

Der Meteor vom 15.3.2015

Datenauswertung und Ergebnisse

Autor und Referent: Beat Booz, Frick, 12.09.2015

Fachgruppe Meteorastronomie

BUE, Sternwarte Bülach



Beat Booz, Der Meteor vom 15.3.2015, 09.2015

OBE, Oberdorf BL

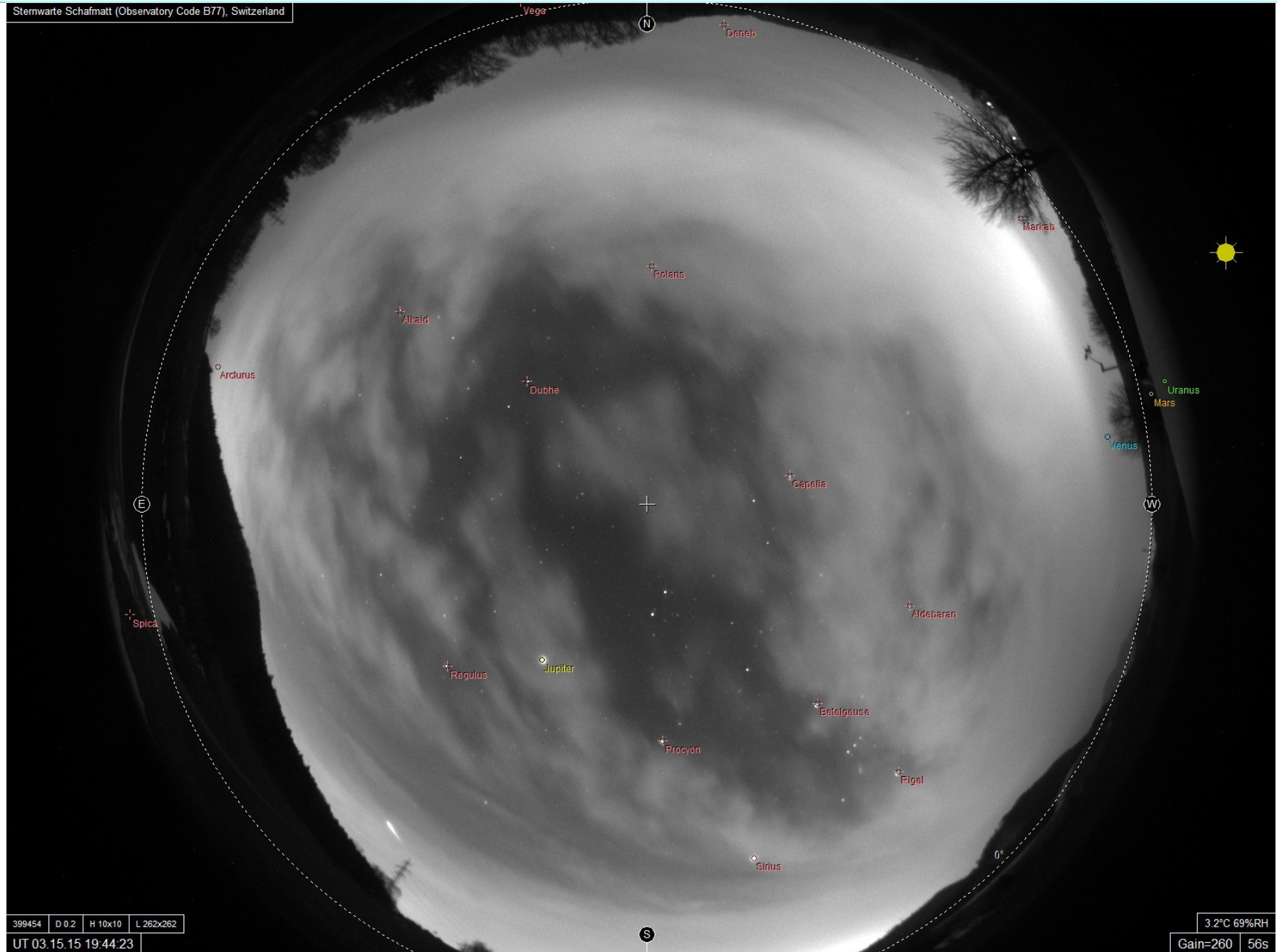


BOS, Privatsternwarte Richert-Clagluna





SCH, Sternwarte Schafmatt



Millenium Observatory, Blaustein Ulm (Weidach), D

C:\Users\Beat\Desktop\Referat Verwendung\A06_M20150315 194406 Blaustein - YouTube.mp4



