

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

### Berechnungsverfahren:

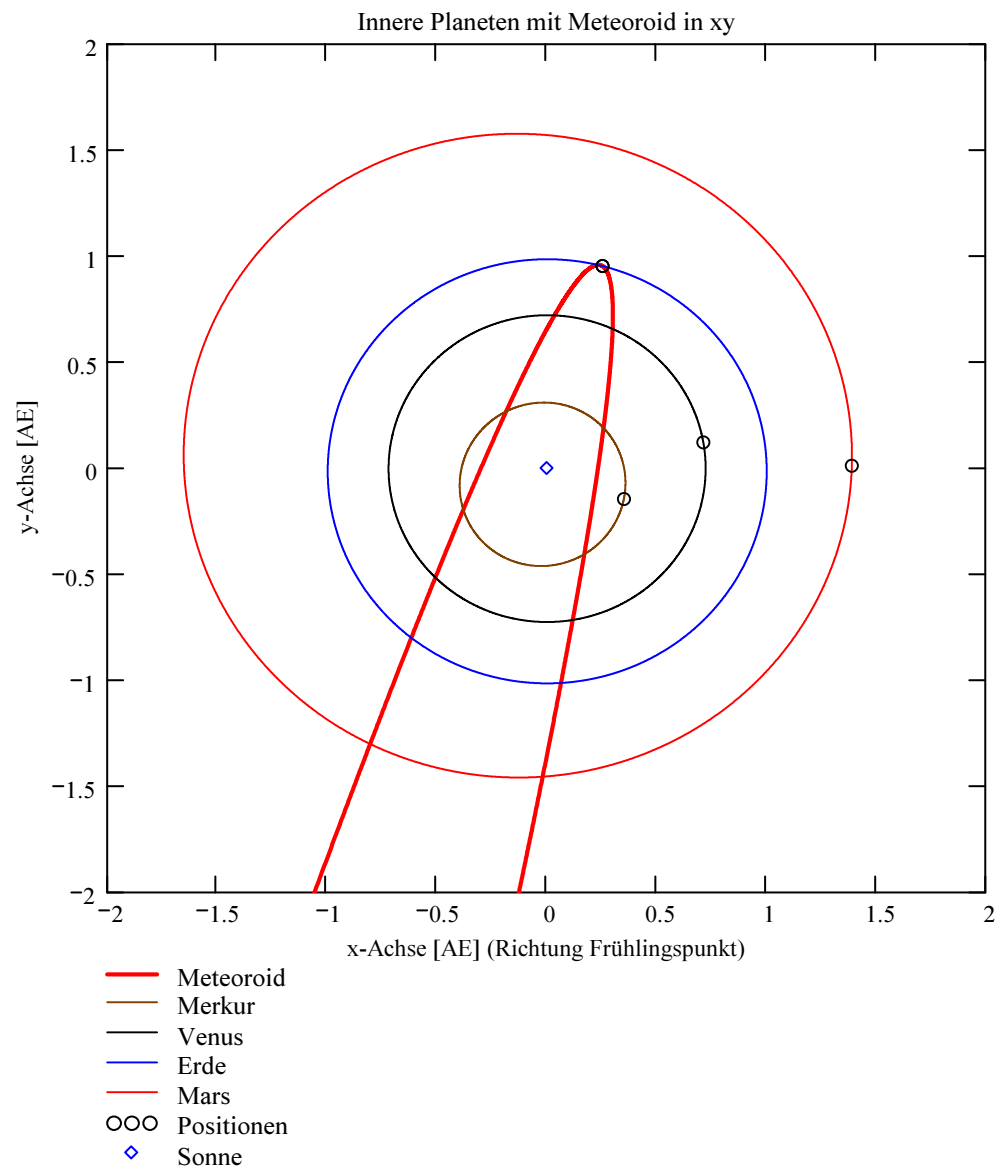
Die Meteorspur wird berechnet für alle gemeinsamen Schnittlinien der Ebenen der Beobachtungsorte, welche durch die Punkte Ort-Spuranfang-Spurende gelegt werden. Diese Methode verwendet die Punkte Spuranfang und Spurende nur um die Lage dieser Ebenen im Raum zu definieren. Sie ist deshalb auch dann gut geeignet, wenn die Anfangs- bzw. Endpunkte der von den Orten 1 und 2 beobachteten Spurbahnen nicht die gleichen sind.

### Beobachtungsdaten: Geografische Koordinaten der Beobachtungsorte:

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

Beobachtungsorte: Geogr. Breite  $\Phi$  [° dez.]    Geogr. Länge  $\lambda$  [° dez.]    Höhe über Meer [km]

Nr.	Stat.-Id.	Stationsname	Geogr. Breite $\Phi$ [° dez.]	Geogr. Länge $\lambda$ [° dez.]	Höhe über Meer [km]
1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"	47.3595	7.4987	0.572
2	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"	47.010278	9.536667	0.54
3	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"	46.777367	10.169708	1.666
4	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"	47.42025	7.950833	0.82



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: **D = 6**    Stunden: **H\_UT = 21**  
 Monat: **M = 12**    Minuten: **M\_UT = 51**  
 Jahr: **Y = 2016**    Sekunden: **S\_UT = 14**  
 Weltzeit: **UTC = 21.853889** [h dezimal]

Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 4    Epoche der Äquatorkoordinaten:  $JD_{Epoche} = 2451545$   
 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]:
iL =	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 74.664386 \\ 26.199427 \\ 10.449003 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} -6.181768 \\ 0.435044 \\ 13.258001 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\alpha_{Ep} = \begin{pmatrix} 62.456118 \\ 22.596765 \\ 10.574502 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	$\delta_{Ep} = \begin{pmatrix} -21.312175 \\ -14.699453 \\ -11.507977 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ deg}$	Mag = $\begin{pmatrix} -3.1 \\ -2.6 \\ -4.1 \\ \text{"k.A."} \end{pmatrix}$	Dur_sec = $\begin{pmatrix} 1.58 \\ 1.38 \\ 2.06 \\ 0 \end{pmatrix}$

Azimut Spuranfang [°]	Azimut Spurende [°]	Höhe Spuranfang [°]	Höhe Spurende [°]
331.976955	348.82258	32.608439	20.627922
35.156796	32.276981	37.875053	22.524661
61.909989	45.725367	40.713074	20.140407
344.66	356.83	32.88	21

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	46.0123	46.0113	45.9699	45.9795	45.9918	46.2097
5	8.5243	8.5251	8.5557	8.5001	8.5122	8.6645
6	112.9162	113.003	116.5765	112.5001	111.1256	118.4424
7	45.346	45.3242	45.2416	45.3274	45.41	45.3118
8	8.0625	8.0684	8.0906	8.0386	8.1097	8.0675
9	91.7478	92.794	96.7671	96.9719	92.0156	91.5087
10	45.9841	46.207	45.9361	46.2105	45.9921	45.987
11	8.5045	8.6575	8.5338	8.6665	8.5124	8.5144
12	111.9939	119.0033	115.6256	118.281	111.1352	111.5498
13	45.3912	45.3017	45.2856	45.2532	45.409	45.3787
14	8.0935	8.0537	8.1183	7.9868	8.109	8.1113
15	93.1431	92.1545	97.9217	95.2781	91.9825	93.4381
16	204.2371	204.3918	210.7571	179.8332	177.6549	176.9107
17	247.0571	249.7693	260.0466	241.6733	229.7003	248.6887
18	179.031	177.7506	207.1755	176.669	199.2251	199.9596
19	232.428	250.3966	258.3966	258.6437	243.2436	246.9645
20	86.2882	87.9609	92.332	83.697	75.4684	115.0877
21	76.7912	116.0379	82.4827	122.9854	75.6393	77.8793
22	445.2422	498.7424	593.4095	844.22	425.2151	482.6178
23	451.069	495.8758	598.9565	834.7348	425.0814	491.1459
24	41.8151	41.3216	40.4251	38.5172	42.046	41.4393
25	5.8017	5.6301	5.31	3.8262	5.95	5.7126
26	80.0613	81.4742	83.2399	87.166	79.3633	81.1945
27	26.078	25.1489	24.3088	26.557	26.0047	25.1658
28	25.7473	24.822	23.9763	26.2268	25.7164	24.7379
29	26.0637	25.2444	24.2931	26.6769	26.0048	25.0576
30	25.7694	24.8115	23.9959	26.19	25.7159	24.769
31	14.5707	13.6608	12.7873	11.0555	14.9909	14.0287
32	13.8305	12.9033	11.9897	10.328	14.3447	13.0389
33	14.5393	13.8771	12.7502	11.3137	14.9912	13.7828
34	13.8806	12.8785	12.0377	10.2453	14.3436	13.1125
35	52.8437	73.2558	7.4172	20.4434	45.4342	65.8403
36	54.6128	55.6715	58.438	60.65	54.6873	55.8678
37	55.6458	56.3291	"k. A."	59.7017	"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:

