

Berechnung: Beat Booz

## Meteorspur-Berechnung basierend auf Daten mindestens zweier Beobachtungsorte

### Berechnungsverfahren:

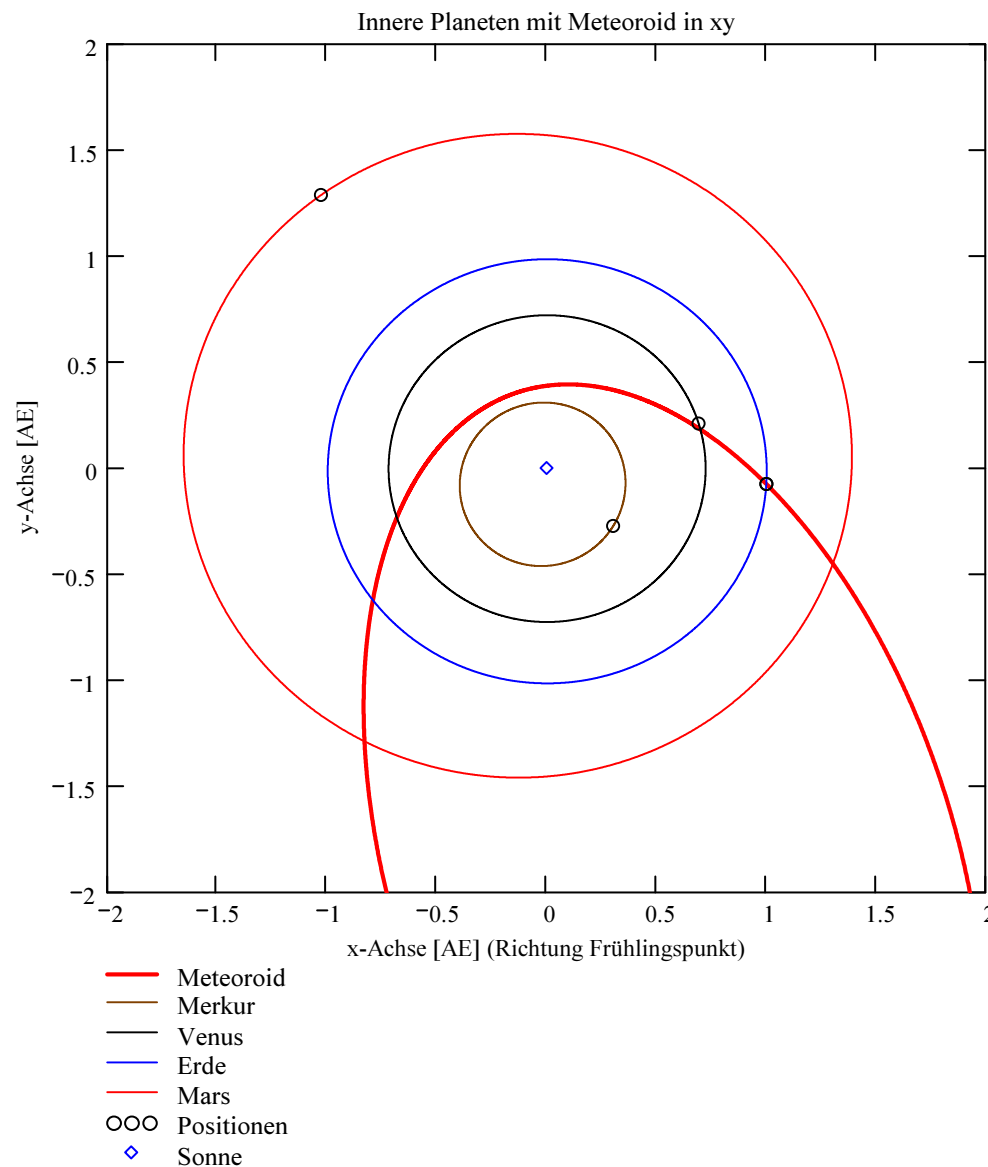
Die Meteorspur wird berechnet für alle gemeinsamen Schnittlinien der Ebenen der Beobachtungsorte, welche durch die Punkte Ort-Spuranfang-Spurende gelegt werden. Diese Methode verwendet die Punkte Spuranfang und Spurende nur um die Lage dieser Ebenen im Raum zu definieren. Sie ist deshalb auch dann gut 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   | "EGL"     | "Beobachtungsstation Eglisau"         | 47.56922                      | 8.524                           | 0.389               |
| 2   | "VTE"     | "Observatoire géophysique, Val Terbi" | 47.3595                       | 7.4987                          | 0.572               |
| 3   | "FAL"     | "Sternwarte Mirasteilas Falera"       | 46.804261                     | 9.224167                        | 1.288               |
| 4   | "MAI"     | "Beobachtungsstation Maienfeld"       | 47.010278                     | 9.536667                        | 0.54                |