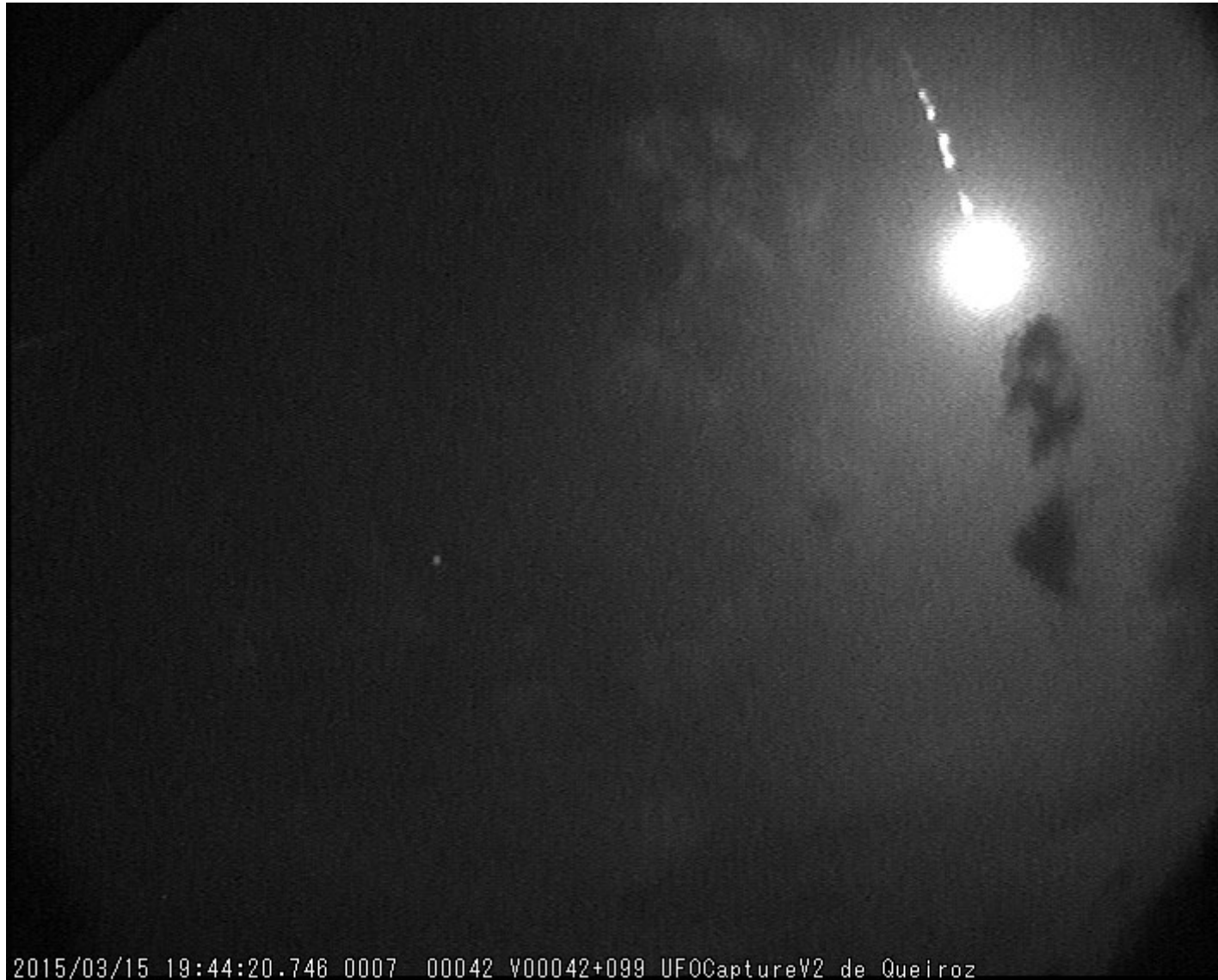
Quelle:
Internet

Foto von Öschingen, Philipp Lehmann



Quelle:
Internet

FAL, Sternwarte Mirasteilas, Falera



Trajektorienberechnung basierend auf 8 Stationen

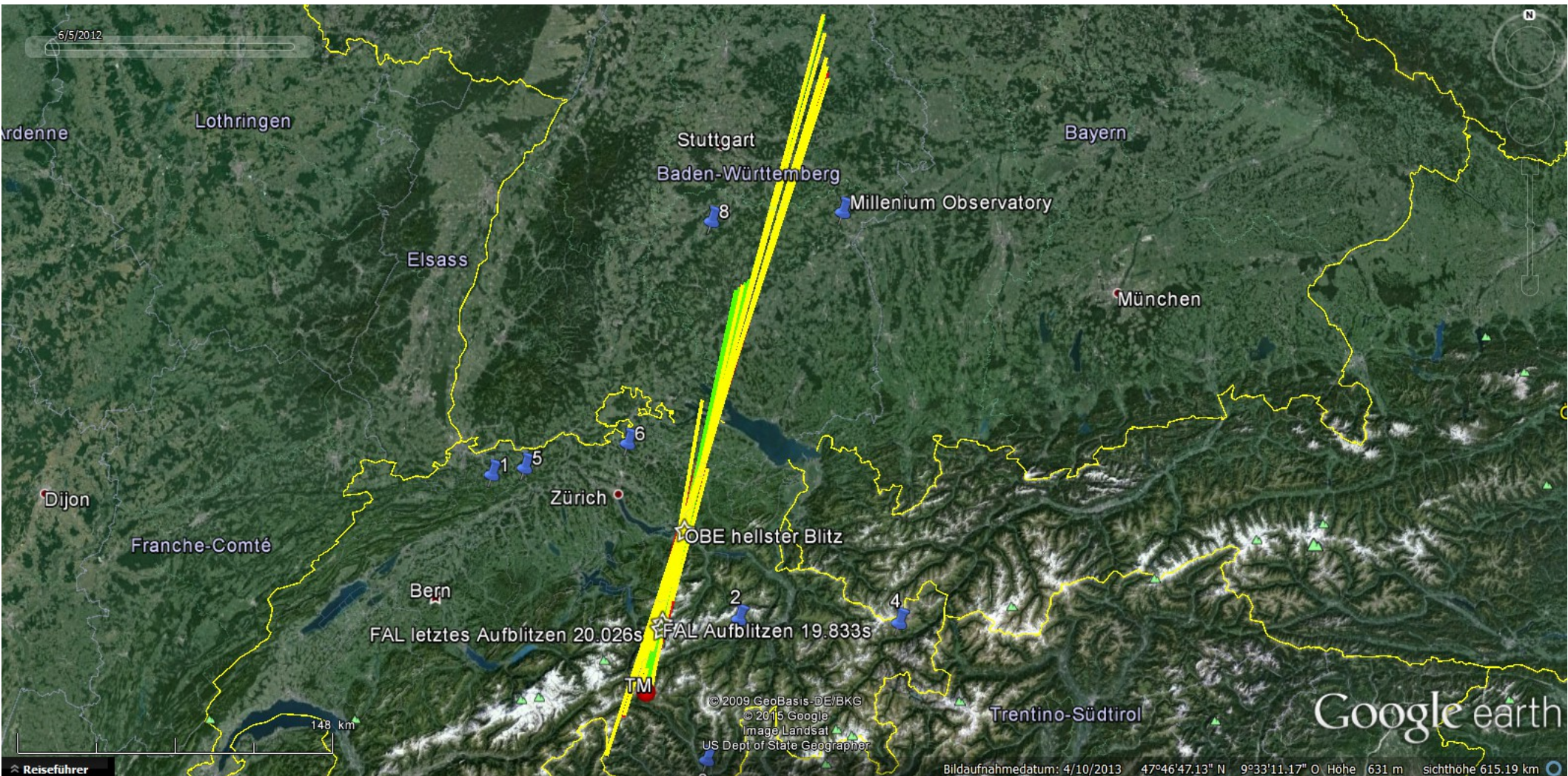
Anzahl Beobachtungsorte:

NB := 8

Anzahl Kombinationen:

$$NK := \frac{NB \cdot (NB - 1)}{2}$$

NK = 28



Vorgehensweise für Trajektorienbestimmung

Welche Trajektorie ist die Richtige?



Auswahlverfahren zur Trajektorienreduktion

Bewertungskriterien für die Beobachtungen:

1. Entfernung vom Trajektorien-Endpunkt (bis 50 km; bis 200 km; über 200 km)
2. Seitliche Distanz zur Trajektorie (bis 50 km; bis 200 km; über 200 km)
3. Bewölkungsgrad (wolkenfrei bis leicht; mittel bis stark; sehr stark)
4. Genauigkeit der Koordinaten-Vermessung (u.a. vom Bewölkungsgrad abhängig)
5. Verlässlichkeit der Daten (FMA-Daten oder Internet)
6. Situationsbeurteilung (z.B. Bahnlängen, Fragmentierungen usw)

Bewertungskriterium für die Beobachtungs-Kombinationen:

7. Schnittwinkel der Beobachtungs-Ebenen ($<5^\circ$; $<10^\circ$; $<20^\circ$; $<40^\circ$; $\geq 40^\circ$)

Nach Abschluss dieses Auswahlverfahrens blieben 9 Trajektorien übrig.

