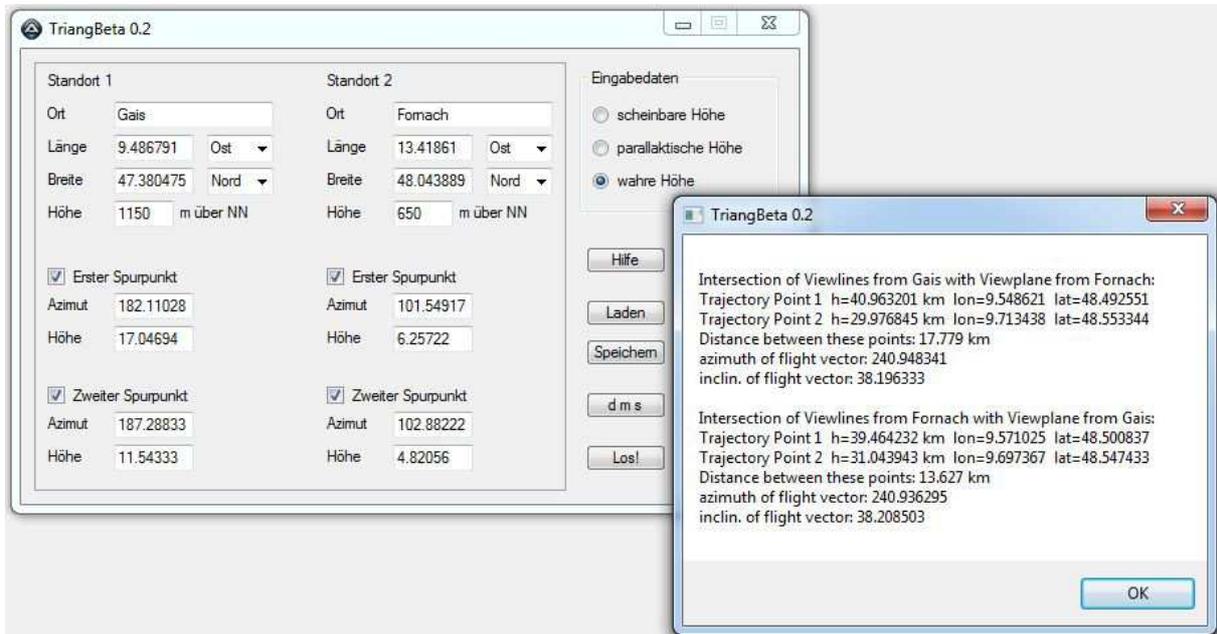


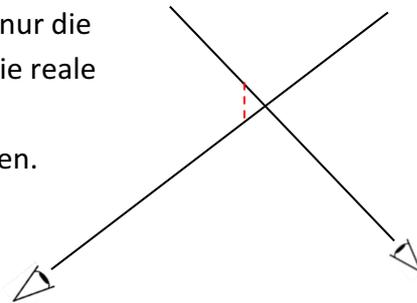
Bestimmung der Position und der Flugrichtung eines Objektes.



Ortsbestimmung

Beobachtet man ein Objekt am Himmel, so kann man nur die Richtung bestimmen, nicht aber die Entfernung. Um die reale Position im Raum zu bestimmen, benötigt man die Beobachtungsdaten von zwei verschiedenen Standorten.

Das gesuchte Objekt liegt dann theoretisch im Schnittpunkt der beiden Sichtlinien. In der Praxis werden sich die beiden Linien, aufgrund von Messungenauigkeiten allerdings nicht schneiden, sondern aneinander vorbeilaufen. Der minimale Abstand ist ein Maß für die Güte der Messdaten.



Bei der Angabe von zwei Sichtlinien sieht die Ausgabe des Programms folgendermaßen aus:

```
min. distance of the two skew lines = 0.104 km
at: h=29.689688 km lon=9.711404 lat=48.548530
```

Die beiden Sichtlinien kommen sich hier bis auf 100 m nahe.

Auf diese Weise kann man allerdings nur die momentane *Position* eines Objektes bestimmen, nicht die Richtung in die es sich bewegt.

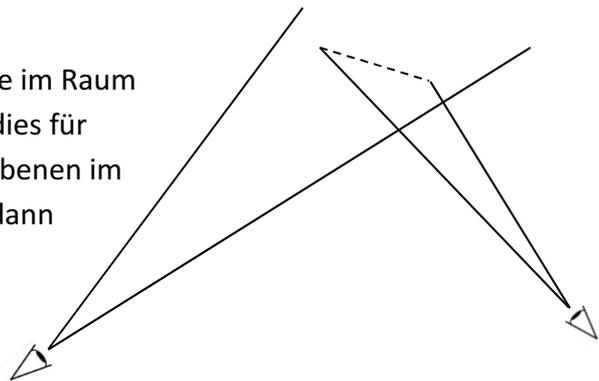
Bahnbestimmung

Für die Bestimmung einer Flugrichtung (z.B. Meteor) benötigt man mindestens zwei Bahnpunkte. Man steht also vor dem Problem, zu mindestens zwei Punkten in der Lichtspur des ersten Beobachtungsortes die jeweiligen Gegenstücke in der Spur des anderen Ortes eindeutig identifizieren zu müssen. Hat man klar definierte Punkte der Bahn (z.B. Fragmentationen), die man von beiden Orten aus beobachten konnte, so kann man für diese Bahnpunkte Triangulationen durchführen und dann daraus einen Bahnvektor bestimmen. Oft wird dies aber nicht möglich sein. Das Ende oder der Anfang der sichtbaren Spur sind z.B. als eindeutige Punkte sehr unzuverlässig, da die Helligkeit (und damit die Sichtbarkeit) an beiden Beobachtungsorten durchaus deutlich unterschiedlich sein kann.

