

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

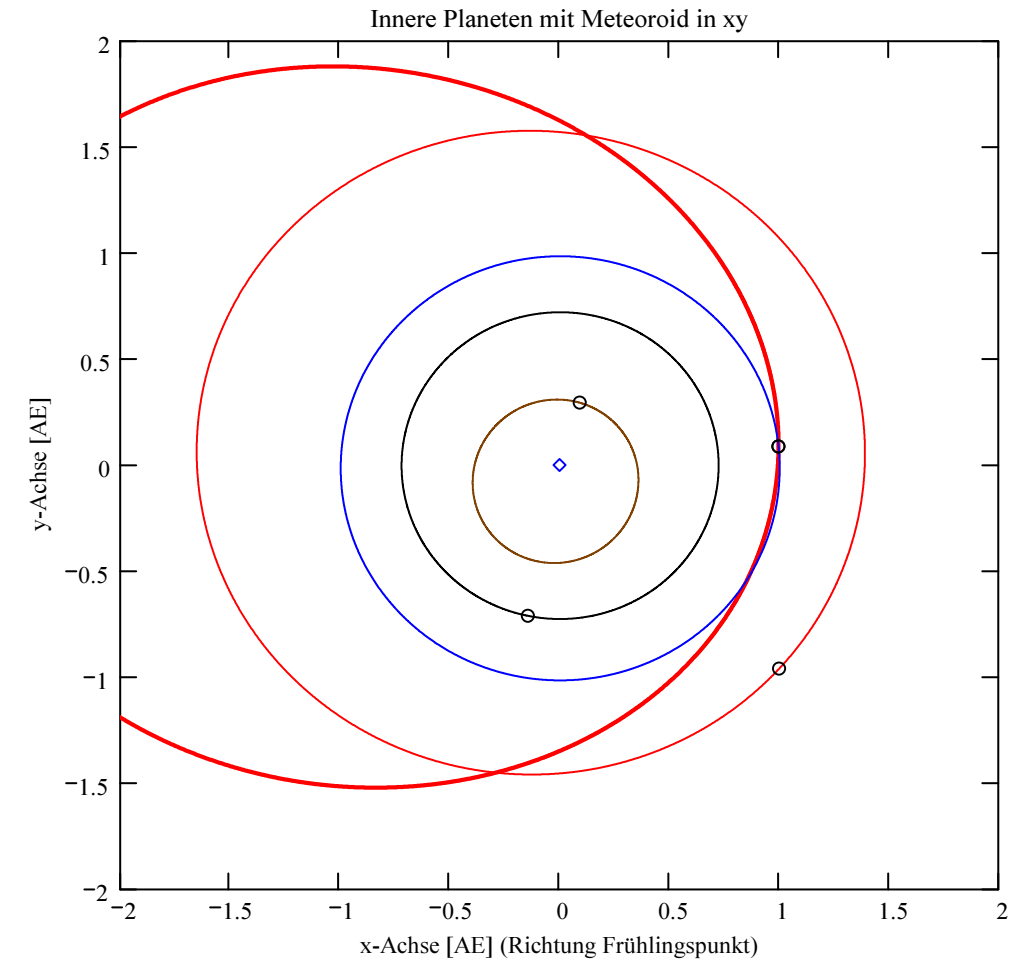
### Berechnungsverfahren:

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. Breite $\Phi$ [° dez.]		Geogr. Länge $\lambda$ [° dez.]		Höhe über Meer [km]
				nördlich positiv / südlich negativ	östlich positiv / westlich negativ	Geogr. Breite $\Phi$ [° dez.]	Geogr. Länge $\lambda$ [° dez.]	Höhe über Meer [km]
	1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"					
	2	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"					
	3	"BUE"	"Sternwarte Bülach"					

ORT_KOORD1 =	$\begin{pmatrix} 1 & \text{"VTE"} & \text{"Observatoire géophysique, Val Terbi"} \\ 2 & \text{"SCH"} & \text{"Sternwarte Schafmatt"} \\ 3 & \text{"BUE"} & \text{"Sternwarte Bülach"} \end{pmatrix}$	ORT_KOORD2 =	$\begin{pmatrix} 47.3595 & 7.4987 & 0.572 \\ 47.42025 & 7.950833 & 0.82 \\ 47.519753 & 8.570783 & 0.548 \end{pmatrix}$
--------------	--	--------------	--