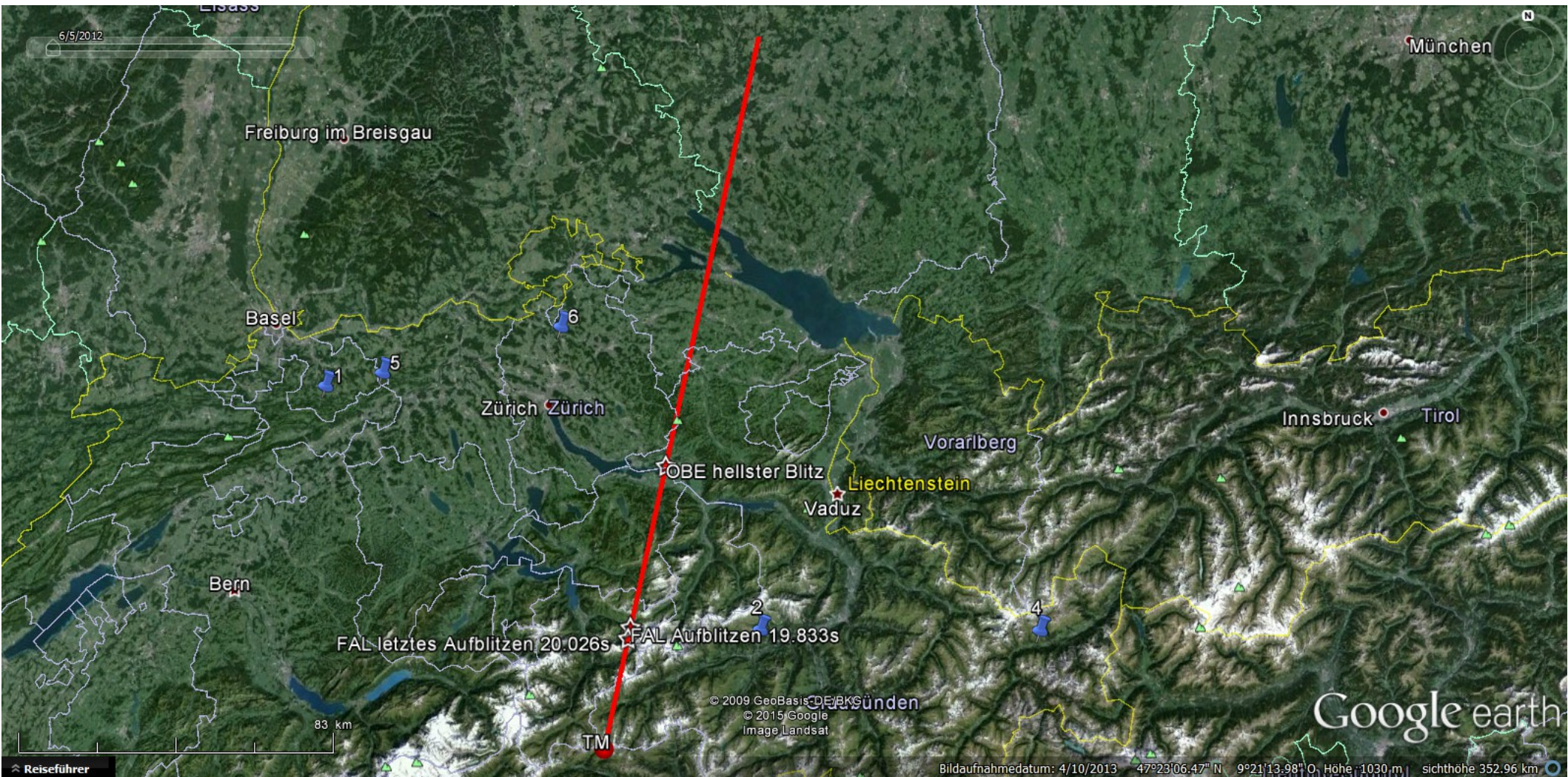
Vorgehensweise für Trajektorienbestimmung

Die 9 verbleibenden Trajektorien:



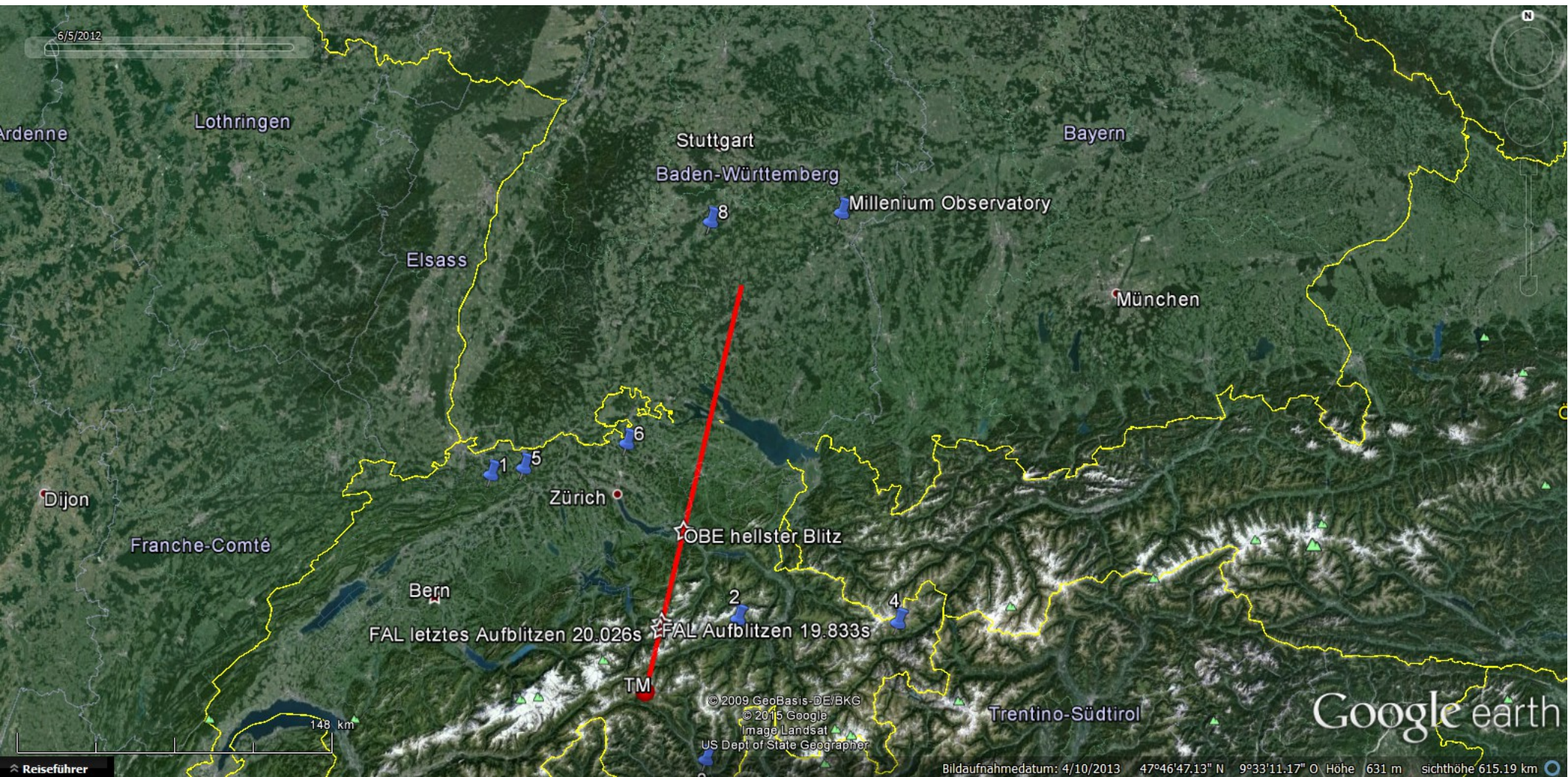
Vorgehensweise für Trajektorienbestimmung