Man kann allerdings die Flugrichtung auch durch eine alternative Triangulationsmethode bestimmen, mit jeweils zwei *beliebigen* Punkten auf der sichtbaren Spur, ohne dass diese miteinander korreliert sein müssen.

Zwei Punkte auf der Spur legen nämlich die Ebene im Raum fest, in der sich die Flugbahn befinden muss. Da dies für beide Beobachtungsorte gilt, hat man nun zwei Ebenen im Raum, die sich in einer Linie schneiden. Diese ist dann zwangsläufig ein Teilstück der Flugbahn.

Bei der Angabe von vier Sichtlinien sieht die Ausgabe des Programms folgendermaßen aus:



```
Intersection of Viewlines from Gais with Viewplane from Fornach:  
Trajectory Point 1  h=40.963201 km  lon=9.548621  lat=48.492551  
Trajectory Point 2  h=29.976845 km  lon=9.713438  lat=48.553344  
Distance between these points: 17.779 km  
azimuth of flight vector: 240.948341  
inclin. of flight vector: 38.196333
```

```
Intersection of Viewlines from Fornach with Viewplane from Gais:  
Trajectory Point 1  h=39.464232 km  lon=9.571025  lat=48.500837  
Trajectory Point 2  h=31.043943 km  lon=9.697367  lat=48.547433  
Distance between these points: 13.627 km  
azimuth of flight vector: 240.936295  
inclin. of flight vector: 38.208503
```

Aus den 2 x 2 Sichtlinien wurden vier Bahnpunkte berechnet (Trajectory Point 1-4) und deren Lage im Raum ausgegeben (geogr. Höhe über NN in m, Länge und Breite in Grad)

Aus jeweils zwei Bahnpunkten (eines Blickwinkels) wurde dann der Richtungsvektor ermittelt:

azimuth = Richtung der Flugbahn, projiziert auf die Erdoberfläche
(in Grad, von Süden aus gezählt)

inclin. = Neigung der Flugbahn gegenüber der Horizontalen
(in Grad, positiv nach unten)

Sollten die Richtungsvektoren der zwei Rechnungen deutlich voneinander abweichen, so sind die Eingabedaten unzureichend oder sogar falsch und müssen überprüft werden.

Dem ganzen Verfahren liegt natürlich die Vereinfachung zu Grunde, dass die Flugbahn im betrachteten Teilbereich nicht, oder nur leicht gekrümmt verläuft. Man darf die beiden Spurpunkte also nicht zu weit voneinander entfernt wählen, da die Punkte sonst nicht mehr auf einem einigermaßen geraden Teilstück der Bahn liegen. Allerdings sollten sie auch nicht zu nahe beieinander liegen, sonst wird die Bestimmung des Richtungsvektors zu ungenau. Man sollte also ein ausreichend langes Bahnstück auswählen, welches sich aber noch im annähernd linearen Bereich befindet.

Manchmal hat man zwei reale Raumpunkte der Trajektorie schon gegeben. Dann muss man natürlich überhaupt nicht mehr triangulieren, sondern kann den Bahnvektor direkt bestimmen. Für diese Zwecke steht das Kommandozeilenprogramm „arrow“ zu Verfügung.

Alternative Ortsbestimmung

Kann man die Flugbahn nur von einem Beobachtungsort sehen, vom anderen aber nur einen markanten Punkt (z.B. aufgrund schlechter Sichtverhältnisse), so kann man die zweite Methode trotzdem anwenden. Man erhält dann aber nur den Schnittpunkt einer Sichtlinie mit einer Ebene und somit keinen Bahnvektor.

Bei Angabe von drei Sichtlinien sieht das Ergebnis dann so aus:

```
Viewline intersects Viewplane at  
h=38.847504 km lon=9.568879 lat=48.498223
```

Art der Eingabedaten:

Scheinbare Höhe:

Durch echte visuelle Beobachtung gewonnene Daten.

Durch die Lichtbrechung in der Atmosphäre ist hier die Sichtlinie angehoben (Refraktion)

Das Programm berücksichtigt die Refraktion über ein iteratives Raytraceverfahren

Parallaktische Höhe:

Echte direkte Verbindungslinie zwischen Beobachter und endlich weit entferntem Objekt.

z.B. durch Messverfahren, die nicht von der Atmosphäre beeinflusst werden oder die

Ausgabedaten aus anderen Berechnungsprogrammen.

Wahre Höhe:

Direkte Sichtlinie ohne Atmosphäre, die sich für ein *unendlich* weit entferntes Objekt

ergeben würde. z.B. Resultate aus Plattenkonstanten-Ausgleichsrechnung durch Vergleich

mit Sternkoordinaten. (Für diese Vorarbeit ist das Programm HPC verfügbar)