

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 Spurbahnschnitte nicht die gleichen sind.

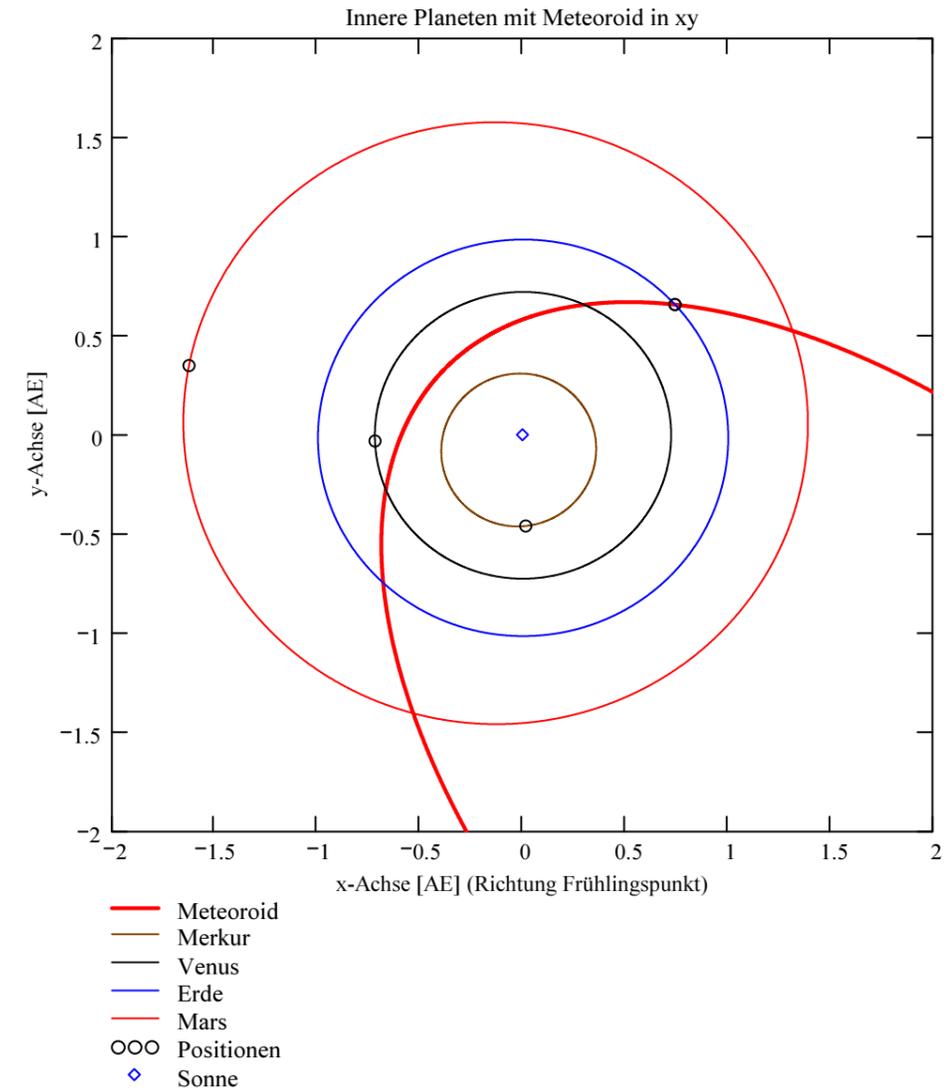
### Beobachtungsdaten:

Geografische Koordinaten der Beobachtungsorte:

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

Beobachtungsorte:

Nr.	Stat.-Id.	Stationsname	Geogr. Breite $\Phi$ [° dez.]	Geogr. Länge $\lambda$ [° dez.]	Höhe über Meer [km]
1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"	47.3595	7.4987	0.572
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 = 3	Stunden: H_UT = 20	Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 3	Epoche der Äquatorkoordinaten: JDEpoche = 2451545 (J2000.0 = Julianisches Datum 2451545,0)
Monat: M = 11	Minuten: M_UT = 11		
Jahr: Y = 2017	Sekunden: S_UT = 16		
Weltzeit: UTC = 20.187778 h dezimal]			