Räumliche Berechnung der mittleren Trajektorie (aus den 9 ausgewählten Trajektorien):



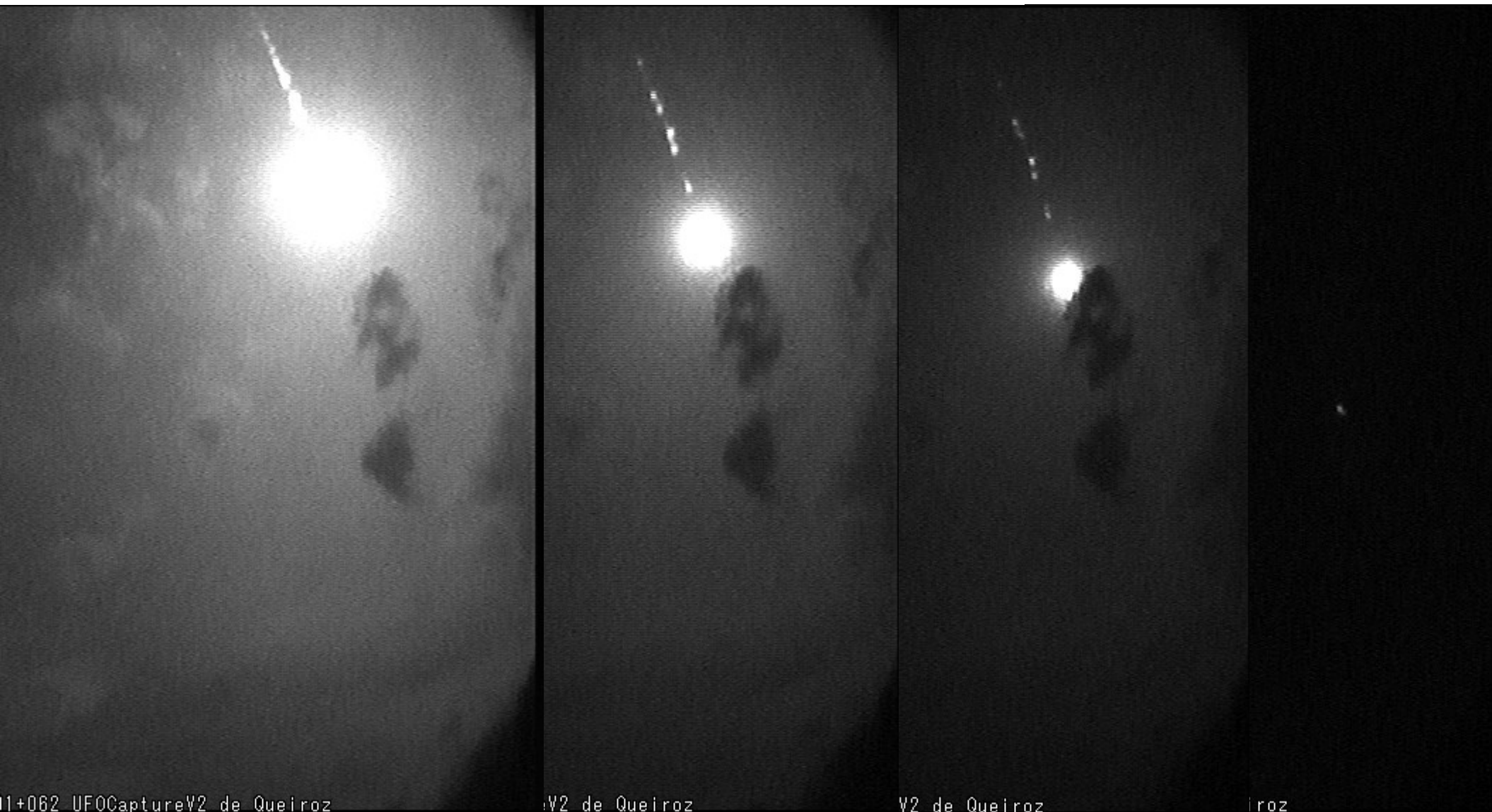
Vorgehensweise für Trajektorienbestimmung

Räumliche Berechnung der mittleren Trajektorie (aus den 9 ausgewählten Trajektorien):



