

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

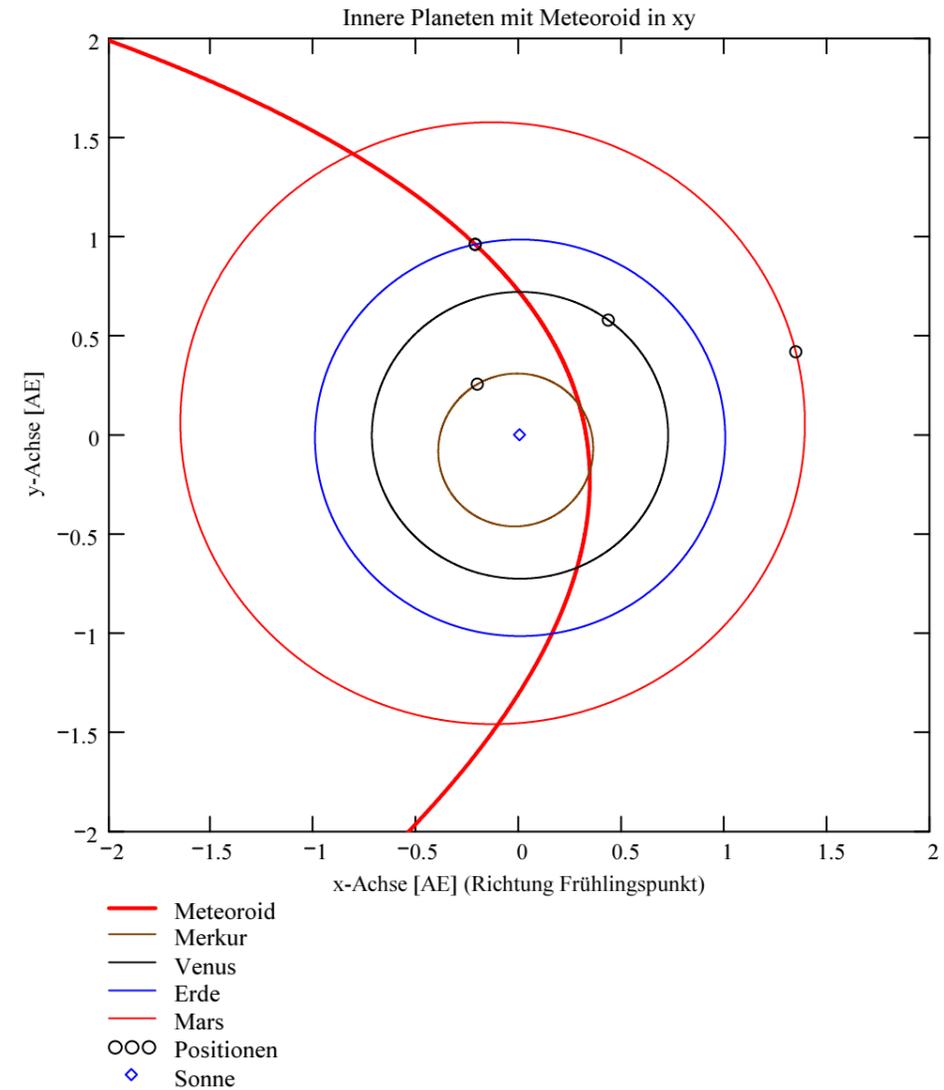
### Berechnungsverfahren:

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

ORT_KOORD1 =	1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"	ORT_KOORD2 =	47.3595	7.4987	0.572
	2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"		46.777367	10.169708	1.666
	3	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"		46.231461	9.024039	0.254
	4	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"		47.42025	7.950833	0.82



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag:	D = 3	Stunden:	H_UT = 1	Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 4	Epoche der Äquatorkoordinaten: JD <sub>Epoche</sub> = 2451545
Monat:	M = 1	Minuten:	M_UT = 57		
Jahr:	Y = 2017	Sekunden:	S_UT = 2		
Weltzeit:	UTC = 1.950556 [h dezimal]				
				Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 6	(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 =	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 167.507736 \\ 64.805128 \\ 48.499043 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} 46.750576 \\ 40.956974 \\ 71.035568 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 167.316666 \\ 49.424263 \\ 35.101929 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} 43.575558 \\ 32.209055 \\ 66.075783 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	Mag = $\begin{pmatrix} -9.1 \\ -3.5 \\ 0.2 \\ \text{"k.A."} \end{pmatrix}$	Dur_sec = $\begin{pmatrix} 0.12 \\ 0.84 \\ 0.3 \\ 0 \end{pmatrix}$
------	---	--	---	--	--	--

	Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
HOR_KOORD =	261.682359	270.93623	70.93336	70.147787
	113.991714	115.002015	36.323249	21.250842
	153.994637	151.332409	42.407809	35.779489
	275.04	130.57	85.97	77.07