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 27  
 Monat: M = 9  
 Jahr: Y = 2016  
 Weltzeit: UTC = 21.0675 [h dezimal]

Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 3  
 Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 3

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 =	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 307.953179 \\ 0 \\ 293.97 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} -20.784899 \\ 0 \\ -20.16 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 344.261629 \\ 0 \\ 313.9 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} -30.372854 \\ 0 \\ -30.94 \end{pmatrix} \text{ deg}$	Mag = $\begin{pmatrix} -1.8 \\ \text{"k.A."} \\ \text{"k.A."} \end{pmatrix}$	Dur_sec = $\begin{pmatrix} 10.3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$
------	---	---	--	---	--	--

	Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
HOR_KOORD =	$\begin{pmatrix} 22.1597 \\ 22.51 \\ 36.148222 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 347.804108 \\ 3.86 \\ 15.221448 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 18.98648 \\ 15.82 \\ 14.45364 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 11.357751 \\ 12.29 \\ 10.035781 \end{pmatrix}$

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
1	1	1	2
2	2	3	3
3	0	0	0
4	45.8614	45.6268	45.6166
5	6.6262	6.4942	6.8875
6	65.5704	76.3056	66.5645
7	45.743	45.9026	45.9502
8	7.9977	7.9498	7.8085
9	40.4021	36.2123	38.8651
10	45.83	45.6563	45.4513
11	7.0094	6.6445	6.4424
12	58.3461	72.0232	80.5344
13	45.7619	45.9008	46.0118
14	7.7909	7.9401	7.9821
15	44.076	36.4691	33.8225
16	191.9129	222.2417	227.5017
17	188.6893	169.9658	168.7616
18	200.4028	265.7678	295.1014
19	190.515	190.3856	177.2854
20	111.195	124.9779	85.9452
21	63.3405	111.1223	144.1274
22	198.7161	119.2622	126.4431
23	215.4633	120.0848	110.4433
24	45.488	46.1512	46.4322
25	10.4581	9.3687	9.1981
26	79.1405	72.8331	72.6385
27	276.4983	254.2693	242.2448
28	277.4819	255.3123	242.9048
29	276.7733	254.3767	241.9271
30	277.3336	255.3053	243.0296
31	13.5626	19.2351	19.1612
32	12.5992	18.183	18.4374
33	13.2939	19.126	19.5141
34	12.7448	18.1899	18.302
35	3.1116	8.5412	5.7739
36	10.7956	12.1338	"k. A."
37	"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:

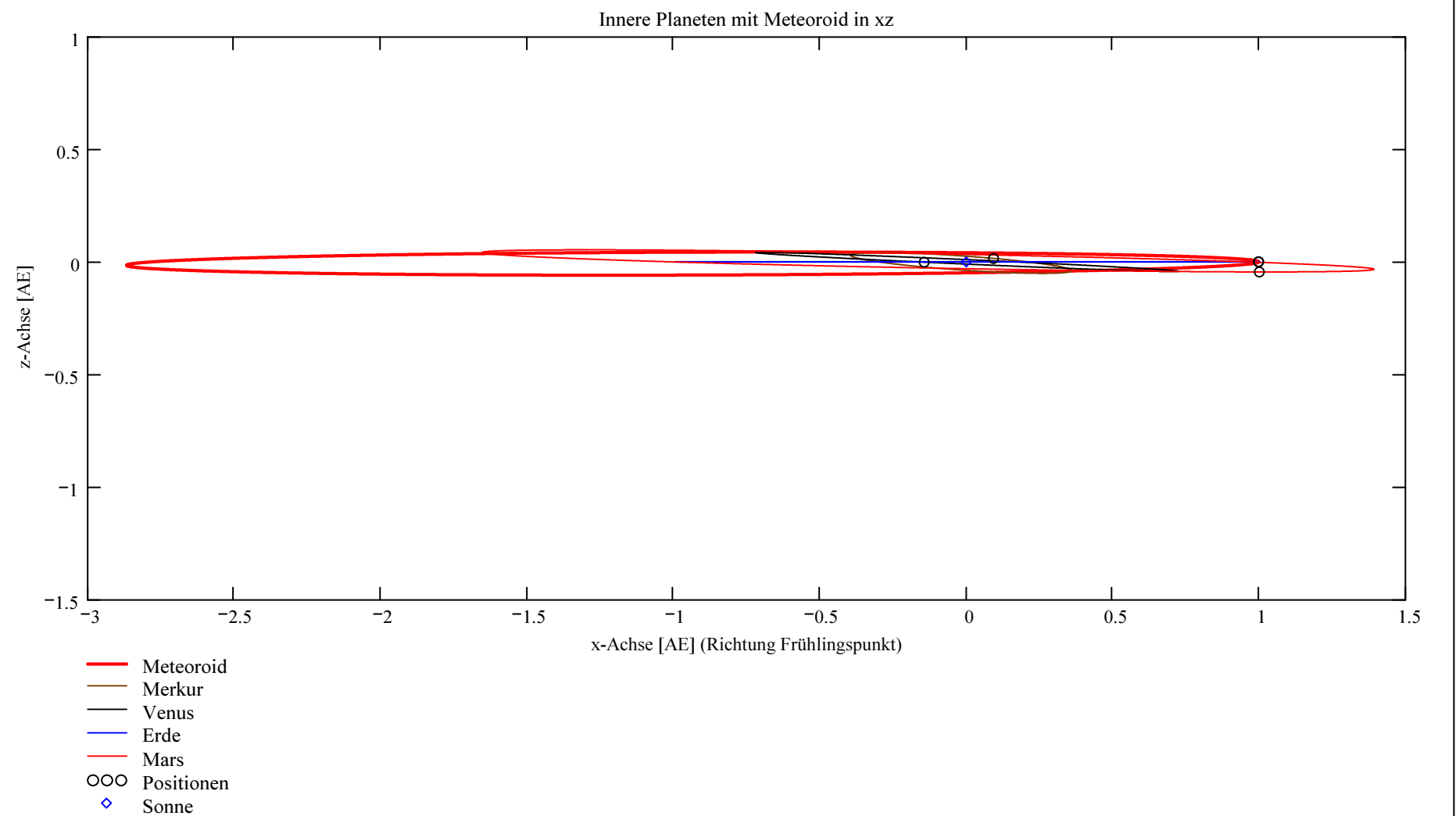
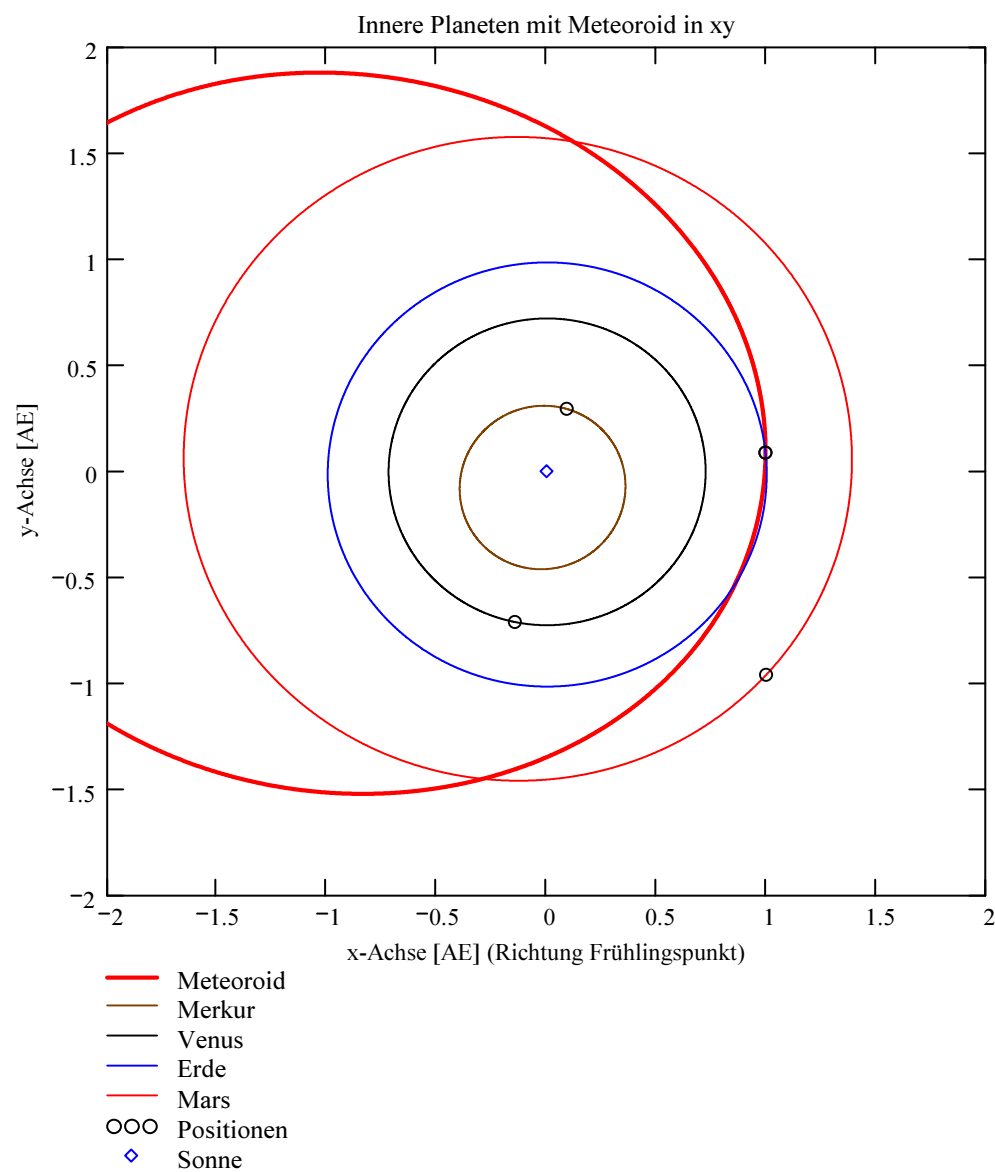
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