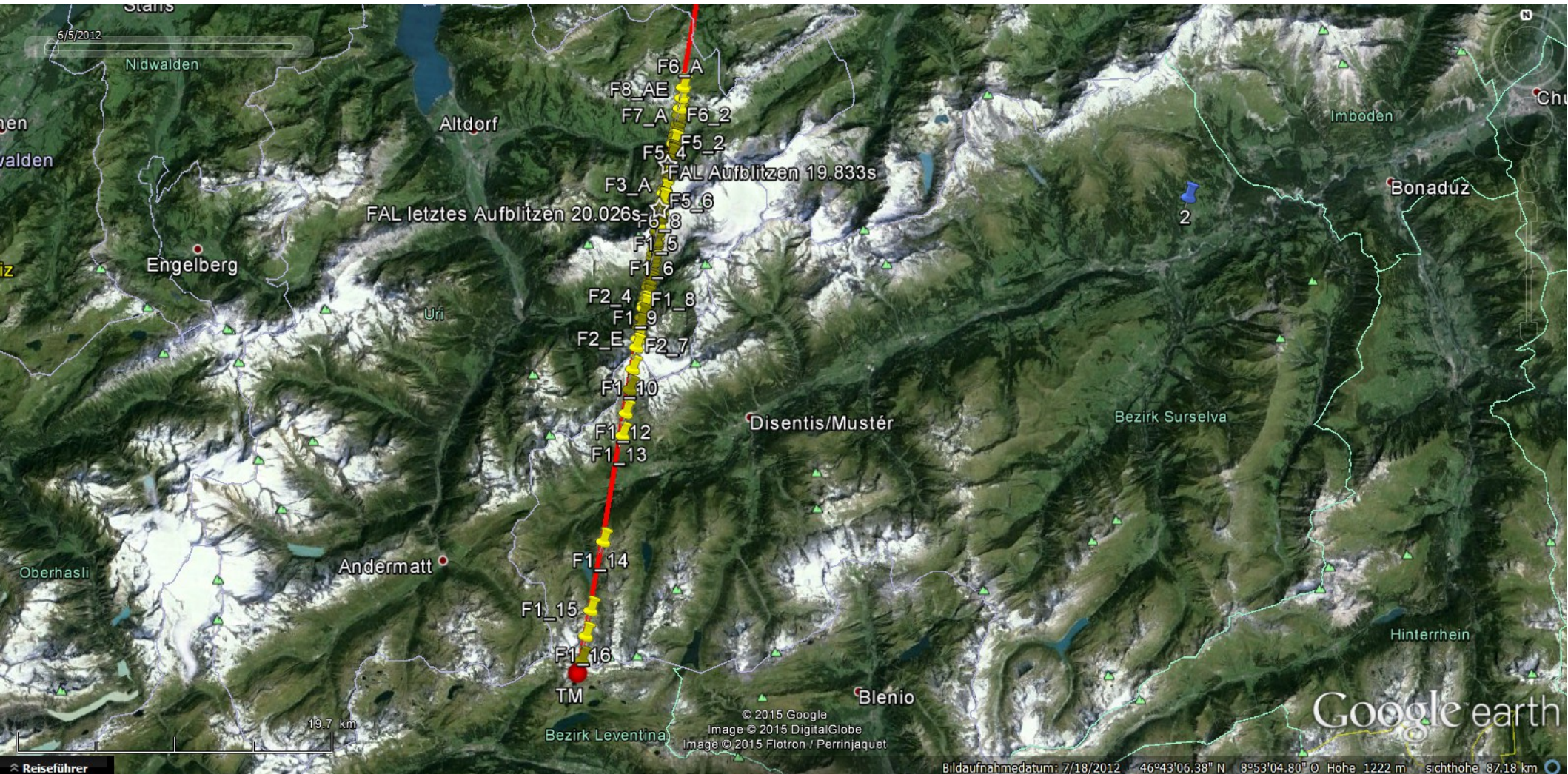
Detailauswertung von 8 Fragmenten aus Video FAL

Die detaillierten Aufzeichnungen von FAL erlaubten eine manuelle Vermessung von 8 einzelnen Fragmenten entlang ihrer Bahnspur. Vermessung mittels UFO-Analyzer.



Vermessene 8 Einzelfragmente

Bahnspur der 8 Einzelfragmente entlang der Trajektorie:



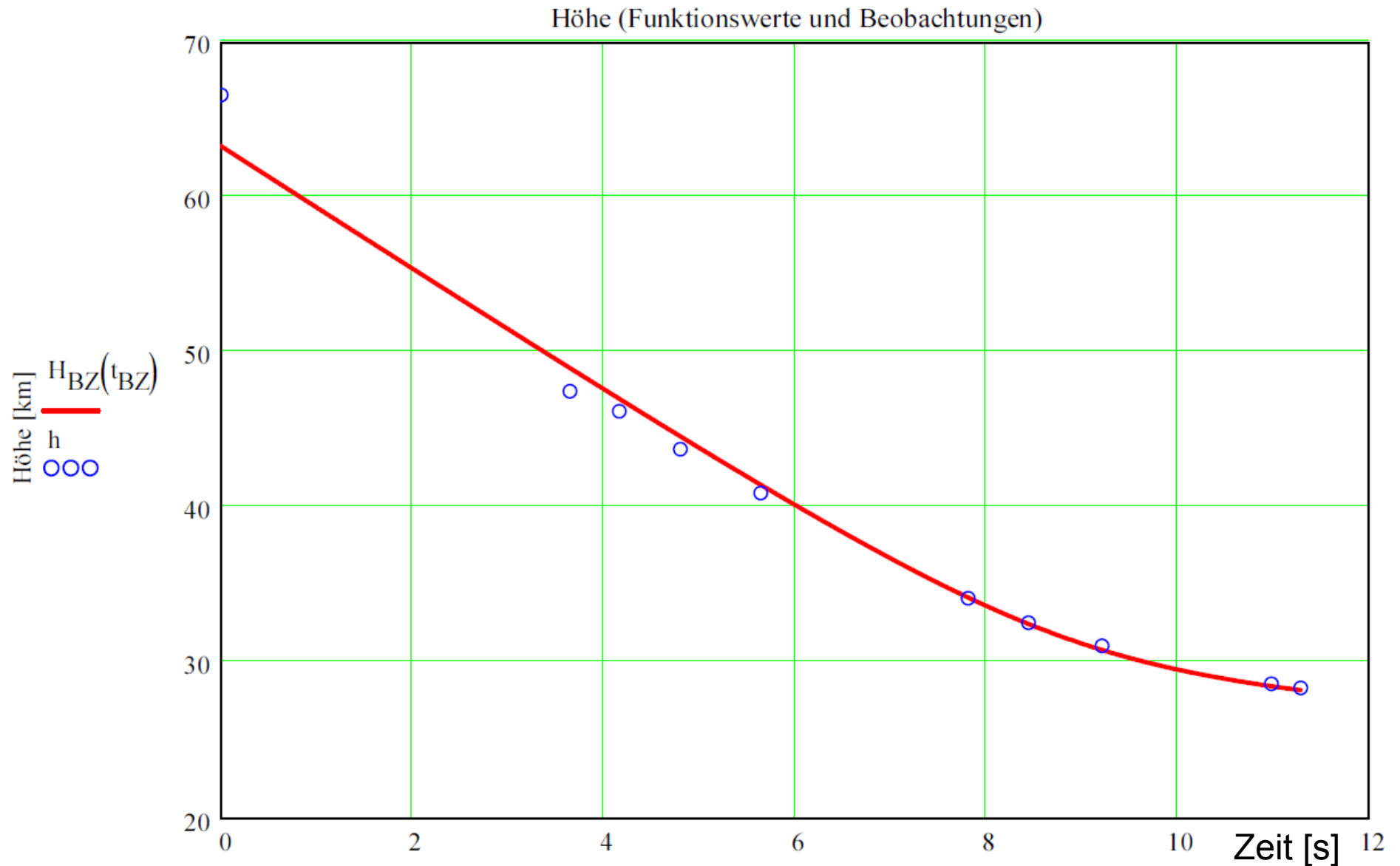
Vermessene 8 Einzelfragmente

Bahnspur der 8 Einzelfragmente entlang der Trajektorie (vergrößerter Ausschnitt):