### Ungerechnete bzw. vorgegebene Horizont-Koordinaten:

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

### Beobachtete Äquator- bzw Horizont-Koordinaten, Helligkeit und Leuchtdauer der Spurpunkte für die Beobachtungsorte:

Orte:	0: Äquator-Koord.	Rektaszension bzw	Deklinationen bzw	Rektaszension bzw	Deklinationen bzw	Helligkeit [Mag]:	Leuchtdauer [s]:	Azimut Spur-anfang [°]	Azimut Spur-ende [°]	Höhe Spur-anfang [°]	Höhe Spur-ende [°]
iL =	1: Horizont-Koord.	Azimet der Spuranfänge für Orte:	Höhenwinkel der Spuranfänge für Orte:	Azimet der Spurenden für Orte:	Höhenwinkel der Spurenden für Orte:						
1	HK = $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\alpha A_{Ep} = \begin{pmatrix} 81.206564 \\ 93.485989 \\ 81.394619 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$h\delta A_{Ep} = \begin{pmatrix} 17.750227 \\ 48.131024 \\ 33.122434 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\alpha E_{Ep} = \begin{pmatrix} 87.326482 \\ 118.350852 \\ 96.20646 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$h\delta E_{Ep} = \begin{pmatrix} 14.780502 \\ 45.696916 \\ 30.391335 \end{pmatrix} \text{ deg}$	Mag = $\begin{pmatrix} -6.7 \\ -6.6 \\ -7 \end{pmatrix}$	Dur_sec = $\begin{pmatrix} 1.92 \\ 2.52 \\ 2.32 \end{pmatrix}$	HOR_KOORD = $\begin{pmatrix} 259.250054 & 257.020334 & 14.379812 & 8.171276 \\ 229.065089 & 217.734857 & 28.843691 & 15.338276 \\ 248.517093 & 241.366297 & 26.135104 & 15.12673 \end{pmatrix}$			

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	47.8397	47.8412	47.8199
5	11.9205	11.9376	11.9785
6	97.1822	97.5935	104.5748
7	47.9141	47.9158	47.9154
8	11.5346	11.5491	11.4882
9	52.9127	53.1263	48.2122
10	47.8261	47.8374	47.83
11	11.9898	11.9572	11.9269
12	105.2287	99.8669	98.5706
13	47.9216	47.9246	47.9168
14	11.4956	11.503	11.4805
15	48.4816	47.9095	47.3423
16	352.746	354.1208	208.0108
17	315.097	316.2217	168.223
18	209.3007	218.8154	216.0415
19	169.1556	173.3153	171.3311
20	53.6902	53.9676	68.3407
21	68.814	63.065	62.1308
22	64.4037	64.711	58.6845
23	59.0201	58.368	57.6275
24	48.003	48.0049	47.997
25	11.0633	11.0746	11.0587
26	34.9212	34.9825	34.9095
27	106.1481	106.0843	106.3234
28	105.8622	105.7964	105.9602
29	106.1994	106.0989	106.2852
30	105.8333	105.7623	105.9545
31	55.676	55.6185	55.732
32	55.4067	55.3475	55.3894
33	55.7245	55.6323	55.6958
34	55.3795	55.3154	55.3841
35	46.1915	23.0332	23.1583
36	27.9636	28.1081	27.1193
37	27.3072	27.1832	26.7805