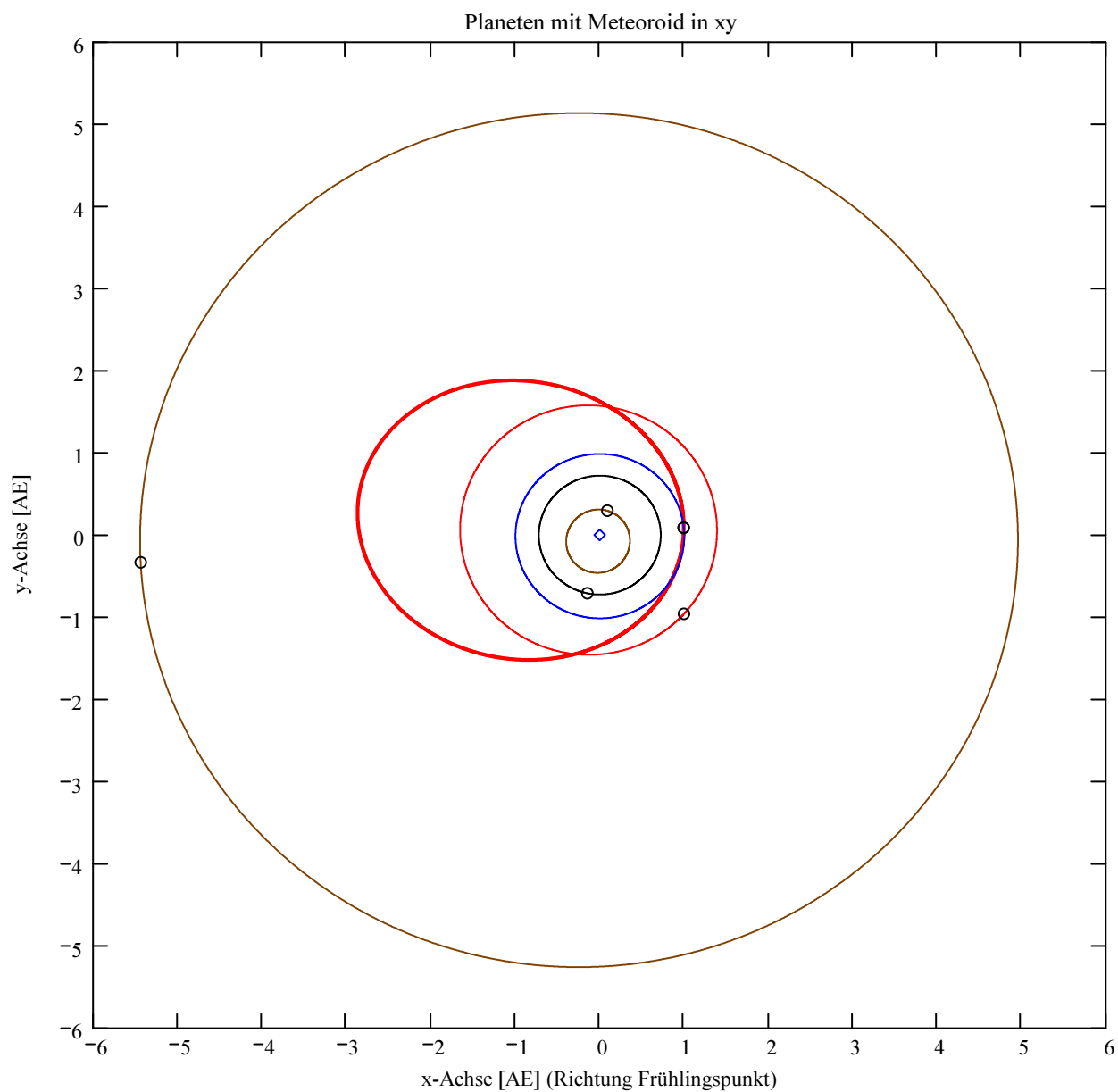
Grosse Halbachse:  $a_M = 1.9411$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.4901$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.9897$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 1.7221$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 185.0464$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 164.1365$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 349.1829$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 15.7641$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 987.8152$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2457646.36933498$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 14, Monat = 9, Jahr = 2016  
 Zeit (UTC): Stunden = 20, Minuten = 51, Sekunden = 50.543  
 Tage\_dez = 14.869335

