

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

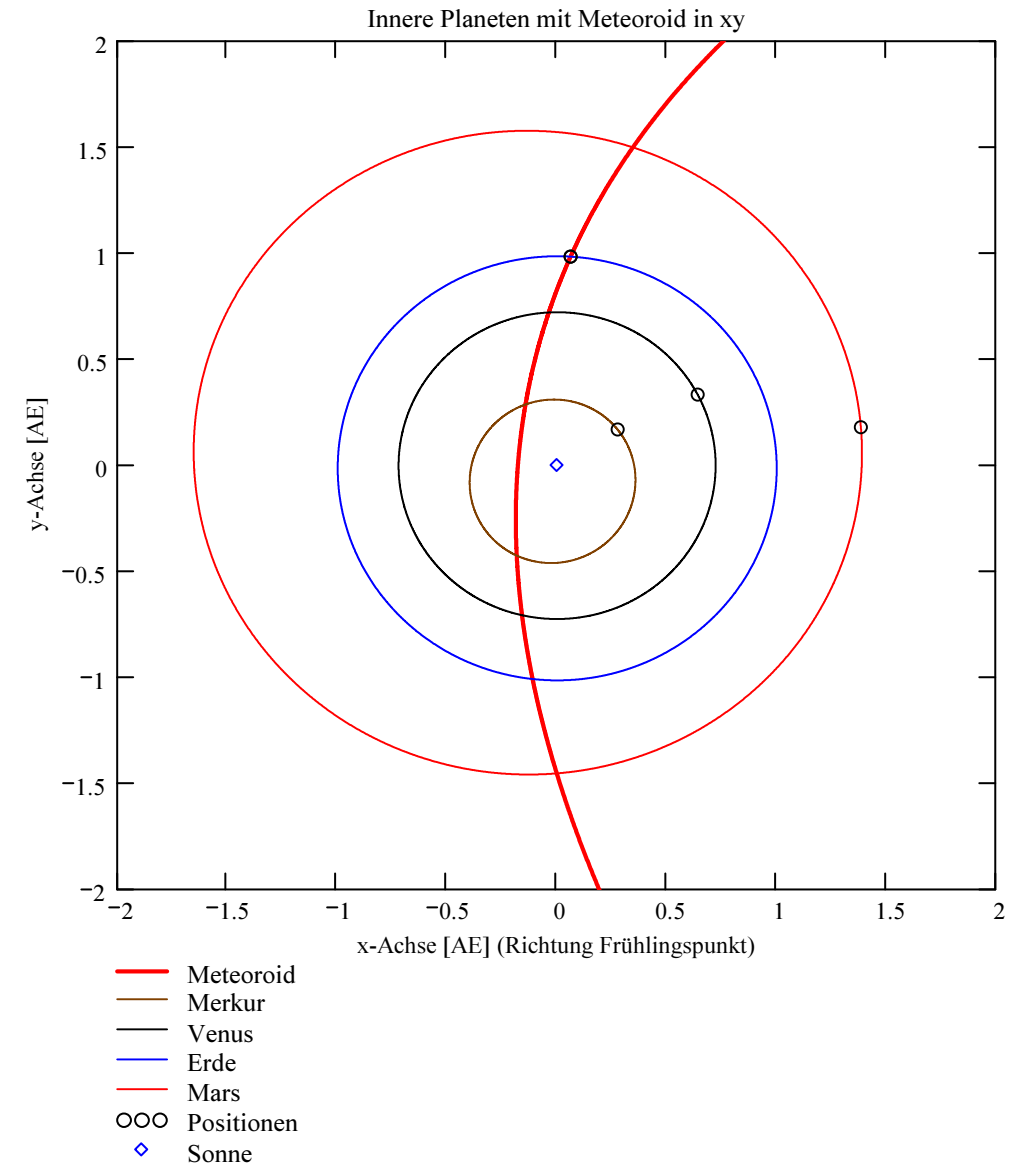
### Berechnungsverfahren:

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 Spurabschnitte nicht die gleichen sind.

### Beobachtungsdaten: Geografische Koordinaten der Beobachtungsorte:

Beobachtungsorte:	Nr. Stat.-Id.	Stationsname	Geografische Koordinaten der Beobachtungsorte:		Höhe über Meer [km]
			$\Phi$ nördlich positiv, südlich negativ	$\lambda$ östlich von Greenwich positiv, westlich von Greenwich negativ	
			Geogr. Breite $\Phi$ [° dez.]	Geogr. Länge $\lambda$ [° dez.]	
	1	"VTE" "Observatoire géophysique, Val Terbi"	47.3595	7.4987	0.572
	2	"SON" "Sonnenturm Uecht"	46.853528	7.452944	0.946
	3	"BAU" "Beobachtungsstation Bauma"	47.378582	8.896618	0.892

ORT_KOORD1 =	$\begin{pmatrix} 1 & \text{"VTE"} & \text{"Observatoire géophysique, Val Terbi"} \\ 2 & \text{"SON"} & \text{"Sonnenturm Uecht"} \\ 3 & \text{"BAU"} & \text{"Beobachtungsstation Bauma"} \end{pmatrix}$	ORT_KOORD2 =	$\begin{pmatrix} 47.3595 & 7.4987 & 0.572 \\ 46.853528 & 7.452944 & 0.946 \\ 47.378582 & 8.896618 & 0.892 \end{pmatrix}$
--------------	--	--------------	--



