

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

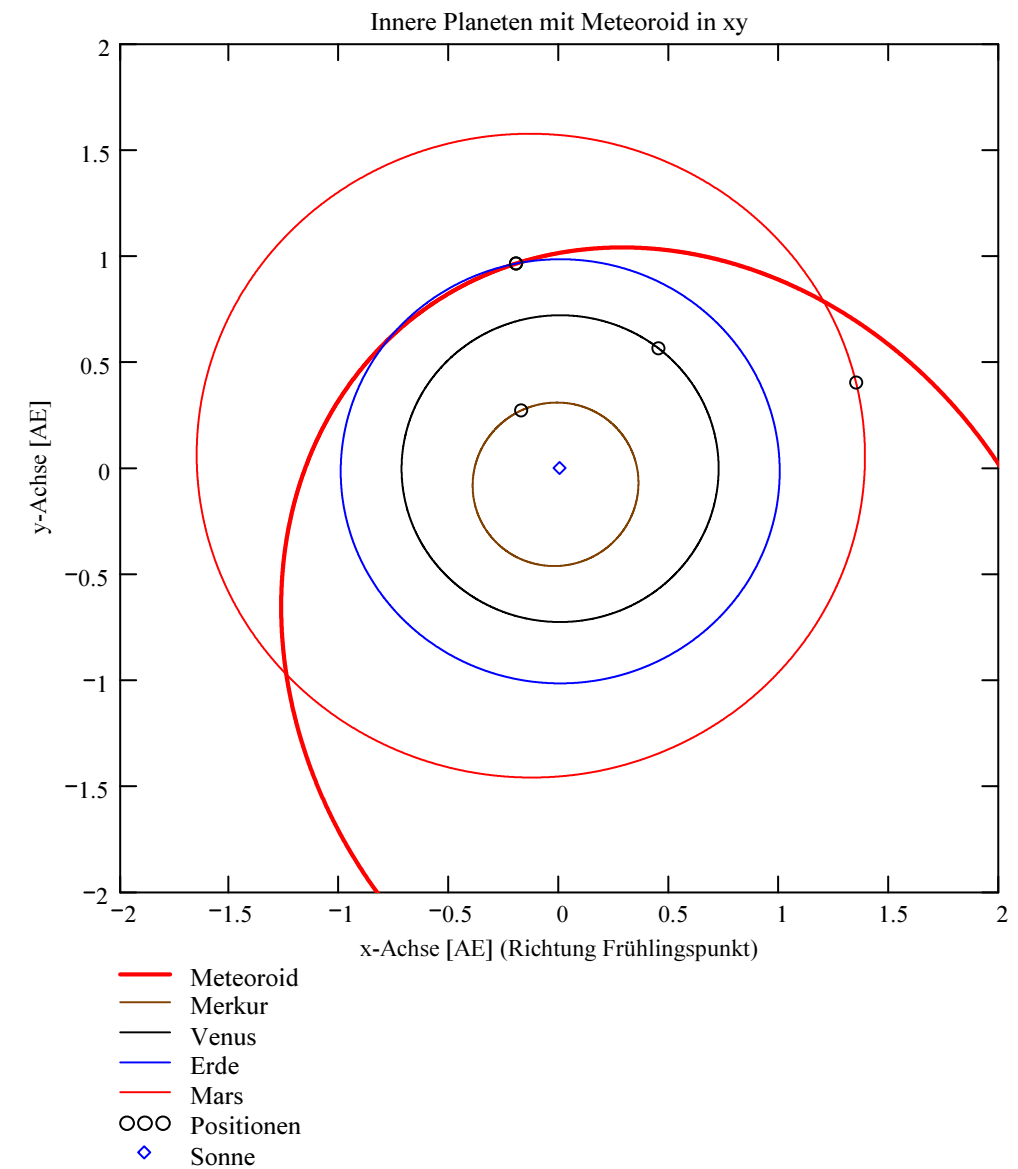
### Berechnungsverfahren:

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

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



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 2	Stunden: H_UT = 0	Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 4	Epoche der Äquatorkoordinaten: JD <sub>Epoche</sub> = 2451545
Monat: M = 1	Minuten: M_UT = 12		
Jahr: Y = 2017	Sekunden: S_UT = 16		
Weltzeit: UTC = 0.204444 [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]:	Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
iL =	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 111.091206 \\ 86.031793 \\ 159.5334 \\ 135.0589 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} -1.764827 \\ 6.702673 \\ 39.5287 \\ 39.661 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 132.542141 \\ 100.271545 \\ 189.9106 \\ 183.1262 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} -3.044302 \\ 9.167413 \\ 32.8314 \\ 35.9359 \end{pmatrix} \text{ deg}$	Mag = $\begin{pmatrix} -1.3 \\ -0.4 \\ -0.1 \\ -0.1 \end{pmatrix}$	Dur_sec = $\begin{pmatrix} 3.56 \\ 3.46 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\text{HOR\_KOORD} = \begin{pmatrix} 4.15572 & 336.747131 & 41.111159 & 37.349624 \\ 40.816458 & 22.913911 & 42.926597 & 50.375765 \\ 264.507491 & 254.152406 & 56.018563 & 31.793193 \\ 285.355089 & 255.290578 & 73.043518 & 38.318156 \end{pmatrix}$			