### Mittlerer Beobachtungszeitpunkt:

Tag: D = 18

Monat: M = 9

Jahr: Y = 2015

Weltzeit: UT = 21.439444 [h dezimal]

Anzahl Beobachtungen (Standorte): NB = 4

Anzahl echter Kombinationsmöglichkeiten aller Beobachtungsorte zur Verrechnung jeweils zweier Orte miteinander: NK = 6

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 =  | $\alpha_{Ep}$                           | $\delta_{Ep}$                           | $\alpha_{Ep}$                         | $\delta_{Ep}$                         | Mag               | Dur_sec          |

|   |           |           |           |           |      |       |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-------|
| 1 | 29.510807 | 7.391665  | 44.377991 | 7.949003  | -4.1 | 2.88  |
| 2 | 40.160168 | 8.899491  | 48.867348 | 9.182565  | -2.3 | 1.919 |
| 3 | 56.651054 | 37.401833 | 71.584709 | 40.587906 | -3.6 | 1.02  |
| 4 | 41.699242 | 37.368397 | 47.860085 | 40.339413 | -3.7 | 0.44  |

| Azimut Spuranfang [°] | Azimut Spurende [°] | Höhe Spuranfang [°] | Höhe Spurende [°] |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 286.191299            | 274.176732          | 24.124374           | 14.668884         |
| 275.846576            | 269.172778          | 17.536263           | 11.845165         |
| 243.124463            | 232.0562            | 27.15732            | 20.653986         |
| 251.948405            | 245.548959          | 36.860139           | 34.65327          |

HOR\_KOORD =

|            |            |           |           |
|------------|------------|-----------|-----------|
| 286.191299 | 274.176732 | 24.124374 | 14.668884 |
| 275.846576 | 269.172778 | 17.536263 | 11.845165 |
| 243.124463 | 232.0562   | 27.15732  | 20.653986 |
| 251.948405 | 245.548959 | 36.860139 | 34.65327  |

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  | 47.1156  | 47.0785  | 47.0862  | 47.0733  | 47.0762  | 47.2307  |
| 5  | 10.7186  | 10.8878  | 10.853   | 10.9037  | 10.8738  | 10.4741  |
| 6  | 81.4197  | 88.0137  | 86.6535  | 89.1847  | 88.3457  | 57.0988  |
| 7  | 47.4576  | 47.4688  | 47.4716  | 47.3517  | 47.3522  | 47.3507  |
| 8  | 10.4692  | 10.2967  | 10.254   | 10.4717  | 10.4362  | 10.2619  |
| 9  | 40.8293  | 37.0767  | 36.154   | 52.0327  | 51.3667  | 39.7788  |
| 10 | 47.0897  | 47.2715  | 47.245   | 47.2714  | 47.2449  | 47.2203  |
| 11 | 10.7374  | 10.5972  | 10.6079  | 10.5969  | 10.6073  | 10.4924  |
| 12 | 84.5252  | 62.6955  | 65.7231  | 62.6821  | 65.6878  | 58.6043  |
| 13 | 47.3505  | 47.4128  | 47.3086  | 47.4109  | 47.3079  | 47.2747  |
| 14 | 10.5477  | 10.3824  | 10.509   | 10.3788  | 10.5069  | 10.3965  |
| 15 | 53.4654  | 44.3269  | 57.388   | 44.1904  | 57.2617  | 50.7372  |
| 16 | 192.4141 | 207.5958 | 204.4695 | 276.2921 | 273.8225 | 120.3225 |
| 17 | 152.9677 | 139.2948 | 135.9179 | 231.3083 | 228.5255 | 106.9127 |
| 18 | 262.5445 | 132.1823 | 107.7001 | 132.154  | 107.6422 | 96.0292  |
| 19 | 237.278  | 119.268  | 99.0677  | 118.898  | 98.8496  | 87.5693  |
| 20 | 59.1126  | 81.0514  | 80.8052  | 58.8373  | 58.8225  | 27.2729  |
| 21 | 45.1706  | 29.2909  | 13.3364  | 29.4043  | 13.4301  | 12.37    |
| 22 | 59.8936  | 59.6326  | 58.476   | 83.2915  | 82.5936  | 63.059   |
| 23 | 78.3409  | 71.2298  | 92.574   | 70.8053  | 92.0057  | 80.3273  |
| 24 | 47.808   | 47.758   | 47.7523  | 47.7484  | 47.7422  | 47.6292  |
| 25 | 10.2099  | 9.8501   | 9.8091   | 9.8436   | 9.8053   | 9.7632   |
| 26 | 47.2214  | 51.7662  | 52.017   | 51.6321  | 51.8346  | 51.1098  |
| 27 | 153.7796 | 134.4599 | 133.7263 | 133.6771 | 133.062  | 129.9428 |
| 28 | 153.5963 | 134.0254 | 133.2861 | 133.36   | 132.7407 | 129.7868 |
| 29 | 153.7934 | 134.2466 | 133.5465 | 133.452  | 132.8665 | 129.9562 |
| 30 | 153.6541 | 134.0886 | 133.4738 | 133.2916 | 132.7927 | 129.8858 |
| 31 | 43.5517  | 39.2109  | 38.9539  | 39.353   | 39.1484  | 39.5148  |
| 32 | 43.1701  | 38.6512  | 38.3938  | 38.9485  | 38.7428  | 39.3274  |
| 33 | 43.5806  | 38.9346  | 38.7236  | 39.0653  | 38.9009  | 39.531   |
| 34 | 43.2897  | 38.7318  | 38.6312  | 38.862   | 38.808   | 39.4462  |
| 35 | 1.3433   | 35.3615  | 42.3583  | 34.0672  | 41.0674  | 7.0065   |
| 36 | 20.5252  | 28.1429  | 28.0574  | 30.6604  | 30.6527  | 26.7381  |
| 37 | 23.5386  | 28.7166  | 30.3099  | 28.8277  | 30.523   | 28.1136  |