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 17	Stunden: H_UT = 23	Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 3	Epoche der Äquatorkoordinaten: JDEpoche = 2451545
Monat: M = 12	Minuten: M_UT = 17		
Jahr: Y = 2016	Sekunden: S_UT = 17	Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 3	(J2000.0 = Julianisches Datum 2451545,0)
Weltzeit: UTC = 23.288056 [h dezimal]			

### 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 =	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 36.973706 \\ 0 \\ 15.885782 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} 13.073621 \\ 0 \\ 10.127412 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 359.27082 \\ 0 \\ 9.073077 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} 22.791856 \\ 0 \\ 12.083707 \end{pmatrix} \text{ deg}$	Mag = $\begin{pmatrix} -4.5 \\ \text{"k.A."} \\ -2 \end{pmatrix}$	Dur_sec = $\begin{pmatrix} 2.72 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
64.479906	102.102202	38.342036	20.342961
100.97	117.28	33.93	19.02
81.46287	88.065267	21.5964	18.427273

HOR_KOORD =	$\begin{pmatrix} 64.479906 & 102.102202 & 38.342036 & 20.342961 \\ 100.97 & 117.28 & 33.93 & 19.02 \\ 81.46287 & 88.065267 & 21.5964 & 18.427273 \end{pmatrix}$
-------------	---

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	46.7975	46.8087	47.0878
5	5.822	5.8543	5.5657
6	116.3947	114.0695	102.3921
7	47.6948	47.6989	47.6838
8	4.9943	4.9606	4.9934
9	75.6042	76.6571	76.8276
10	47.0889	47.001	46.999
11	5.5569	5.6644	5.6497
12	102.8809	105.7831	106.294
13	47.6787	47.2458	47.2456
14	5.0094	5.4201	5.4157
15	76.3137	95.3944	95.5207
16	184.1187	180.4712	178.7101
17	207.417	210.2181	222.3454
18	179.5572	271.6323	272.8967
19	220.9033	281.5523	281.9083
20	126.3365	127.2856	84.193
21	82.9742	35.031	34.8807
22	255.3807	290.3822	276.3976
23	257.6383	355.1031	338.2796
24	49.5216	49.7374	49.65
25	3.1977	2.763	2.9858
26	73.8724	75.9476	75.0506
27	148.1675	145.9753	147.0994
28	147.5602	145.3195	146.6786
29	147.974	145.8367	147.1609
30	147.5714	145.6578	146.9896
31	19.3652	17.6309	18.0316
32	18.3065	16.5538	17.3207
33	19.0222	17.399	18.1372
34	18.3256	17.103	17.8437
35	10.6629	9.3882	20.0454
36	46.4472	46.7962	"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:

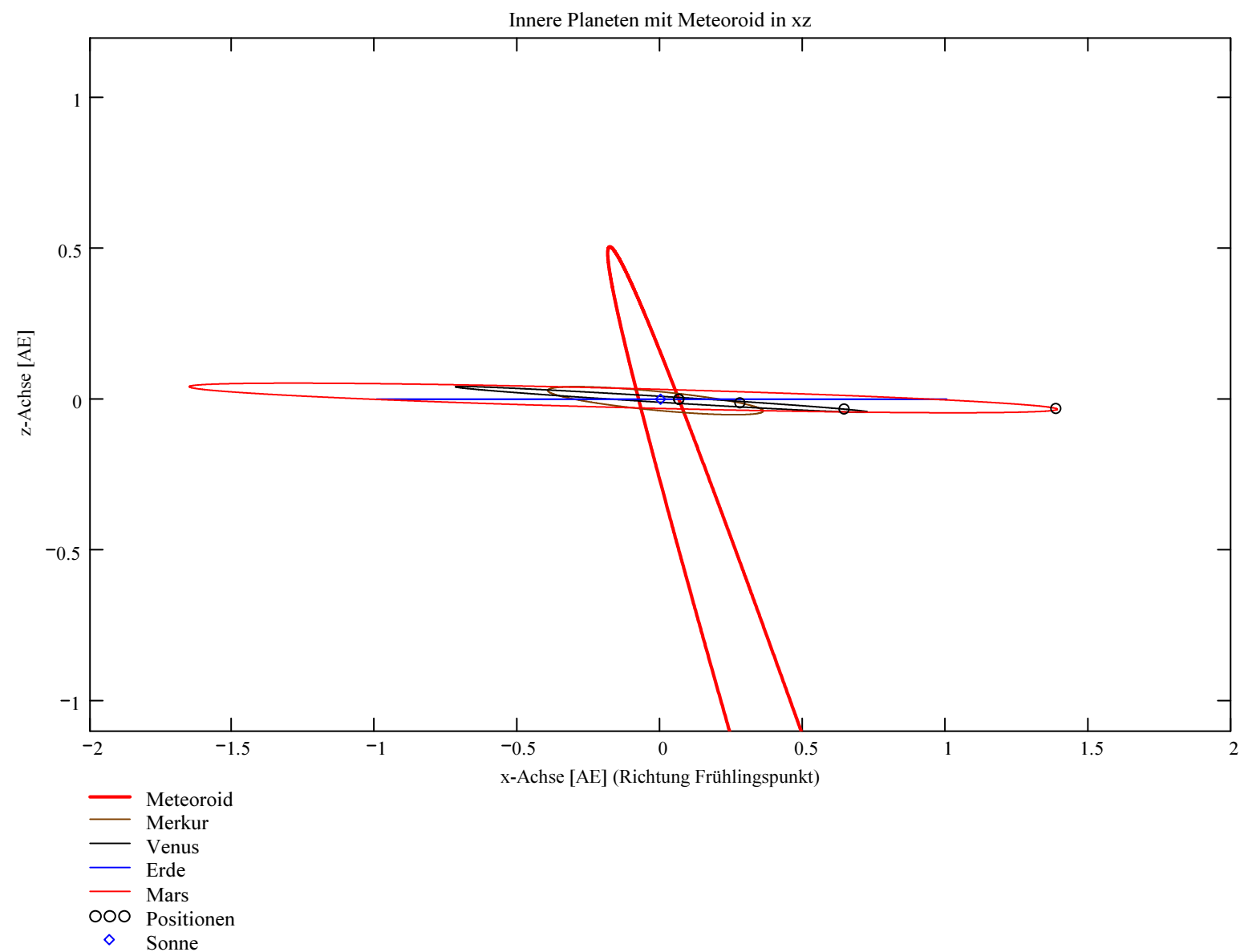
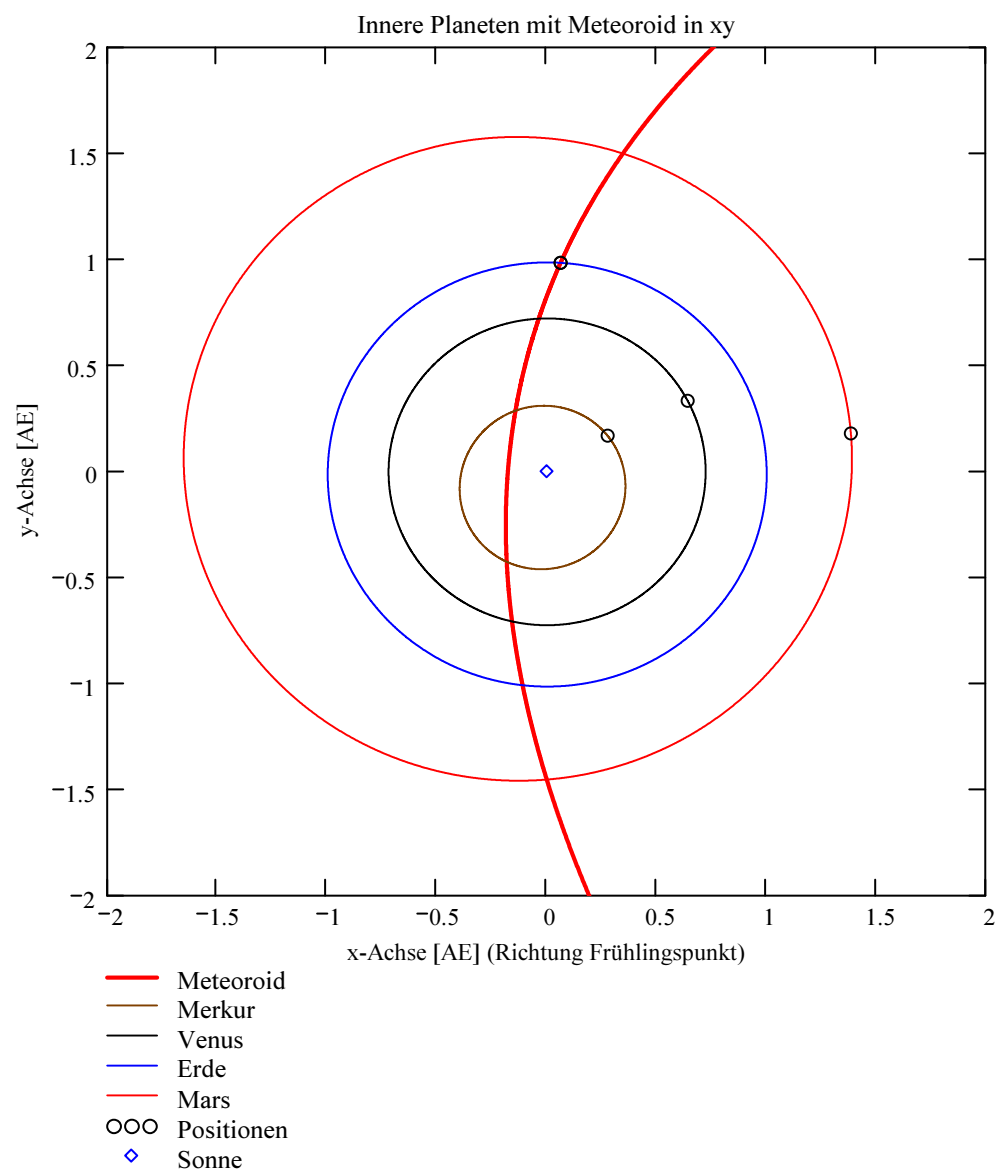
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