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
1	1	1	1	2	2	3
2	2	3	4	3	4	4
3	0	0	0	0	0	0
4	47.4112	47.4421	47.4143	47.3588	47.3586	47.347
5	8.0321	8.3645	8.0645	8.1906	8.1915	8.2214
6	120.6369	197.7691	128.0793	126.4744	126.4179	130.7123
7	47.3498	47.3343	47.3489	47.4859	47.4803	47.403
8	8.1862	8.9463	8.2391	7.8549	7.874	8.0776
9	148.0141	319.7643	159.6576	80.3818	79.711	111.2087
10	47.3847	47.4867	47.4132	47.3472	47.4145	47.4144
11	8.0987	8.1182	8.0673	8.2213	8.0461	8.0482
12	132.4279	147.6968	128.5762	130.7303	104.8985	107.239
13	47.4986	47.5099	47.5211	47.4012	47.5099	47.5151
14	7.8111	7.9888	7.7768	8.079	7.7961	7.7871
15	81.9269	121.7495	76.9261	111.0387	68.4067	72.3576
16	126.8944	208.2717	134.7512	207.095	207.0028	191.1711
17	156.5282	338.314	168.8702	209.0743	207.3554	186.7469
18	216.8031	215.7417	128.0667	191.1971	104.3323	106.6784
19	213.0295	204.1896	78.0618	186.4652	69.3258	73.3772
20	30.6471	130.8729	35.1296	54.7094	54.4374	23.3022
21	56.593	27.9163	57.5458	23.3472	42.5704	41.7614
22	166.0913	343.8396	178.0383	95.7979	93.2358	133.4544
23	92.0544	131.2276	85.916	132.2037	80.0392	86.9465
24	47.6862	47.6195	47.6839	47.7102	47.6907	47.7263
25	7.3308	7.3648	7.332	7.2514	7.3158	7.2312
26	152.6833	157.8719	153.3841	33.1903	31.4632	33.8895
27	300.338	285.0497	298.8054	119.2638	119.5709	119.8614
28	300.4511	285.4771	298.9335	119.0171	119.3376	119.7558
29	120.3869	104.8685	118.8074	119.2863	119.4641	119.7342
30	120.1756	104.7733	118.5939	119.1818	119.2803	119.5422
31	-63.2308	-68.5698	-63.9473	57.5347	59.215	56.8792
32	-63.3518	-68.9782	-64.0824	57.2744	58.9681	56.7668
33	-63.2831	-68.3974	-63.9494	57.5585	59.1018	56.7439
34	-63.0576	-68.307	-63.7254	57.448	58.9077	56.5407
35	129.1033	158.9739	138.2301	30.1971	9.1547	21.0479
36	255.3928	1090.6072	292.7471	65.1303	64.8064	77.674
37	67.3726	93.0542	"k. A."	77.824	"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:

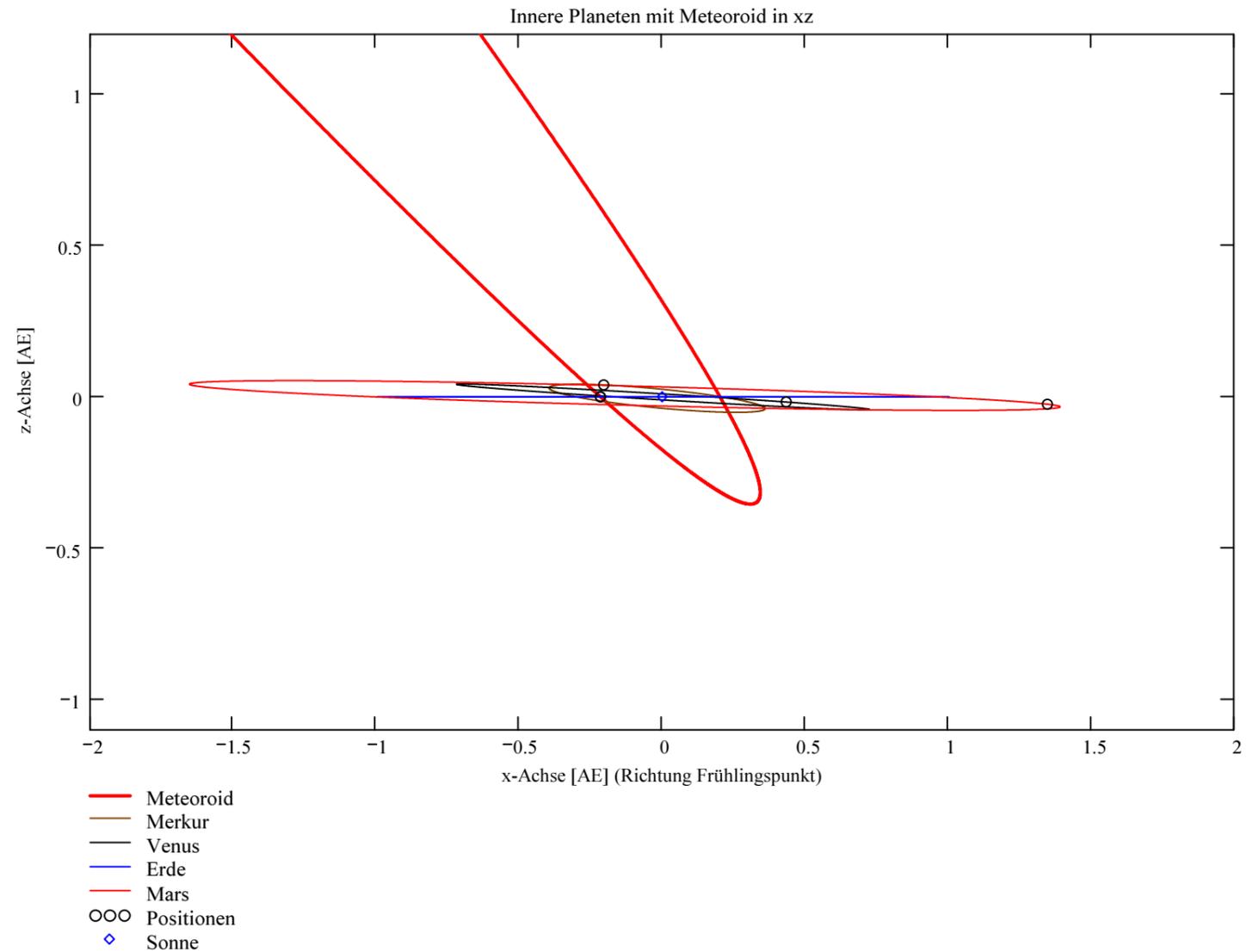
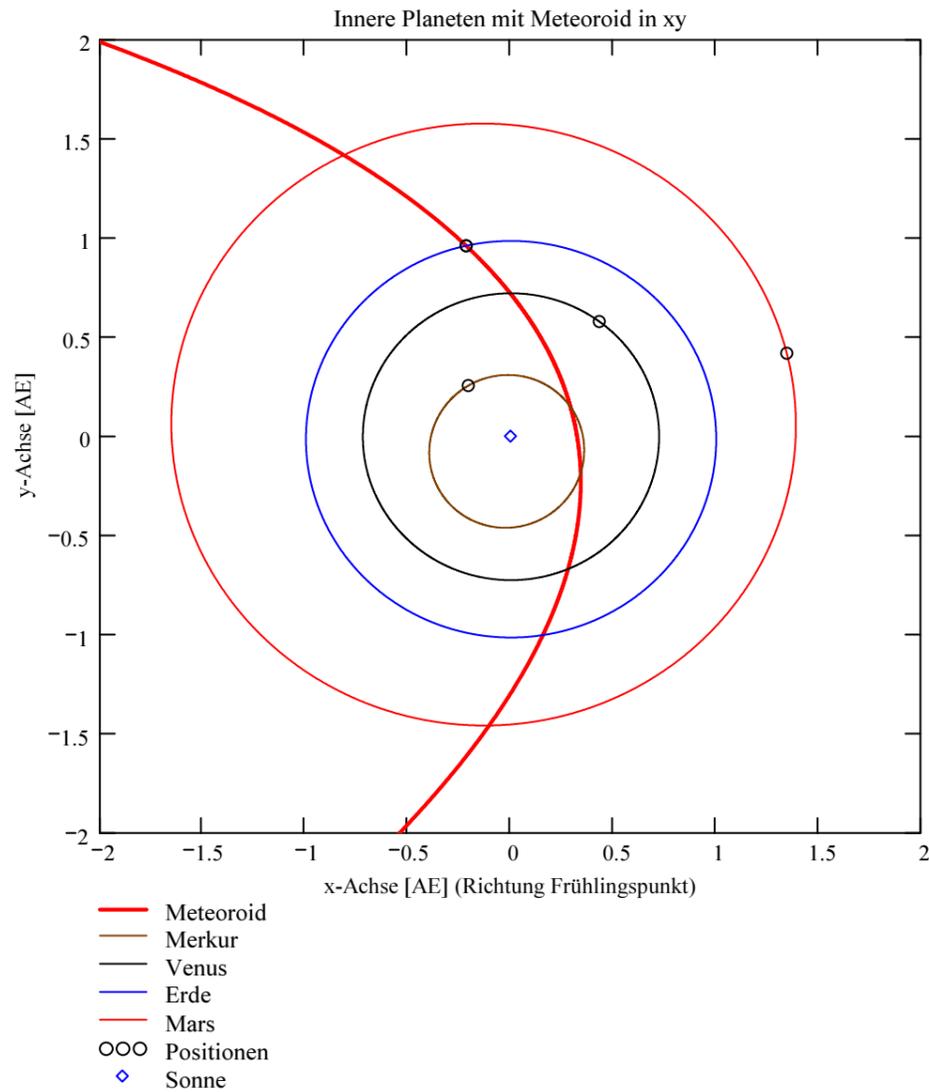
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