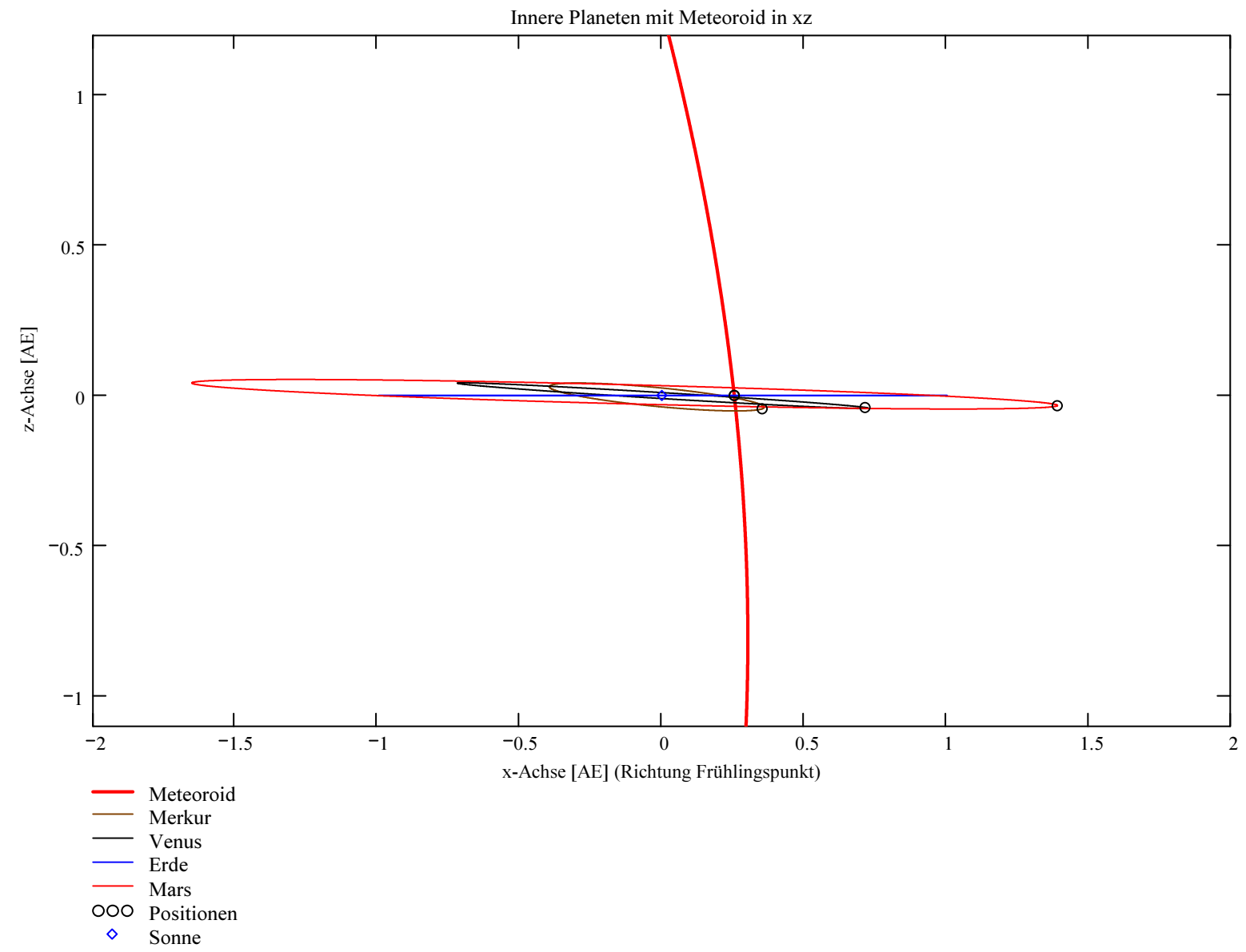
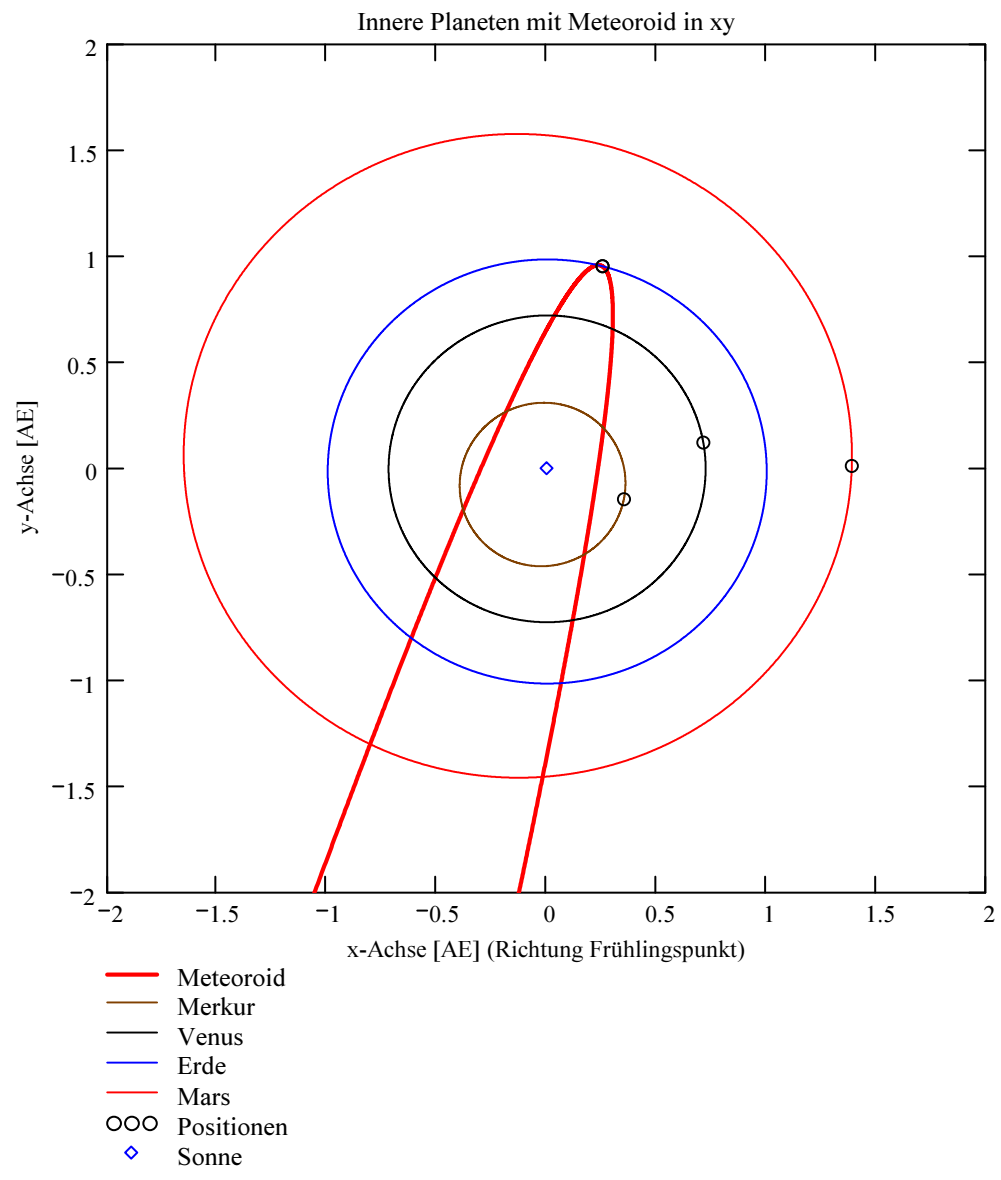
Im Idealfall liegt dieser Winkel nahe 90°. Bei sehr kleinen Winkeln (nahe 0° oder 180°) können sich Beobachtungs-Ungenauigkeiten stärker auswirken!