**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:**

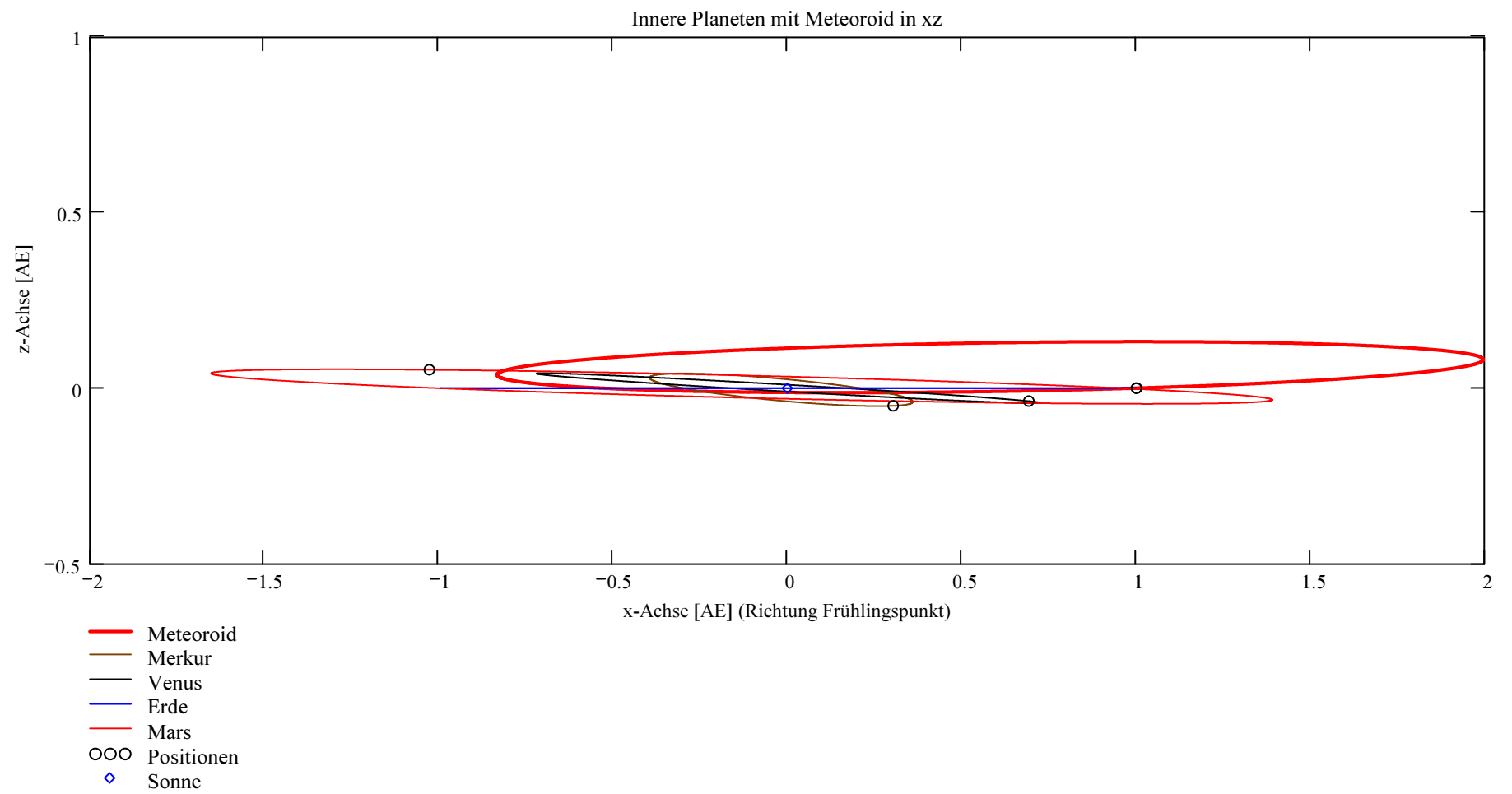
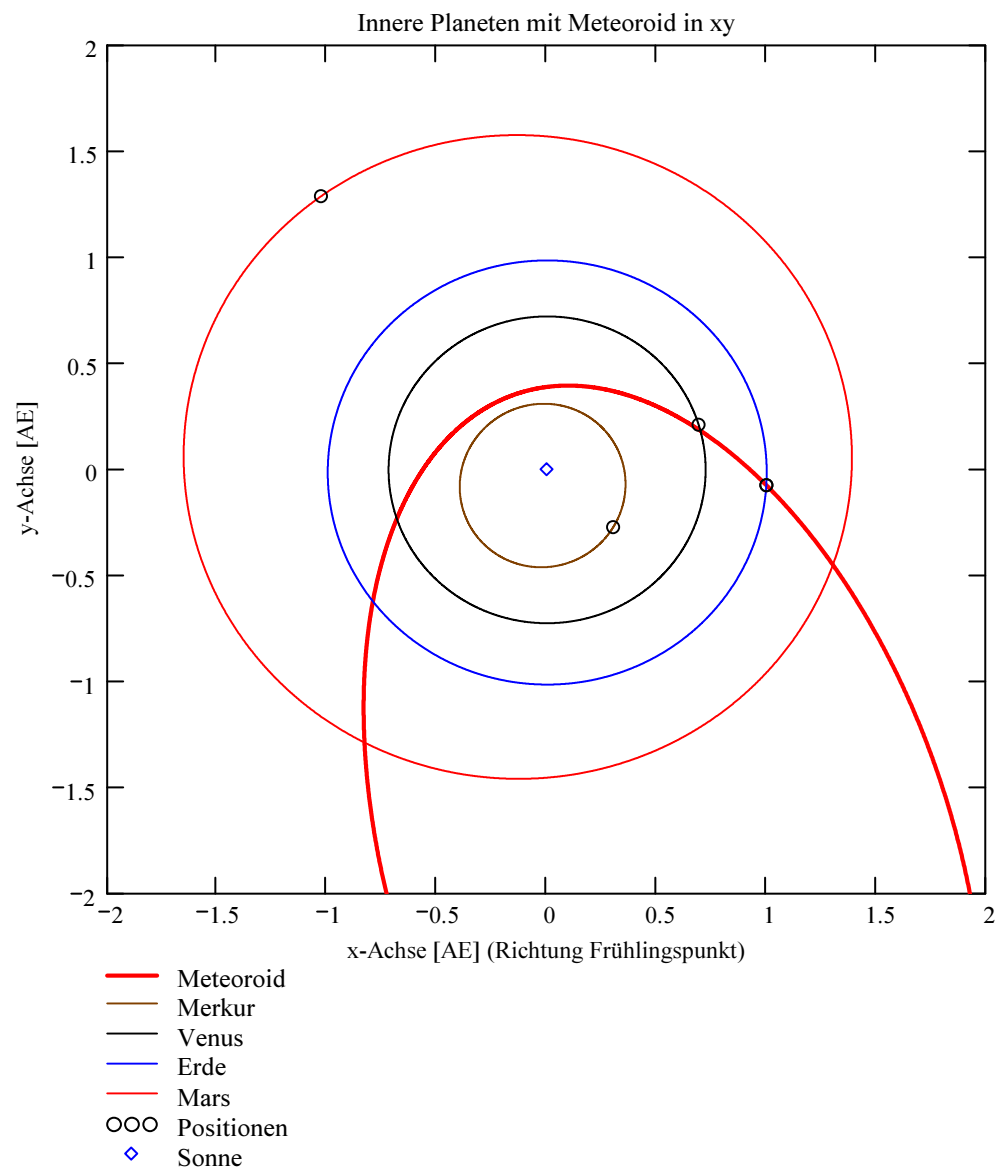
Grosse Halbachse:  $a_M = 2.38$  [AE]  
 Exzentrizität:  $e_M = 0.8405$   
 Perihelabstand:  $q_M = 0.3795$  [AE]  
 Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene):  $i_{2000} = 1.8365$  deg  
 Länge des aufsteigenden Knotens:  $\Omega_{2000} = 175.4952$  deg  
 Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten:  $\omega_{2000} = 291.2001$  deg  
 Perihellänge:  $\omega^{\circ}_{2000} = 106.6953$  deg