**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:

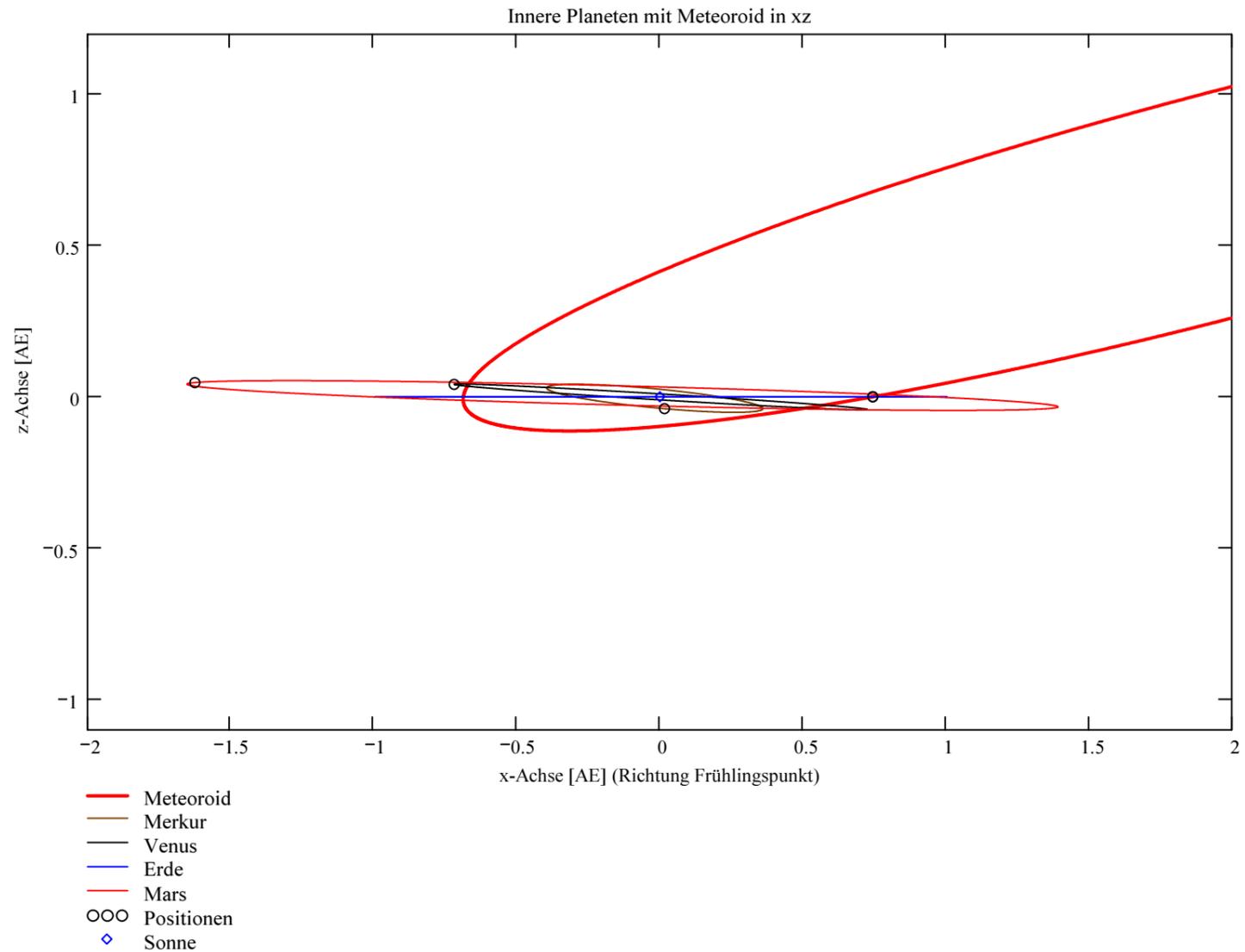
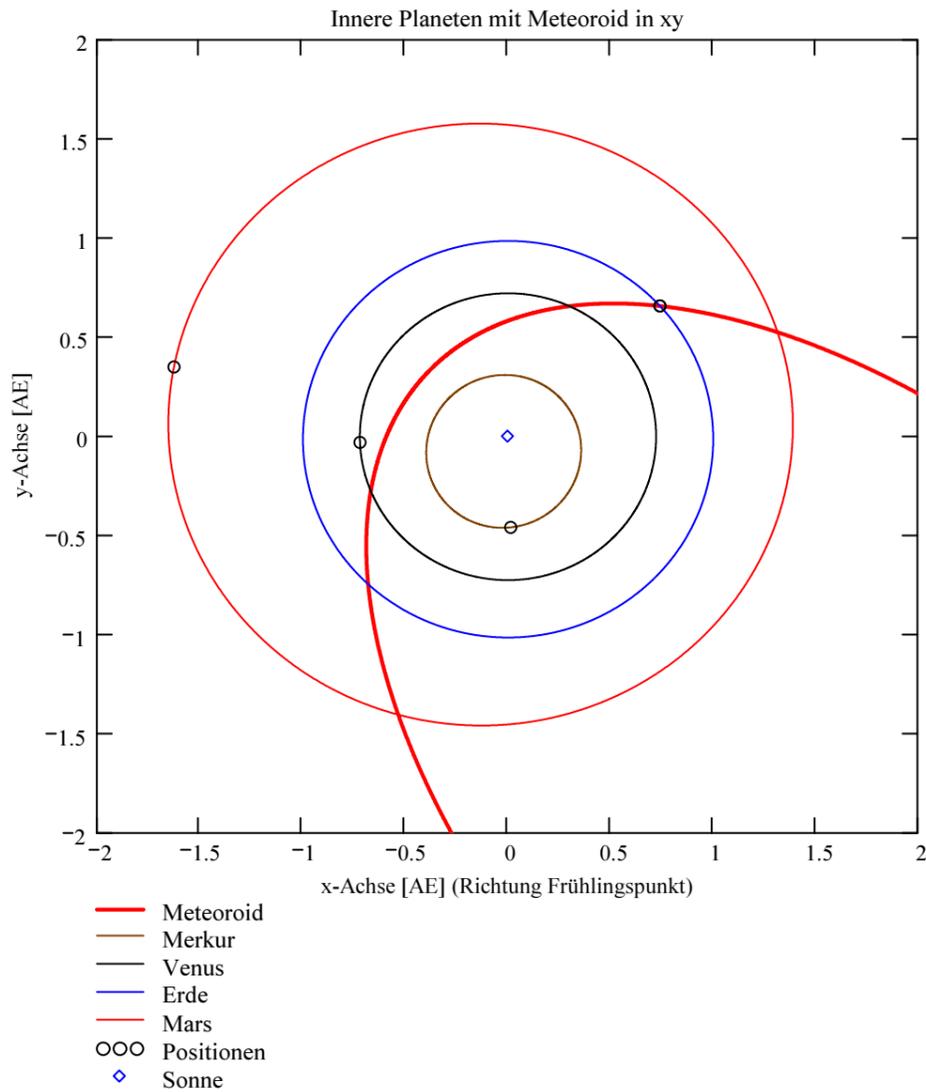
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