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

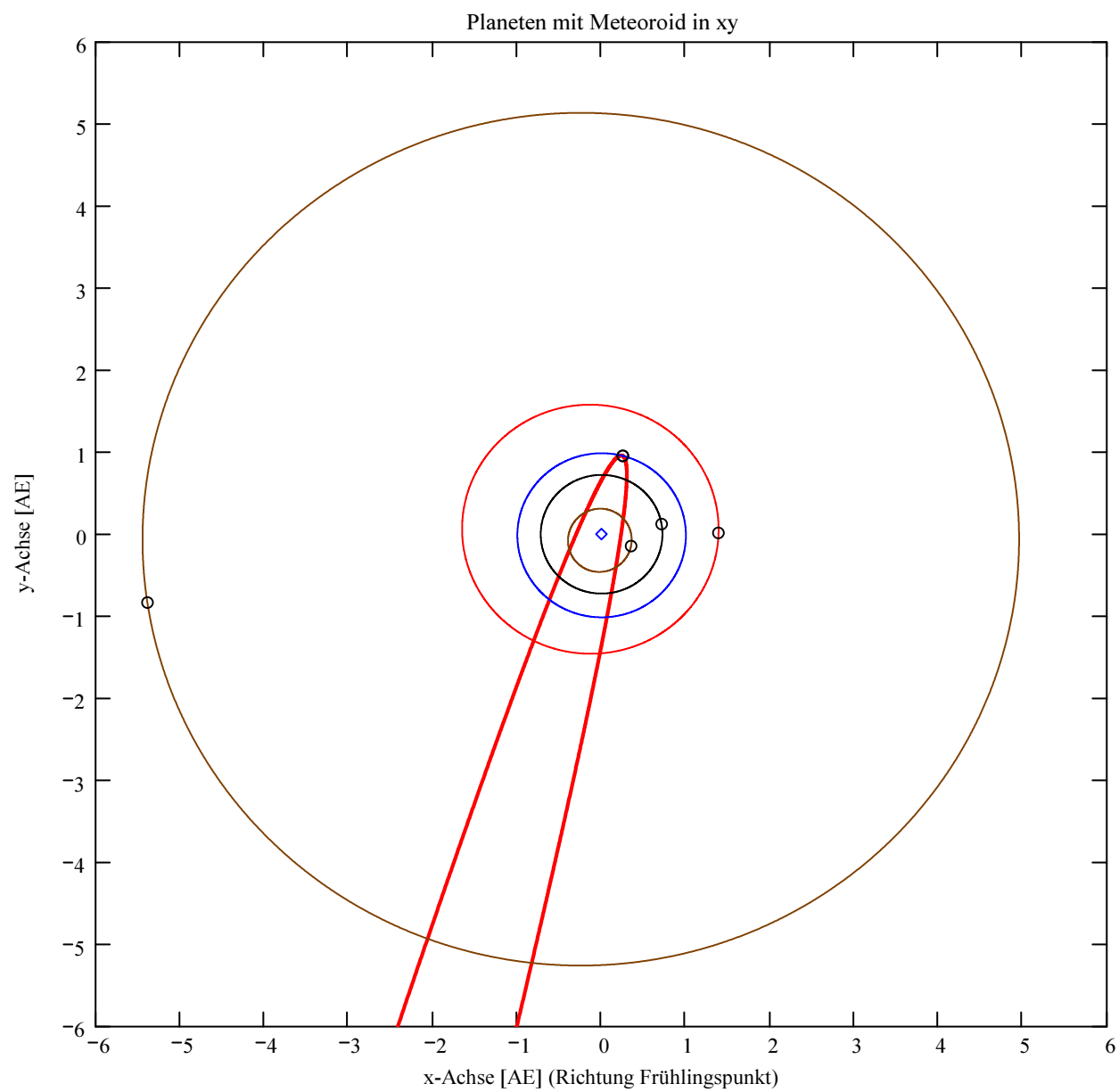
Grosse Halbachse:  $a_M = 93.4124$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.9895$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.9835$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 97.4555$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 254.9885$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 184.7887$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 79.7772$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = 355.2127$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 329765.2241$  [Tage]  
 Perihelzeit (UTC):  $t_0 = 2127967.54916407$  [Julianisches Datum]  
 Datum: Tag = 22    Monat = 1    Jahr = 1114  
 Zeit (UTC): Stunden = 1    Minuten = 10    Sekunden = 47.776  
 Tage\_dez = 22.049164