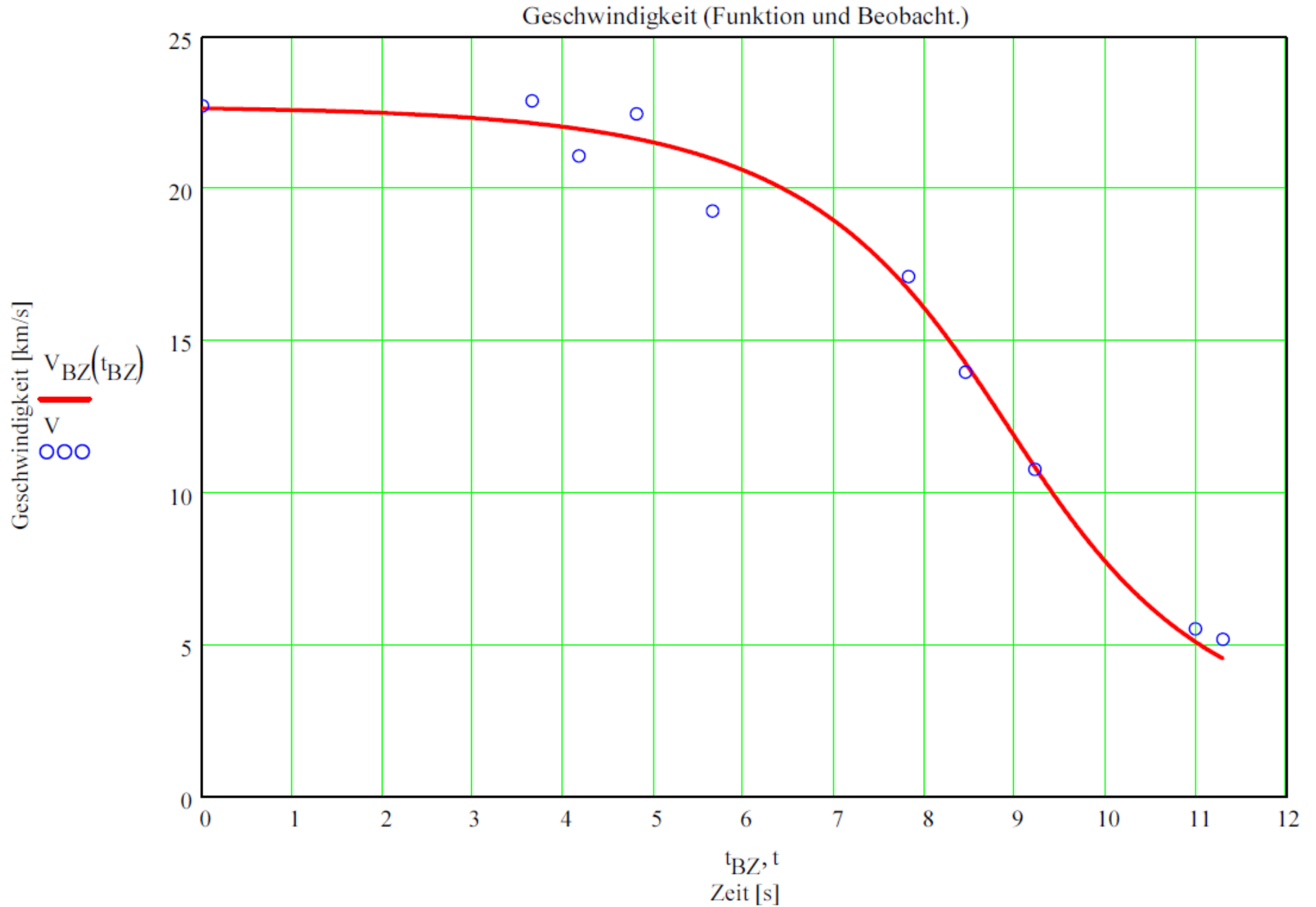


Ablationsberechnung

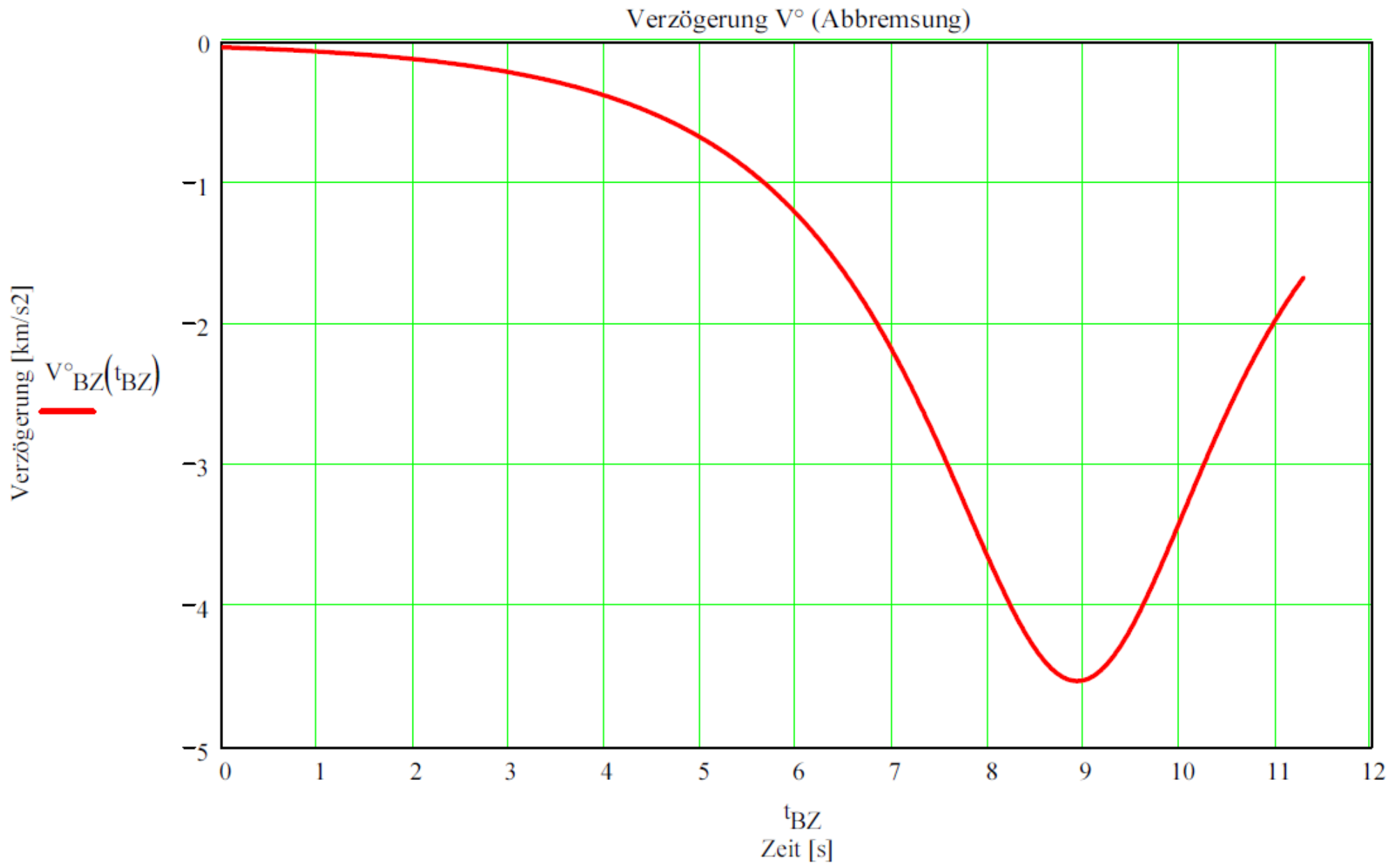
Basierend auf den Videodaten wurden einige Ablationsberechnungen durchgeführt. Ein Ergebnis-Beispiel dazu.