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	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	46.2137	46.2112	46.2129	46.2209	46.2246	46.2113
5	9.4533	9.453	9.4532	9.4799	9.4844	9.3959
6	79.6085	79.8662	79.6901	78.8604	78.3452	71.2653
7	46.3884	46.3874	46.3888	46.3912	46.3939	46.3686
8	9.9224	9.9231	9.9222	9.9339	9.9356	9.8099
9	58.8767	58.9783	58.8375	58.6119	58.2059	51.9814
10	46.2261	46.2155	46.1705	46.2155	46.1704	46.1771
11	9.4862	9.4644	9.3413	9.4656	9.3416	9.3069
12	78.1389	79.3567	84.745	79.5055	84.8217	75.4679
13	46.3931	46.392	46.393	46.3922	46.393	46.3741
14	9.9351	9.9356	9.9335	9.9367	9.9331	9.8246
15	58.3254	58.4315	58.3399	58.4897	58.3137	51.3038
16	119.2995	119.6853	119.4217	112.5717	111.8254	85.288
17	95.4204	95.5853	95.3568	73.7093	73.1854	96.966
18	111.5266	94.9952	88.2775	95.1736	88.3576	78.5898
19	73.3396	108.9472	93.0165	109.0552	92.9748	81.8187
20	46.3678	46.5664	46.4699	45.0064	44.7357	41.4837
21	44.3418	46.6647	58.7623	46.7047	58.766	51.9311
22	135.1181	134.8969	134.5124	133.5898	132.554	114.1701
23	133.8769	133.6699	133.3962	133.3164	132.7948	112.7042
24	46.8925	46.8928	46.8932	46.8917	46.8908	46.7984
25	11.3241	11.3193	11.314	11.3152	11.3057	10.9745
26	64.7118	64.6171	64.6025	64.5135	64.4859	63.371
27	241.5822	241.4276	241.4075	241.4216	241.4038	241.1214
28	241.9212	241.7672	241.7463	241.7496	241.7298	241.4204
29	241.6059	241.4358	241.3268	241.4113	241.3008	241.0572
30	241.9303	241.7762	241.7545	241.7516	241.728	241.431
31	26.7427	26.8361	26.8466	26.9157	26.9326	27.8639
32	26.3745	26.4666	26.478	26.5588	26.5779	27.5374
33	26.7168	26.8271	26.935	26.9269	27.0453	27.9343
34	26.3646	26.4568	26.4691	26.5566	26.5798	27.5259
35	16.4685	43.709	44.5315	27.2406	28.0631	0.8226
36	13.0247	13.0804	13.0533	13.0076	12.9294	"k. A."
37	12.8155	"k. A."	"k. A."	"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:

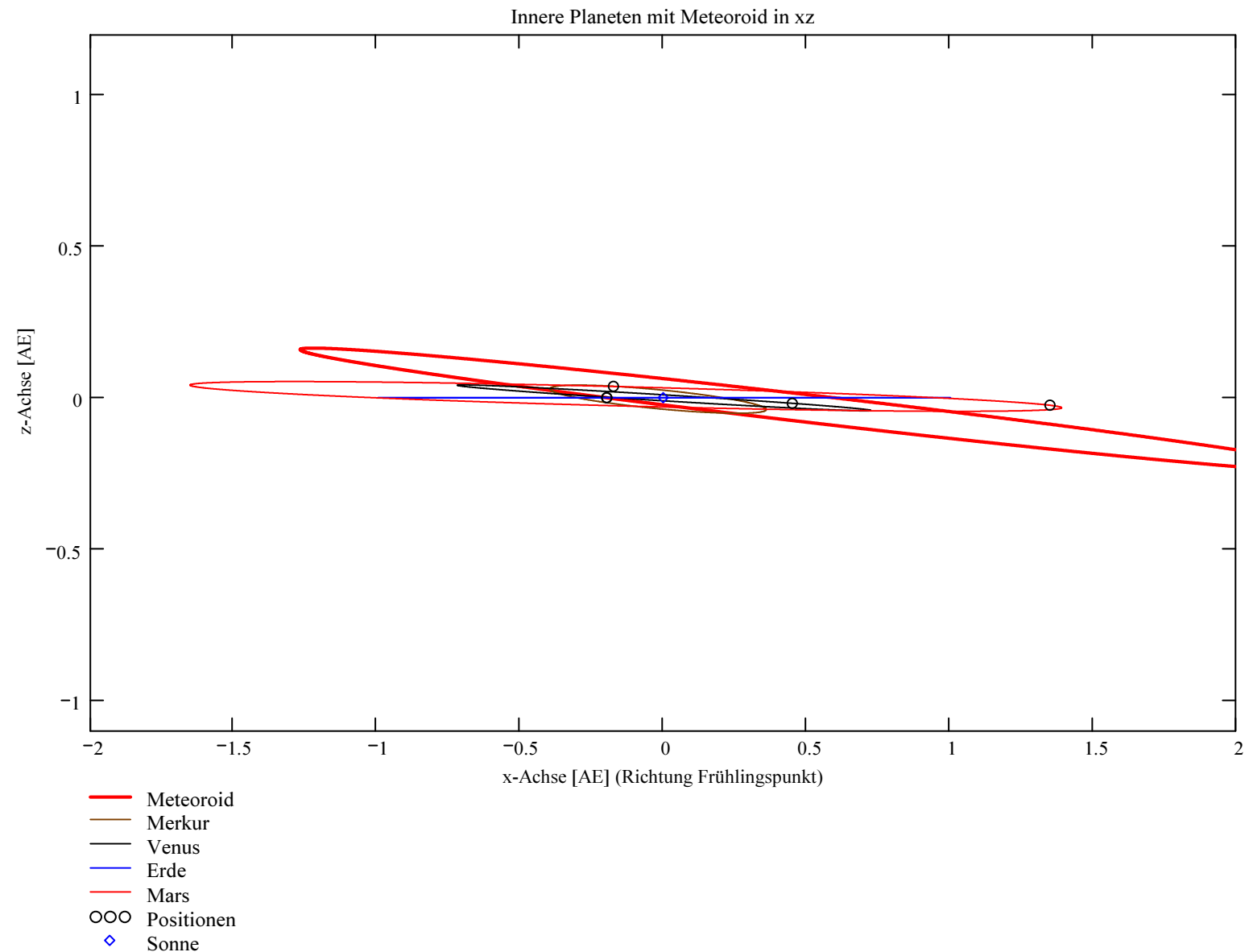
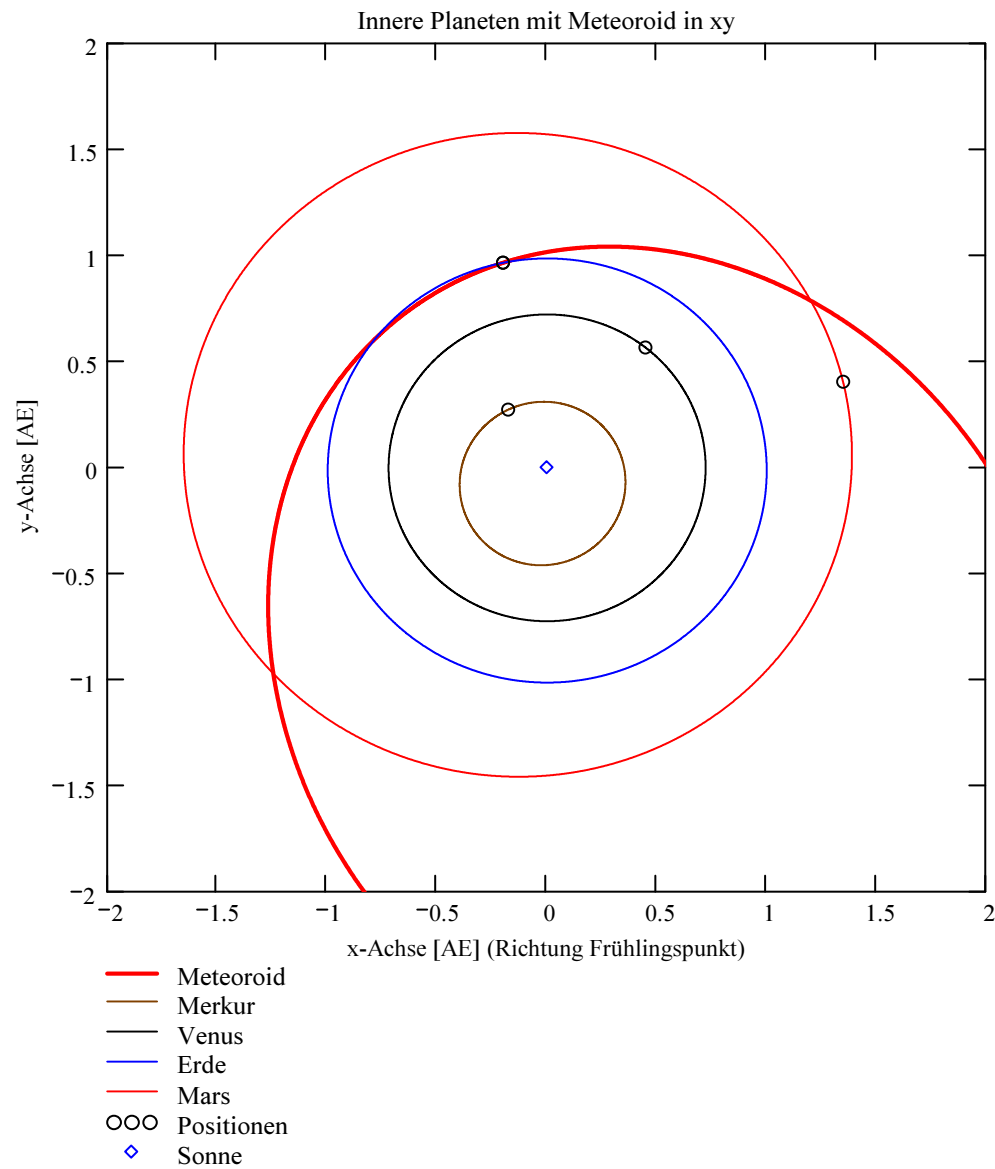
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