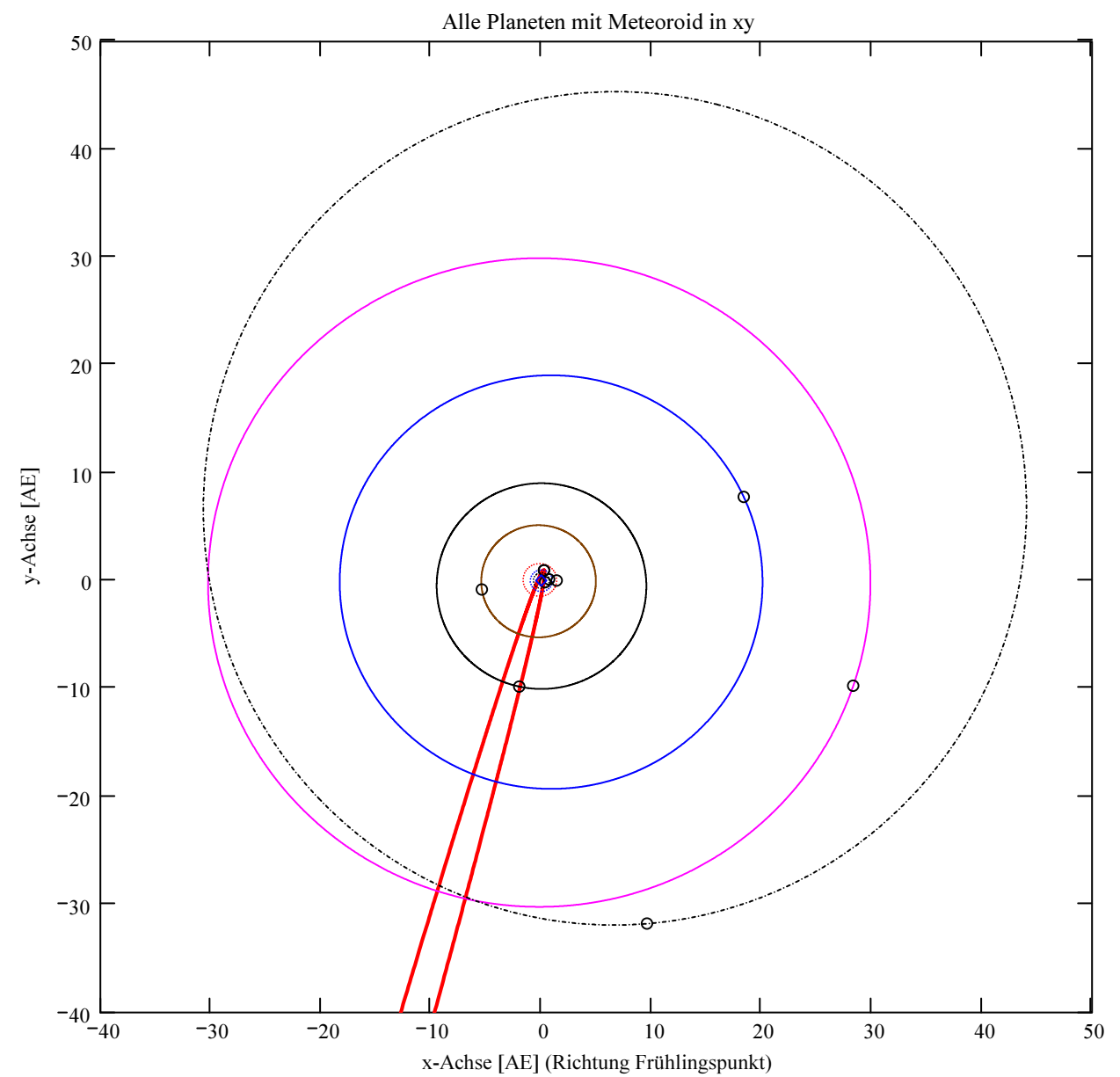
Geschwindigkeit des Meteoroiden:  
 Beobachtet:  $|v_{M\_Beob}| = 56.345$  [km/s]  
 Geozentrisch:  $|v_u| = 55.102$  [km/s]  
 Heliozentrisch:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 42.325$  [km/s]  
 Radiantposition:  
 Scheinbar:  $\alpha_{Rad\_s} = 190.273$  deg     $\delta_{Rad\_s} = 44.823$  deg    Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Geozentrisch:  $\alpha_{Rad\_w2} = 191.356$  deg     $\delta_{Rad\_w2} = 44.435$  deg    Äquatorkoordinaten J2000.0  
 Heliozentrisch:  $\lambda_{Rad\_heli} = 147.211$  deg     $\beta_{Rad\_heli} = 56.762$  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 =  $\begin{pmatrix} 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 3.4 \end{pmatrix}$