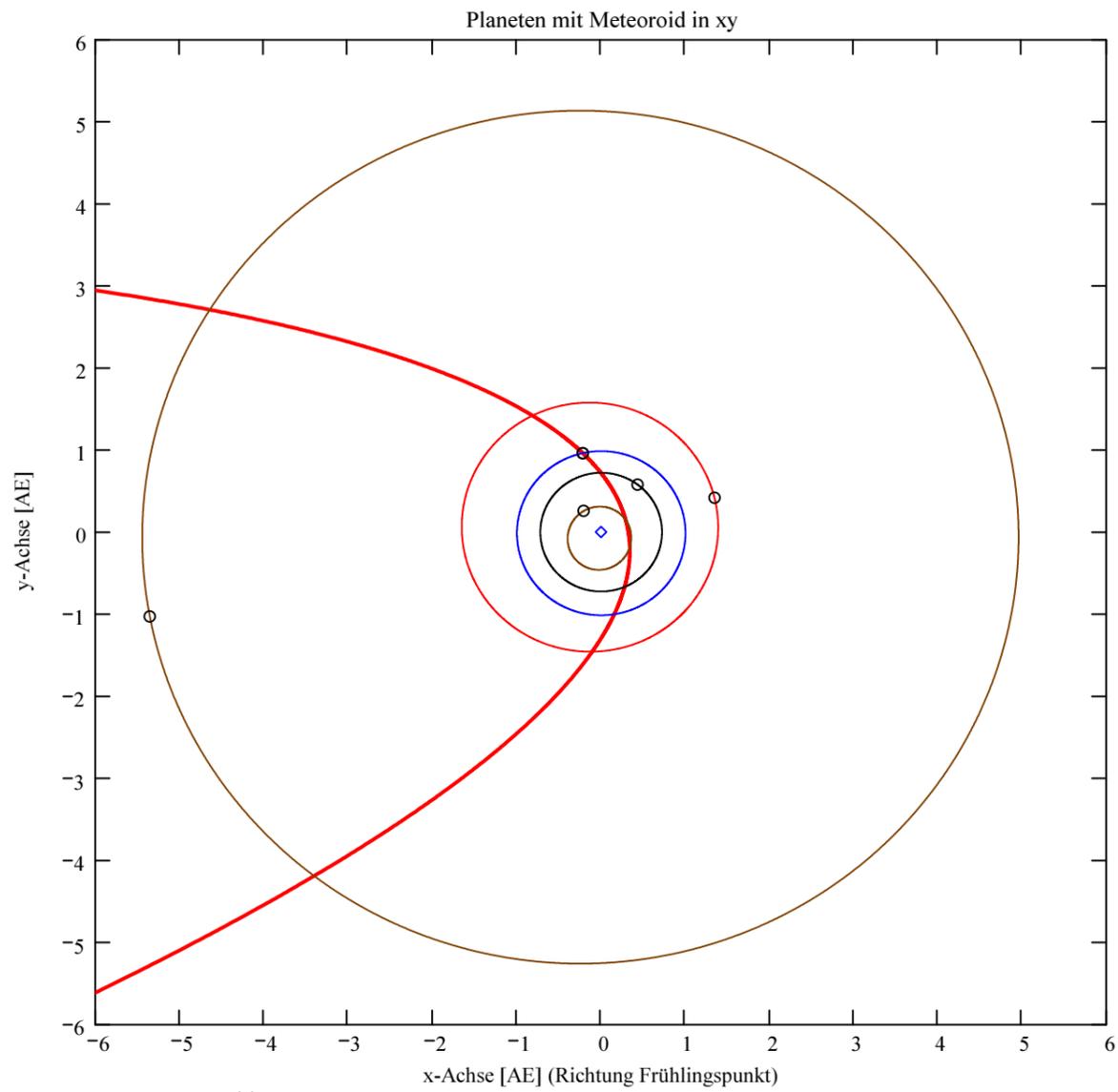
Grosse Halbachse:  $a_M = 160.8599$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.997$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.4774$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 132.0315$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 282.6479$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 271.7515$  deg  
 Perihellänge:  $\varpi_{2000} = 194.3994$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 268.2496$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 745194.6627$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 1712599.76582447$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 4    Monat = 11    Jahr = -24  
 Zeit (UTC): Stunden = 6    Minuten = 22    Sekunden = 47.234  
 Tage\_dez = 4.265824