Wahre Anomalie:  $v_{\text{Datum}} = -111.2638$  deg  
 Umlaufzeit:  $T_U = 1341.1381$  [Tage]  
 Perihelzeit (UT):  $t_0 = 2455986.45820223$  [Julianisches Datum]

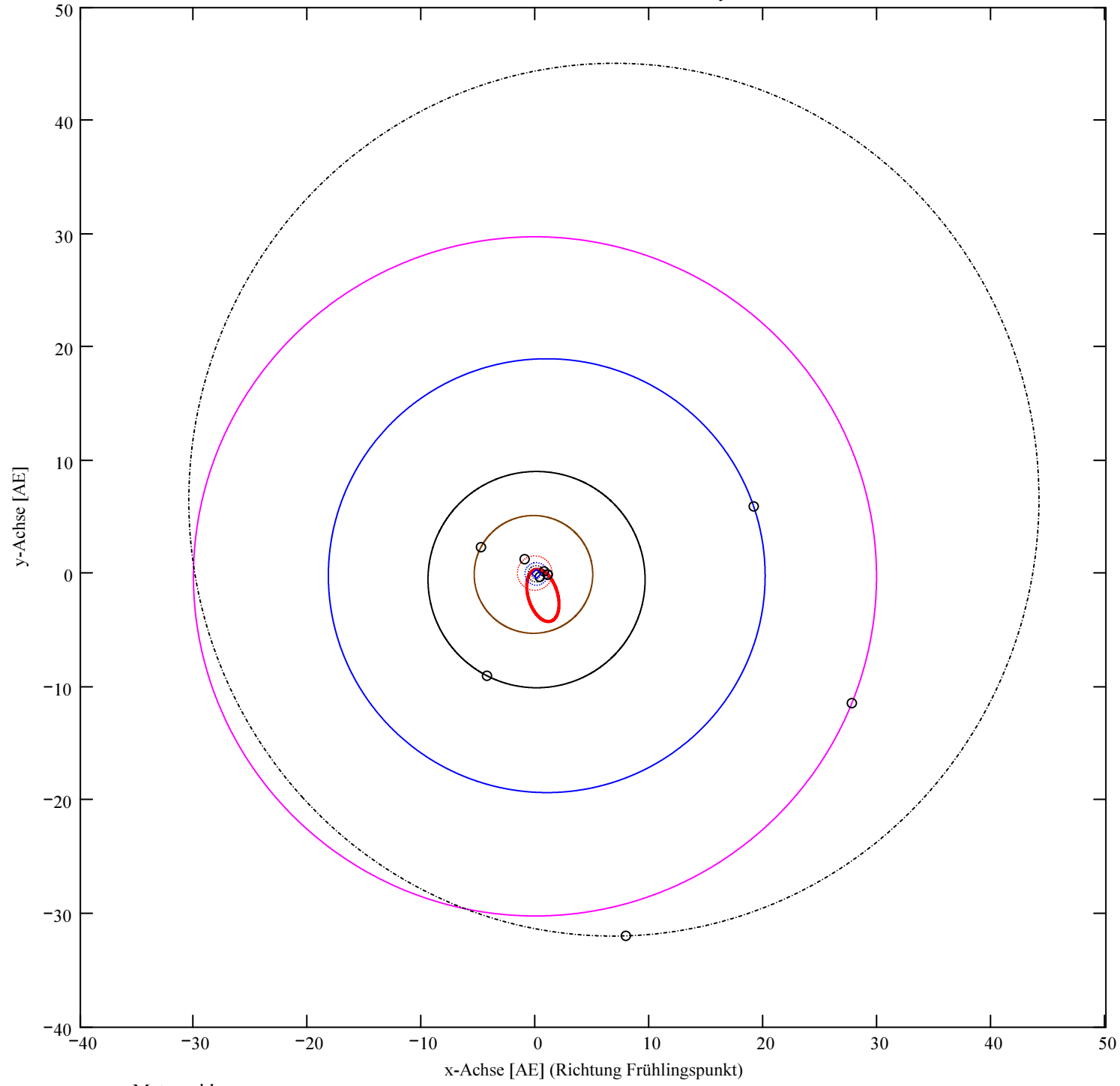
Datum: Tag = 28    Monat = 2    Jahr = 2012  
 Zeit (UT): Stunden = 22    Minuten = 59    Sekunden = 48.673  
 Tage\_dez = 28.958202