Ablationsberechnung

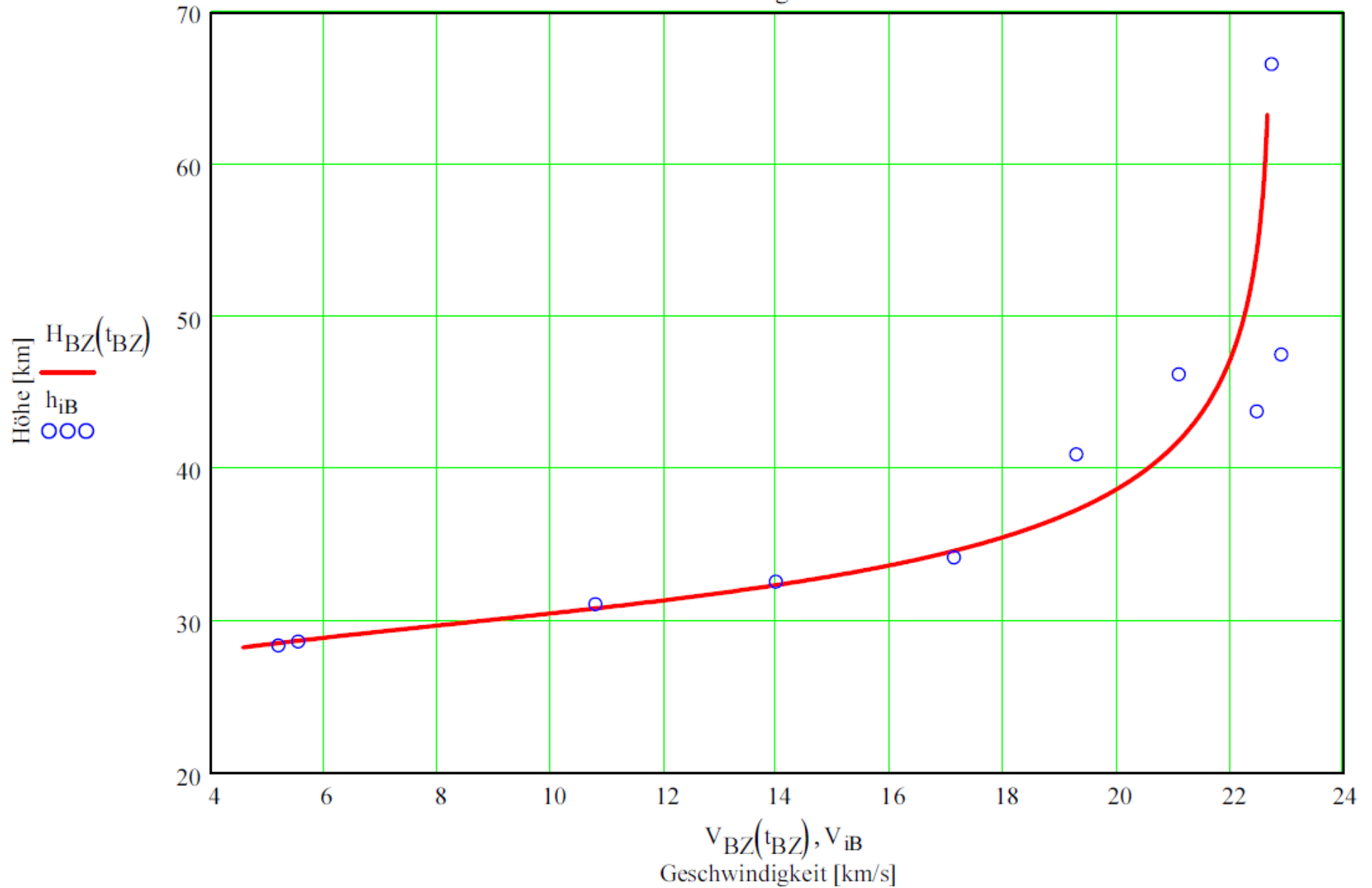


Ablationsberechnung



Ablationsberechnung

Geschwindigkeit - Höhe



Erfreuliche Zusammenarbeiten

In Zusammenhang mit den Auswertungen dieses Meteors entstanden einige neue, sehr erfreuliche Kontakte, u.a. auch mit:

Dr. Pavel Spurný

Department of Interplanetary Matter Head Astronomical Institute
Academy of Sciences of the Czech Republic Fricova 298
CZ-251 65 Ondrejov

Dr. Pavel Spurný ist der grosse Experte für die Auswertung von Feuerkugeln und die Bestimmung der Fallgebiete von Meteoriten. Er war sehr erfreut über unsere FMA-Gruppe und die Tatsache, dass es in der Schweiz Leute gibt, die Feuerkugeln erfassen und autonom auswerten können. Er hat uns die Zusammenarbeit für künftige Ereignisse in unserem Land angeboten. Ich benutzte die Gelegenheit die Ergebnisse mit den Auswertungen der tschechischen Kameras zu vergleichen. Diese konnten aufgrund ihrer grösseren Entfernung die Endphase nicht mehr aufzeichnen. Dennoch war die Übereinstimmung hervorragend (Differenz der extrapolierten Trajektorie etwa 300 m)!