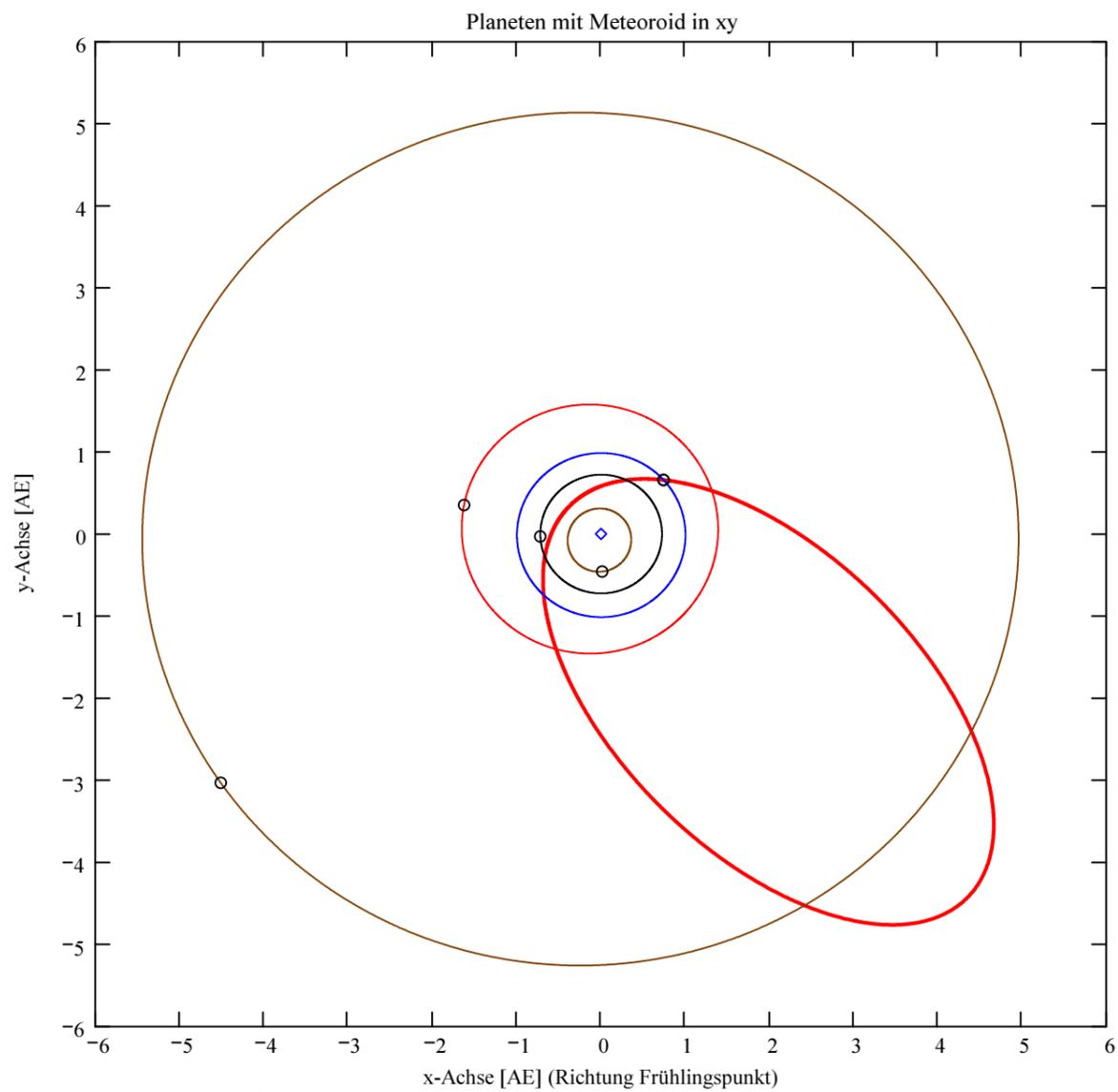
Grosse Halbachse:  $a_M = 3.4402$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.8505$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.5144$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 12.6593$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 221.358$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 272.7191$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 134.0771$  deg  
 Bahnform<sub>M</sub> = "Ellipse"

Wahre Anomalie:  $v_{Datum} = 267.2804$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 2330.6193$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2455772.9081$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 30    Monat = 7    Jahr = 2011  
 Zeit (UTC): Stunden = 9    Minuten = 47    Sekunden = 42.596  
 Tage\_dez = 30.408132