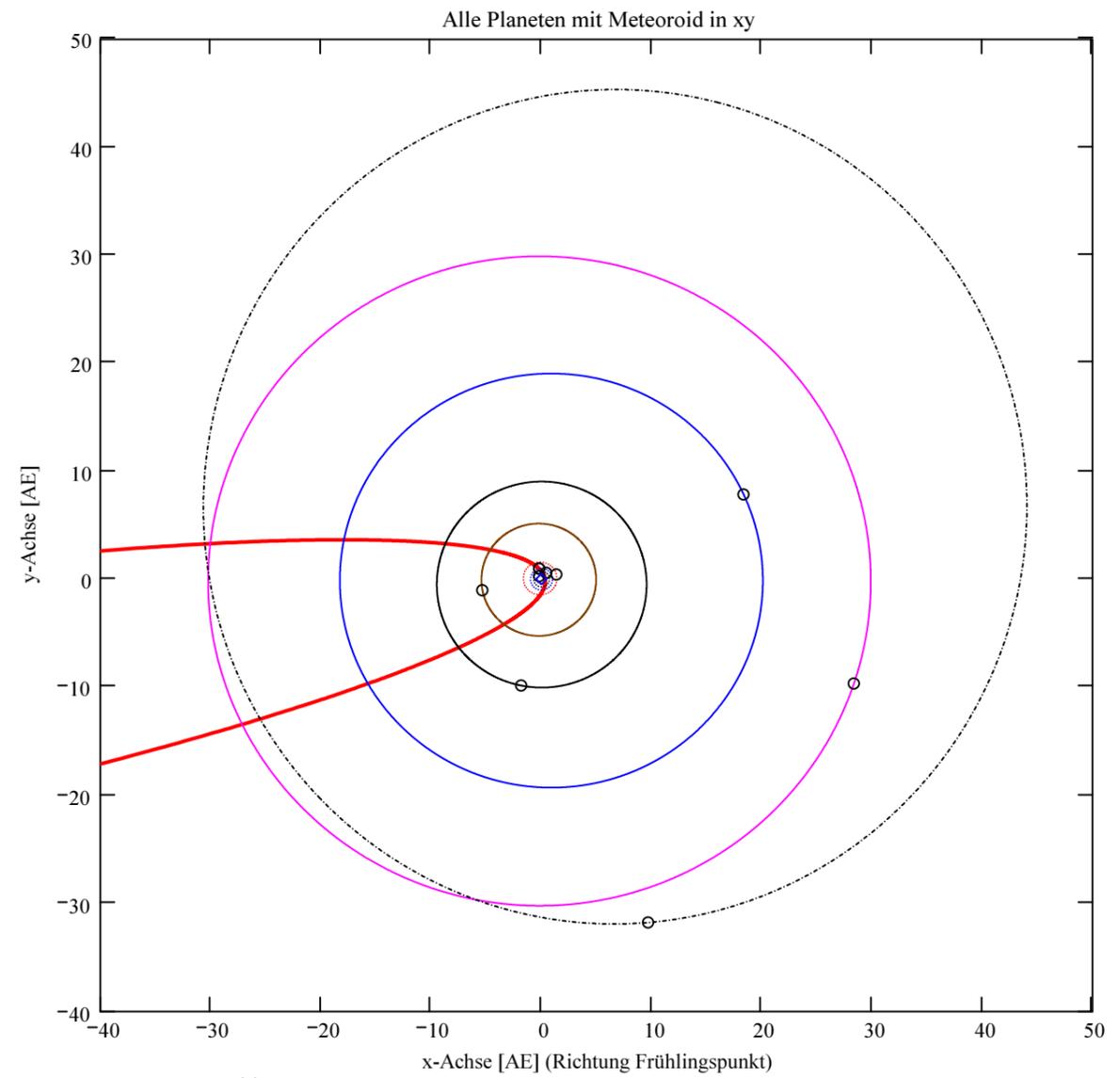
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 63.7$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_{M\_geoz}| = 63.55$  [km/s]  
 Geozentrisch ursprünglich:  $|v_u| = 62.574$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 42.412$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 171.483$  deg     $\delta_{\text{Rad}_s} = 25.374$  deg    Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_{w2}} = 171.396$  deg     $\delta_{\text{Rad}_{w2}} = 25.26$  deg    Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_{heli}} = 135.726$  deg     $\beta_{\text{Rad}_{heli}} = 29.676$  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:

IndPaar =  $\begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 3.4 \end{pmatrix}$