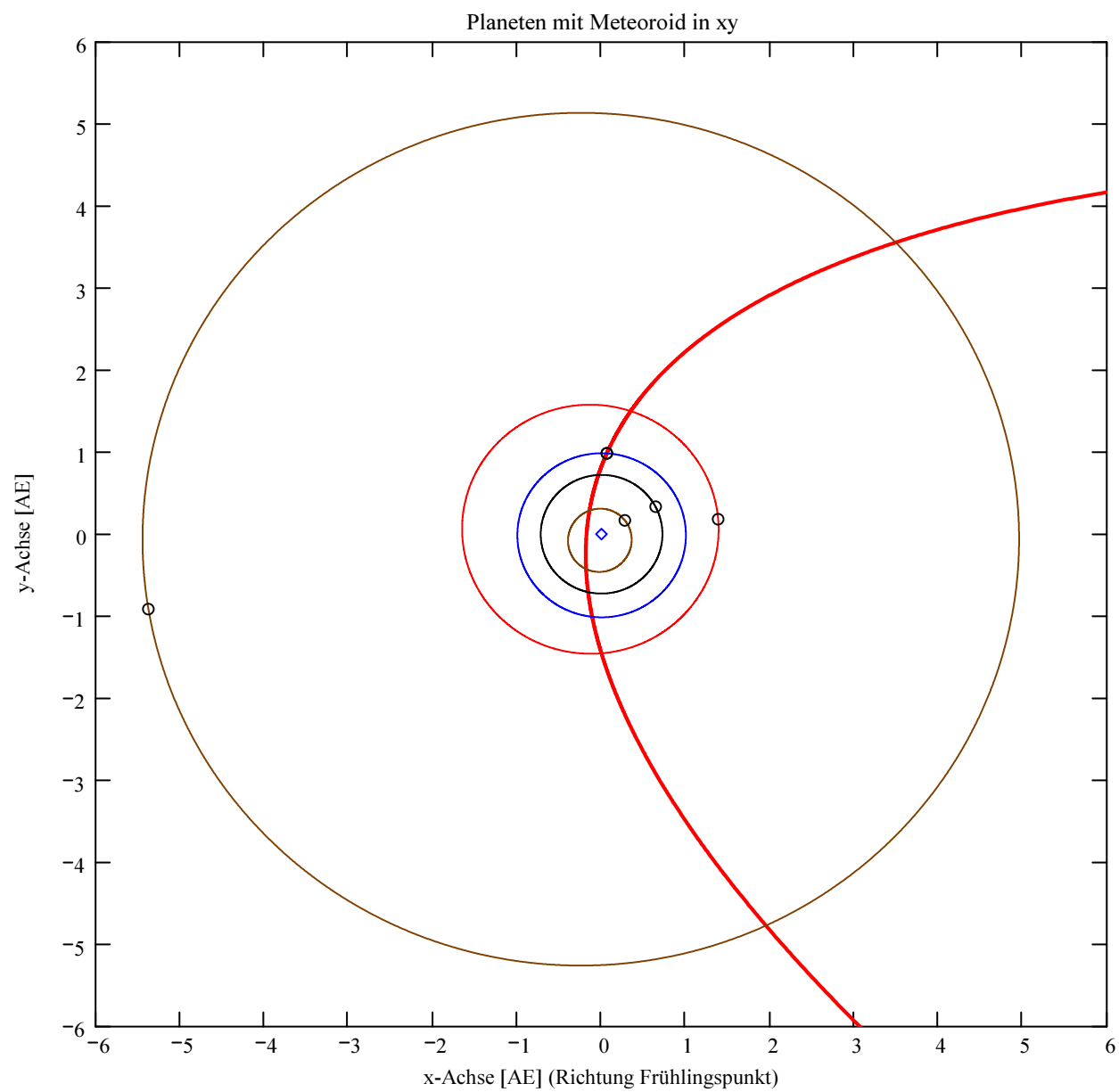
Grosse Halbachse:  $a_M = 207.5949$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.9974$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.5335$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 70.9129$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 86.2302$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 85.2288$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 171.459$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 274.7705$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 1092504.11$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 1365274.14110029$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 1 Monat = 12 Jahr = -975  
 Zeit (UTC): Stunden = 15 Minuten = 23 Sekunden = 11.065  
 Tage\_dez = 1.6411

