

# Fachgruppe Meteorastronomie

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:

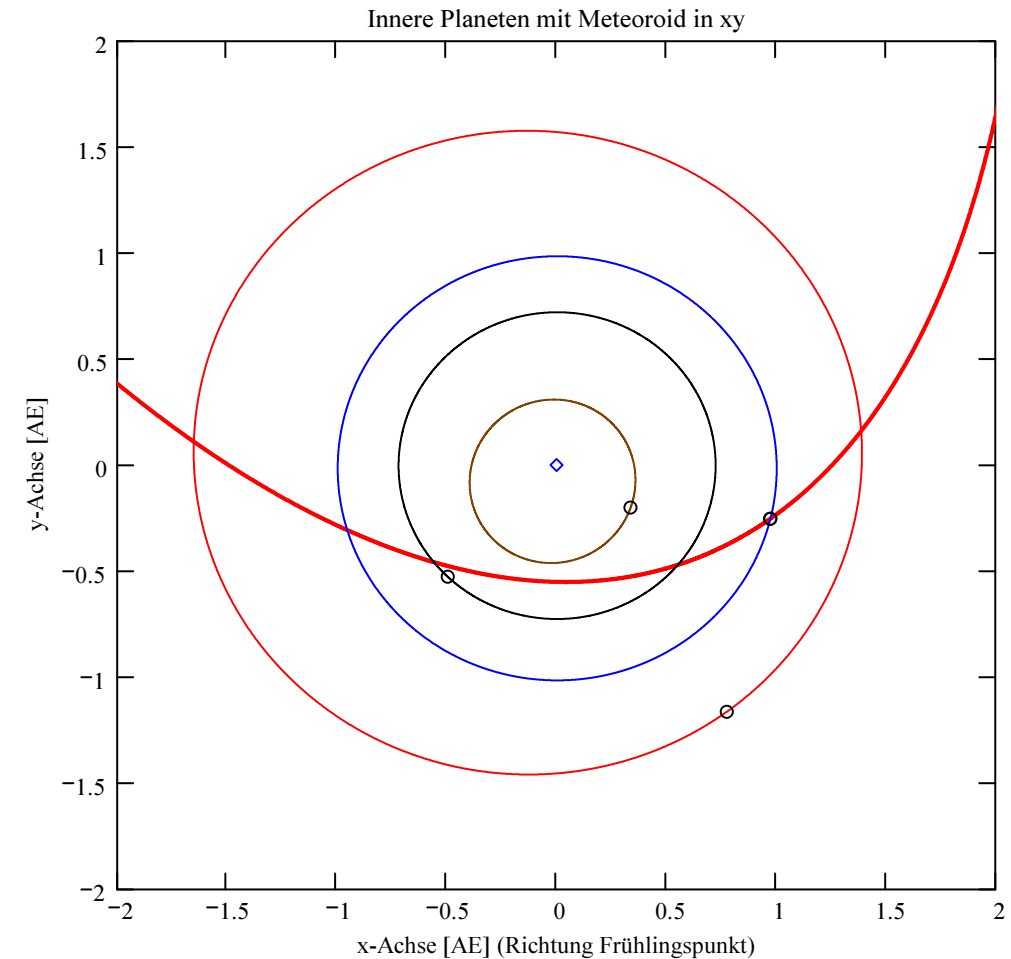
$\Phi$  nördlich positiv, südlich negativ       $\lambda$  östlich von Greenwich positiv, westlich von Greenwich negativ      Höhe über Meer

Beobachtungsorte:

Nr. Stat.-Id. Stationsname

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

ORT_KOORD1 =			ORT_KOORD2 =		
1	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"	46.804261	9.224167	1.288
2	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"	47.3595	7.4987	0.572
3	"EGL"	"Beobachtungsstation Eglisau"	47.56922	8.524	0.389
4	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"	46.777367	10.169708	1.666
5	"MAU"	"Beobachtungsstation Mauren"	47.22521	9.55227	0.506



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

### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 7

Monat: M = 9

Jahr: Y = 2016

Weltzeit: UTC = 20.778333 [h dezimal]

Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 5

Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 10

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 =	$\alpha_{Ep}$	deg	$\delta_{Ep}$	deg	$\alpha_{Ep}$	deg	$\delta_{Ep}$	deg	Mag	Dur_sec
1	52.901138		72.61441		172.701859		85.794289		-3.3	1.18
2	27.831898		34.979744		19.649952		31.364321		-1.3	1.24
3	13.400249		44.409851		346.951538		41.239624		-3.1	1.34
4	170.910767		83.111908		212.399185		57.468147		-3.1	0
5	3.651301		75.307816		272.303406		71.27813		-3.5	1.02

Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
202.053015	175.814471	40.00033	43.674706
249.630165	258.003134	30.268893	33.321932
248.300225	267.78831	45.432582	61.382578
173.772917	139.30883	41.41263	34.818941
200.584864	157.252996	53.875973	60.54618

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
1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4
2	2	3	4	5	3	4	5	4	5	5
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	47.9262	47.9246	48.0668	47.9092	47.9511	47.9542	47.9532	47.9457	47.9455	47.9581
5	9.8994	9.8984	9.9863	9.8889	9.9616	9.9755	9.9708	9.9521	9.9512	9.9785
6	117.5905	117.4132	132.7077	115.7656	120.3097	121.0057	120.7709	120.2048	120.1285	121.3984
7	47.5859	47.5882	47.6659	47.5771	47.5847	47.5883	47.5878	47.5862	47.5862	47.585
8	9.1399	9.1396	9.1311	9.1409	9.1279	9.1552	9.1513	9.1393	9.1402	9.1408
9	85.9327	86.1848	94.7899	84.9552	85.283	86.7339	86.5263	86.6026	86.7363	86.4694
10	47.9483	47.9425	48.0558	47.9347	47.944	47.9557	47.9455	47.9573	47.9467	47.9475
11	9.9495	9.9394	9.9623	9.9472	9.9452	9.9789	9.9533	9.9786	9.954	9.9544
12	119.7018	119.1224	131.6336	118.1918	119.6117	121.1507	120.0313	121.3141	120.2439	120.3846
13	47.5864	47.5861	47.6377	47.6454	47.586	47.583	47.6504	47.5862	47.6527	47.6519
14	9.141	9.135	9.0721	9.2931	9.1308	9.1435	9.29	9.1392	9.2885	9.2891
15	85.978	85.9953	92.2019	91.1748	85.4032	86.2491	92.2695	86.6011	92.7884	92.5944
16	178.6755	178.4064	201.584	175.9054	231.4392	232.7513	232.3086	166.6927	166.5875	178.8985
17	121.6984	122.0582	134.3348	120.3026	151.9307	154.4951	154.1281	98.0127	98.1644	146.5529
18	230.293	165.1997	194.0044	144.9905	165.8747	178.5327	147.2458	178.774	147.5065	147.6789
19	153.1592	97.3237	156.3233	103.8898	96.6519	146.1771	105.1412	146.7775	105.7344	105.5126
20	76.2793	75.8353	87.8961	74.7991	83.4409	82.3367	82.2476	81.2656	81.0593	84.0216
21	81.1936	80.4006	91.5192	65.3753	81.5084	83.8606	66.5528	83.9178	66.4914	66.7211
22	217.0176	219.5548	230.6075	216.199	212.8764	218.6315	218.0158	219.8619	221.12	218.3086
23	217.1279	219.0891	224.5249	231.4401	213.1664	217.4516	231.9559	219.8583	235.9645	233.2005
24	46.5722	46.5679	46.5614	46.5721	46.6047	46.5694	46.5722	46.5661	46.5583	46.5682
25	6.9942	6.9585	6.9045	6.9937	7.0148	6.9924	6.9942	6.9557	6.9438	6.9797
26	67.5661	67.7916	66.6711	67.7524	67.2566	67.5261	67.513	67.7081	67.8159	67.564
27	56.753	57.032	55.5242	56.9973	57.2853	56.8814	56.8964	57.1079	57.066	56.9307
28	56.19	56.4696	54.8891	56.4429	56.6672	56.2732	56.2887	56.5052	56.4647	56.3096
29	56.7903	57.0625	55.5063	57.0406	57.2731	56.884	56.8833	57.1276	57.068	56.9128
30	56.1908	56.4661	54.8454	56.5555	56.6693	56.2645	56.3913	56.5052	56.5744	56.4192
31	24.8258	24.6213	25.9038	24.6245	25.1534	24.9264	24.9336	24.7492	24.6519	24.9001
32	24.2122	24.0103	25.2039	24.0218	24.484	24.2647	24.2726	24.0952	23.999	24.2247
33	24.866	24.6541	25.8843	24.6712	25.1403	24.9292	24.9195	24.7704	24.6541	24.8808
34	24.2131	24.0065	25.1551	24.1451	24.4863	24.2552	24.3851	24.0951	24.1191	24.3449
35	109.0618	72.5584	2.7556	19.3453	36.5048	111.8163	89.7167	75.3125	53.2131	22.0997
36	64.6435	64.2672	74.4882	63.3891	67.291	66.4005	66.3287	60.646	60.492	"k. A."
37	65.4787	60.0004	"k. A."	64.0934	60.8272	"k. A."	65.2478	"k. A."	65.1876	65.4128