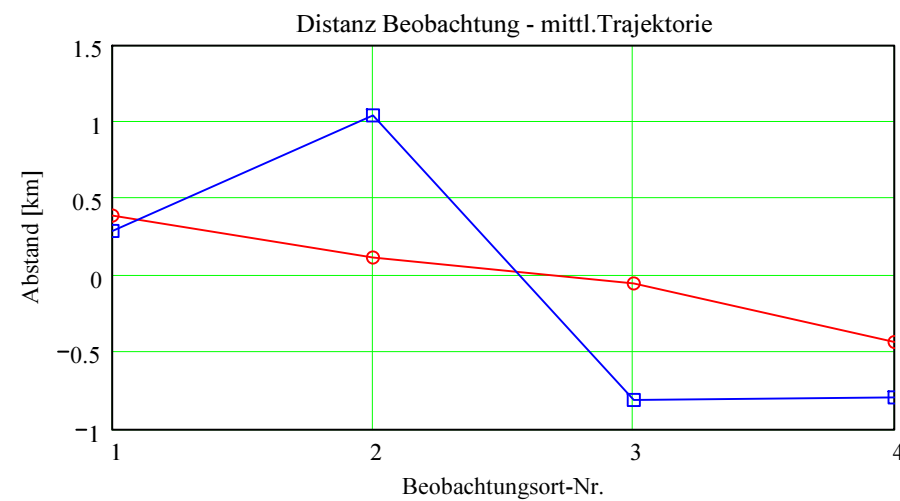
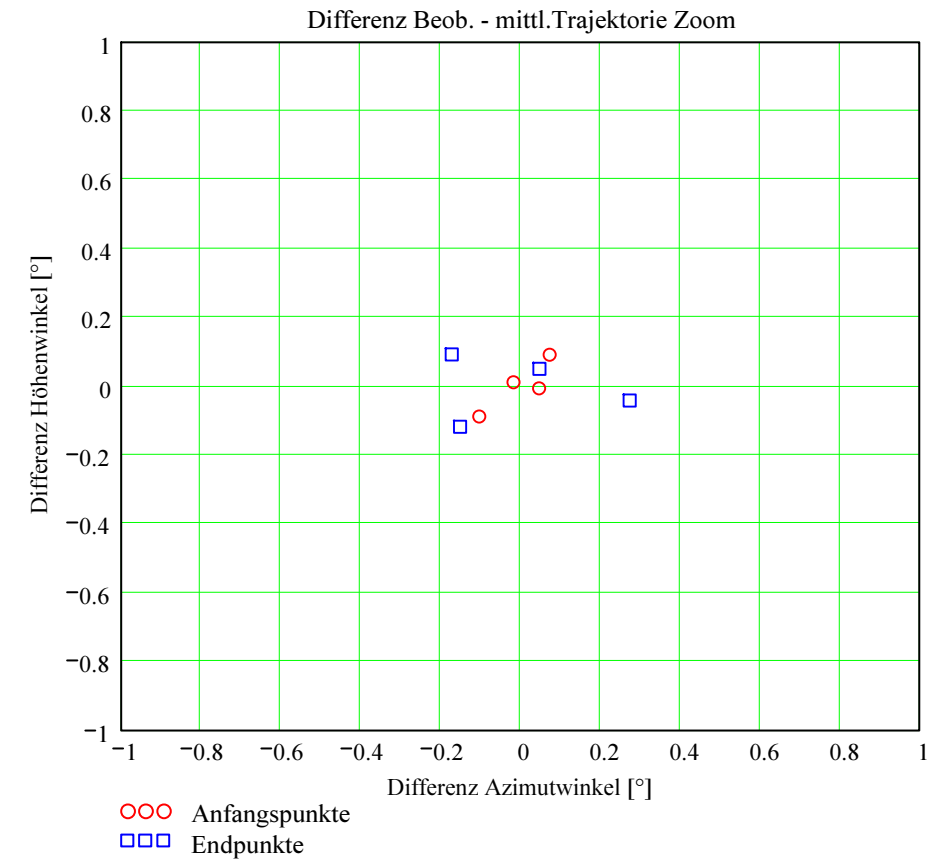
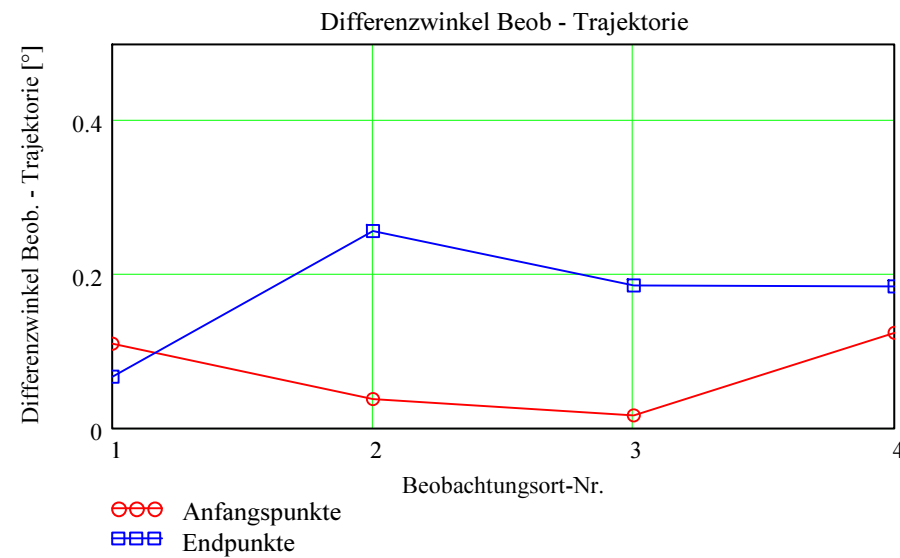
Gew =  $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

Nr.	Stat.-Id.	Beobachtungsort
1	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
2	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"
3	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
4	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"

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	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"
2	"MAI"	"Beobachtungsstation Maienfeld"
3	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"
4	"SCH"	"Sternwarte Schafmatt"

**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
1	"VTE"	"MAI"	"BOS"	"SCH"
2	46.013133	45.986366	46.20886	45.988304
3	8.526847	8.508559	8.661179	8.509882
4	112.528788	111.701031	118.643779	111.760871
5	25.467579	25.454415	25.564457	25.455367
6	13.881382	13.851753	14.098135	13.853897
7	45.333382	45.382584	45.31013	45.385485
8	8.068418	8.101187	8.052954	8.103122
9	92.134247	93.566991	91.459525	93.651678
10	25.139402	25.162734	25.128399	25.164112
11	13.129939	13.184264	13.104271	13.187467