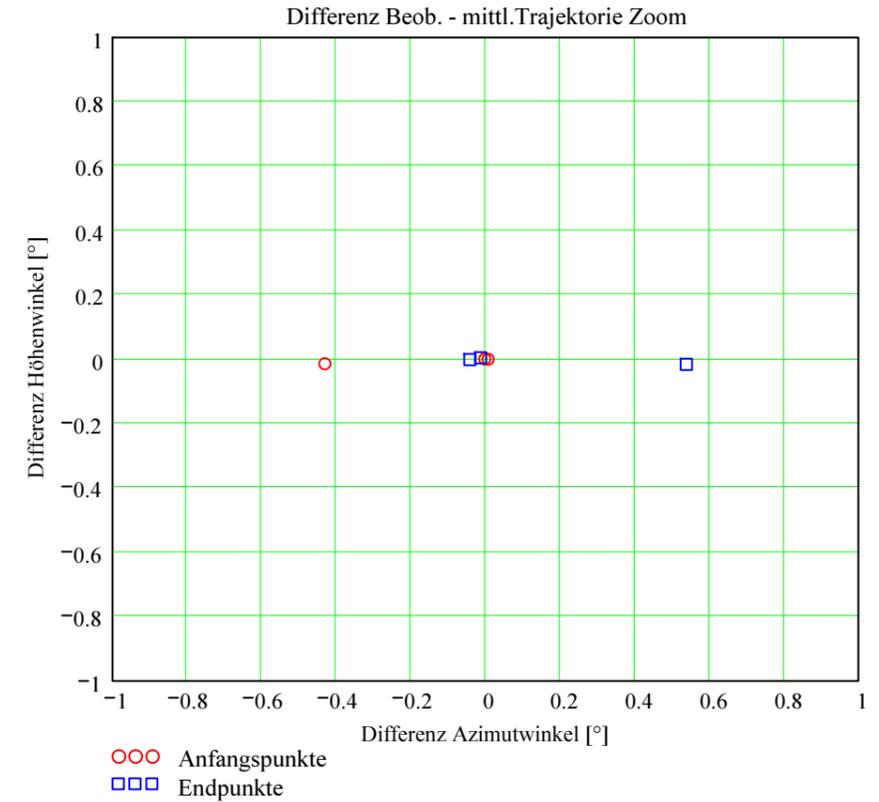
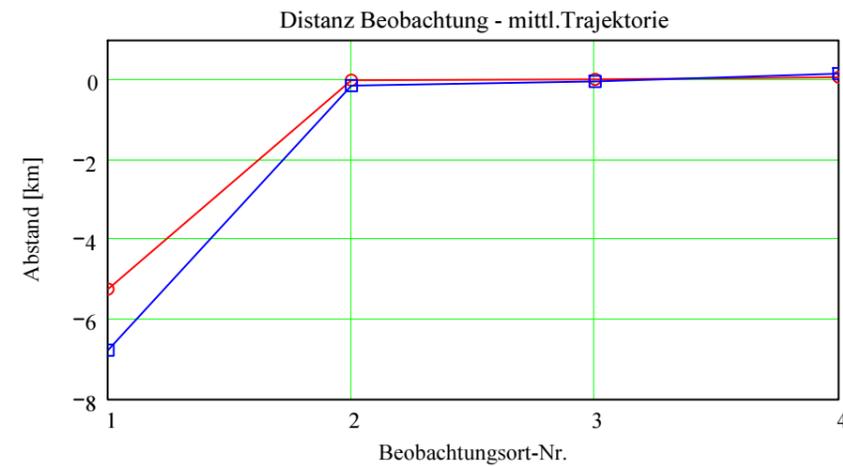
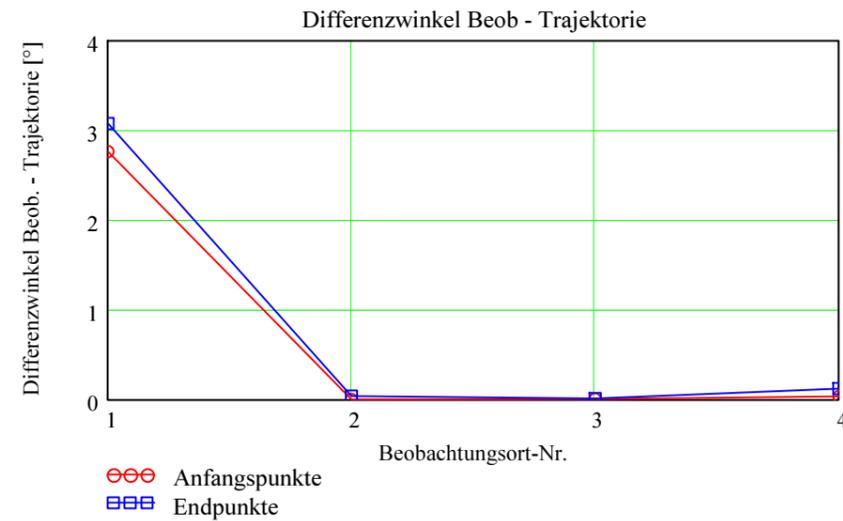
Gew =  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
	2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
	3	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"
	4	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"

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	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
	2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
	3	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"
	4	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"