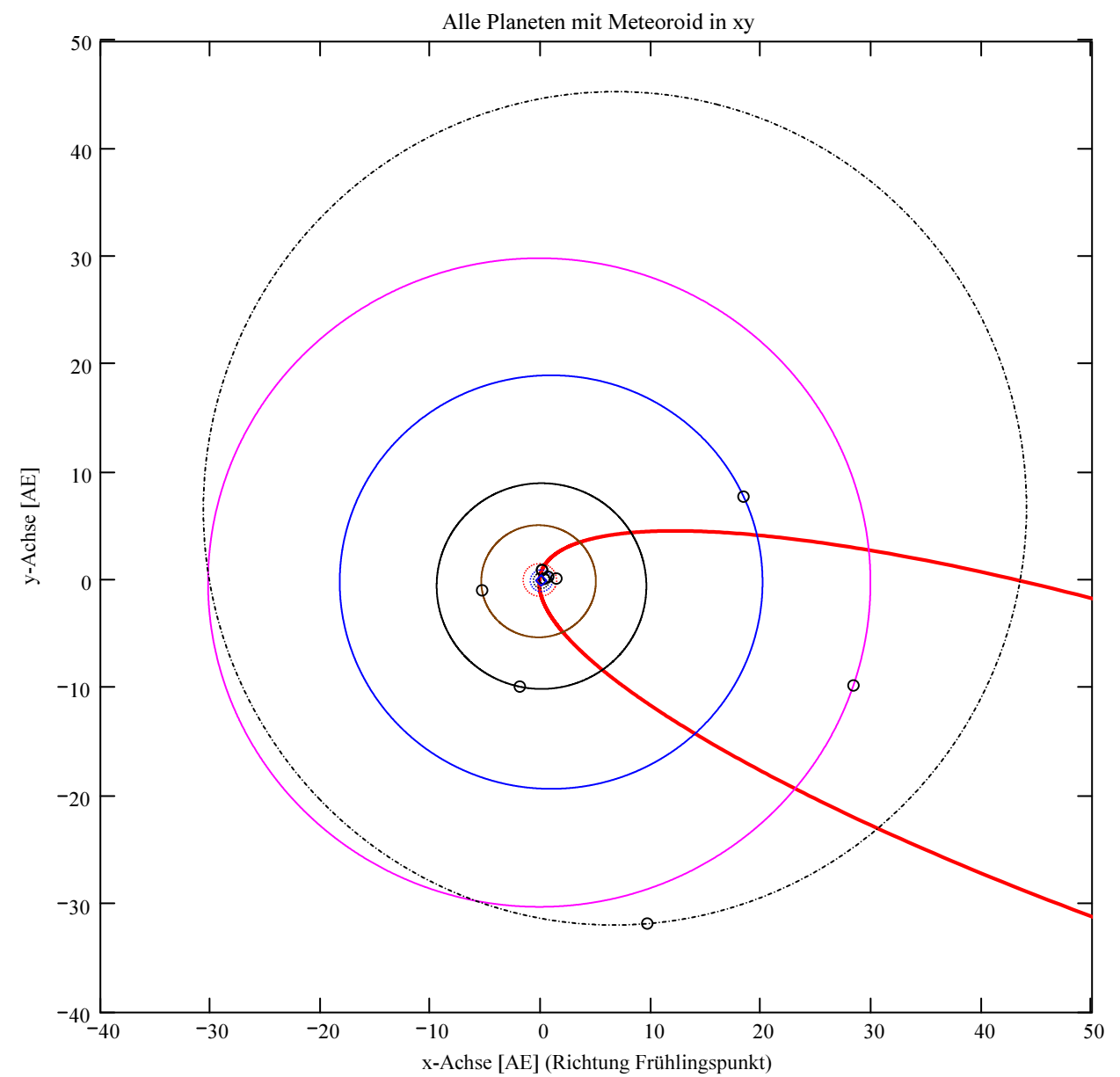
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 47.196$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_u| = 45.699$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 42.413$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{\text{Rad}_s} = 114.722$  deg  $\delta_{\text{Rad}_s} = -18.005$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{\text{Rad}_w2} = 114.87$  deg  $\delta_{\text{Rad}_w2} = -19.106$  deg Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{\text{Rad}_heli} = 66.62$  deg  $\beta_{\text{Rad}_heli} = -39.891$  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:

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

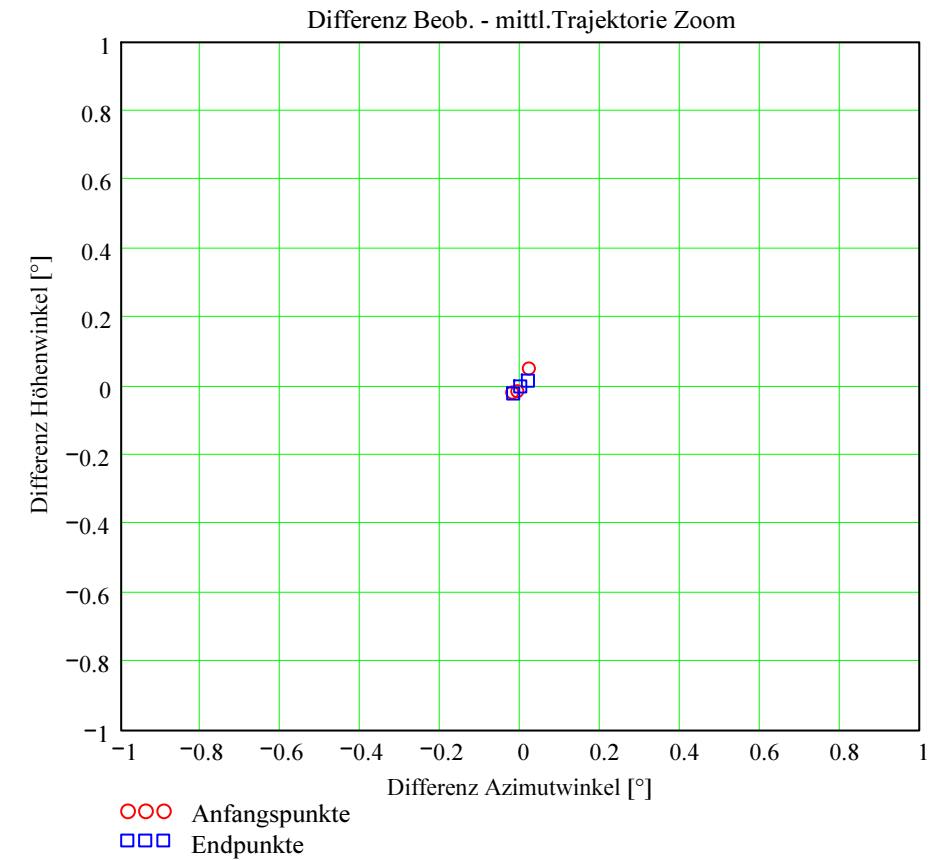
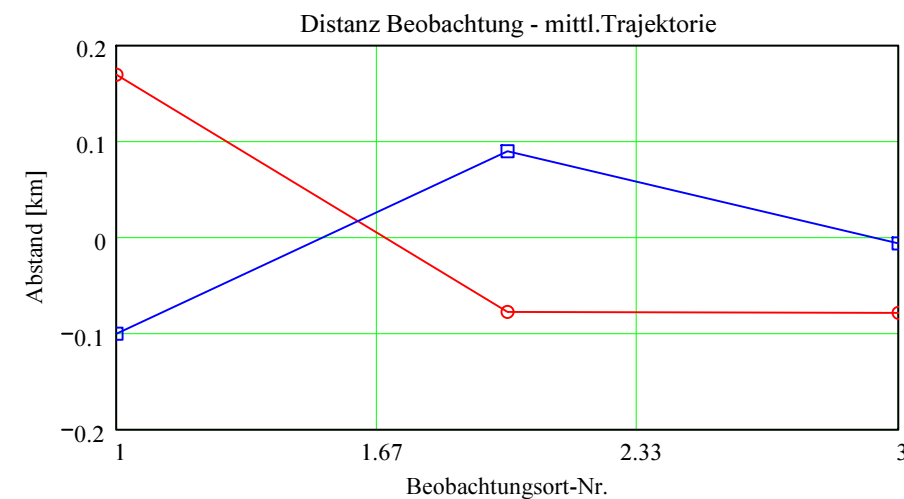
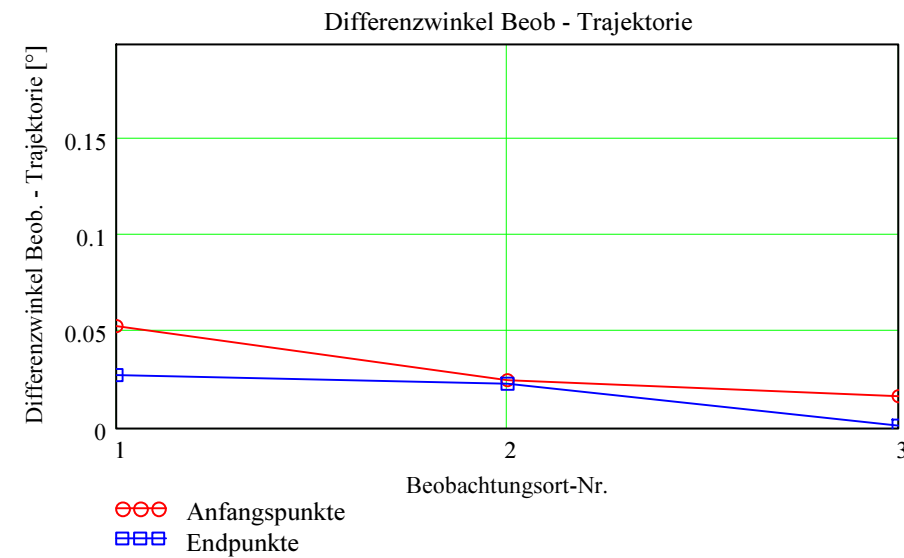
$$\text{Gew} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

ORT_KOORD1 =	1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
	2	"SON"	"Sonnenturm Uecht"
	3	"BAU"	"Beobachtungsstation Bauma"

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

$$\text{ORT\_KOORD1} = \begin{pmatrix} 1 & \text{"VTE"} & \text{"Observatoire géophysique, Val Terbi"} \\ 2 & \text{"SON"} & \text{"Sonnenturm Uecht"} \\ 3 & \text{"BAU"} & \text{"Beobachtungsstation Bauma"} \end{pmatrix}$$

**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"	"SON"	"BAU"
2	46.802128	47.08817	46.999505
3	5.836813	5.566912	5.650948
4	115.139504	102.403119	106.324349
5	147.229395	147.032336	147.093791
6	18.472181	18.13193	18.237479
7	47.696973	47.682839	47.245684
8	4.980593	4.994393	5.416785
9	76.12288	76.720325	95.496042
10	146.601116	146.611314	146.922328
11	17.40517	17.422083	17.944238