**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)

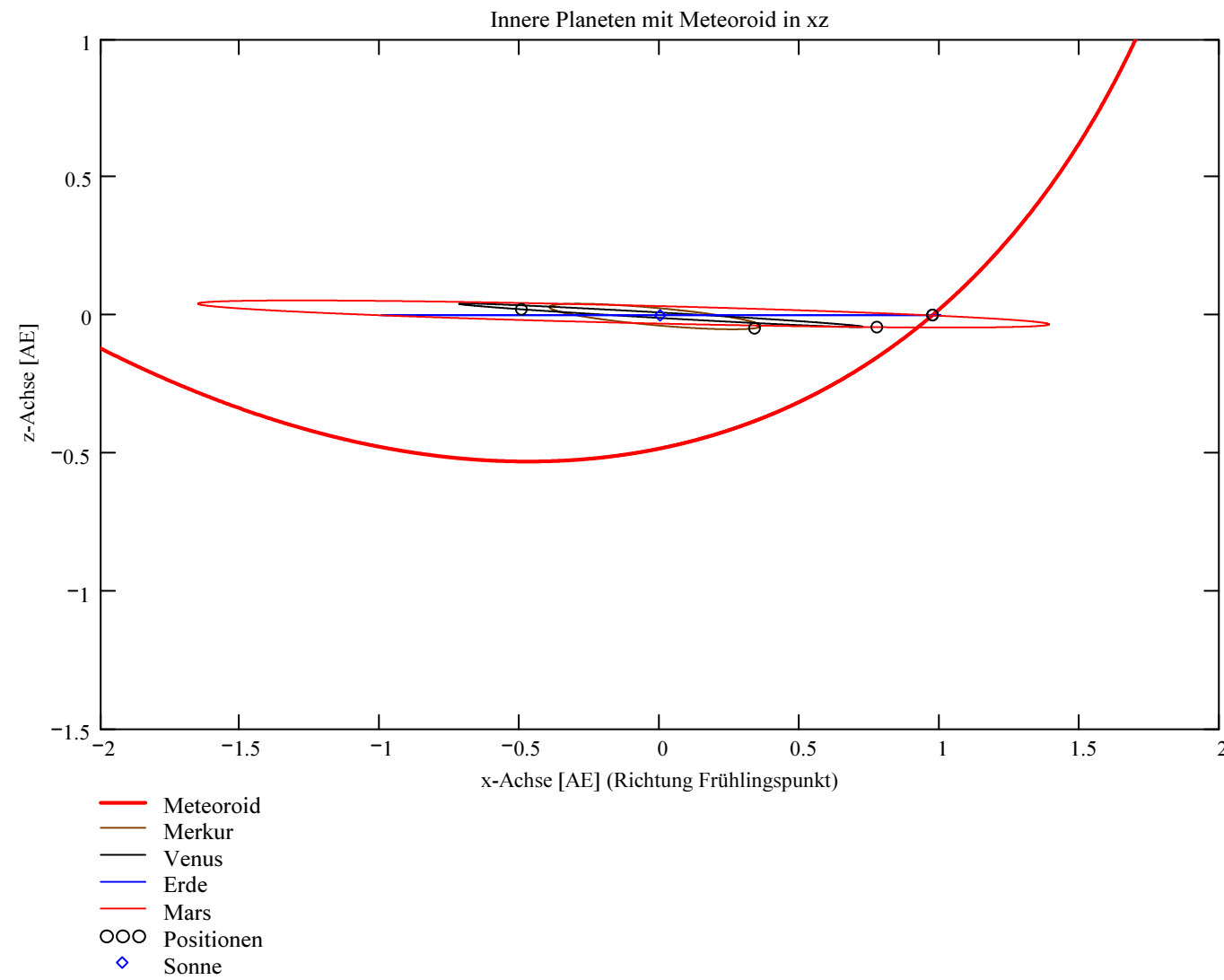
