

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

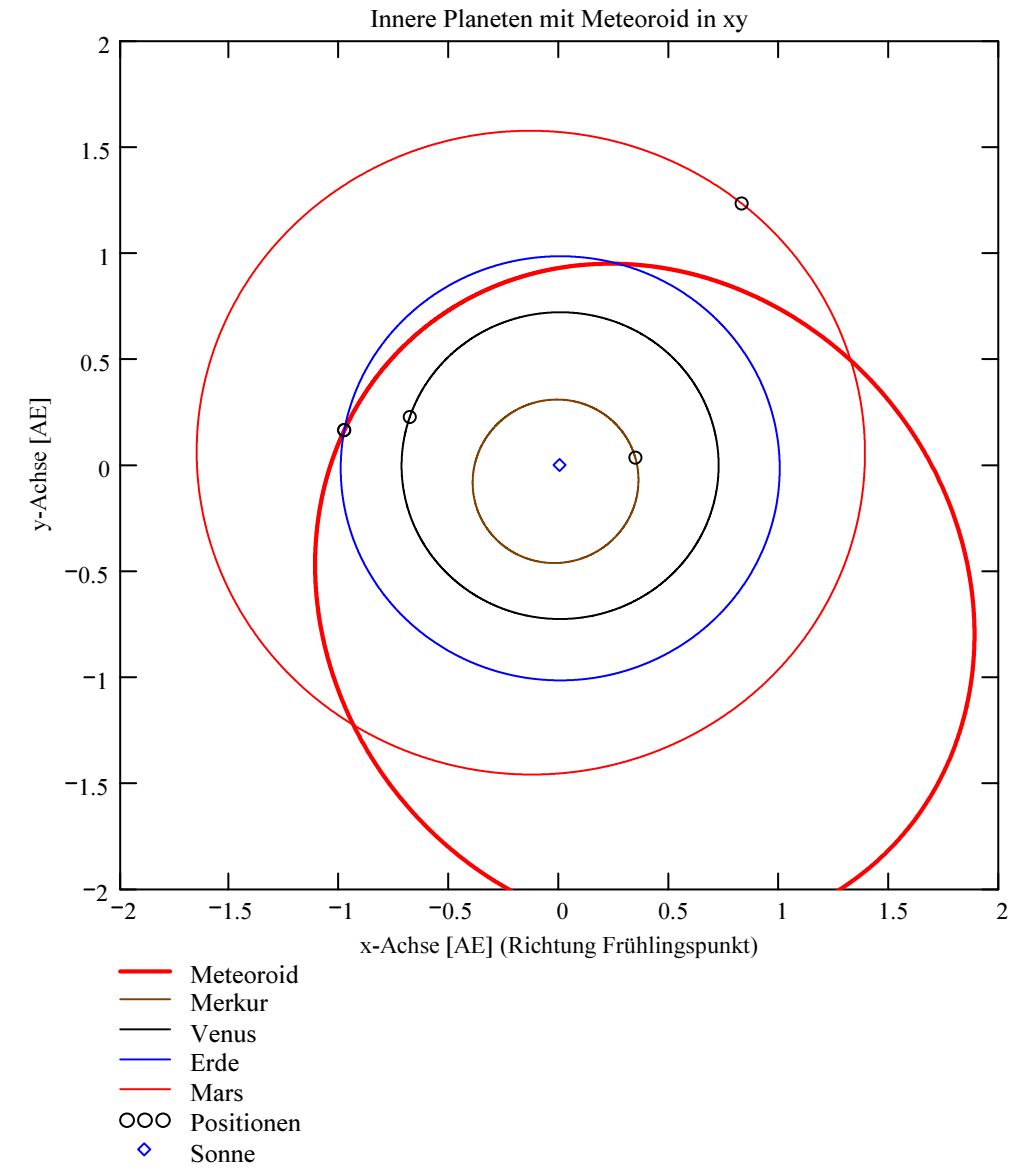
### Berechnungsverfahren:

Die Meteorspur wird berechnet für alle gemeinsamen Schnittlinien der Ebenen der Beobachtungsorte, welche durch die Punkte Ort-Spuraufang-Spurende gelegt werden. Diese Methode verwendet die Punkte Spuraufang 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 Spurausschnitte nicht die gleichen sind.

### Beobachtungsdaten: Geografische Koordinaten der Beobachtungsorte:

Beobachtungsorte:	Nr.	Stat.-Id.	Stationsname	Geogr. Breite $\Phi$ [° dez.]		Geogr. Länge $\lambda$ [° dez.]		Höhe über Meer [km]
				nördlich positiv, südlich negativ	östlich positiv, westlich von Greenwich negativ	östlich 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 "VTE" "Observatoire géophysique, Val Terbi"	47.3595 7.4987 0.572
4 "MAU" "Beobachtungsstation Mauren"	47.22521 9.55227 0.506
5 "FAL" "Sternwarte Mirasteilas Falera"	46.804261 9.224167 1.288
6 "GNO" "Osservatorio Astronomico di Gnosca"	46.231461 9.024039 0.254



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 11	Stunden: H_UT = 4	Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 6	Epoche der Äquatorkoordinaten: JD <sub>Epoche</sub> = 2451545
Monat: M = 3	Minuten: M_UT = 16		
Jahr: Y = 2017	Sekunden: S_UT = 12		
Weltzeit: UTC = 4.27 [h dezimal]			
		Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 15	(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 Spuraufänge für Orte:	Deklinationen der Spuraufänge für Orte:	Rektaszension der Spurenden für Orte:	Deklinationen der Spurenden für Orte:	Helligkeit [Mag]:	Leuchtdauer [s]:	Azimut Spuraufang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuraufang [°]	Höhe Spurende [°]
iL =	$\alpha_{Ep}$	$\delta_{Ep}$	$\alpha_{Ep}$	$\delta_{Ep}$	Mag =	Dur <sub>sec</sub> =	HOR_KOORD =			
1	302.840256	38.58202	255.121939	25.450458	-0.9	5.44	258.077943	330.579462	46.04679	66.185545
2	341.437334	51.672013	209.909574	40.839283	-0.2	0	225.410077	87.928525	30.704265	65.50811
3	315.349201	9.906972	304.853938	4.117462	1.8	4.48	274.229945	286.498497	17.474753	20.147914
4	306.732208	31.174875	251.634354	11.34716	-0.8	7.7	264.088771	344.789955	39.243515	53.263962
5	321.549808	39.118643	280.021308	37.099895	-0.7	6.04	246.651199	275.346263	33.9224	60.550656
6	342.388397	48.556206	323.236023	59.830082	1.2	5.26	226.989899	222.359121	27.319615	42.648292

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	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5
2	2	3	4	5	6	3	4	5	6	4	5	6	5	6	6
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	47.1424	47.1425	47.1428	47.1322	47.1424	47.6256	47.6289	47.6308	47.6318	47.1667	47.167	47.1666	47.3061	47.3067	47.1975
5	10.481	10.4813	10.484	10.4056	10.4809	11.4532	11.4584	11.4612	11.4627	10.5273	10.5233	10.5286	10.7968	10.8068	10.5881
6	77.8239	77.8492	78.0684	71.5626	77.8127	84.628	84.9671	85.1521	85.2528	78.1085	77.9989	78.1427	79.4569	80.1027	78.9272
7	46.7619	46.7606	46.7602	46.7909	46.7619	46.7661	46.7661	46.766	46.7661	46.8456	46.8468	46.846	46.7664	46.7601	46.7691
8	9.7403	9.7414	9.7418	9.7167	9.7403	9.7468	9.7476	9.7451	9.7481	9.9033	9.8976	9.9013	9.7338	9.7362	9.7515
9	73.2065	73.5999	73.724	64.6536	73.2019	73.5305	73.384	73.8149	73.3033	74.4468	74.2619	74.381	72.3368	73.3251	73.8987
10	47.6294	47.1666	47.3068	47.1651	47.1088	47.1666	47.3067	47.1973	47.1104	47.3065	47.1947	47.1095	47.192	47.1098	47.1142
11	11.459	10.5287	10.8082	10.473	10.4147	10.5287	10.8069	10.5877	10.4173	10.8036	10.5781	10.4157	10.5687	10.4162	10.4235
12	85.0108	78.146	80.1947	72.2703	77.3713	78.146	80.1112	78.9039	77.5131	79.8934	78.3507	77.4278	77.8052	77.4555	77.8648
13	46.7661	46.8454	46.7578	46.7739	46.7452	46.846	46.7602	46.7692	46.7456	46.7587	46.7694	46.7475	46.7699	46.7463	46.7499
14	9.7484	9.904	9.7371	9.6828	9.7082	9.9011	9.7362	9.7511	9.7087	9.7368	9.7483	9.7112	9.7406	9.7097	9.7145
15	73.2527	74.4705	73.6994	64.3291	73.0185	74.377	73.3197	73.8479	73.0743	73.5585	73.4476	73.3455	72.3778	73.1764	73.698
16	106.7629	106.7977	107.0988	98.1562	106.7474	159.6236	160.2649	160.6147	160.8052	244.2327	243.905	244.335	123.6793	124.682	137.3216
17	79.3422	79.7714	79.9068	70.0126	79.3373	78.8793	78.7188	79.1911	78.6303	206.0663	205.57	205.8898	89.3551	90.5807	83.236
18	160.3475	244.3449	124.8248	125.6836	164.4275	244.3448	124.6952	137.281	164.7235	124.3571	136.3147	164.5454	135.3617	164.6033	165.4579
19	78.5747	206.1301	91.0448	72.2829	106.6976	205.879	90.5741	83.1779	106.7788	90.8701	82.7197	107.1738	81.4956	106.9275	107.6874
20	71.47	71.4946	71.6957	65.7726	71.4596	163.1454	163.665	164.1076	164.1168	60.2054	60.2451	60.3747	102.0826	102.9968	80.5938
21	163.6971	60.25	103.1785	75.4267	68.2338	60.3876	103.0049	80.5834	68.4403	102.8217	79.9647	67.9813	79.6688	68.2193	68.4191
22	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"
23	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"
24	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"
25	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"
26	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"	"kSP"
27	53.3931	53.2652	53.2955	54.3571	53.3909	54.1629	54.1276	54.1543	54.1019	53.2765	53.4338	53.4684	53.7888	53.6424	53.5035
28	52.8517	52.7244	52.753	53.8535	52.8496	52.9107	52.8722	52.895	52.8436	52.82	52.9761	53.0095	53.0107	52.8589	52.8918
29	54.1129	53.2999	53.5335	54.4065	53.3424	53.4823	53.6475	53.5111	53.3326	53.4793	53.474	53.3857	53.6212	53.3558	53.3828
30	52.8576	52.843	52.7496	53.8288	52.8262	53.0232	52.8639	52.8994	52.8149	52.6986	52.8672	52.871	53.0157	52.8396	52.8648
31	4.0206	3.7239	3.7913	6.32	4.0157	4.6217	4.7819	4.6869	4.9008	3.7534	3.8229	3.8394	4.4511	4.2287	3.934
32	3.3879	3.0908	3.1564	5.7391	3.383	3.1784	3.3343	3.2353	3.4494	3.2203	3.2895	3.3048	3.5477	3.3171	3.2204
33	4.8426	3.7642	4.0659	6.3765	3.9595	3.8456	4.2362	3.9539	4.0215	3.9874	3.8693	3.7437	4.2588	3.8983	3.7945
34	3.3948	3.2307	3.1524	5.7103	3.3554	3.3109	3.3245	3.2404	3.4155	3.077	3.1613	3.1416	3.5535	3.2942	3.1886
35	37.3978	42.5931	10.5297	2.1067	34.3685	79.9906	47.9274	35.2933	3.0294	32.0634	44.6973	76.9612	12.6343	44.8981	32.264
36	13.1379	13.1424	13.1793	12.0906	13.136	"k. A."	"k. A."	"k. A."	"k. A."	13.4387	13.4476	13.4765	13.2575	13.3762	13.3433
37	"k. A."	13.4487	13.3998	12.4879	12.9722	13.4794	13.3773	13.3416	13.0115	13.3535	13.2392	12.9242	13.1902	12.9694	13.0074