**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
1	"VTE"	"MAI"	"BOS"	"SCH"
2	331.9034	35.110113	61.927216	344.763186
3	32.51771	37.882086	40.702779	32.968499
4	204.023494	178.539963	177.247704	199.882297
5	0.073555	0.046683	-0.017227	-0.103186
6	0.09073	-0.007032	0.010295	-0.088499
7	0.109886	0.037512	0.016629	0.12383
8	0.39129	0.116893	-0.051443	-0.431993
9	348.774655	32.003153	45.89702	356.980925
10	20.57805	22.567275	20.048336	21.11872
11	248.576932	233.071209	249.540984	246.310732
12	0.047926	0.273828	-0.171653	-0.150925
13	0.049871	-0.042614	0.092071	-0.11872
14	0.067079	0.256465	0.185644	0.184206
15	0.291022	1.04326	-0.808536	-0.791886

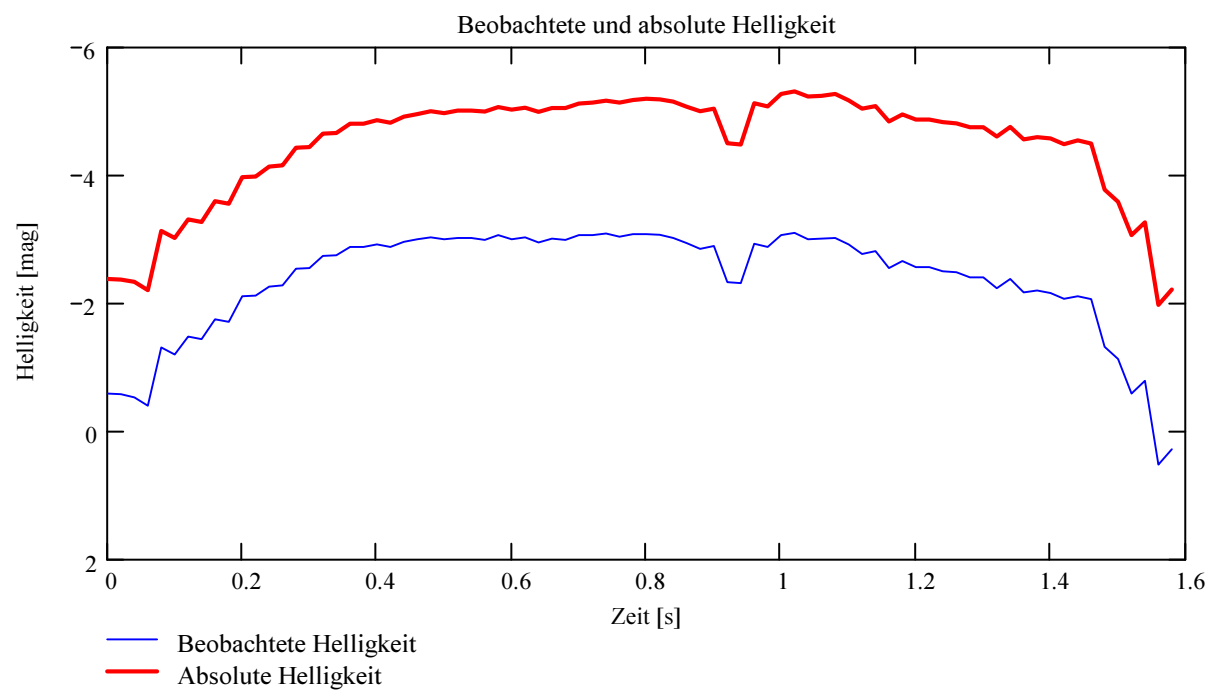
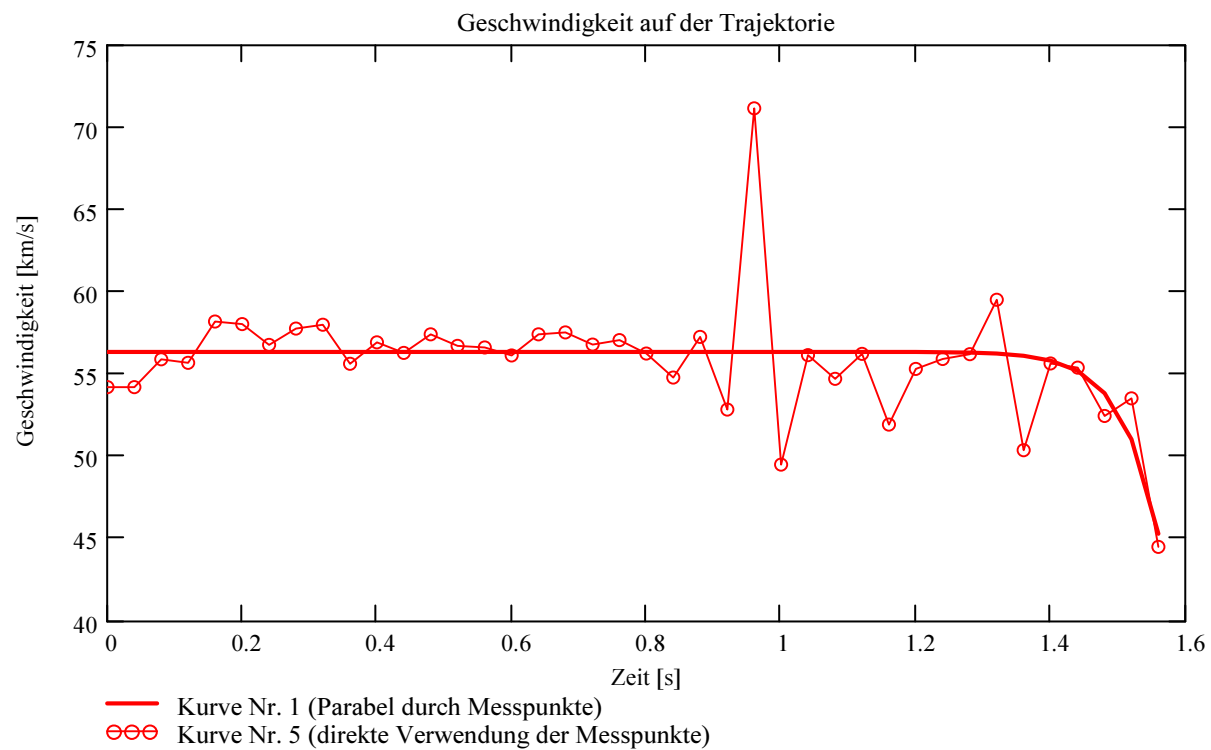
## Ergebnisse aus den auf die mittlere Trajektorie projizierten Messpunkten der xml-Datei