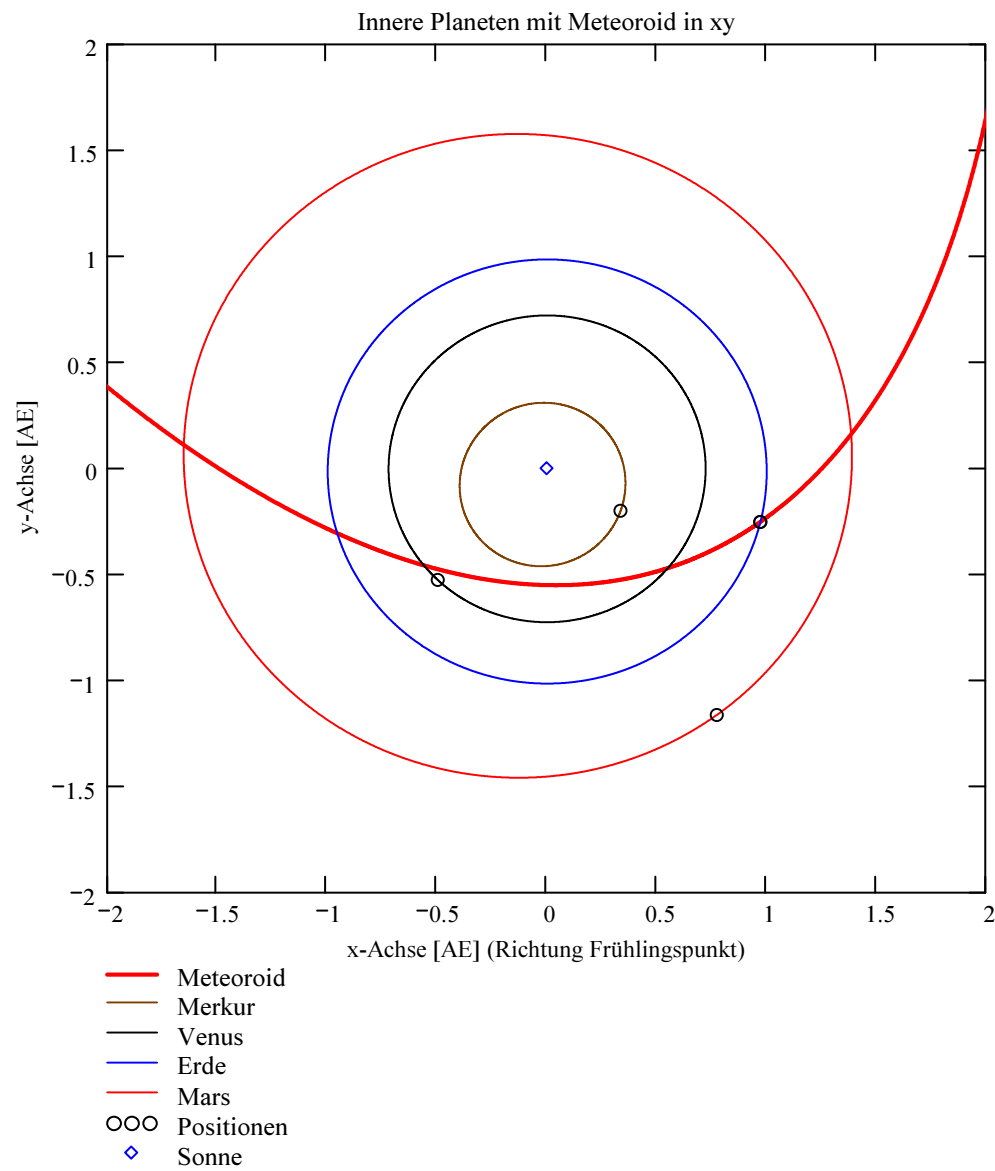
Winkel zwischen den Beobachtungsebenen:  
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