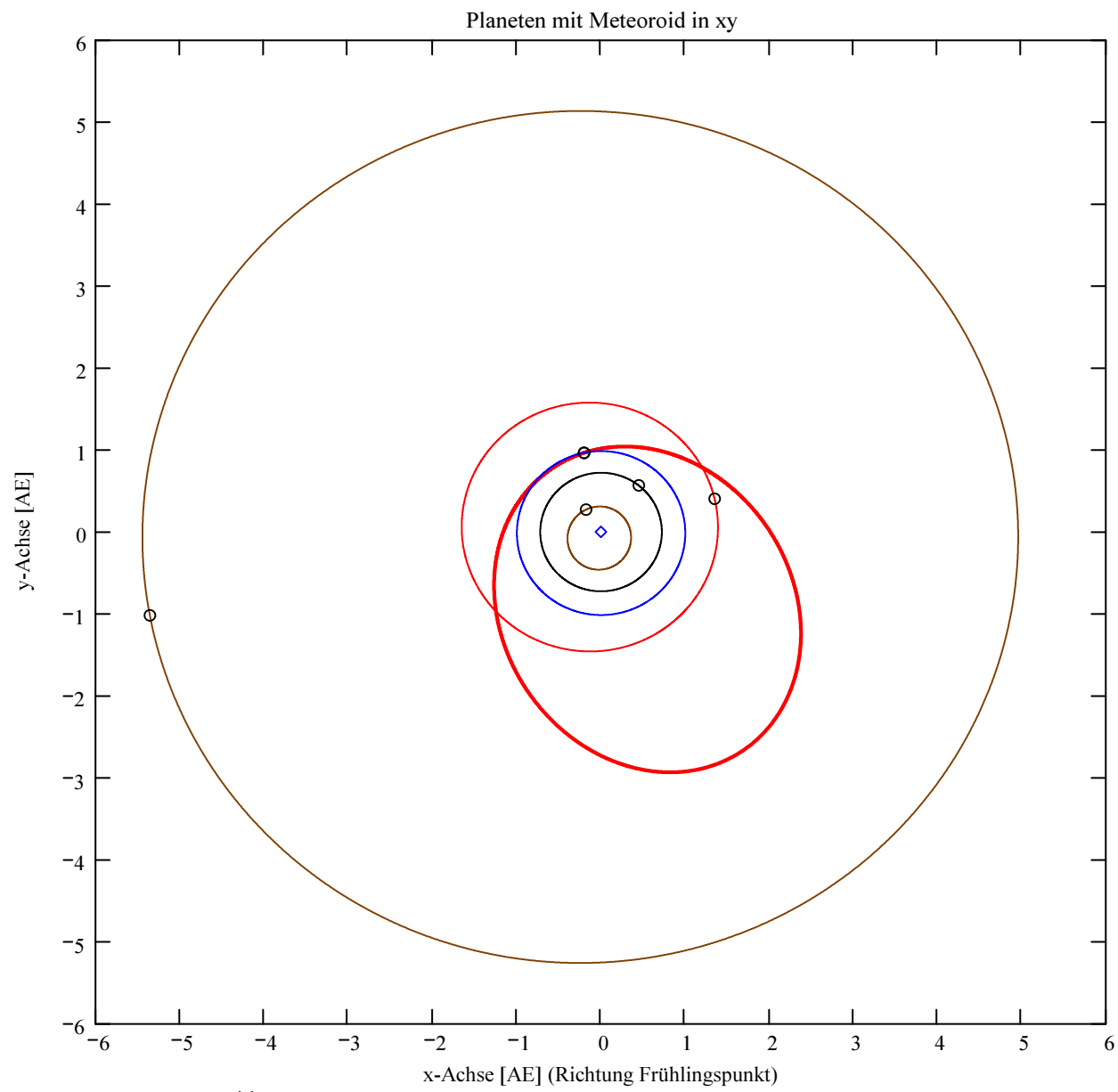
Grosse Halbachse:  $a_M = 2.0641$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.5325$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.9649$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 6.6035$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 101.5576$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 18.9176$  deg  
 Perihellänge:  $\varpi_{2000} = 120.4751$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 341.0781$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 1083.1873$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2456687.20814246$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 29 Monat = 1 Jahr = 2014  
 Zeit (UTC): Stunden = 16 Minuten = 59 Sekunden = 43.509  
 Tage\_dez = 29.708142