**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:  $a_M = 1.6307$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.4567$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.886$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 0.8269$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 350.7996$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 130.6913$  deg  
 Perihellänge:  $\varpi_{2000} = 121.4909$  deg

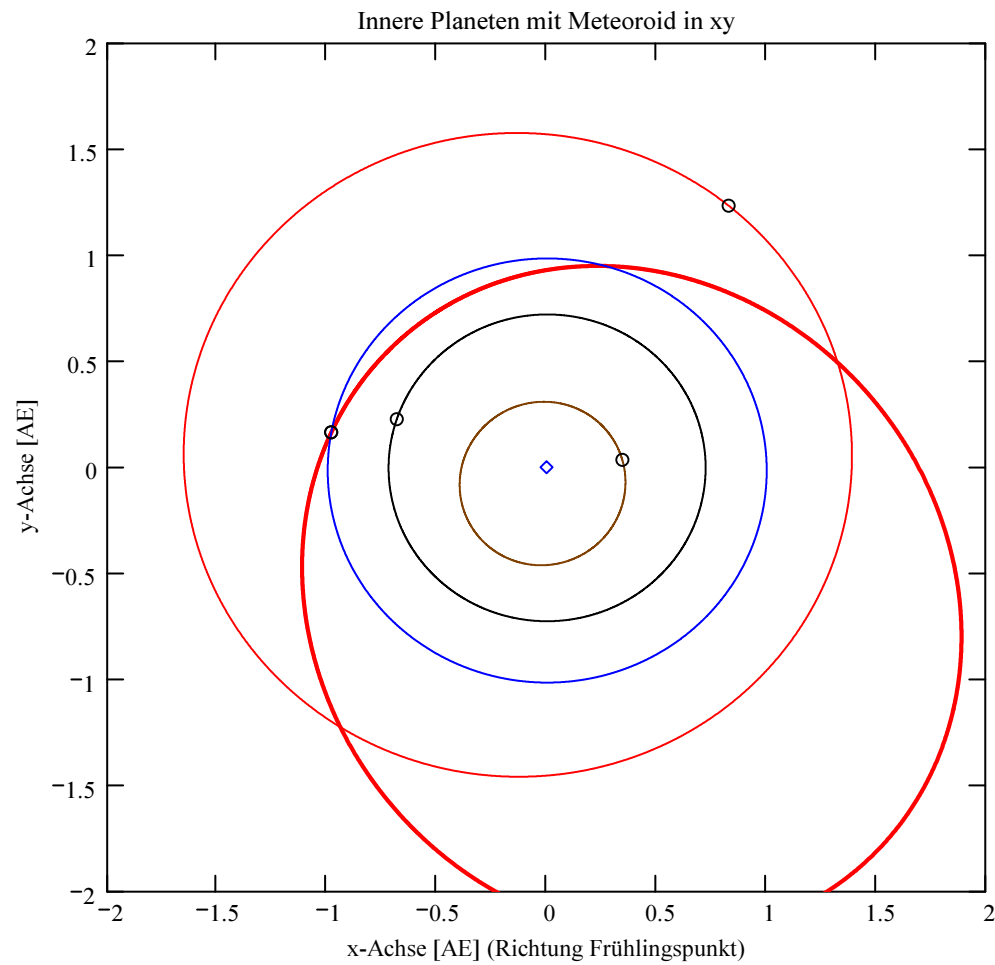
Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 49.0569$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 760.6342$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2457786.46403221$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 1 Monat = 2 Jahr = 2017  
 Zeit (UTC): Stunden = 23 Minuten = 8 Sekunden = 12.383  
 Tage\_dez = 1.964032

Geschwindigkeit des Meteoroiden:

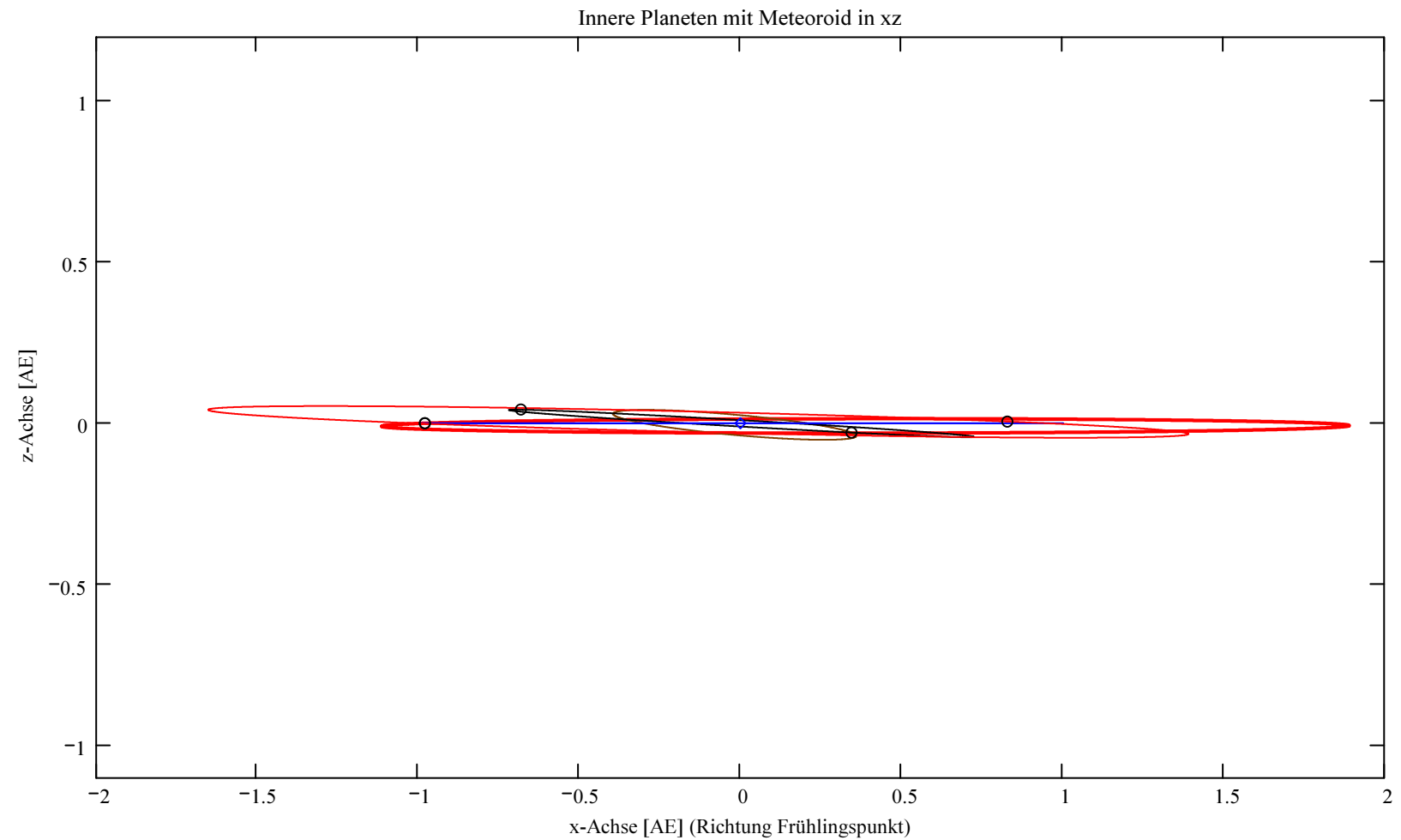
Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 14.9$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_{M\_geoz}| = 14.644$  [km/s]  
 Geozentrisch ursprünglich:  $|v_u| = 9.525$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 35.243$  [km/s]