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

Minimale Zeitdifferenz zwischen den verwendeten Messpunkten:

$\Delta T_{MP} = 0.04$  [s]

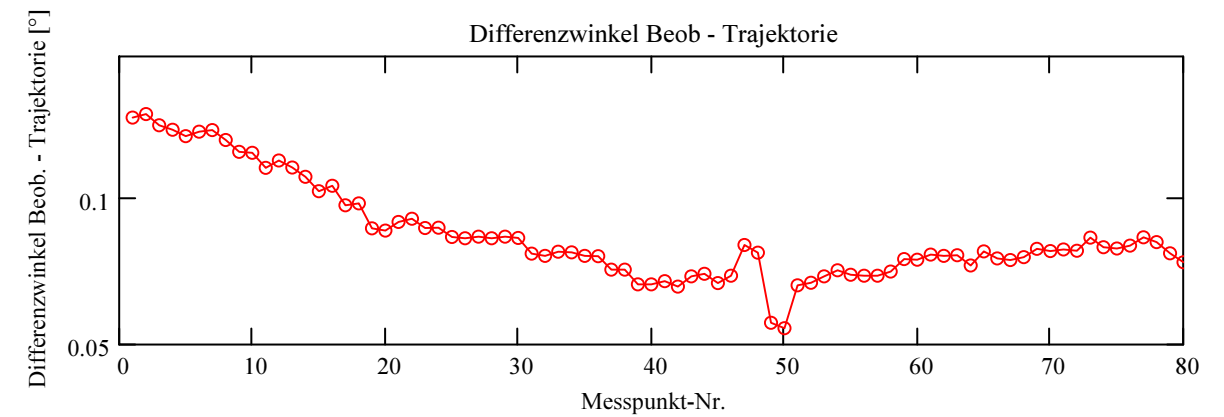
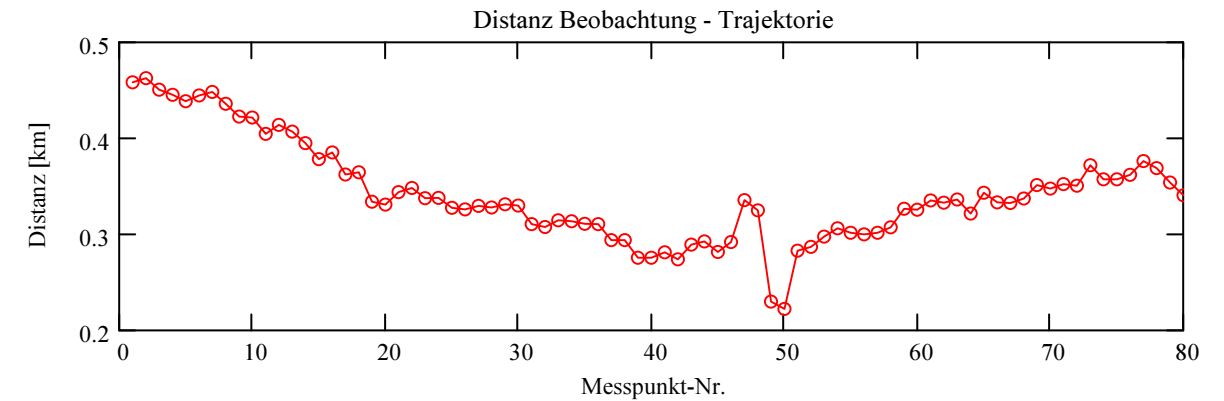
Dieser Wert wird für jedes Meteorereignis auf eine geringe Welligkeit des Geschwindigkeitsverlaufes optimiert.



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

Anfangsmasse:  $m_{Meteor} = 0.014$  [kg]

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



### Trajektorie für Beobachtungsort:

Stat\_Id = "VTE"

### Anfangspunkt:

$\Phi_{Beob\_SP_1} = 46.013228$  deg

$\lambda_{Beob\_SP_1} = 8.526912$  deg

$H_{Beob\_SP_1} = 112.532$  [km]

$NeigWinkel_{Beob_1} = 13.881487$  deg

$Richtungswinkel_{Beob_1} = 25.467626$  deg

### Endpunkt:

$\Phi_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 45.333524$  deg

$\lambda_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 8.068513$  deg

$H_{Beob\_SP\_N\_pkt} = 92.138$  [km]

$NeigWinkel_{Beob\_N\_pkt} = 13.130096$  deg

$Richtungswinkel_{Beob\_N\_pkt} = 25.13947$  deg