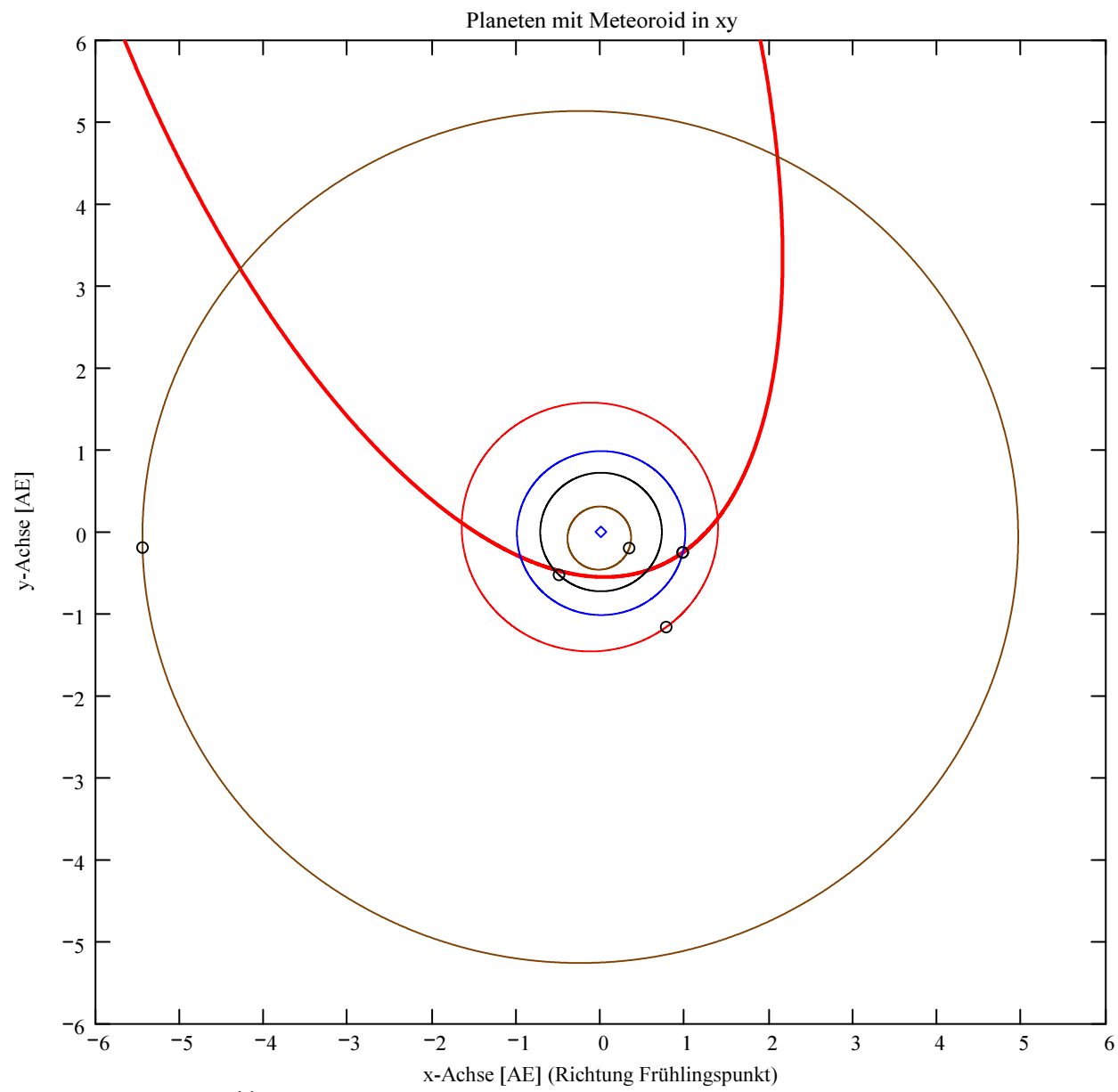
Grosse Halbachse:  $a_M = 11.2222$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.9355$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.7236$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 137.8573$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 165.4145$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 245.3583$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 50.7728$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = -65.3614$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 13731.4203$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2443945.09670228$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 12 Monat = 3 Jahr = 1979  
 Zeit (UTC): Stunden = 14 Minuten = 19 Sekunden = 15.077  
 Tage\_dez = 12.596702

