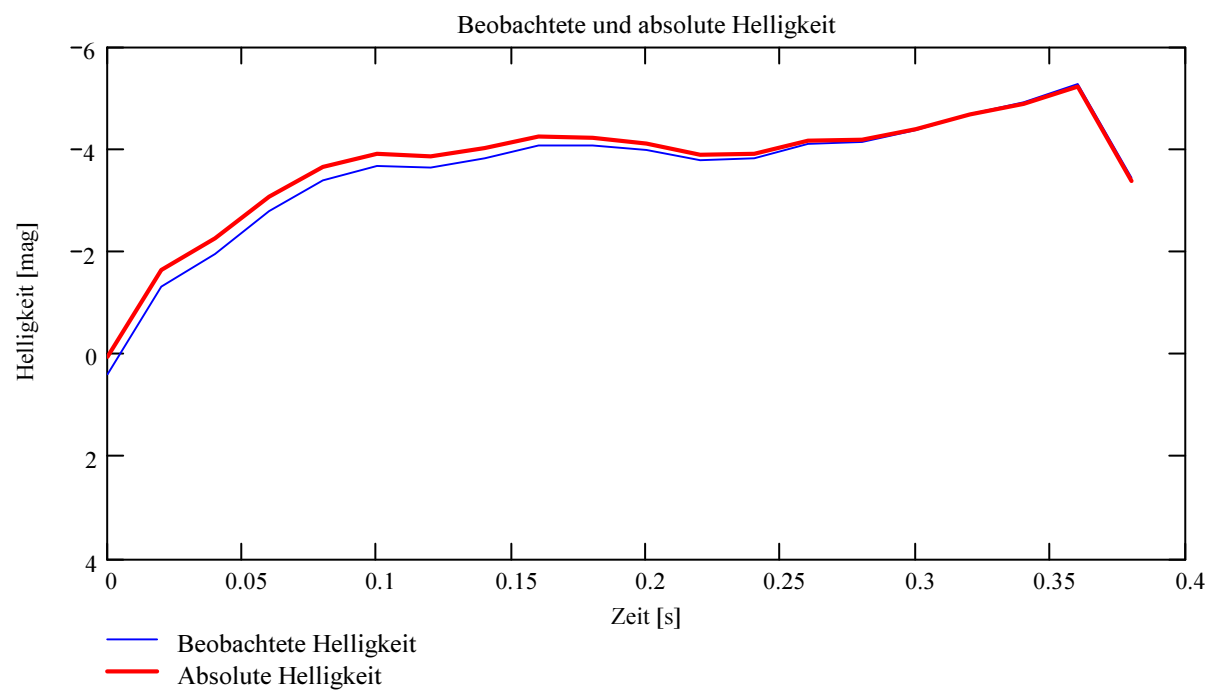
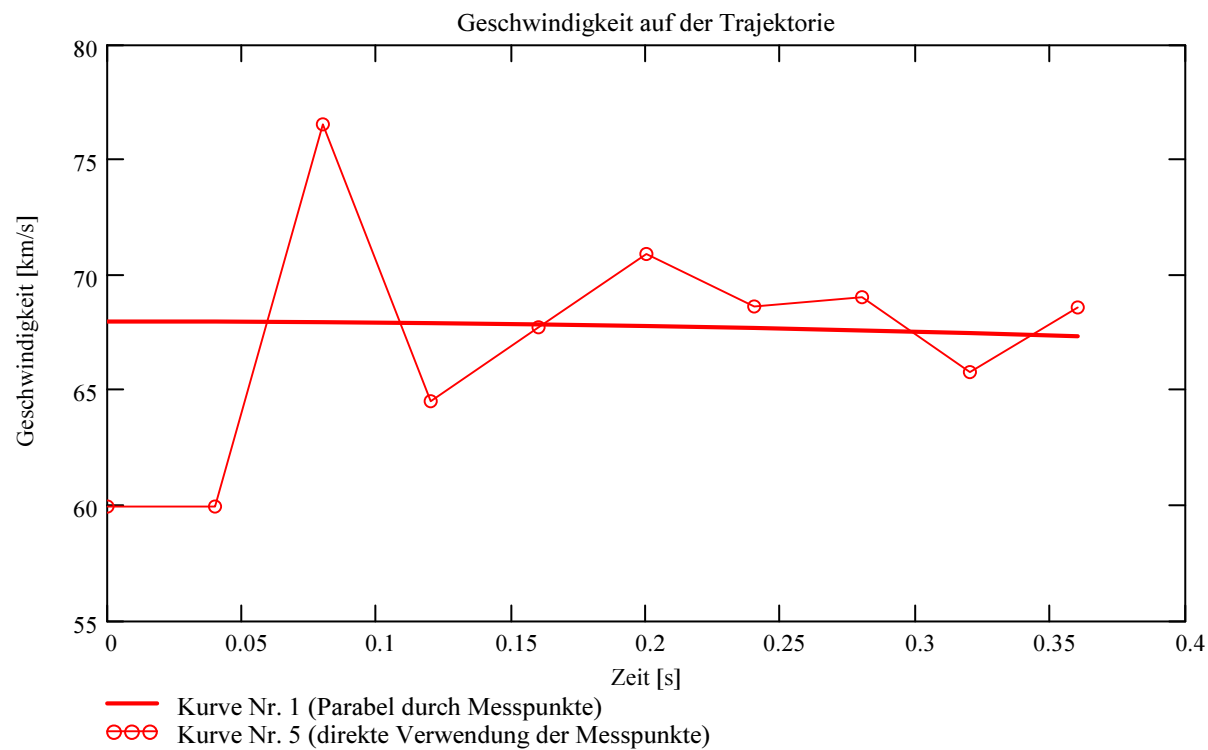
Ausgewerteter Beobachtungsort (xml-Datei): Stat\_Id = "MAI"

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.