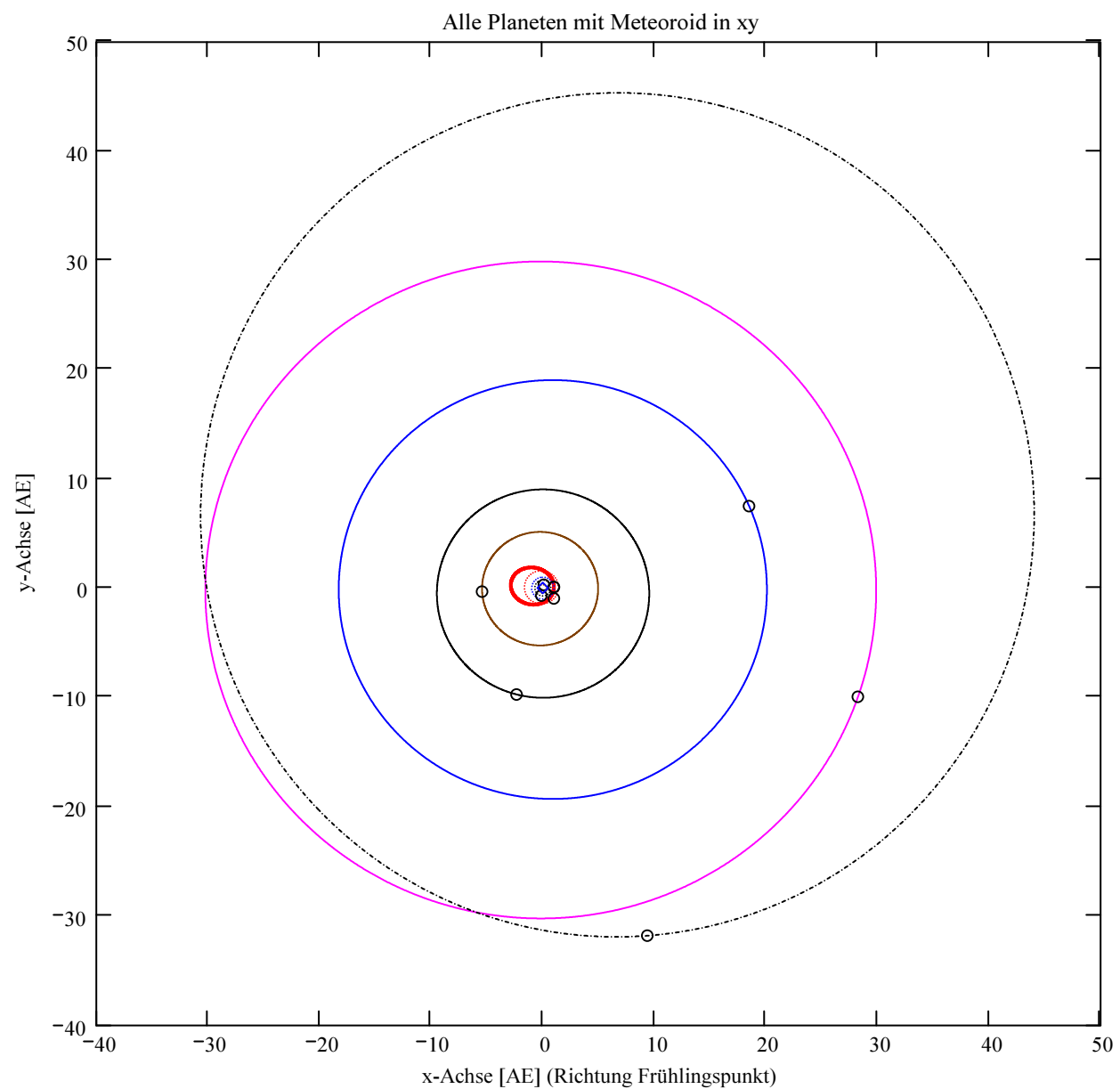
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 13.1$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_u| = 7.454$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 36.243$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 260.974$  deg,  $\delta_{\text{Rad}_s} = 4.462$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_w2} = 243.959$  deg,  $\delta_{\text{Rad}_w2} = -12.696$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_heli} = 269.775$  deg,  $\beta_{\text{Rad}_heli} = 1.715$  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:

$$\text{IndPaar} = \begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.3 \\ 2.3 \end{pmatrix}$$

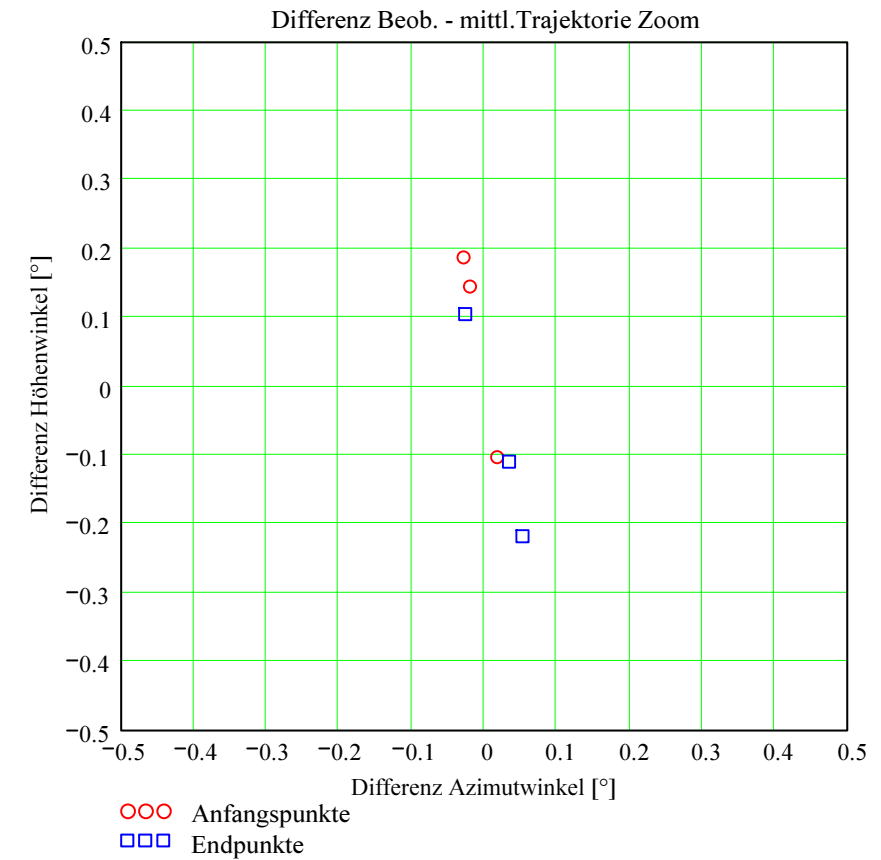
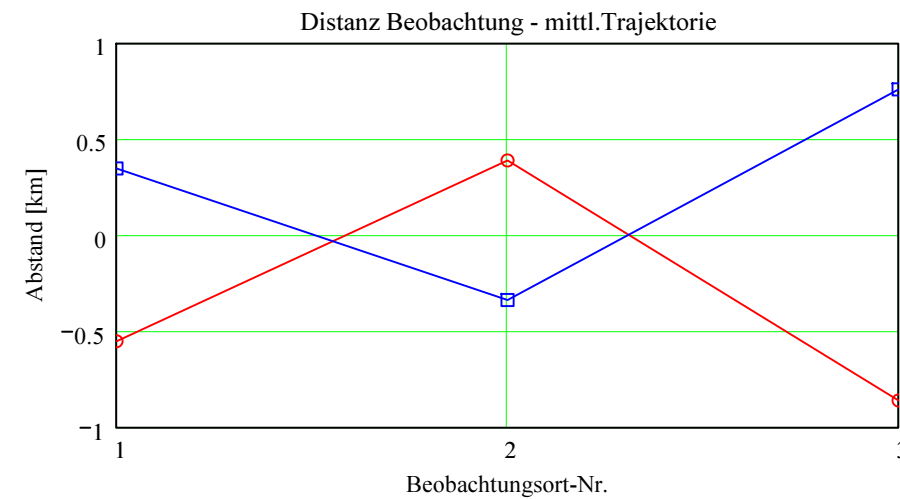
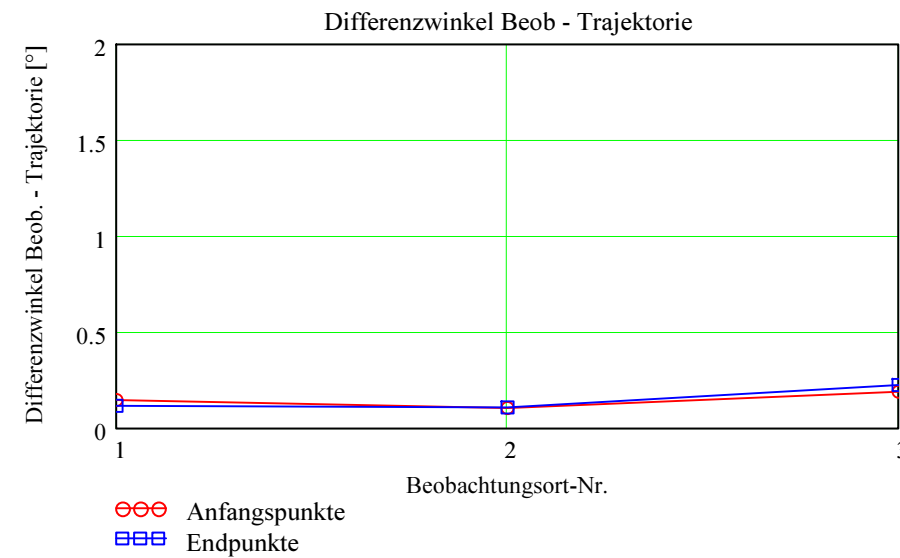
$$\text{Gew} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
	2	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"
	3	"BUE"	"Sternwarte Bülach"

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	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"
	3	"BUE"	"Sternwarte Bülach"

### 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
	"VTE"	"SCH"	"BUE"
1	45.661189	45.729108	45.686027
2	6.512519	6.952496	6.67203
3	74.146825	62.612778	69.93467
4	257.358437	257.673339	257.47256
5	18.166466	17.851737	18.052274
6	45.877495	45.854517	45.873709
7	7.958668	7.798502	7.932166
8	37.213604	41.166987	37.865433
9	258.394808	258.279842	258.375782
10	17.134792	17.248664	17.153628
11			

$mTr_1 =$

### 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
	"VTE"	"SCH"	"BUE"
1	22.179499	22.492236	36.176913
2	18.842218	15.923274	14.266859
3	217.613703	213.306729	261.347725
4	-0.019798	0.017764	-0.028692
5	0.144262	-0.103274	0.186781
6	0.145473	0.104678	0.188837
7	-0.552516	0.389706	-0.861358
8	347.770203	3.886296	15.168947
9	11.467938	12.185713	10.254246
10	173.009522	179.736124	193.701857
11	0.033905	-0.026296	0.052501
12	-0.110187	0.104287	-0.218465
13	0.11509	0.107406	0.224495
14	0.347524	-0.336932	0.758956
15			

$bTr_1 =$