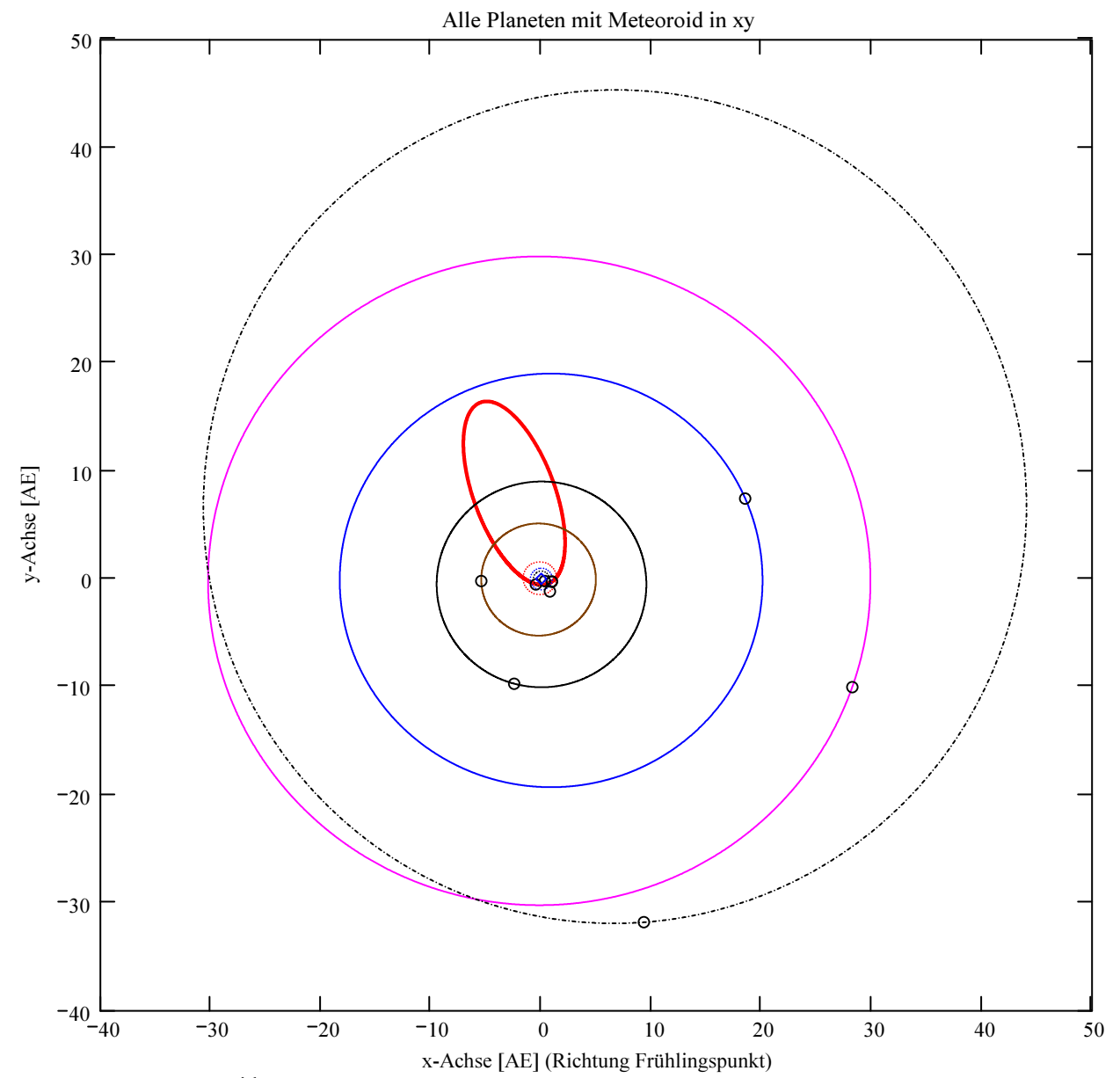
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 65$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_u| = 63.8$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 41.012$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 45.138$  deg  $\delta_{\text{Rad}_s} = 36.793$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_w2} = 45.708$  deg  $\delta_{\text{Rad}_w2} = 36.645$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_heli} = 35.893$  deg  $\beta_{\text{Rad}_heli} = 32.796$  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 =	1
1	1.2
2	1.3
3	1.4
4	1.5
5	2.3
6	2.4
7	2.5
8	3.4
9	3.5
10	4.5
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	