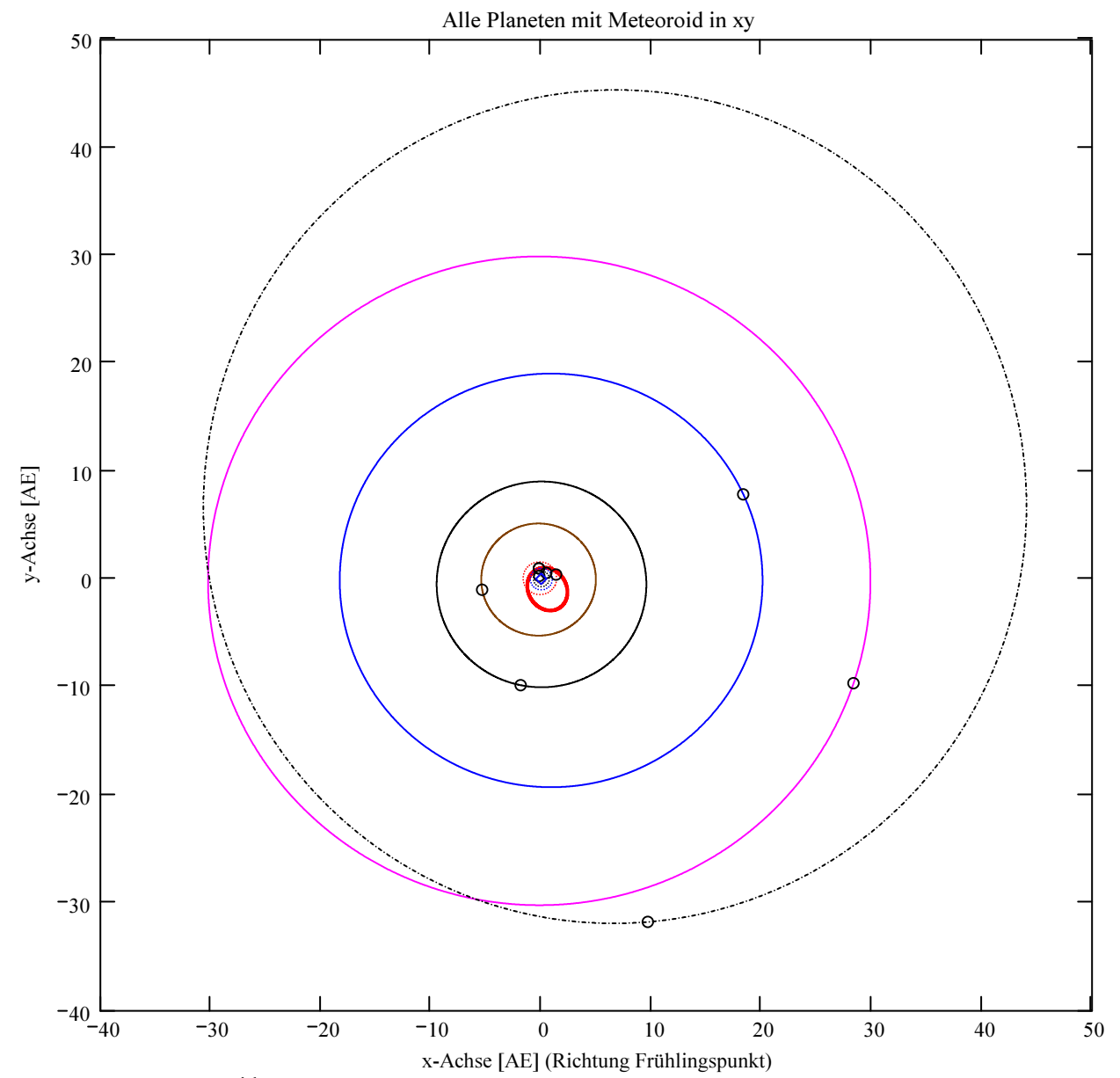
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 13.853$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_{M\_geoz}| = 14.11$  [km/s]  
 Geozentrisch ursprünglich:  $|v_u| = 8.675$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 37.074$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 62.519$  deg  $\delta_{\text{Rad}_s} = 1.729$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_{w2}} = 51.227$  deg  $\delta_{\text{Rad}_{w2}} = -11.51$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_{heli}} = 18.148$  deg  $\beta_{\text{Rad}_{heli}} = -6.546$  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 =  $\begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 3.4 \end{pmatrix}$