Radiantposition:

Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 359.288$  deg  $\delta_{\text{Rad}_s} = 25.932$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_w2} = 13.619$  deg  $\delta_{\text{Rad}_w2} = 8.996$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_heli} = 65.678$  deg  $\beta_{\text{Rad}_heli} = 0.798$  deg

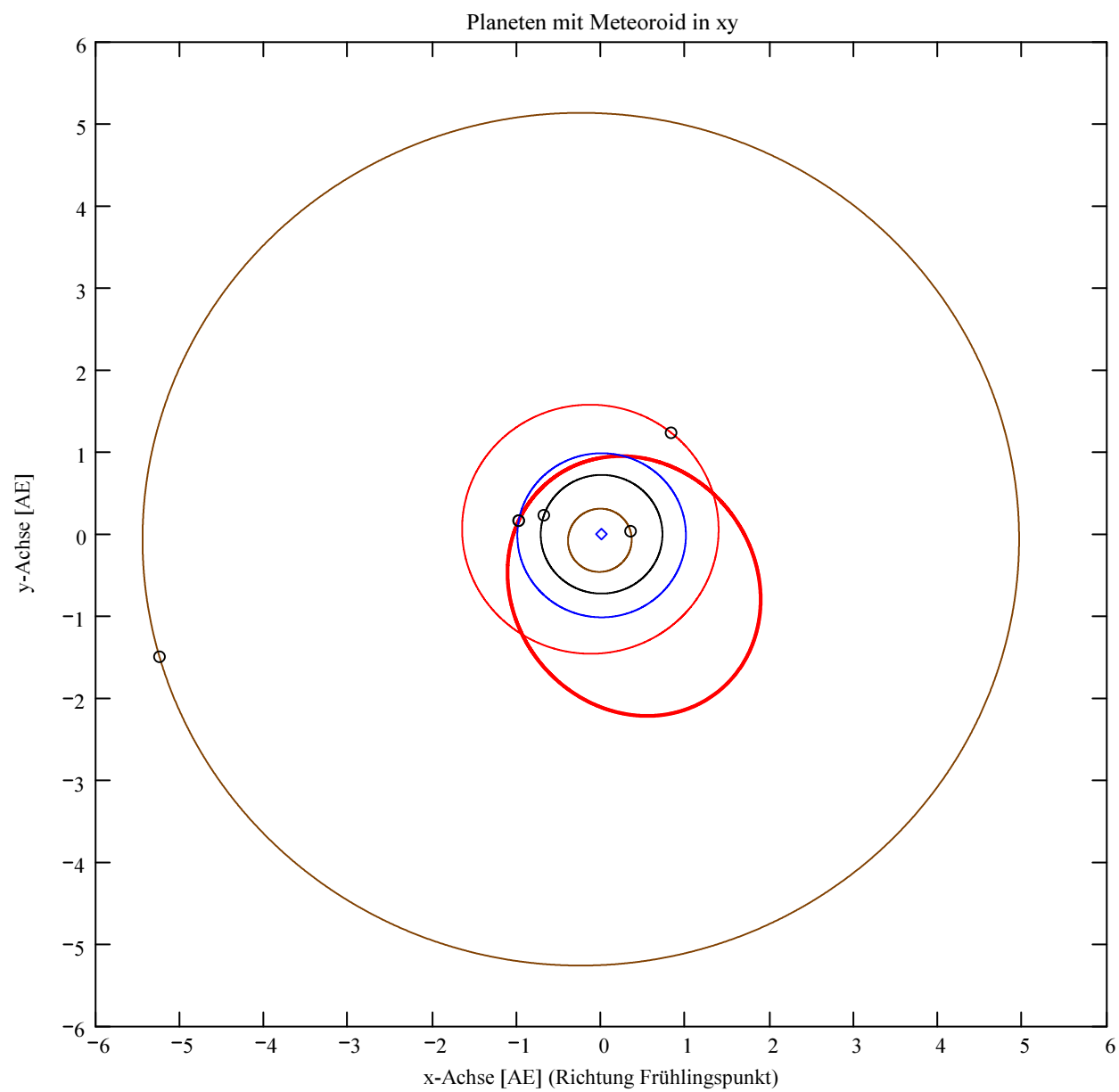


- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- ooo Positionen
- ◇ Sonne

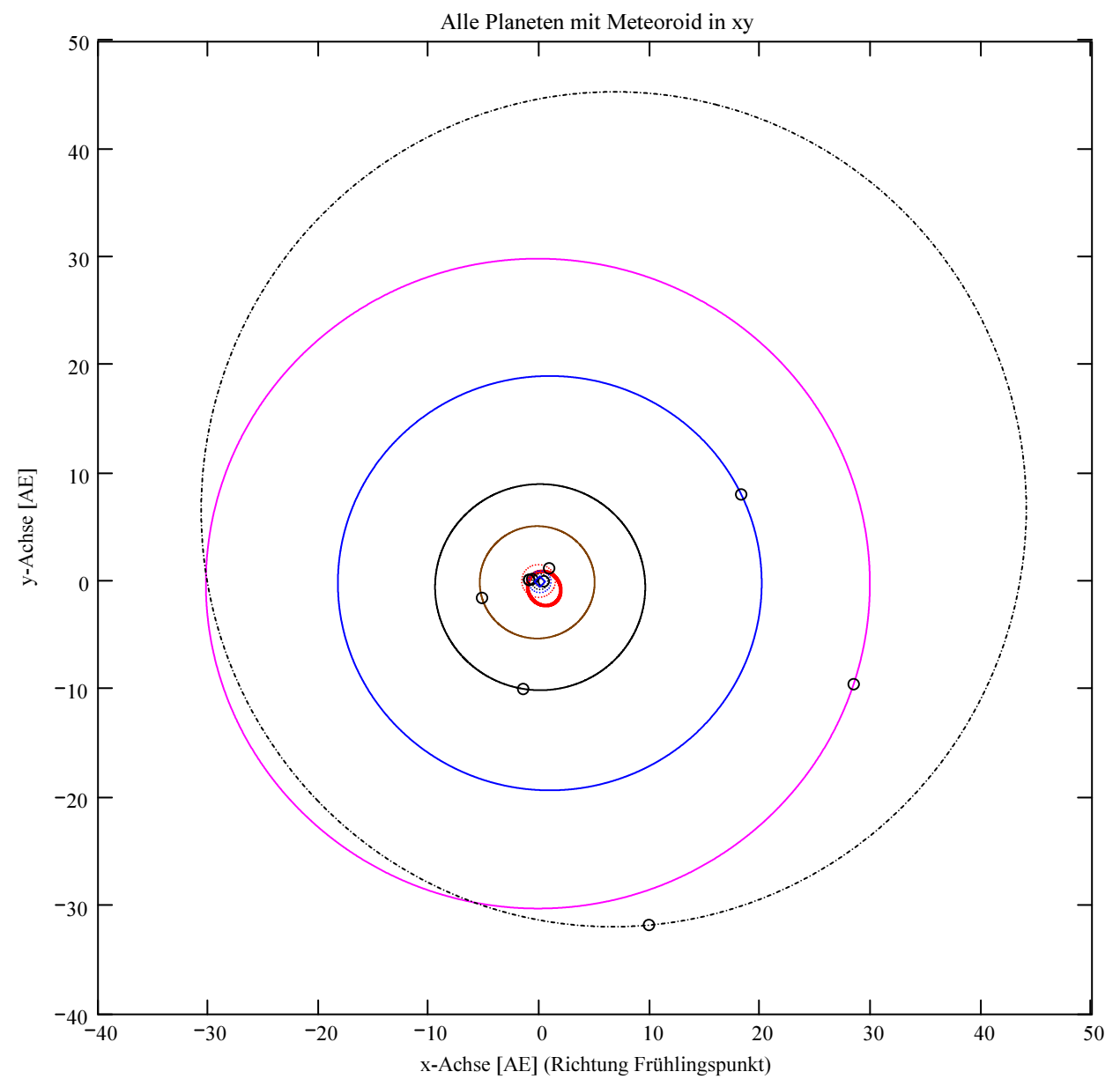


- Meteoroid
- Merkur
- Venus
- Erde
- Mars
- ooo Positionen
- ◇ Sonne

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:

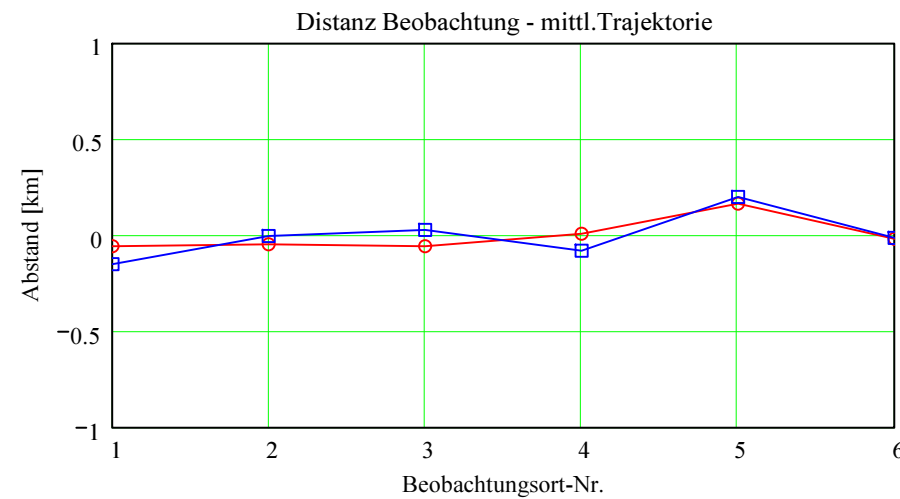
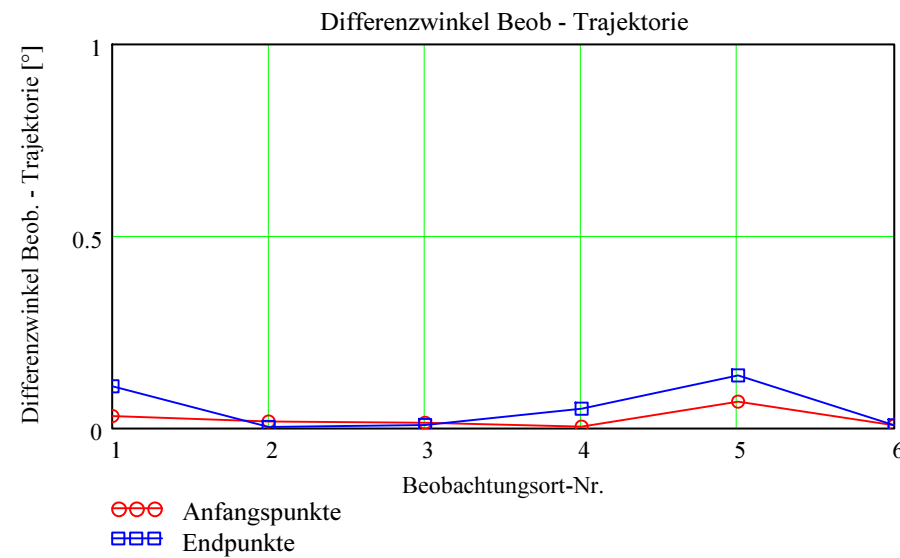
IndPaar =	1
1	1.2
2	1.3
3	1.4
4	1.5
5	1.6
6	2.3
7	2.4
8	2.5
9	2.6
10	3.4
11	3.5
12	3.6
13	4.5
14	4.6
15	5.6

Gew =	1
1	1
2	1
3	1
4	0
5	1
6	1
7	1
8	1
9	0
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1

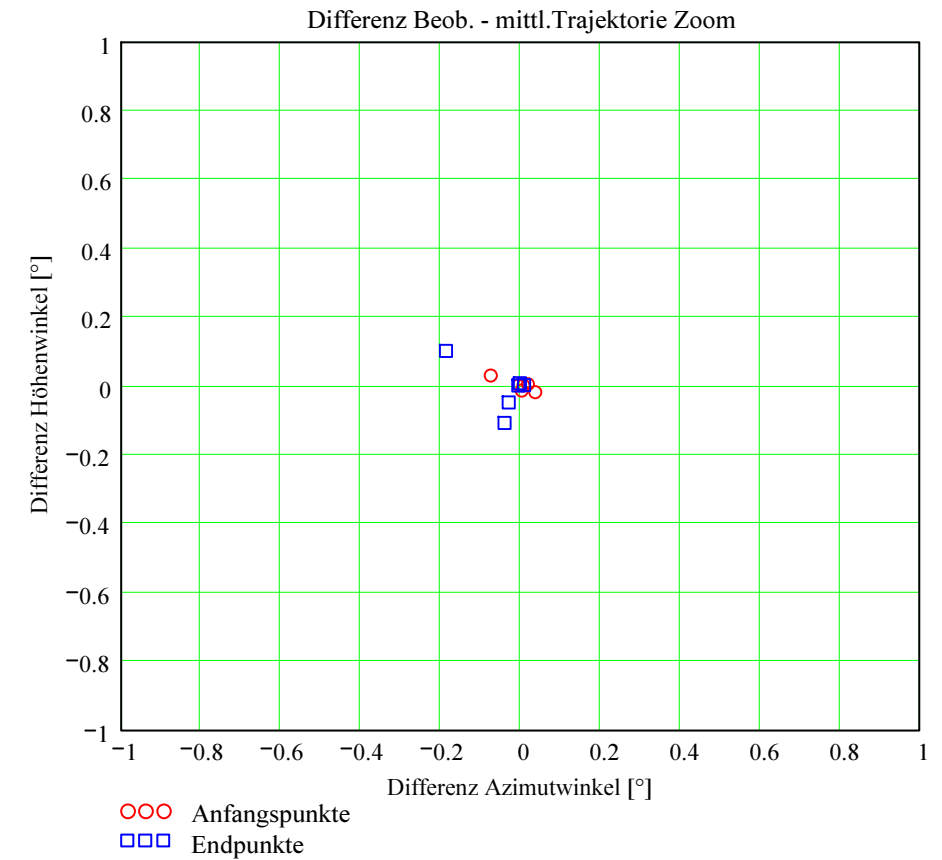
Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

Nr.	Stat.-Id.	Beobachtungsort
1	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"
2	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
3	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
4	"MAU"	"Beobachtungsstation Mauren"
5	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"
6	"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	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
	4	"MAU"	"Beobachtungsstation Mauren"
	5	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"
	6	"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 [°]:

	1	2	3	4	5	6
1	"MAI"	"BOS"	"VTE"	"MAU"	"FAL"	"GNO"
2	47.142863	47.627911	47.166732	47.306614	47.194891	47.110069
3	10.481055	11.455871	10.528224	10.806294	10.583975	10.416379
4	77.884784	84.815477	78.1921	80.06241	78.559066	77.468129
5	53.412808	54.130303	53.447396	53.65157	53.488294	53.365404
6	3.879585	4.698652	3.919568	4.154542	3.966778	3.824705
7	46.762303	46.766109	46.846009	46.760274	46.768008	46.747139
8	9.739699	9.747015	9.901065	9.735799	9.750666	9.710567
9	73.440962	73.481213	74.345675	73.419528	73.501332	73.281387
10	52.870968	52.876298	52.988619	52.868126	52.878959	52.849745
11	3.246413	3.252705	3.385001	3.243058	3.255846	3.221347

$mTr_1 =$

### 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	5	6
1	"MAI"	"BOS"	"VTE"	"MAU"	"FAL"	"GNO"
2	258.04102	225.391	274.226301	264.092019	246.725634	226.982521
3	46.064734	30.699377	17.487926	39.240868	33.89205	27.318149
4	106.815012	160.000053	244.324487	124.626298	136.7824	164.637378
5	0.036923	0.019077	0.003645	-0.003248	-0.074435	0.007378
6	-0.017945	0.004888	-0.013172	0.002647	0.03035	0.001465
7	0.031282	0.017116	0.013623	0.003652	0.068829	0.006717
8	-0.058318	-0.047796	-0.058094	0.007943	0.164316	-0.0193
9	330.619317	87.933933	286.50006	344.818853	275.532804	222.34967
10	66.292809	65.506456	20.140243	53.311538	60.448453	42.646392
11	79.533312	78.826325	205.863521	90.642651	82.863649	107.084243
12	-0.039855	-0.005408	-0.001563	-0.028899	-0.186541	0.00945
13	-0.107265	0.001654	0.007671	-0.047576	0.102203	0.0019
14	0.10846	0.002786	0.00781	0.050616	0.137417	0.007206
15	-0.150555	-0.003833	0.028061	-0.080075	0.198738	-0.013468