Betrag der beobachteten Geschwindigkeit (topozentrisch, relativ zur rotierenden Erde):  $|v_{M\_Beob}| = 30.2$  [km/s]

Betrag der absoluten Geschwindigkeit:  $|v_{M\_hel\_ekl\_Dat}| = 37.323$  [km/s]



Alle Planeten mit Meteoroid in xy



- 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 Trajektoriengewichtung für die Mittelung:  
 (0 = wird nicht berücksichtigt  
 1 = normale Gewichtung  
 2 = wird doppelt gewichtet usw)

Vorhandene Indexpaarungen:  
 (Zahl vor Dezimalpunkt = Orte 1  
 Zahl nach Dezimalpunkt = Orte 2)

Ergebnis der Gewichtungs-Auswahl:

IndPaar =

|   |     |
|---|-----|
|   | 1   |
| 1 | 1.2 |
| 2 | 1.3 |
| 3 | 1.4 |
| 4 | 2.3 |
| 5 | 2.4 |
| 6 | 3.4 |

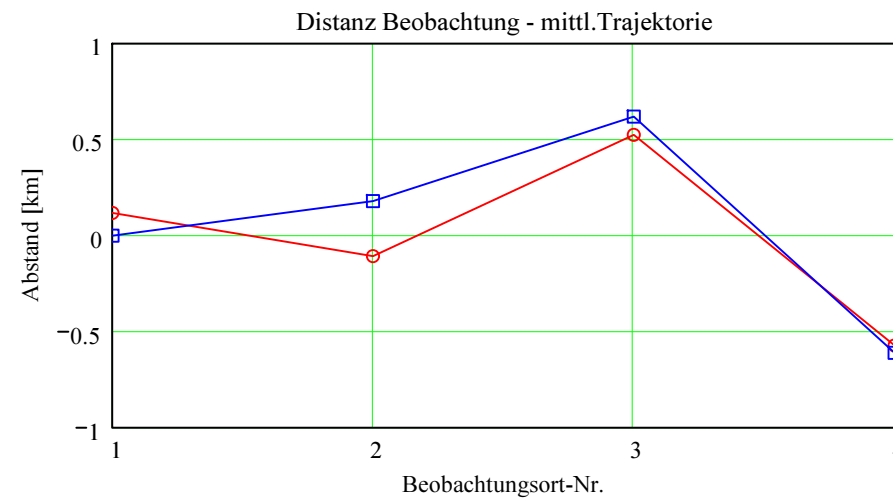
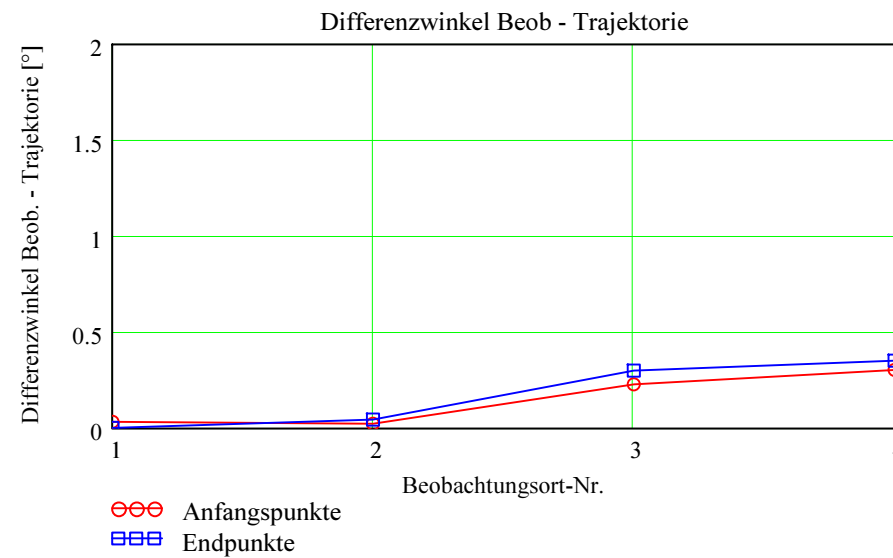
Gew =