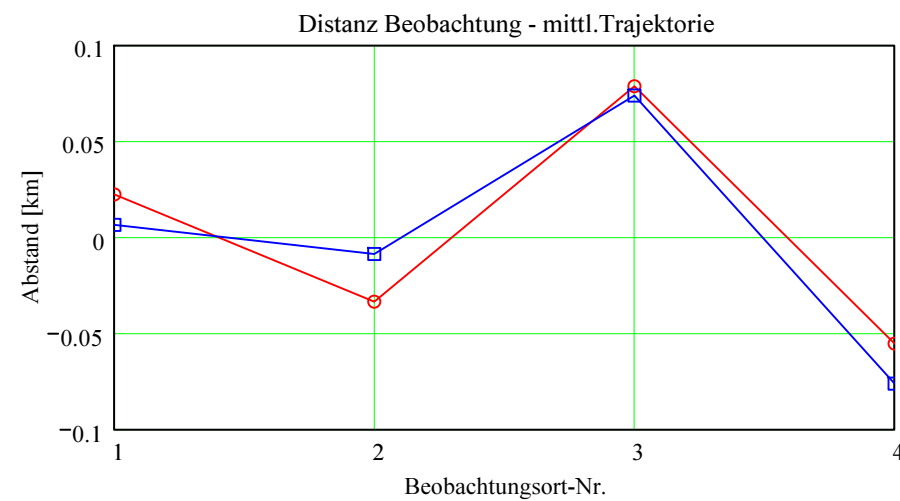
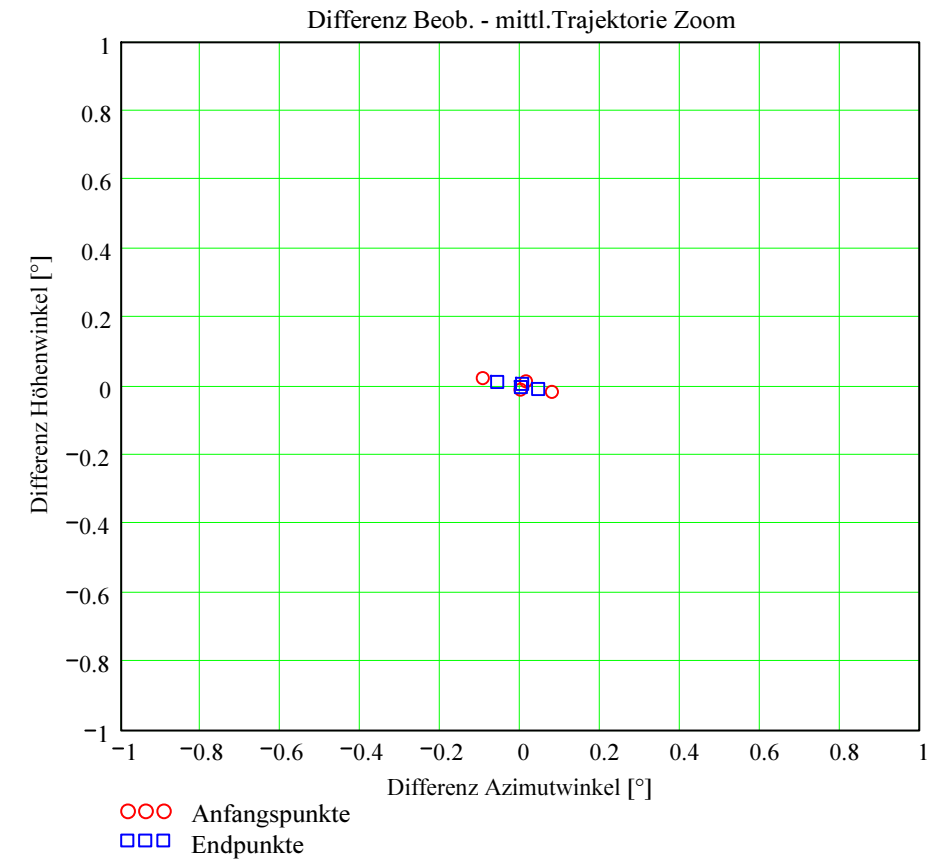
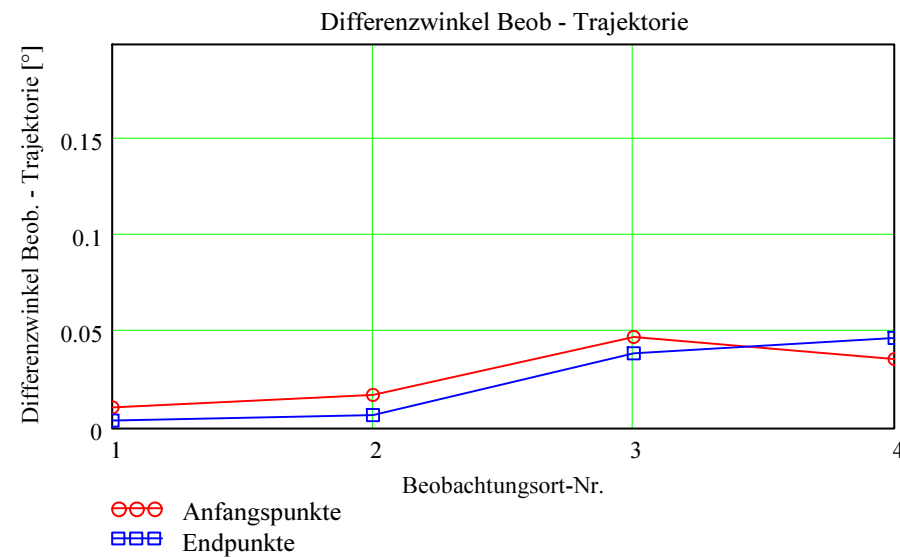
Gew =  $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"
	2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
	3	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"
	4	"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	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"
4	"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
1	"MAI"	"BOS"	"LOC"	"GNO"
2	46.212105	46.223557	46.216068	46.169982
3	9.453131	9.48344	9.463614	9.341933
4	79.802127	78.437757	79.329976	84.827223
5	241.428382	241.450248	241.435944	241.348195
6	26.858246	26.834352	26.849981	26.945995
7	46.388081	46.392598	46.392429	46.392589
8	9.922675	9.934834	9.934379	9.934812
9	58.917502	58.383759	58.403723	58.384743
10	241.767601	241.776399	241.77607	241.776383
11	26.489192	26.479666	26.480023	26.479684

**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
1	"MAI"	"BOS"	"LOC"	"GNO"
2	4.155445	40.802144	264.428149	285.449467
3	41.121829	42.912994	56.035512	73.020399
4	119.564622	111.9874	94.944543	88.374106
5	0.000275	0.014315	0.079342	-0.094378
6	-0.01067	0.013603	-0.016948	0.023119
7	0.010672	0.017173	0.047465	0.03596
8	0.022271	-0.033566	0.078655	-0.055465
9	336.745565	22.909504	254.107979	255.348661
10	37.353313	50.369597	31.802318	38.306949
11	95.478745	73.421294	108.868588	93.110307
12	0.001566	0.004407	0.044426	-0.058082
13	-0.003688	0.006168	-0.009125	0.011207
14	0.003893	0.006778	0.038846	0.046931
15	0.006487	-0.008686	0.073811	-0.076267