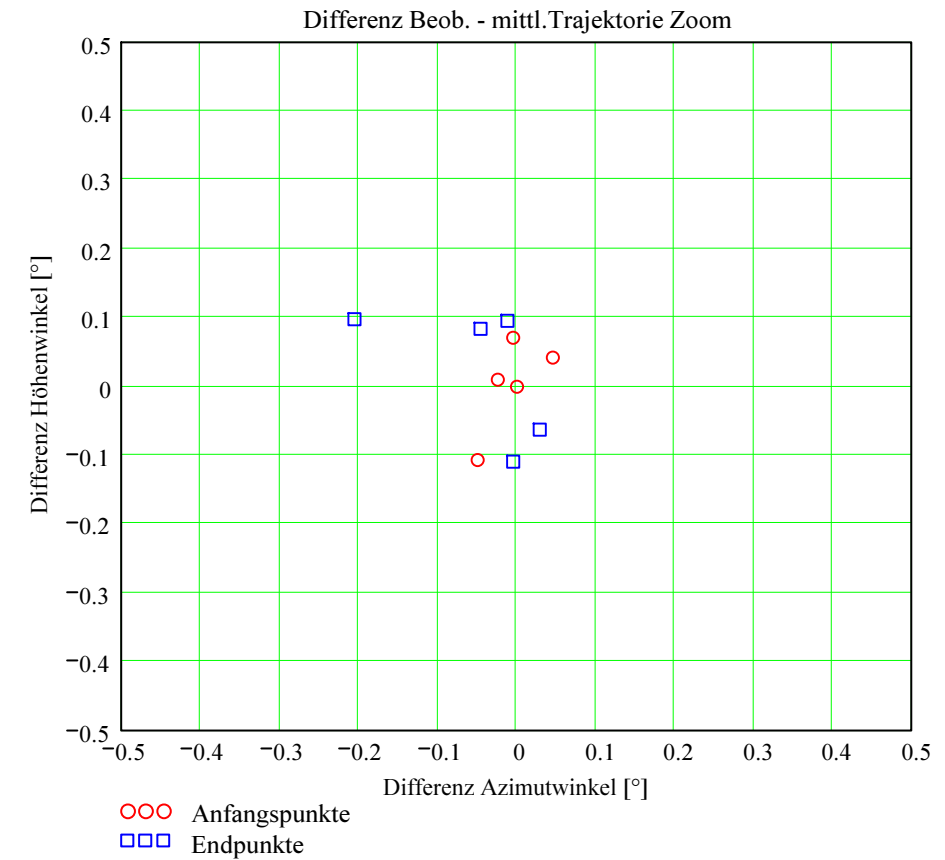
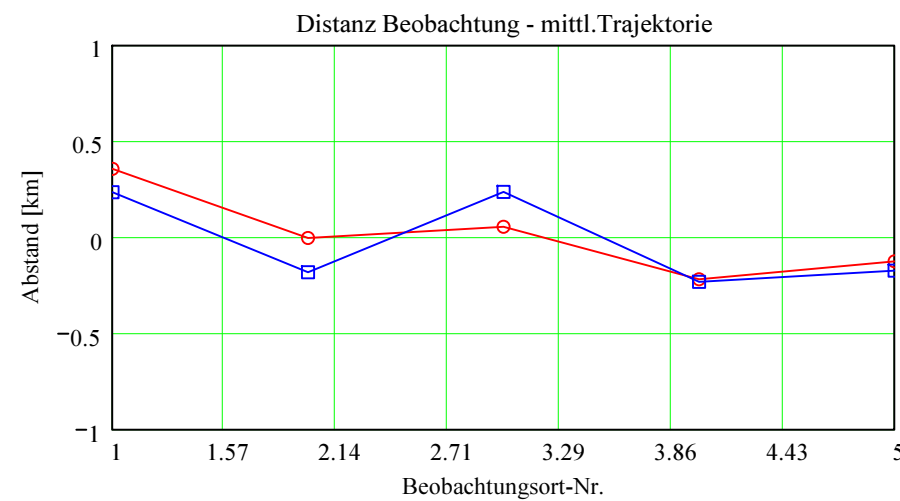
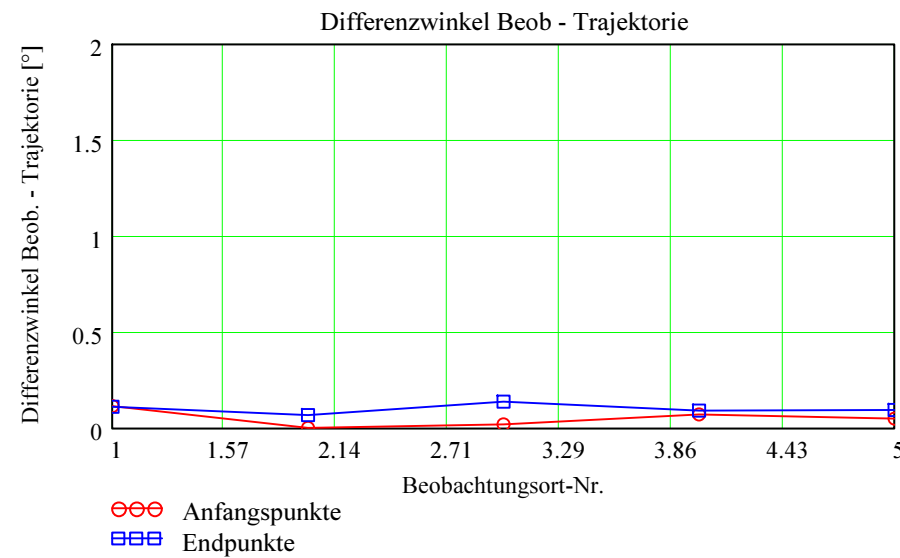
Gew =	1
1	1
2	1
3	0
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