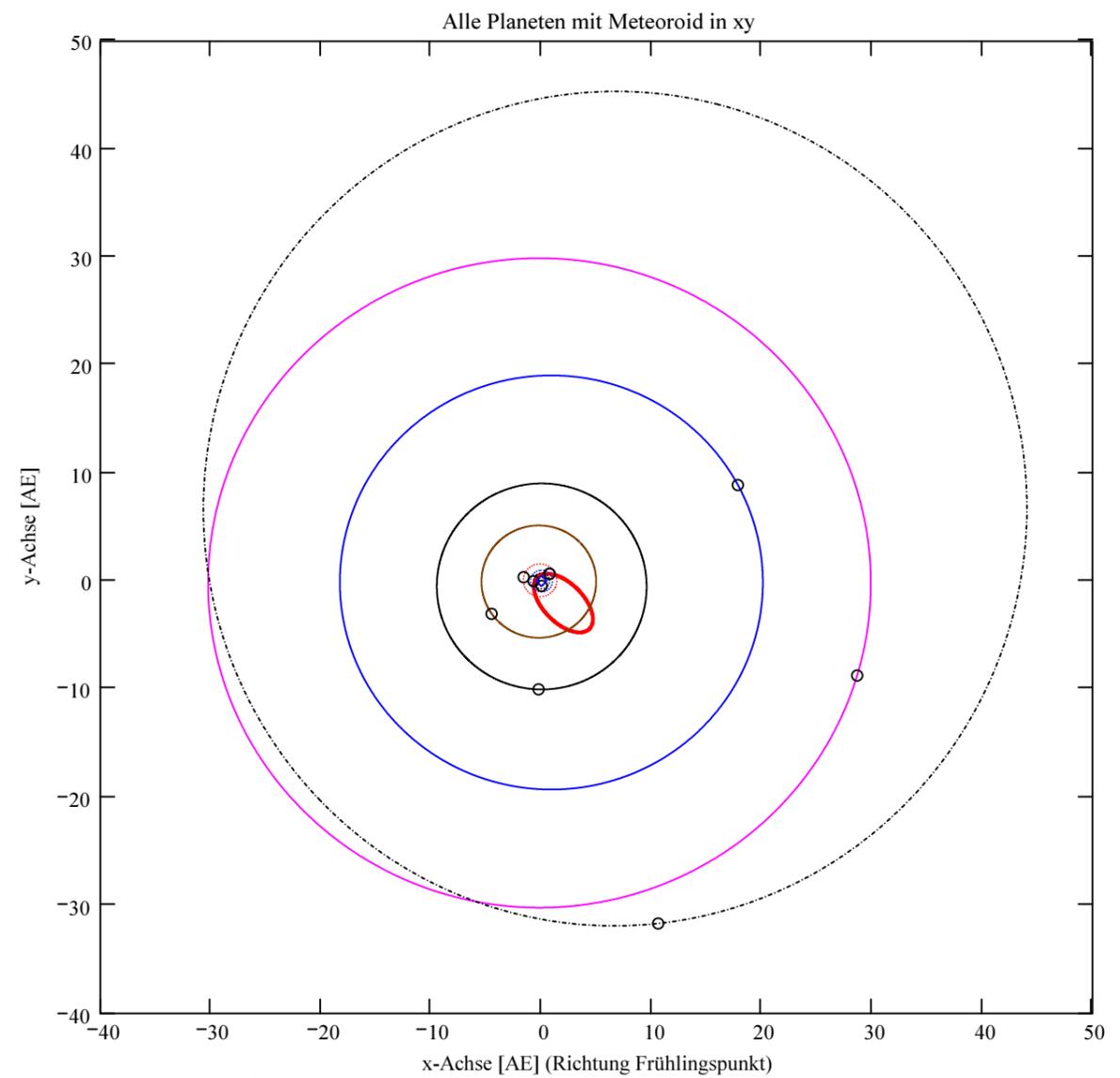
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 28.756$  [km/s] Beobachtete Geschwindigkeit.  
 Geozentrisch:  $|v_u| = 26.332$  [km/s] Wahre geozentrische Geschwindigkeit vor der Ablenkung und Beschleunigung durch die Erdgravitation (= beobachtete Geschwindigkeit, korrigiert für Erdrotation und Erdgravitation).  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 39.128$  [km/s] Heliozentrische Geschwindigkeit.  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{Rad\_s} = 36.681$  deg     $\delta_{Rad\_s} = 28.974$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{Rad\_w2} = 37.351$  deg     $\delta_{Rad\_w2} = 28.326$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{Rad\_heli} = 353.575$  deg     $\beta_{Rad\_heli} = 9.402$  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 Schrägstrich = Orte 1  
 Zahl nach Schrägstrich = Orte 2)

Auswahl für die Berechnung der mittleren Trajektorie:

$$\text{IndPaar} = \begin{pmatrix} "1 / 2" \\ "1 / 3" \\ "2 / 3" \end{pmatrix}$$

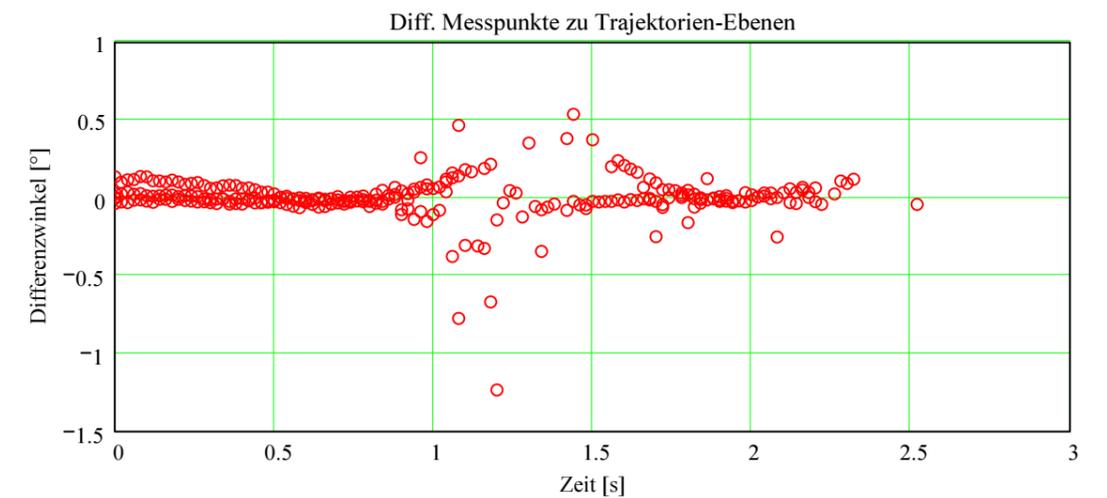
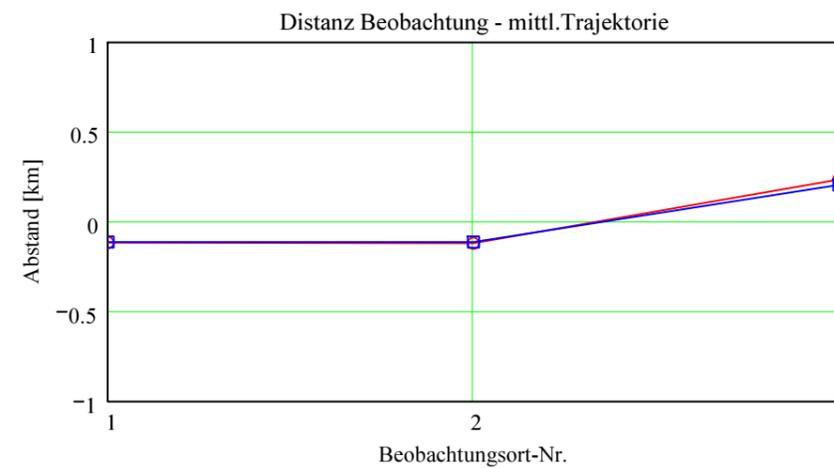
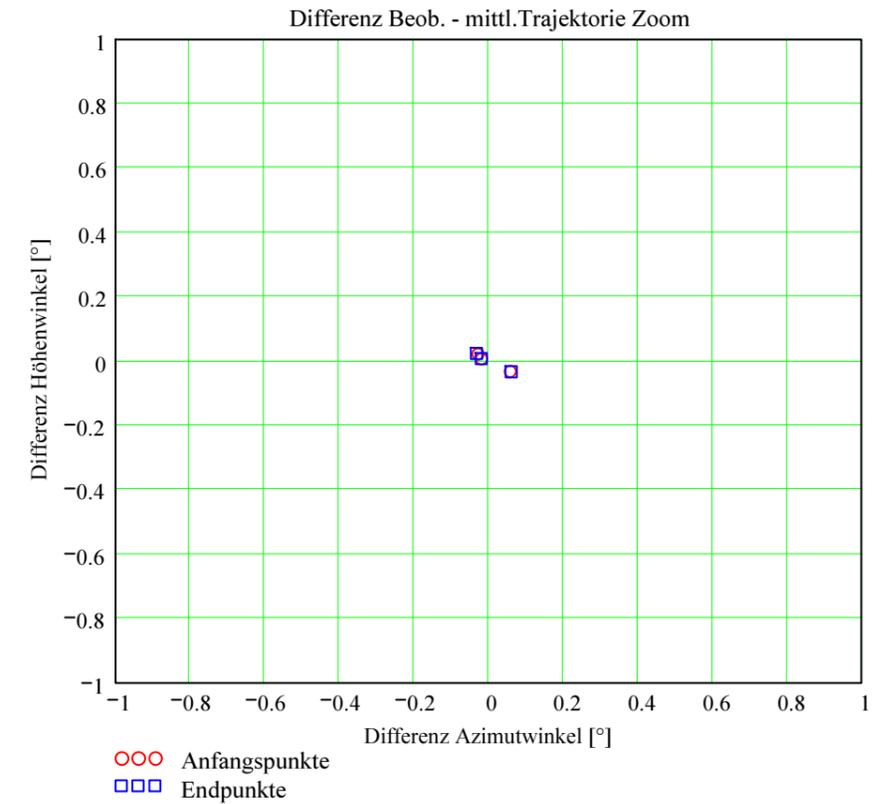
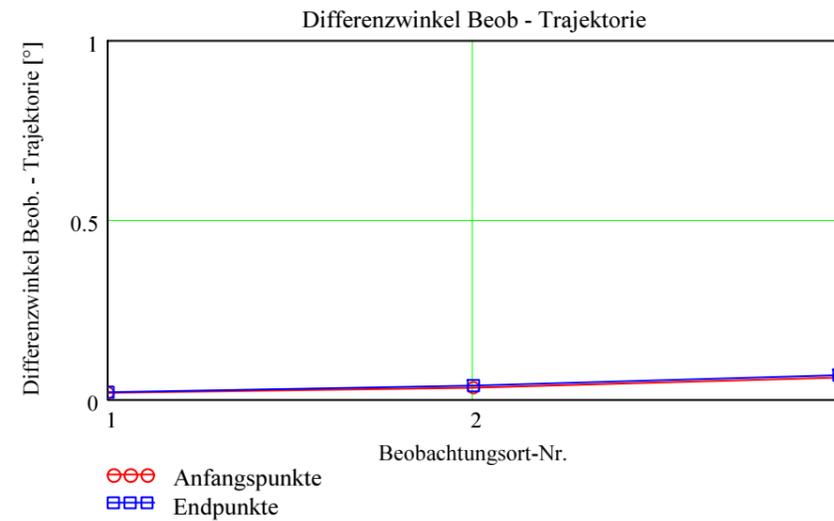
$$\text{Gew} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
	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

$$\text{ORT\_KOORD1} = \begin{pmatrix} 1 & \text{"VTE"} & \text{"Observatoire géophysique, Val Terbi"} \\ 2 & \text{"BOS"} & \text{"Privatsternwarte Bos-cha"} \\ 3 & \text{"MAU"} & \text{"Beobachtungsstation Mauren"} \end{pmatrix}$$