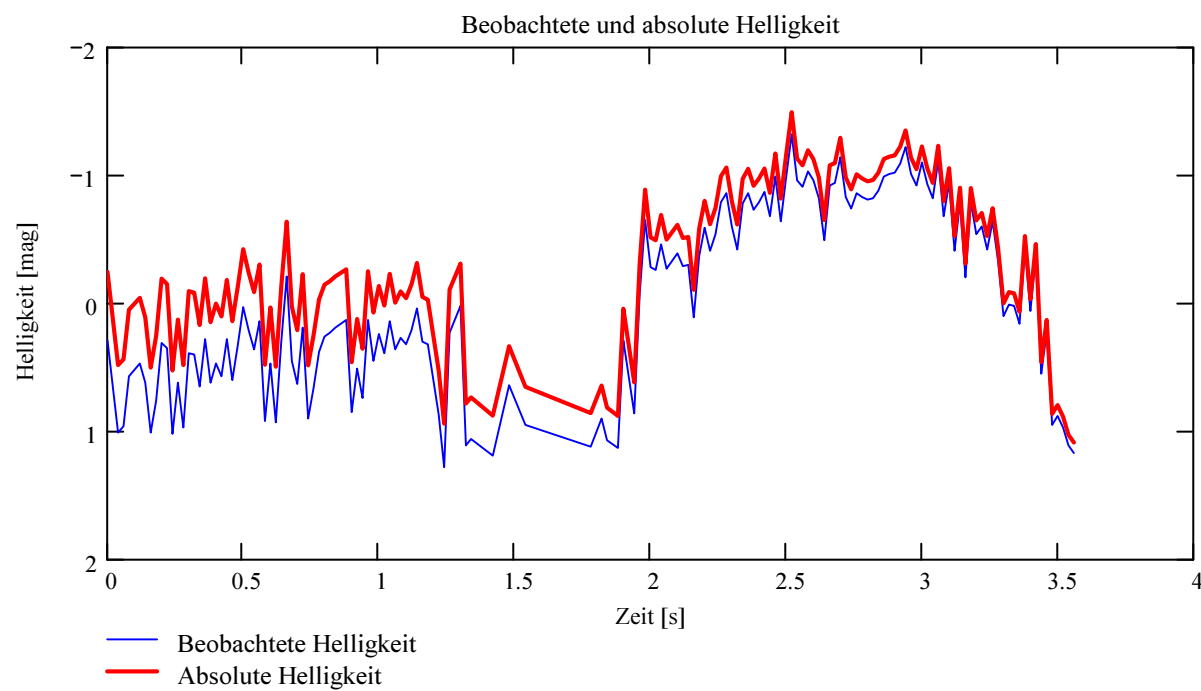
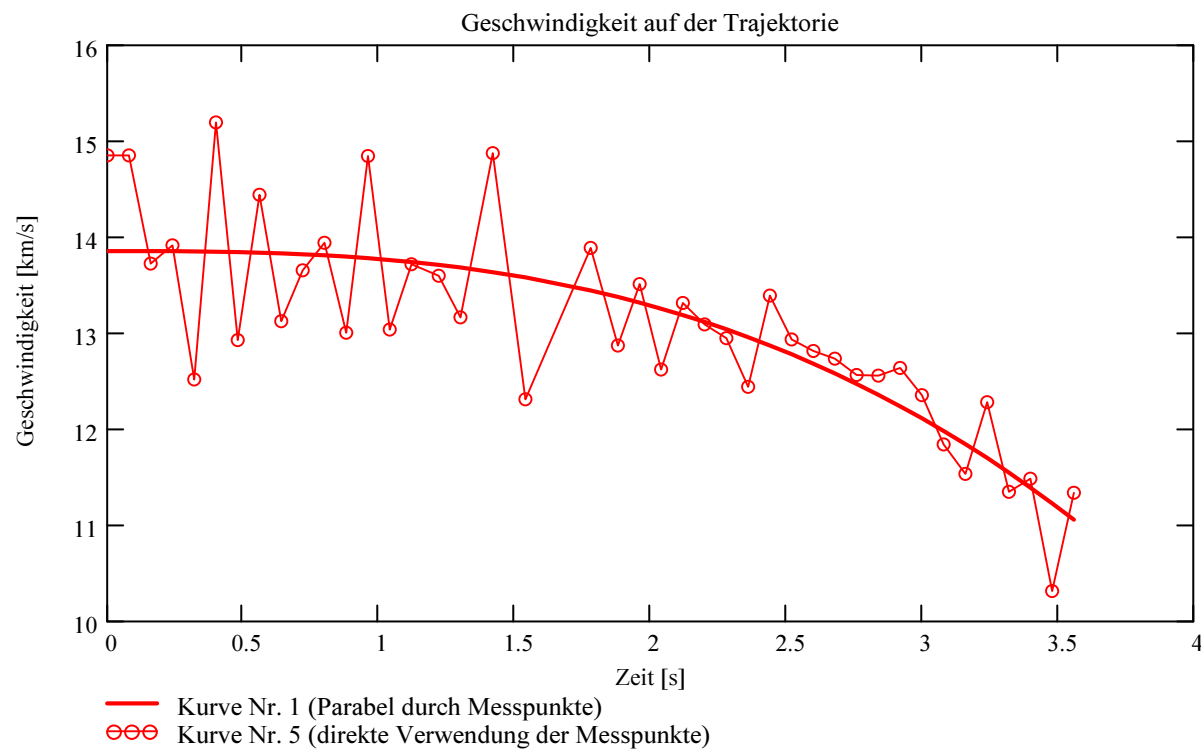
## Ergebnisse aus den auf die mittlere Trajektorie projizierten Messpunkten der xml-Datei