$bTr_1 =$

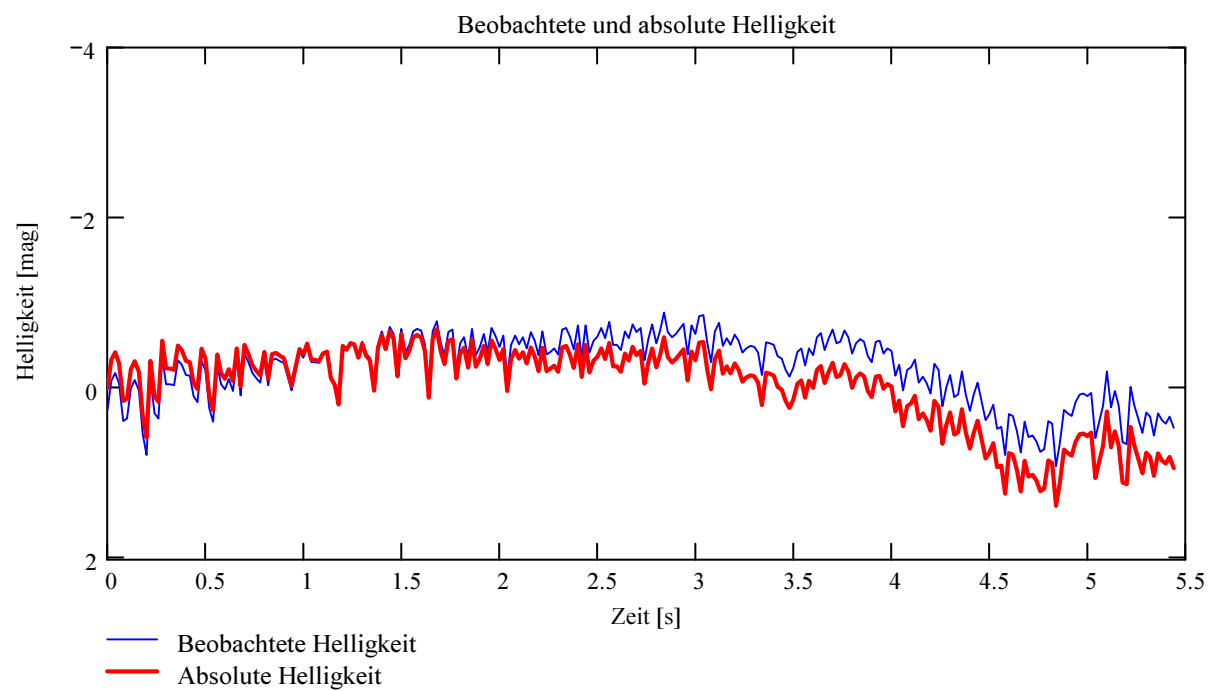
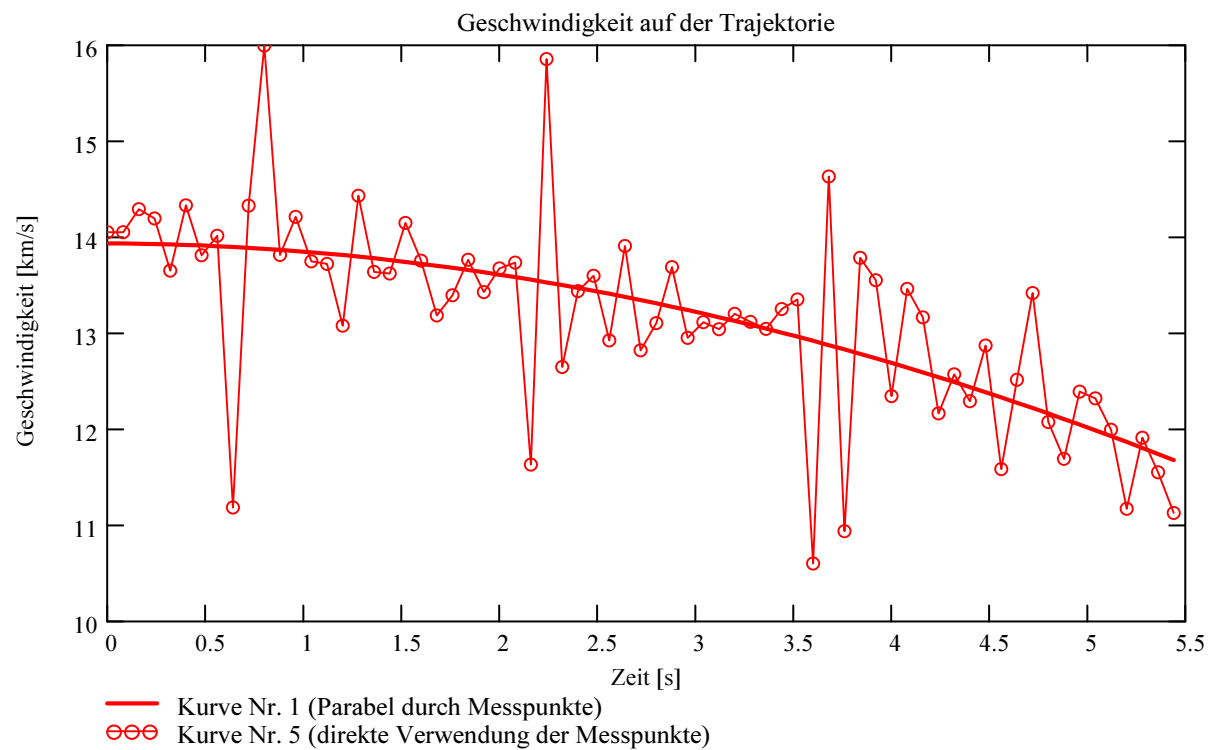
## Ergebnisse aus den auf die mittlere Trajektorie projizierten Messpunkten der xml-Datei

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.

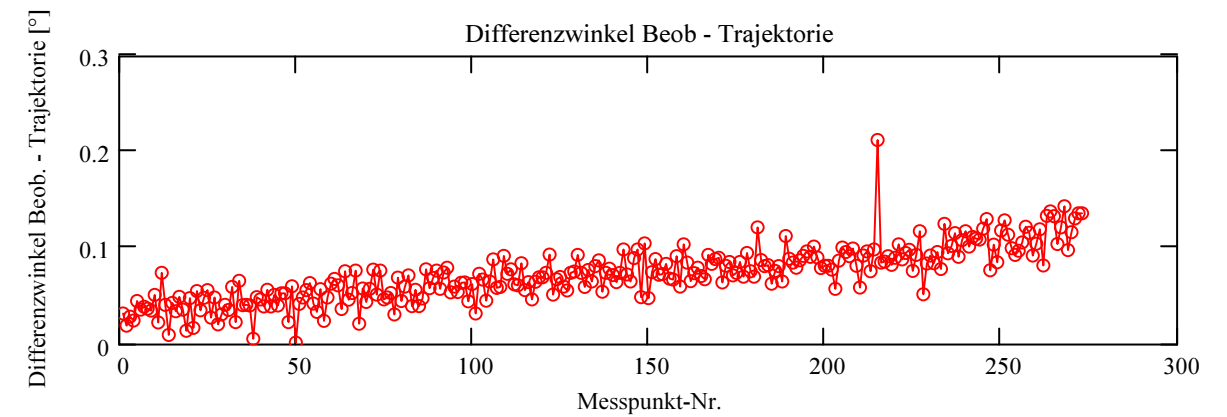
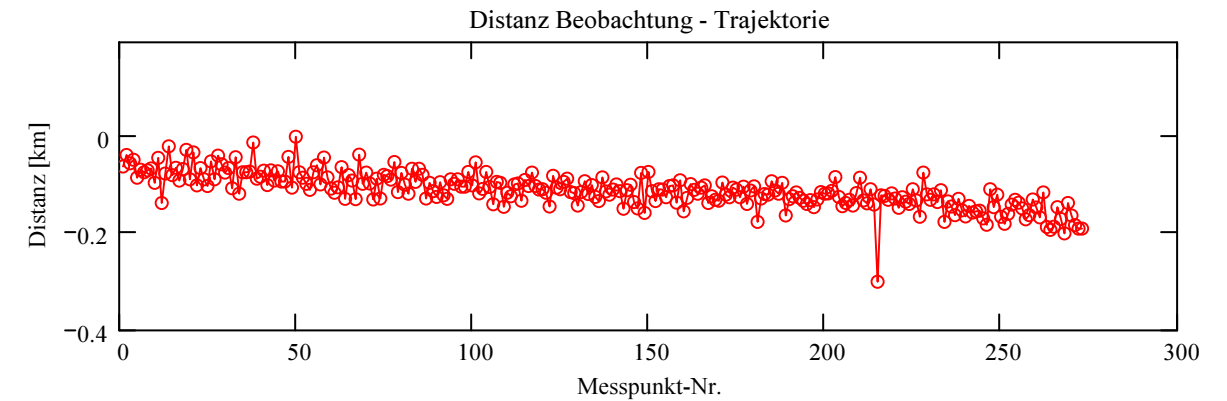


**Abschätzung der Meteormasse** (basierend auf der Formel von Luigi Jacchia (Smithsonian Astrophysical Laboratory)):

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.077$  [kg]

Berechnung: Beat Booz

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



### Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "MAI"

### Anfangspunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_1} = 47.142866$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_1} = 10.481061$  deg

$H_{Beob\_SP_1} = 77.885$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_1} = 3.879591$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_1} = 53.412812$  deg

### Endpunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 46.762305$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 9.739703$  deg

$H_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 73.441$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 3.246417$  deg

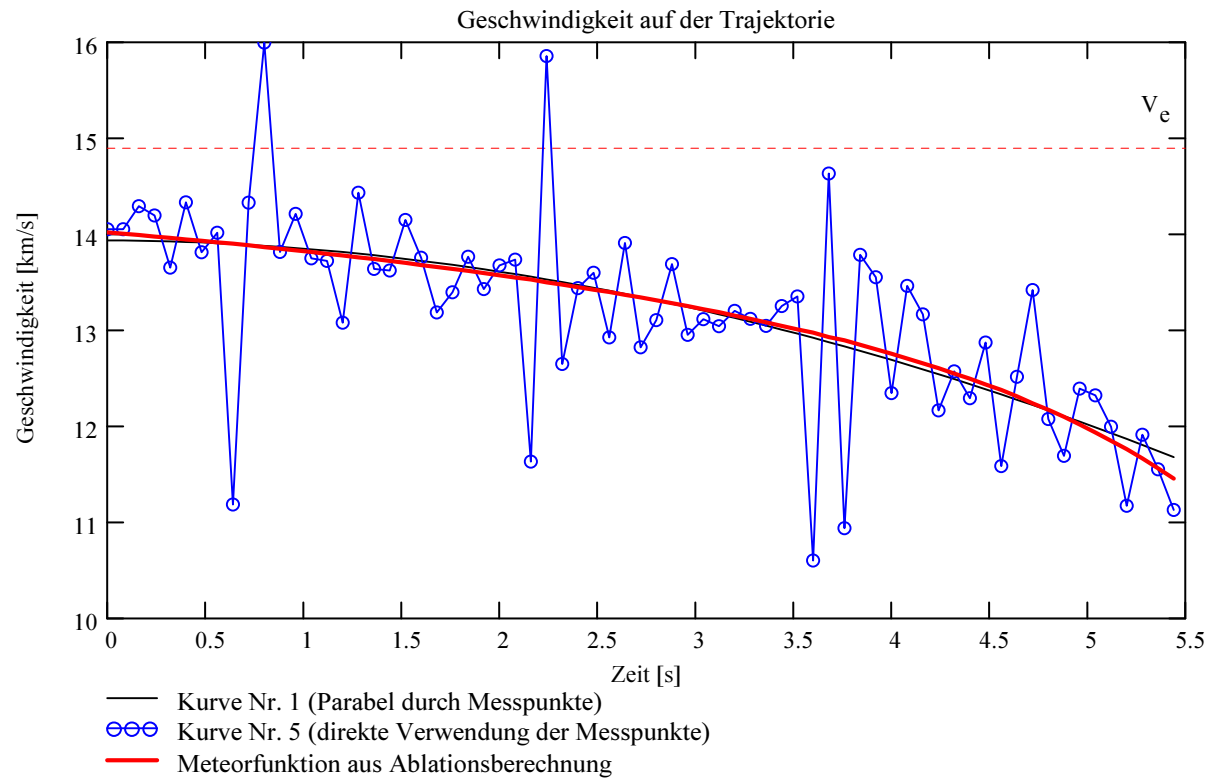
$Richtungswinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 52.870971$  deg

## Ergebnisse aus Aerodynamik und Helligkeit (Ablationsphase)

Nach der Methode "HAL Constraining the luminous efficiency of meteors" von Maria Gritsevich und Detlef Koschny.