### 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	"VTE"	"BOS"	"MAU"
2	47.838792	47.825398	47.835157
3	11.921785	11.990365	11.940425
4	97.16756	105.12727	99.328164
5	106.150562	106.201335	106.164363
6	55.671624	55.719571	55.684653
7	47.913289	47.920833	47.921976
8	11.535803	11.49627	11.490274
9	52.888116	48.402181	47.722564
10	105.864591	105.835283	105.830837
11	55.402227	55.374679	55.370501

### 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	"VTE"	"BOS"	"MAU"
2	259.268686	229.093818	248.45932
3	14.37337	28.822437	26.168242
4	352.823577	209.232752	217.424949
5	-0.018632	-0.02873	0.057774
6	0.006441	0.021254	-0.033138
7	0.019164	0.032942	0.061543
8	-0.11801	-0.120297	0.233542
9	257.04012	217.767187	241.305476
10	8.164455	15.315727	15.160706
11	315.161699	169.101255	172.319117
12	-0.019785	-0.03233	0.060821
13	0.006821	0.022549	-0.033975
14	0.020738	0.038479	0.067831
15	-0.114074	-0.113567	0.204004

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

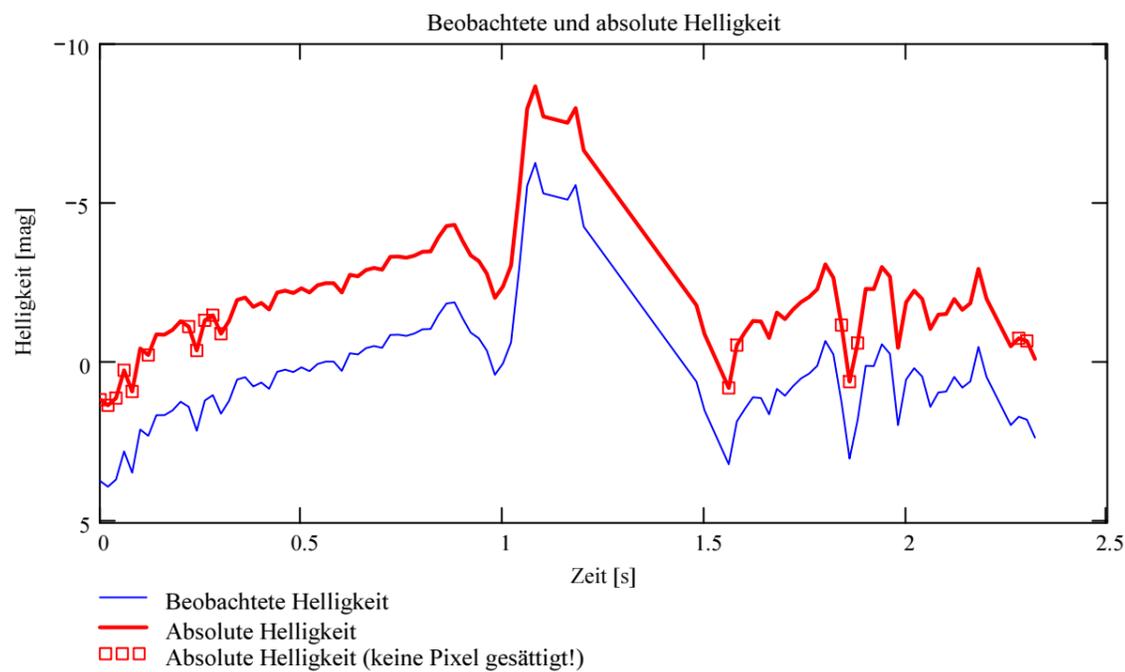
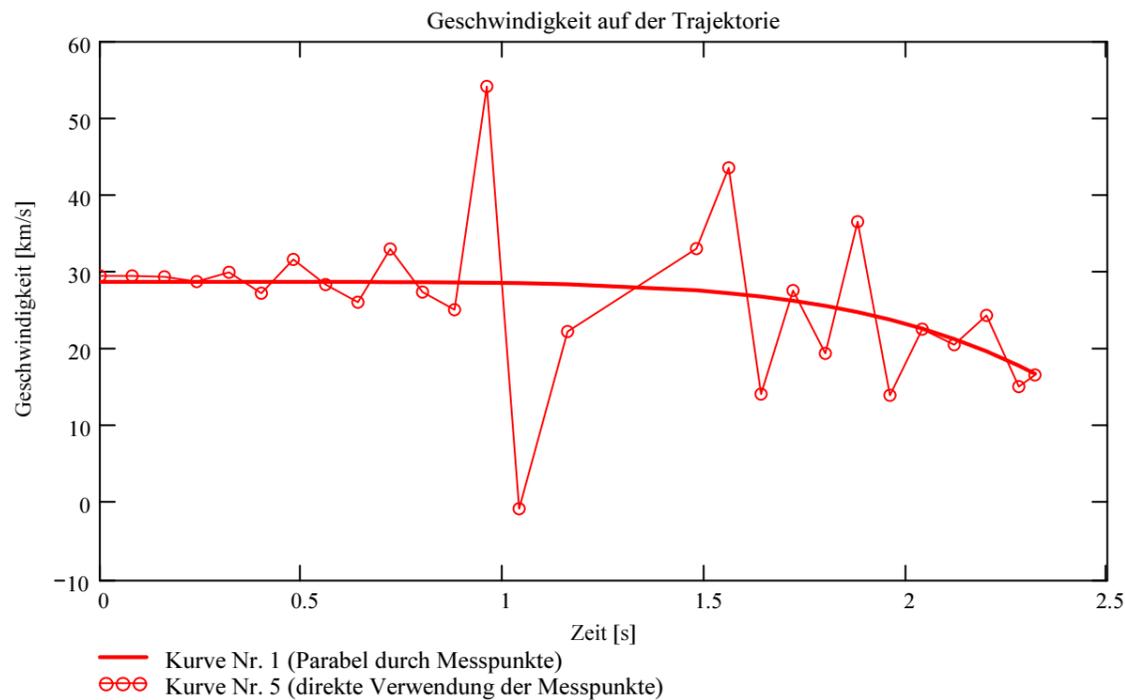
Ausgewerteter Beobachtungsort (xml-Datei):