### 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
	"VTE"	"BOS"	"GNO"	"SCH"
1				
2	47.427277	47.358932	47.34716	47.413946
3	8.012346	8.190475	8.221037	8.047183
4	101.841135	126.487201	130.744846	106.638546
5	299.403432	119.534256	119.556687	119.429029
6	57.395546	57.534155	57.557972	57.422626
7	47.383793	47.487039	47.401686	47.512523
8	8.125815	7.855614	8.079182	7.7885
9	117.507439	80.392366	111.054857	71.274702
10	299.486785	119.288203	119.452536	119.238826
11	57.483799	57.273884	57.447512	57.221871

mTr<sub>1</sub> =

### 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
	"VTE"	"BOS"	"GNO"	"SCH"
1				
2	258.81389	113.993718	153.988161	275.47065
3	68.357544	36.323356	42.409365	85.98539
4	108.816232	207.115453	191.21282	106.074584
5	2.868469	-0.002003	0.006476	-0.43065
6	2.575816	-0.000106	-0.001556	-0.01539
7	2.761576	0.001618	0.005028	0.033902
8	-5.242758	-0.005847	0.01678	0.062765
9	266.505494	115.044266	151.345814	130.031874
10	67.52052	21.253089	35.776297	77.087428
11	126.357138	209.081883	186.505657	72.261842
12	4.430735	-0.042252	-0.013405	0.538126
13	2.627267	-0.002247	0.003192	-0.017428
14	3.074307	0.039442	0.011334	0.121587
15	-6.776664	-0.143932	-0.036894	0.153346

bTr<sub>1</sub> =

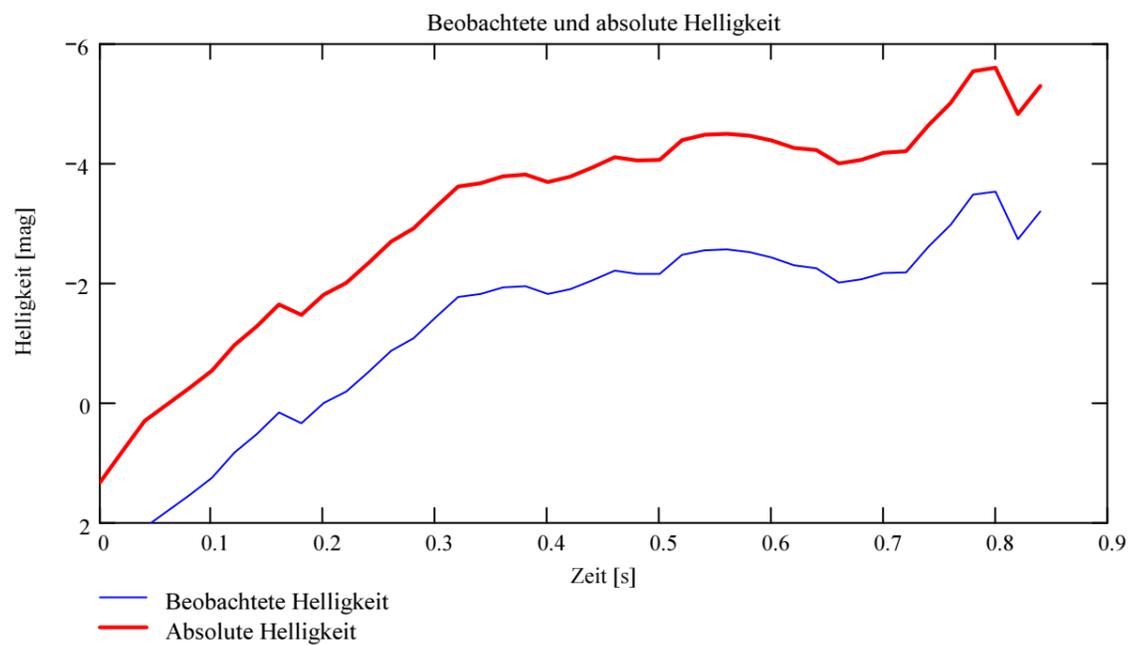
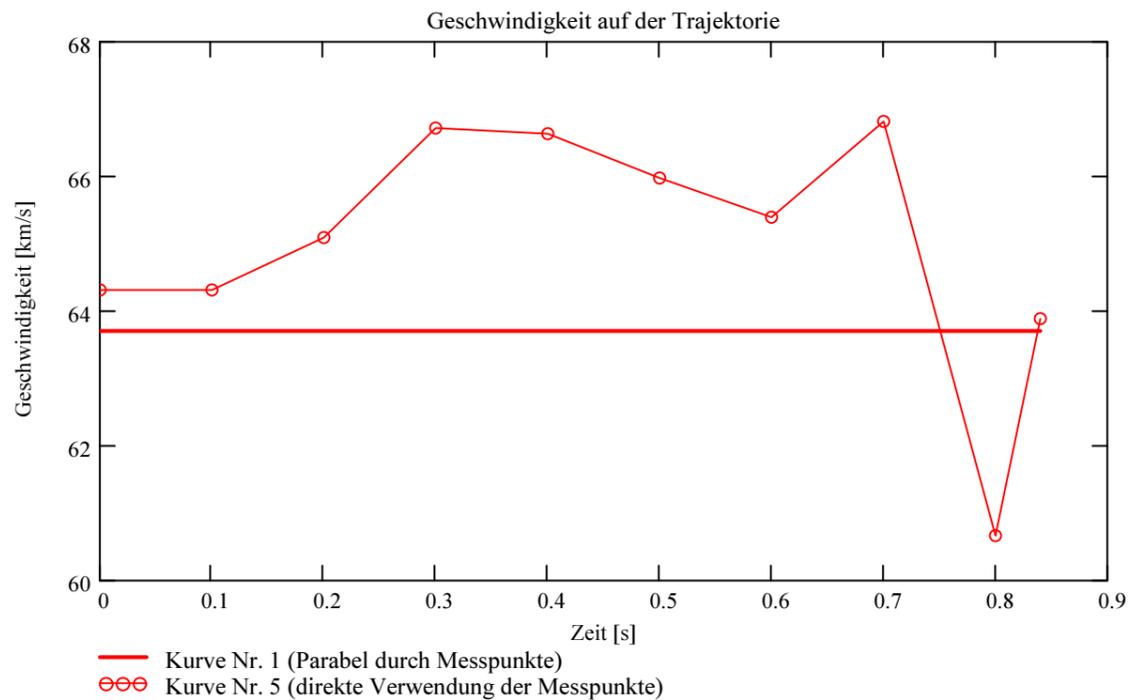
## Ergebnisse aus den auf die mittlere Trajektorie projizierten Messpunkten der xml-Datei