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

Vergleich der Geschwindigkeit aus Messpunkten und Meteorfunktion aus Ablation:



Neigungswinkel der Trajektorie (bezüglich der Horizontalen!):

$$\gamma = 3.563 \text{ deg}$$

Geschwindigkeit bei Atmosphäreneintritt:

$$V_e = 14.9 \text{ [km/s]}$$

Anfangsgeschwindigkeit:

$$Vf(v_1) = 14.016 \text{ [km/s]}$$

Endgeschwindigkeit:

$$Vf(v_{ne}) = 11.453 \text{ [km/s]}$$

Endbeschleunigung:

$$Vi^\circ(v_{ne}) = -1.546 \text{ [km/s}^2\text{]}$$

Ballistischer Koeffizient:

$$\alpha = 2206.785$$

**Hinweis:** Die Helligkeitswerte haben keinen Einfluss auf die Parameter  $\alpha$  und  $\beta$ !

Massenverlust-Parameter:

$$\beta = 7$$

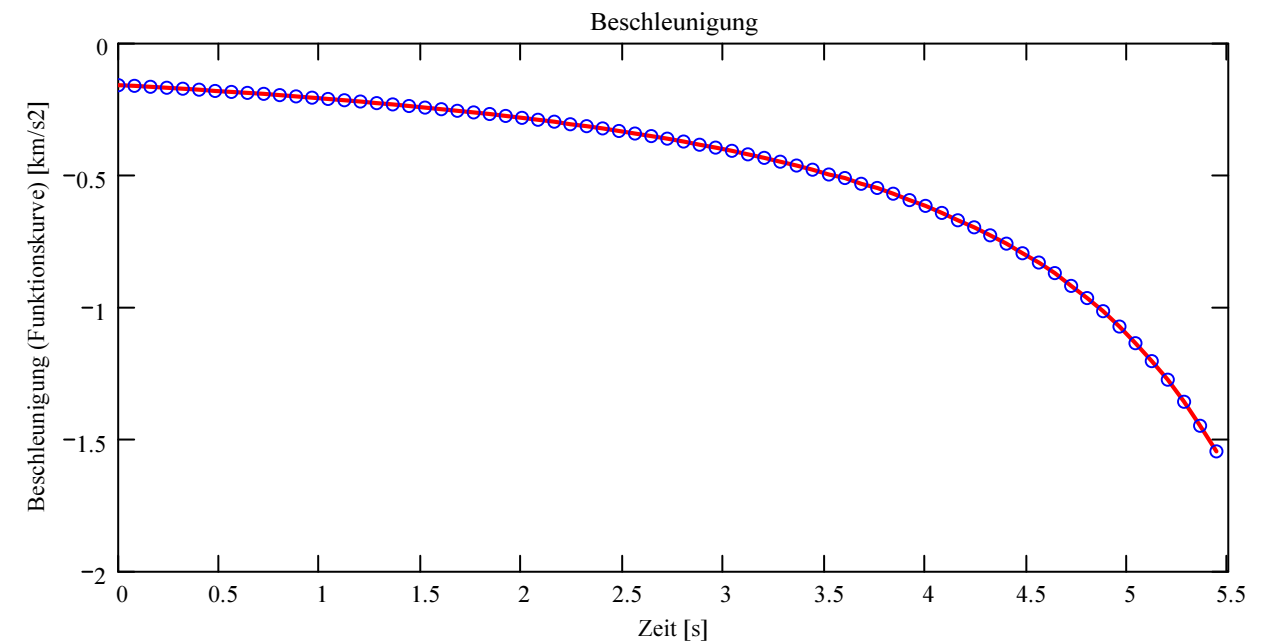
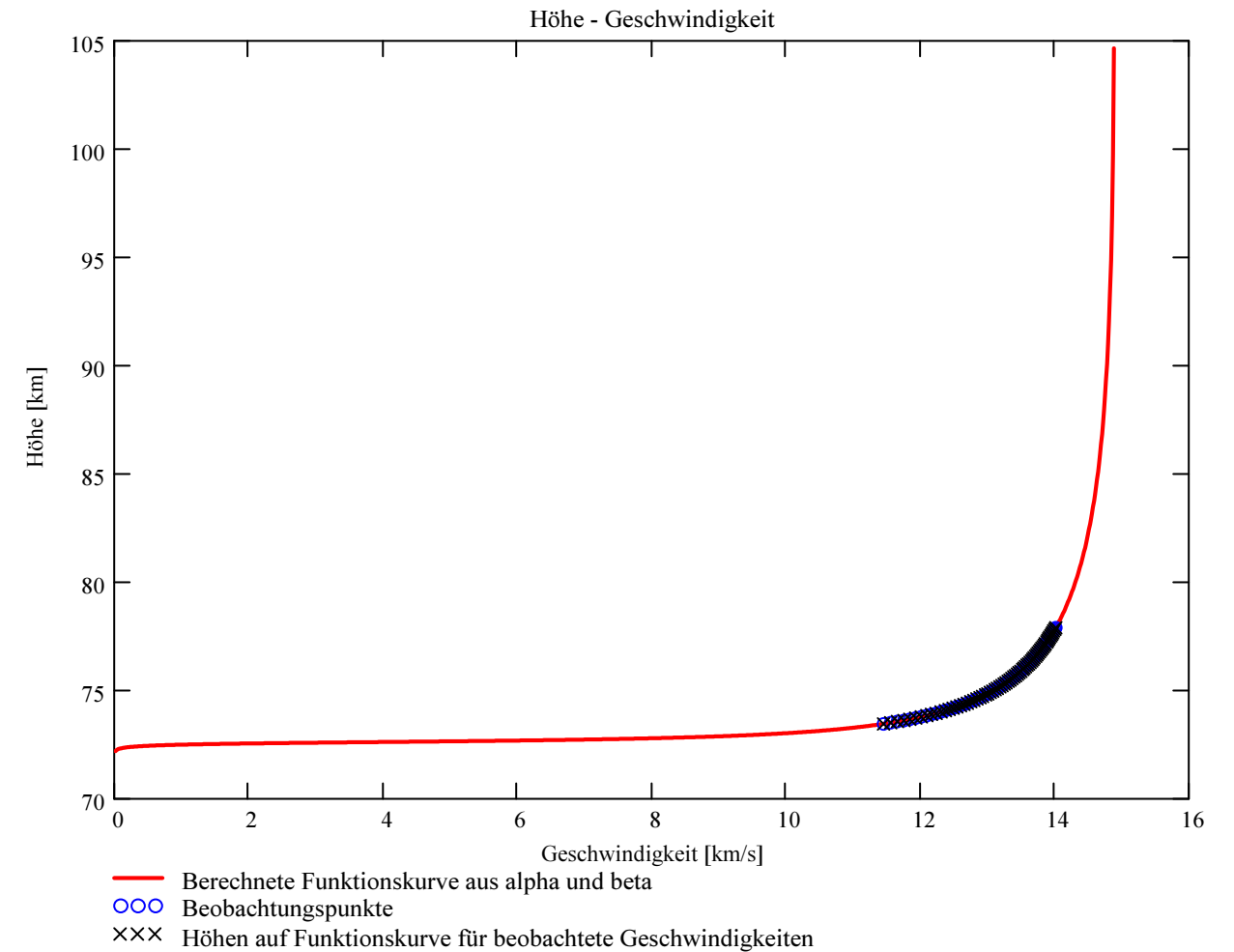
Dichte des Meteors (bulk density) -> Vorgabewert!

$$\rho_m = 3500 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\text{Prod}_{G16_{ai}} = \frac{\tau \cdot (c_d \cdot A_e)^3}{\rho_m^2}$$