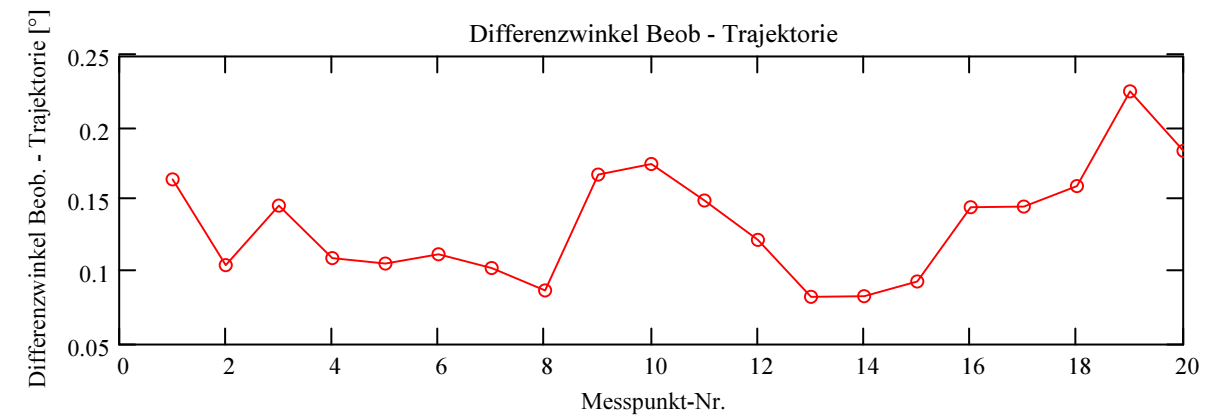
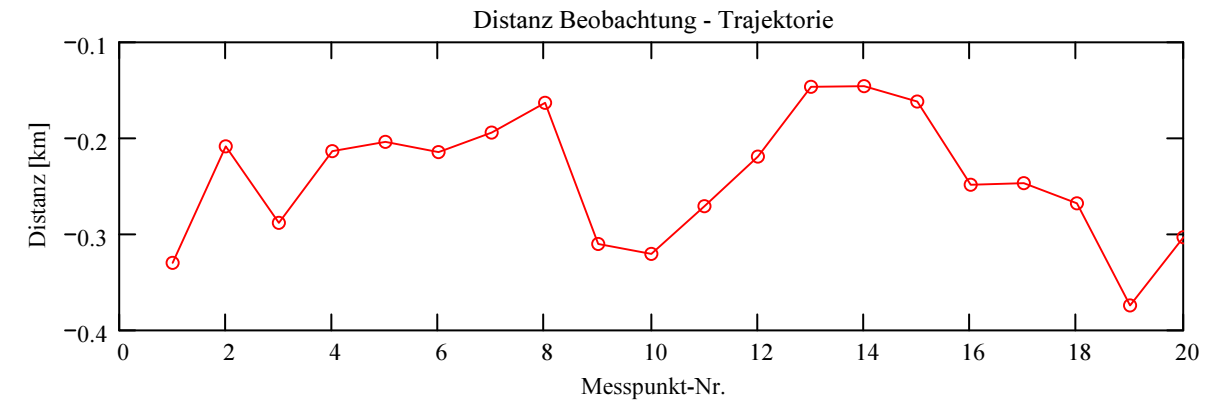
Berechnung: Beat Booz



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

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.002$  [kg]

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



## Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "MAI"

### Anfangspunkt:

$$\Phi_{Beob\_SP_1} = 46.908222 \text{ deg}$$

$$\lambda_{Beob\_SP_1} = 10.207971 \text{ deg}$$

$$H_{Beob\_SP_1} = 102.89 \text{ [km]}$$

$$\text{NeigWinkel}_{Beob_1} = 72.508492 \text{ deg}$$

$$\text{Richtungswinkel}_{Beob_1} = 191.886796 \text{ deg}$$

### Endpunkt:

$$\Phi_{Beob\_SP\_N\_Pkt} = 46.973966 \text{ deg}$$

$$\lambda_{Beob\_SP\_N\_Pkt} = 10.228411 \text{ deg}$$

$$H_{Beob\_SP\_N\_Pkt} = 78.634 \text{ [km]}$$

$$\text{NeigWinkel}_{Beob\_N\_Pkt} = 72.441282 \text{ deg}$$

$$\text{Richtungswinkel}_{Beob\_N\_Pkt} = 191.902066 \text{ deg}$$