**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"	"SON"	"BAU"
2	64.458918	100.990052	81.470696
3	38.29153	33.948626	21.611303
4	182.344263	178.646962	272.81125
5	0.020988	-0.020052	-0.007825
6	0.050506	-0.018626	-0.014902
7	0.053123	0.024974	0.016584
8	0.169063	-0.077867	-0.078962
9	102.119997	117.261509	88.065917
10	20.364914	19.004889	18.428419
11	208.600179	222.198073	281.823886
12	-0.017796	0.018491	-0.00065
13	-0.021953	0.015111	-0.001146
14	0.027574	0.023108	0.001301
15	-0.100389	0.089614	-0.006399

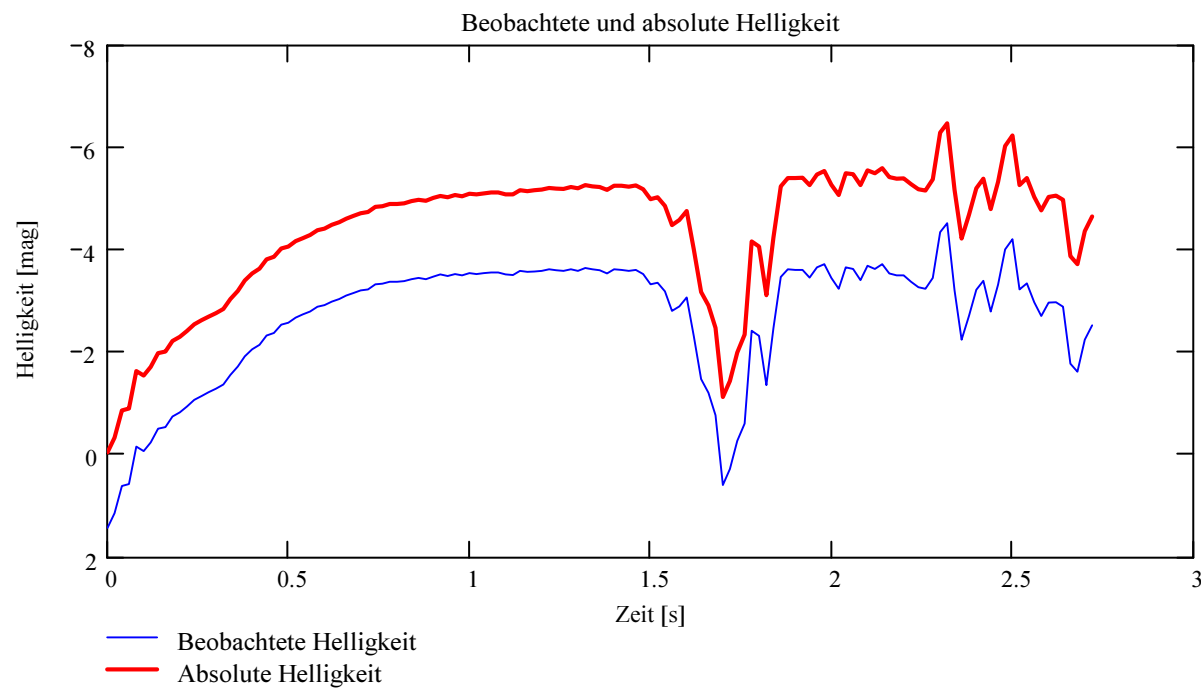
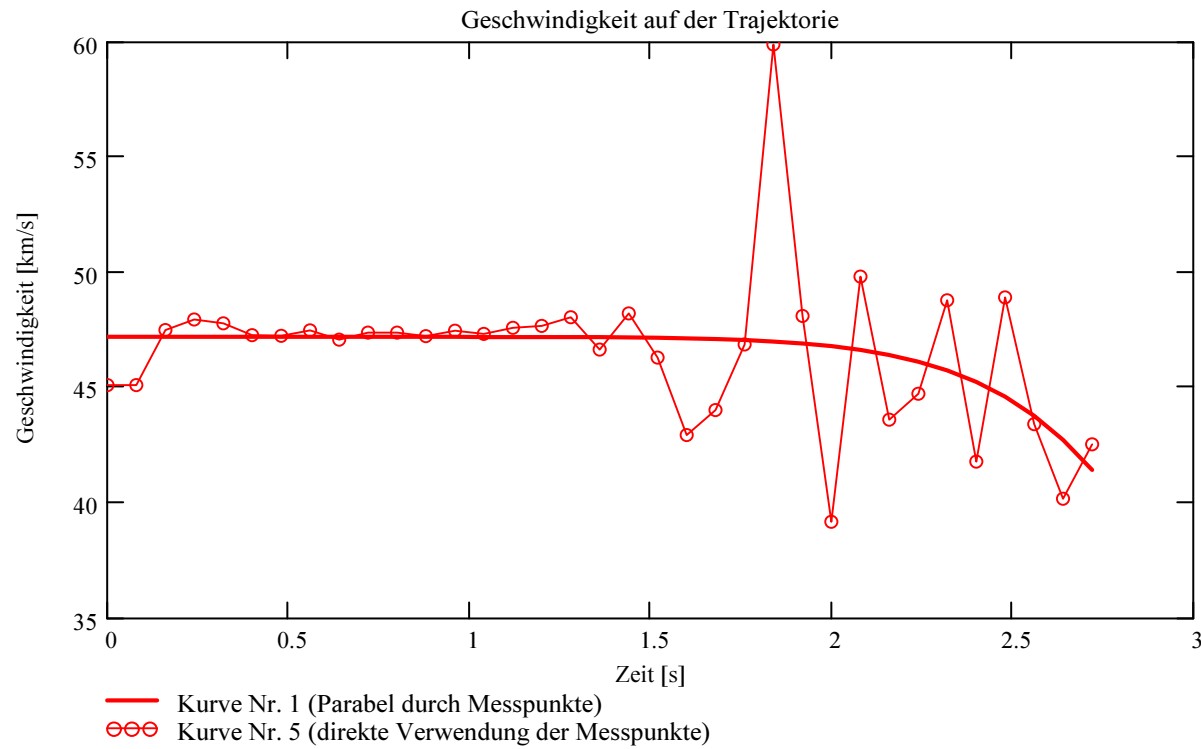
## Ergebnisse aus den auf die mittlere Trajektorie projizierten Messpunkten der xml-Datei