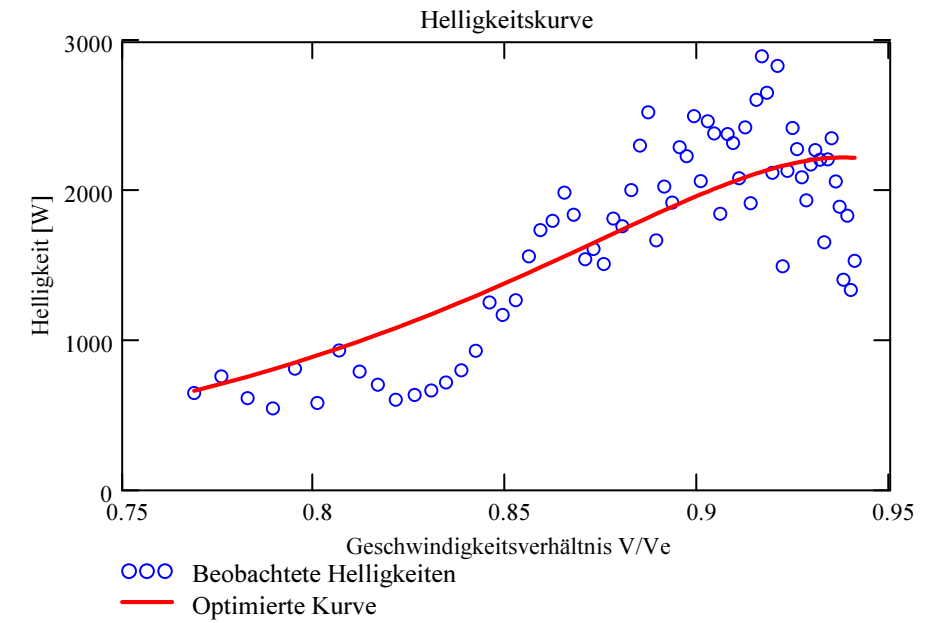
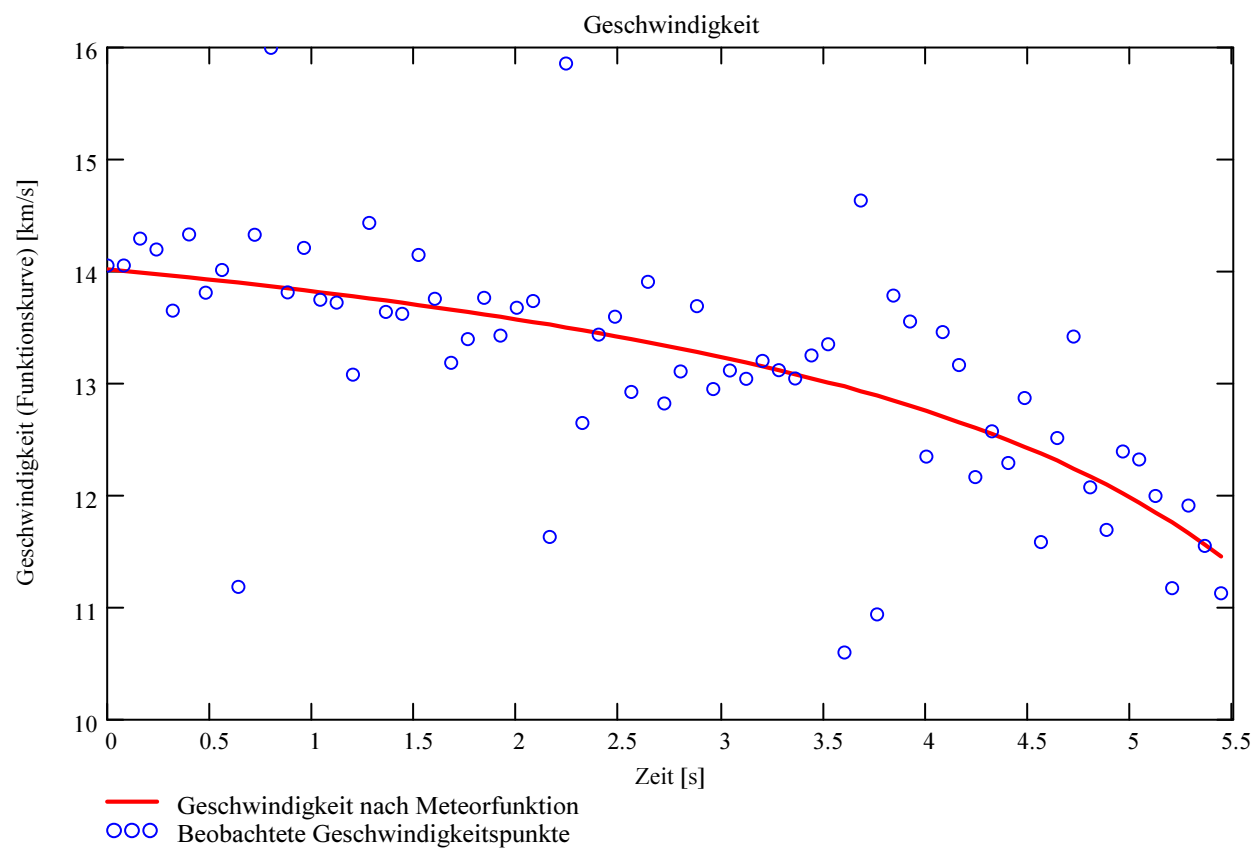
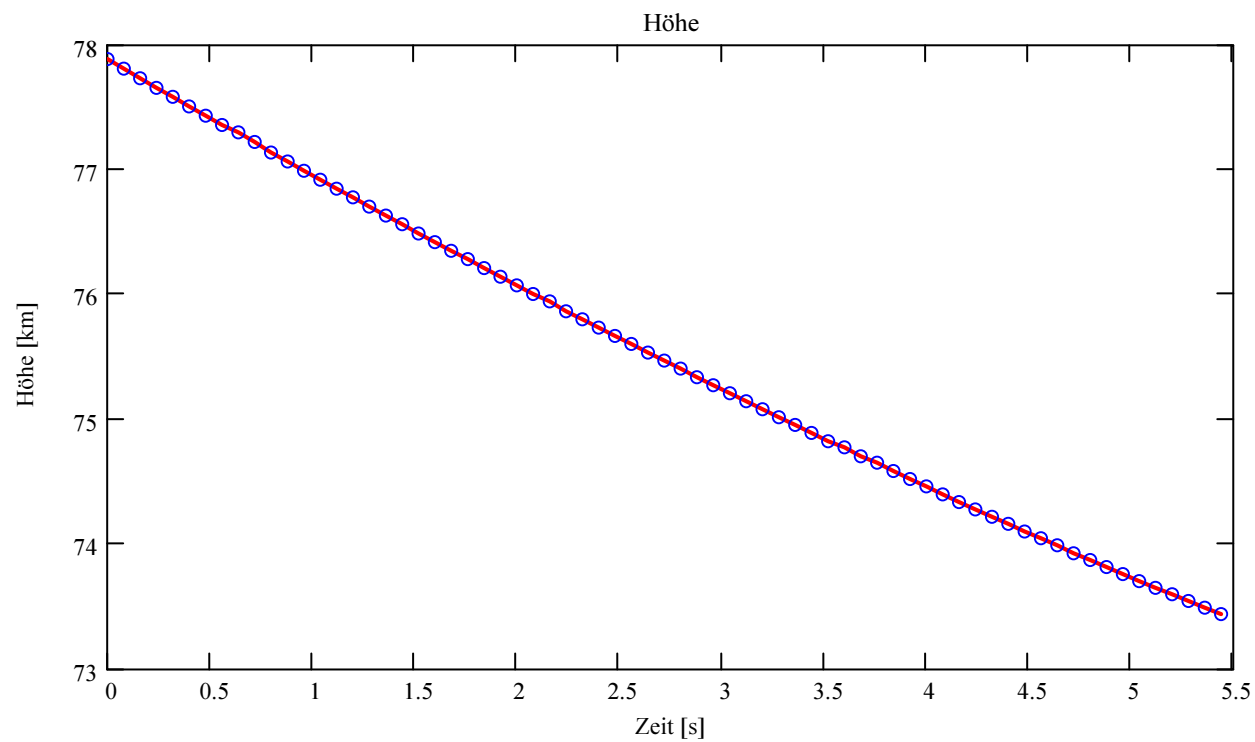
$$\text{Prod}_{G16_{ai}} = 0.00838 \text{ [cm}^6\text{/g}^2\text{]}$$

Berechnung: Beat Booz





Berechnung: Beat Booz



### Ergebnisse aus Helligkeitskurve:

Rotations-Parameter:

$$\mu = 0.297$$

Ablationskoeffizient:

$$\sigma_{\min} = 0.06306 \quad \text{für } \mu_{\min}=0$$

$$\sigma_{\max} = 0.18918 \quad \text{für } \mu_{\max}=2/3$$

$$\sigma = 0.0897 \quad \text{für: } \mu = 0.297$$

Annahme für zwei Produkte aus  $c_d$  (Widerstandskoeffizient) und  $A_e$  (Vor-atmosphärischer Form-Faktor=shape coefficient), welche für die Berechnung des Massenverlustes verwendet werden (siehe Theorie):

### Für Kugelform:

$$\text{Prod}_{cd\_Ae\_Kugel} = 1.21$$

$$\tau_{Kugel\_ai} =$$

$$0.057945$$

Leuchteffizienz-Koeffizient  $\tau$  (luminous efficiency coefficient):

Anfangsmasse:

$$M_1 = 0.006 \quad [\text{kg}]$$

Endmasse bei  $\mu=0$ :

$$M_{Kugel\_mu=0}(v_{ne}) = 0 \quad [\text{kg}]$$

Endmasse bei  $\mu=2/3$ :