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

Minimale Zeitdifferenz zwischen den verwendeten Messpunkten:

$\Delta T_{MP} = 0.1$  [s]

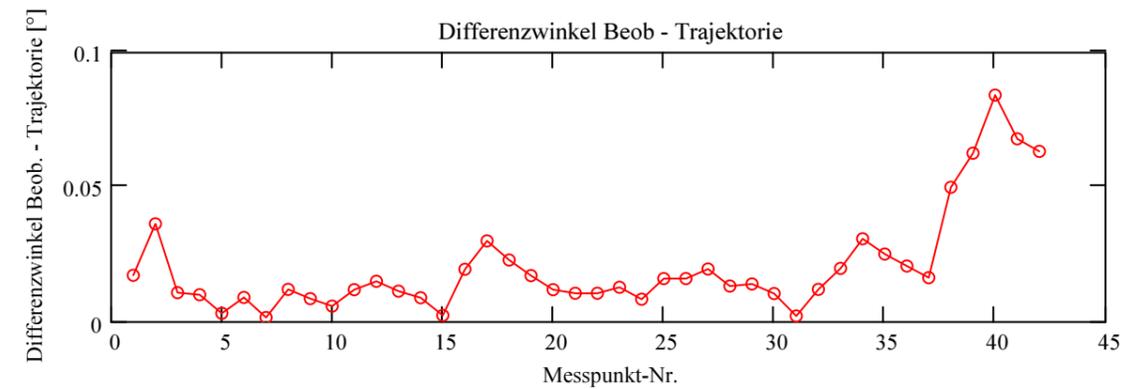
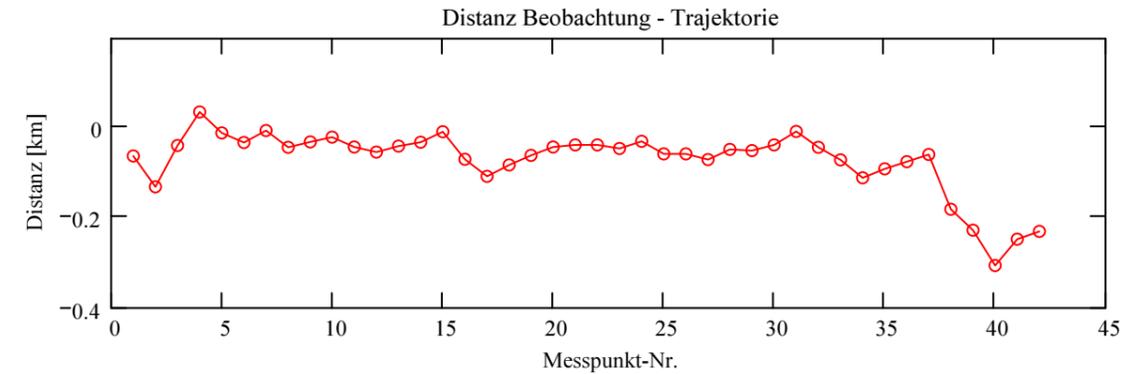
Dieser Wert wird für jedes Meteorereignis auf eine geringe Welligkeit des Geschwindigkeitsverlaufes optimiert.



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

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.003$  [kg]

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



## Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "BOS"

### Anfangspunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_1} = 47.358913$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_1} = 8.190523$  deg

$H_{Beob\_SP_1} = 126.494$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_1} = 57.534192$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_1} = 119.534292$  deg

### Endpunkt:

$\Phi_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 47.48702$  deg

$\lambda_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 7.855664$  deg

$H_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 80.399$  [km]

$NeigWinkel_{Beob\_N\_pkt} = 57.273923$  deg

$Richtungswinkel_{Beob\_N\_pkt} = 119.28824$  deg