Stat\_Id = "MAU"

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.

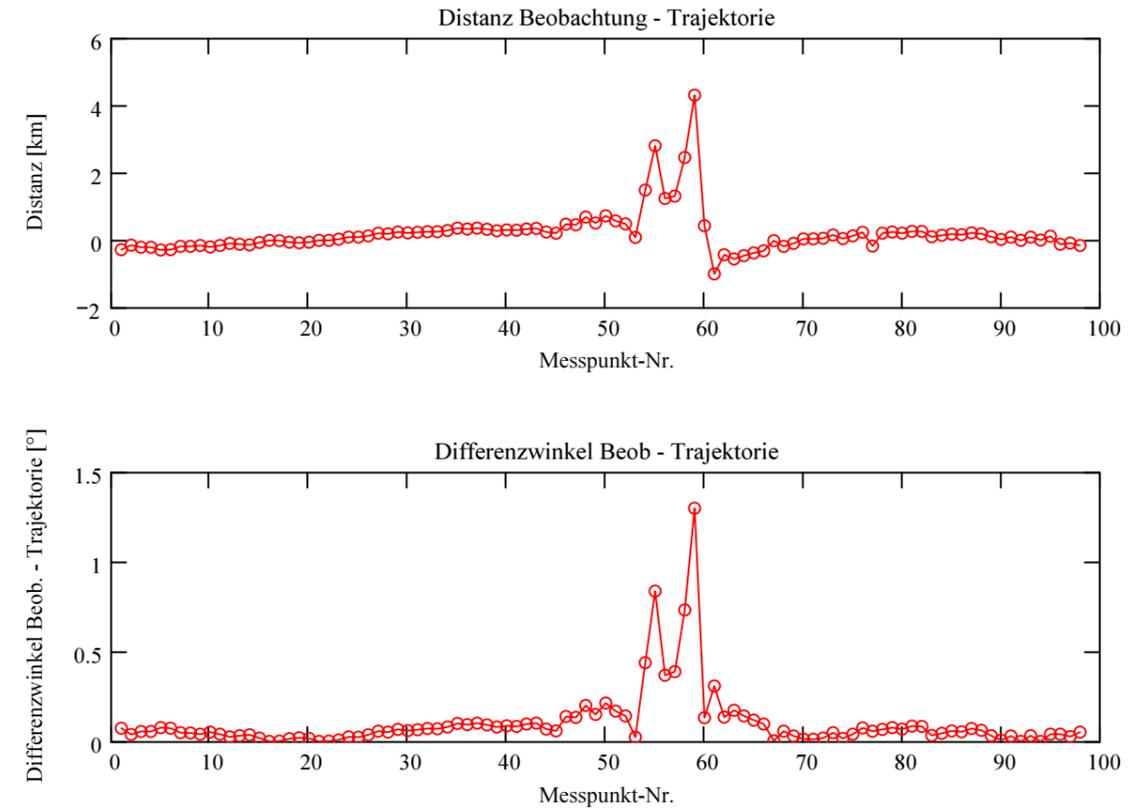


**Abschätzung der Meteoromasse** (basierend auf der Formel von Luigi Jacchia (Smithsonian Astrophysical Laboratory)):

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 4.376$  [kg]

Berechnung: Beat Booz

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



### Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "MAU"

### Anfangspunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_1} = 47.835184$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_1} = 11.940285$  deg

$H_{Beob\_SP_1} = 99.312$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_1} = 55.684555$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_1} = 106.164259$  deg

### Endpunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 47.921993$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 11.490188$  deg

$H_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 47.713$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 55.370441$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 105.830773$  deg