|   |   |
|---|---|
|   | 1 |
| 1 | 0 |
| 2 | 1 |
| 3 | 1 |
| 4 | 1 |
| 5 | 1 |
| 6 | 0 |

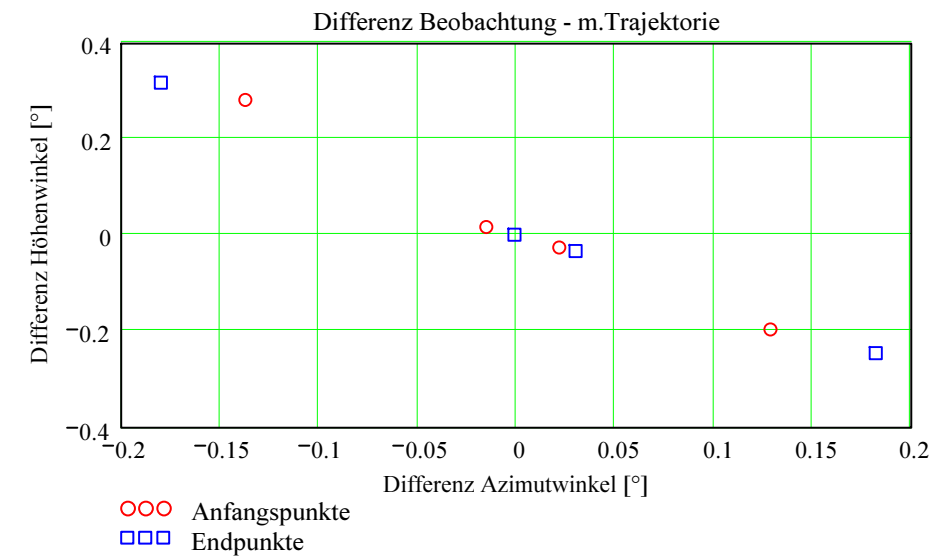
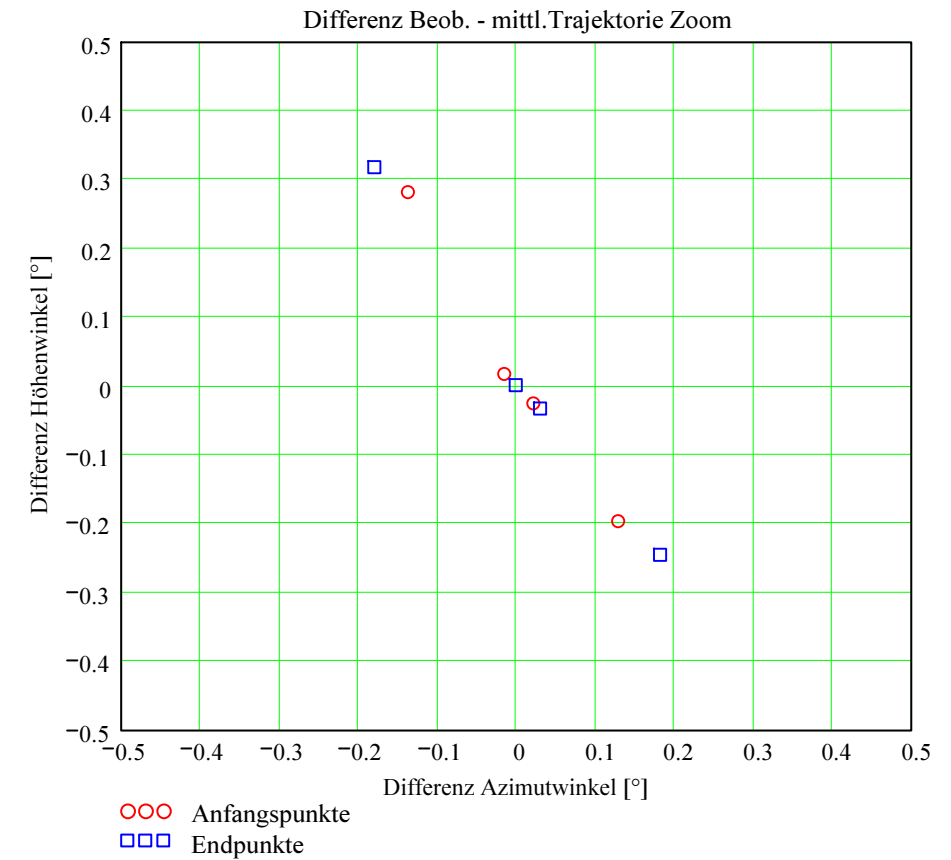
Nr. Stat.-Id. Beobachtungsort