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

Minimale Zeitdifferenz zwischen den verwendeten Messpunkten:

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

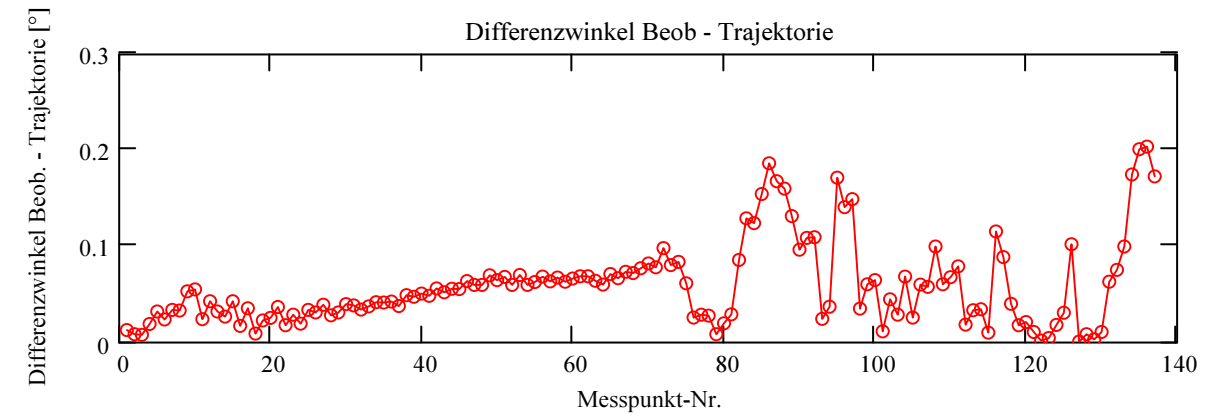
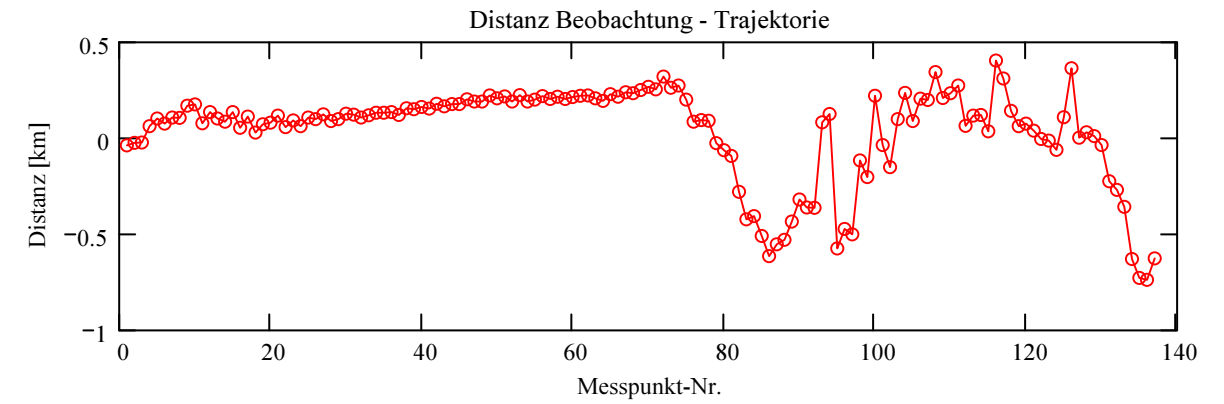
Dieser Wert wird für jedes Meteorereignis auf eine geringe Welligkeit des Geschwindigkeitsverlaufes optimiert.



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

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.075$  [kg]

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



## Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "VTE"

### Anfangspunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_1} = 46.802114$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_1} = 5.836826$  deg

$H_{Beob\_SP_1} = 115.14$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_1} = 18.472198$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_1} = 147.229405$  deg

### Endpunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 47.69694$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 4.980625$  deg

$H_{Beob\_SP_{N\_Pkt}} = 76.124$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 17.405209$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_{N\_Pkt}} = 146.60114$  deg