$$M_{Kugel\_mu=2/3}(v_{ne}) = 0 \quad [\text{kg}]$$

Endmasse für:  $\mu = 0.297$

$$M_{Kugel\_mu}(v_{ne}) = 0 \quad [\text{kg}]$$

### Für Parallelepiped (mit Kantenlängen 2L, 3L, 5L):

$$\text{Prod}_{cd\_Ae\_Parallelepiped} = 1.554$$

$$\tau_{Parallelepiped\_ai} =$$

$$0.027375$$

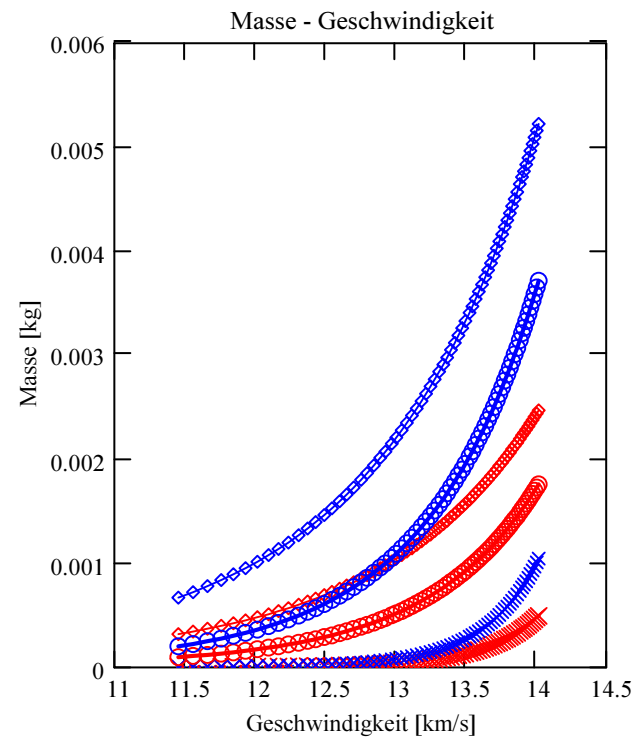
$$M_2 = 0.012 \quad [\text{kg}]$$

$$M_{PE\_mu=0}(v_{ne}) = 0.001 \quad [\text{kg}]$$

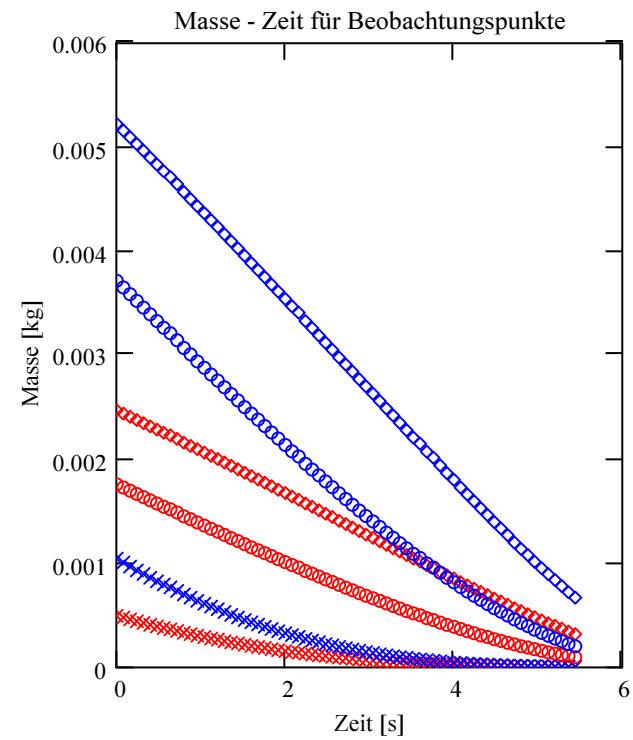
$$M_{PE\_mu=2/3}(v_{ne}) = 0 \quad [\text{kg}]$$

$$M_{PE\_mu}(v_{ne}) = 0 \quad [\text{kg}]$$

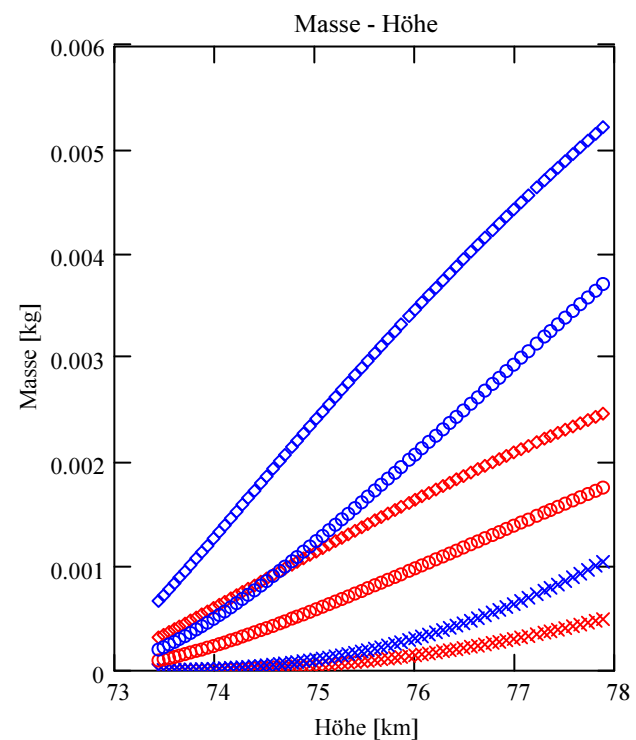
Verlauf der Massenabnahme für Kugelform und Parallelepiped (mit Kantenlängen 2L, 3L, 5L) für  $\mu = 0$ ,  $\mu = 2/3$  und für den berechneten Wert  $\mu$  ( $\mu$  = Parameter für mögliche Rotation des Meteoroiden):



- ◇ Kugelform bei min. Massenverlust
- ××× Kugelform bei max. Massenverlust
- ◇ Parallelepiped-Form bei min. Massenverlust
- ××× Parallelepiped-Form bei max. Massenverlust
- Kugelform für  $\mu$
- Parallelepiped-Form für  $\mu$

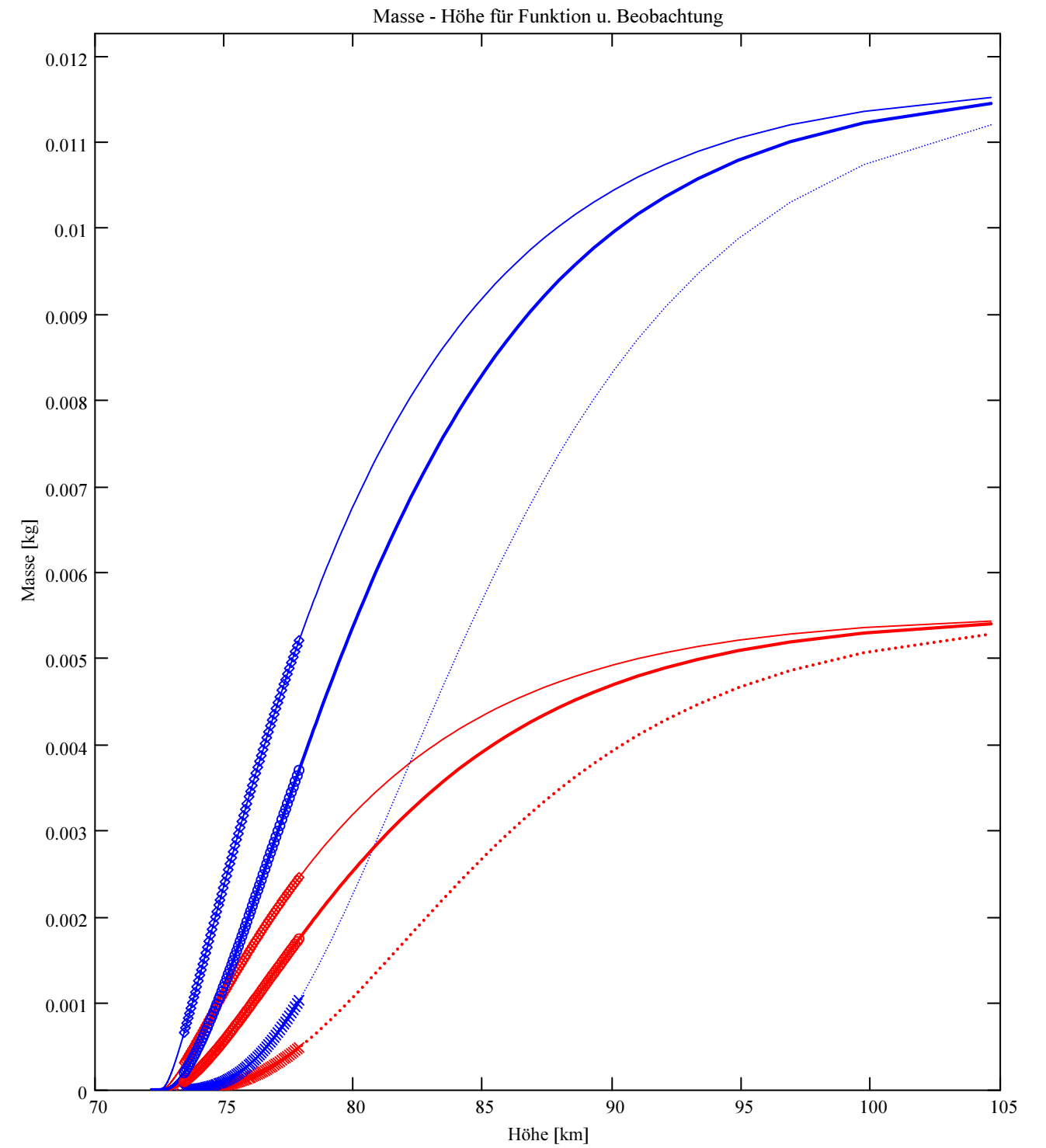


- ◇ Kugelform bei min. Massenverlust
- ××× Kugelform bei max. Massenverlust
- ◇ Parallelepiped-Form bei min. Massenverlust
- ××× Parallelepiped-Form bei max. Massenverlust
- Kugelform für  $\mu$
- Parallelepiped-Form für  $\mu$



- ◇ Kugelform bei min. Massenverlust
- ××× Kugelform bei max. Massenverlust
- ◇ Parallelepiped-Form bei min. Massenverlust
- ××× Parallelepiped-Form bei max. Massenverlust
- Kugelform für  $\mu$
- Parallelepiped-Form für  $\mu$

Verlauf der Massenabnahme, basierend auf der berechneten, optimierten Funktionskurve, sowie für die Beobachtungspunkte.



- Kugelform bei min. Massenverlust (Funktionswerte)
- ⋯ Kugelform bei max. Massenverlust (Funktionswerte)
- Parallelepiped-Form bei min. Massenverlust (Funktionswerte)
- ⋯ Parallelepiped-Form bei max. Massenverlust (Funktionswerte)
- Kugelform für  $\mu$  (Funktionswerte)
- Parallelepiped-Form für  $\mu$  (Funktionswerte)
- ◇ Kugelform bei min. Massenverlust (Beobachtungswerte)
- ××× Kugelform bei max. Massenverlust (Beobachtungswerte)
- ◇ Parallelepiped-Form bei min. Massenverlust (Beobachtungswerte)
- ××× Parallelepiped-Form bei max. Massenverlust (Beobachtungswerte)
- Kugelform für  $\mu$  (Beobachtungswerte)
- Parallelepiped-Form für  $\mu$  (Beobachtungswerte)