|   |       |                                       |
|---|-------|---------------------------------------|
| 1 | "EGL" | "Beobachtungsstation Eglisau"         |
| 2 | "VTE" | "Observatoire géophysique, Val Terbi" |
| 3 | "FAL" | "Sternwarte Mirasteilas Falera"       |
| 4 | "MAI" | "Beobachtungsstation Maienfeld"       |

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 | "EGL" | "Beobachtungsstation Eglisau"         |
|              | 2 | "VTE" | "Observatoire géophysique, Val Terbi" |
|              | 3 | "FAL" | "Sternwarte Mirasteilas Falera"       |
|              | 4 | "MAI" | "Beobachtungsstation Maienfeld"       |

### 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          |
|----|------------|------------|------------|------------|
|    | "EGL"      | "VTE"      | "FAL"      | "MAI"      |
| 1  | 47.082123  | 47.074351  | 47.270258  | 47.246159  |
| 2  | 10.874488  | 10.886362  | 10.585389  | 10.622599  |
| 3  | 87.58233   | 88.613778  | 62.739771  | 65.908522  |
| 4  | 133.881514 | 133.890214 | 133.669386 | 133.696725 |
| 5  | 39.103975  | 39.115191  | 38.831923  | 38.866831  |
| 6  | 47.470245  | 47.35294   | 47.409809  | 47.310357  |
| 7  | 10.274565  | 10.457327  | 10.368884  | 10.52336   |
| 8  | 36.595305  | 51.898036  | 44.467878  | 57.476057  |
| 9  | 133.440604 | 133.575214 | 133.510104 | 133.623788 |
| 10 | 38.541565  | 38.712026  | 38.629441  | 38.773802  |
| 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          | 4          |
|----|------------|------------|------------|------------|
|    | "EGL"      | "VTE"      | "FAL"      | "MAI"      |
| 1  | 286.169669 | 275.86182  | 242.995766 | 252.085571 |
| 2  | 24.149733  | 17.518957  | 27.353976  | 36.578295  |
| 3  | 206.415658 | 274.841697 | 131.435321 | 108.698574 |
| 4  | 0.021629   | -0.015244  | 0.128697   | -0.137167  |
| 5  | -0.025359  | 0.017306   | -0.196656  | 0.281844   |
| 6  | 0.032135   | 0.022601   | 0.227514   | 0.302531   |
| 7  | 0.115771   | -0.108414  | 0.521912   | -0.573943  |
| 8  | 274.177666 | 269.142817 | 231.874202 | 245.728989 |
| 9  | 14.667875  | 11.877949  | 20.899563  | 34.335449  |
| 10 | 137.542301 | 230.211663 | 118.372824 | 100.002405 |
| 11 | -0.000934  | 0.029961   | 0.181998   | -0.180031  |
| 12 | 0.001009   | -0.032784  | -0.245577  | 0.317821   |
| 13 | 0.001355   | 0.043984   | 0.29877    | 0.350751   |
| 14 | -0.003252  | 0.176725   | 0.617254   | -0.612187  |
| 15 |            |            |            |            |

$bTr_1 =$