Nr.	Stat.-Id.	Beobachtungsort
1	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"
2	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
3	"EGL"	"Beobachtungsstation Eglisau"
4	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
5	"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
1	"FAL"	"Sternwarte Mirasteilas Falera"
2	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
3	"EGL"	"Beobachtungsstation Eglisau"
4	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
5	"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	4	5	6	7	8
1	"FAL"	"VTE"	"EGL"	"BOS"	"MAU"			
2	47.922844	47.951987	47.944116	47.95775	47.94645			
3	9.898958	9.965497	9.94751	9.978675	9.952844			
4	117.717339	120.511092	119.755385	121.064963	119.979437			
5	56.954431	57.003897	56.990522	57.013696	56.994488			
6	24.793687	24.846945	24.832554	24.857485	24.836821			
7	47.585382	47.587519	47.584698	47.585924	47.652323			
8	9.140039	9.144779	9.138522	9.141241	9.288915			
9	86.199996	86.394865	86.137645	86.249414	92.332271			
10	56.391878	56.395383	56.390757	56.392767	56.501995			
11	24.181961	24.185806	24.18073	24.182936	24.302589			

**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	7	8
1	"FAL"	"VTE"	"EGL"	"BOS"	"MAU"			
2	202.101943	249.629552	248.323659	173.776852	200.538808			
3	40.108186	30.269983	45.423533	41.342642	53.835003			
4	178.484646	231.811847	166.09778	178.643463	147.256996			
5	-0.048929	0.000613	-0.023433	-0.003935	0.046056			
6	-0.107856	-0.00109	0.009049	0.069988	0.040971			
7	0.114173	0.001212	0.018771	0.07005	0.049158			
8	0.355665	-0.004903	0.054416	-0.218411	-0.126342			
9	175.818482	257.973471	267.9934	139.354073	157.264433			
10	43.784903	33.385463	61.28548	34.735916	60.451549			
11	121.841394	153.647756	97.573973	146.471106	105.3095			
12	-0.004011	0.029663	-0.20509	-0.045243	-0.011437			
13	-0.110197	-0.063531	0.097098	0.083024	0.094631			
14	0.110235	0.068192	0.138228	0.090962	0.094798			
15	0.234418	-0.182867	0.235401	-0.232535	-0.174238			