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

Minimale Zeitdifferenz zwischen den verwendeten Messpunkten:

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

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

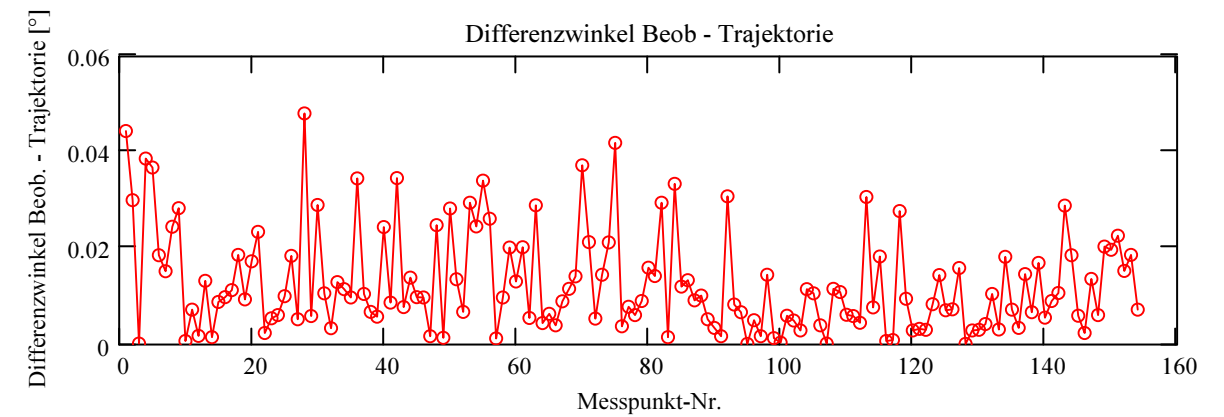
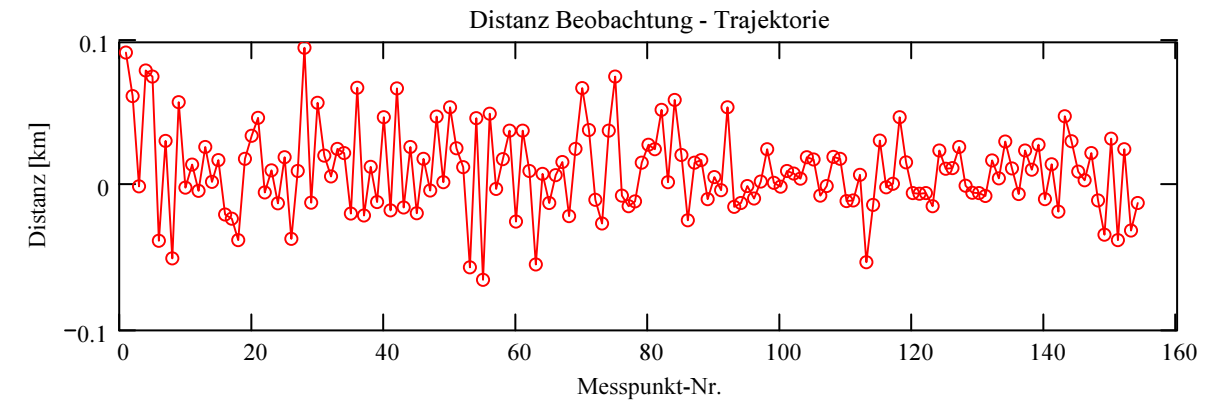


**Abschätzung der Meteormasse** (basierend auf der Formel von Luigi Jacchia (Smithsonian Astrophysical Laboratory)):

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.051$  [kg]

Berechnung: Beat Booz

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



## Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "MAI"

### Anfangspunkt:

$$\Phi_{Beob\_SP_1} = 46.212121 \text{ deg}$$

$$\lambda_{Beob\_SP_1} = 9.453173 \text{ deg}$$

$$H_{Beob\_SP_1} = 79.8 \text{ [km]}$$

$$\text{NeigWinkel}_{Beob_1} = 26.858214 \text{ deg}$$

$$\text{Richtungswinkel}_{Beob_1} = 241.428411 \text{ deg}$$

### Endpunkt:

$$\Phi_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 46.388091 \text{ deg}$$

$$\lambda_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 9.922701 \text{ deg}$$

$$H_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 58.916 \text{ [km]}$$

$$\text{NeigWinkel}_{Beob\_N\_pkt} = 26.489172 \text{ deg}$$

$$\text{Richtungswinkel}_{Beob\_N\_pkt} = 241.76762 \text{ deg}$$