Pavel Kalenda, Tschechien:

Arbeiten: Auswertung der Trajektorie aufgrund seismischer Daten.

Dr. John Clinton, Director of Seismic Networks, ETHZ.

Arbeiten: Datenlieferung der seismischen Aufzeichnungen.

Daten zur Trajektorie und deren Endpunkt

Für die Trajektorienbestimmung wurden die FMA-Daten verwendet.

Die Bestimmung der Geschwindigkeit basierend auf den FMA-Daten streute ziemlich stark. Ein mittlerer Wert lag bei etwa 5.2 km/s. Die Beschleunigung im Endpunkt des Hauptfragmentes lag im Bereich von 1.4 bis 1.9 km/s². Aus der detaillierten Modellierung der ganzen Bahnspur durch Dr. Pavel Spurný resultierten die Werte 5.5 km/s und 1.6 km/s². Diese legte ich als Basis für den Dunkelflug zugrunde. Aus den genauen Helligkeitswerten (bei den tschechischen Kameras 5000 Messungen pro Sekunde!) und des dynamischen Abbremsverhaltens während der Ablationsphase, berechnete er eine Restmasse von anfänglich 5kg, etwas später wurde diese auf 2.4 kg korrigiert.

Zusammenfassung der Daten zur berechneten **Trajektorie** und für den Endpunkt des Hauptfragmentes:

Startpunkt:

Geografische Breite: 48.2111°N
Geografische Länge: 9.3011° E
Höhe: 65.37 km
Geschwindigkeit: ca. 20.6 km/s

Endpunkt:

Geografische Breite: 46.5692°N
Geografische Länge: 8.7019° E
Höhe: 27.84 km
Bahnneigung: 10.36°
Richtungswinkel: 193.70°
Geschwindigkeit: 5.5 km/s
Beschleunigung: -1.6 km/s²
Zeit UT: 19h44m23.352s

Modellierung des Dunkelfluges

Für die Modellierung des Dunkelfluges wurden die Wetterdaten von Payerne LSMP und Mailand LIML verwendet.

Das Hauptfragment F1 ist etwa 2.4 kg schwer (wenn es sich während des Dunkelfluges nicht mehr weiter geteilt hat!) und von seinem Verlöschpunkt aus noch etwa 35 km weiter geflogen, bevor es nach 168 Sekunden Dunkelflug am Boden aufschlug.

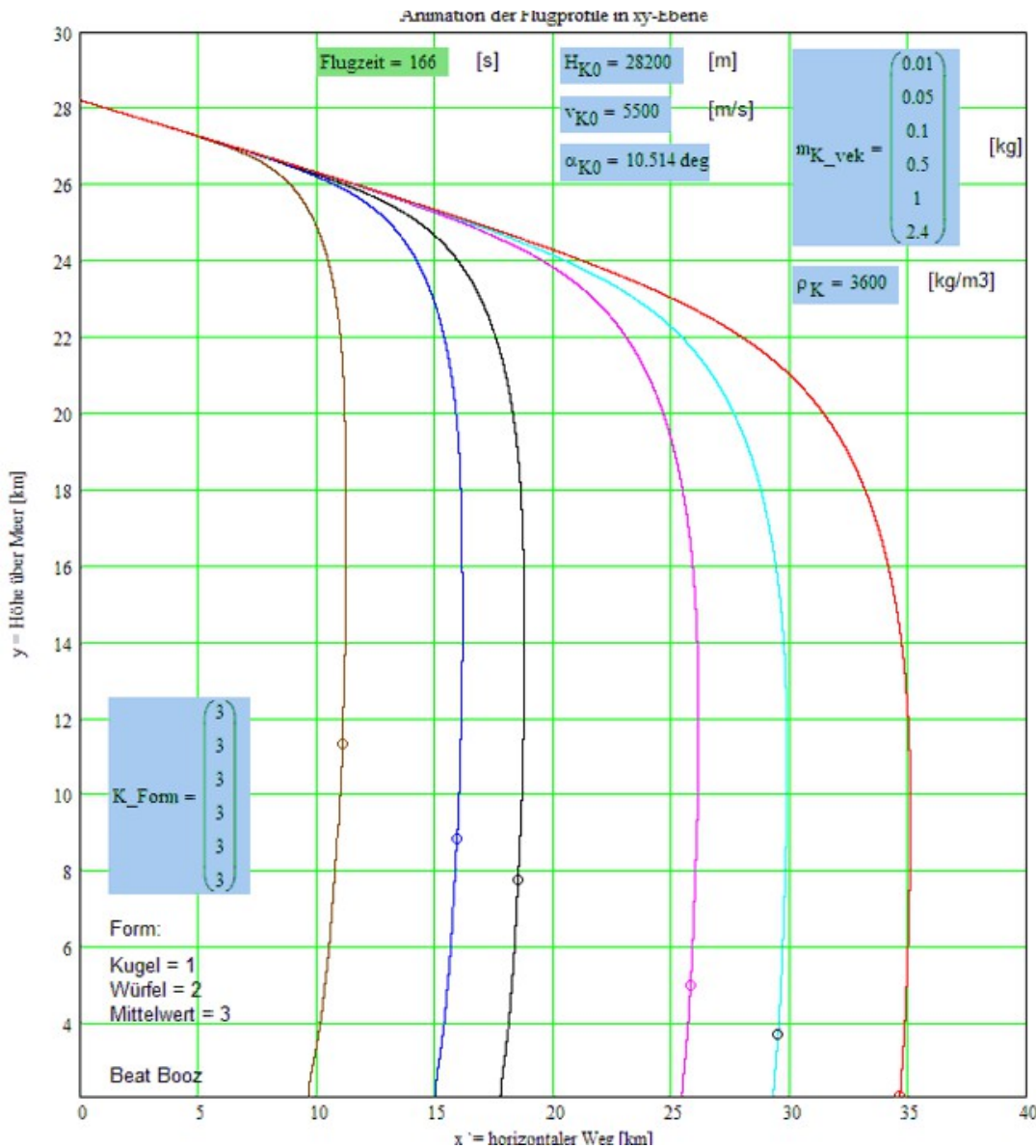
Für die restlichen 7 vermessenen Fragmente F2 bis F8 wurden separate Dunkelflugberechnungen durchgeführt. Dies mit Massen von wenigen bis zu einigen hundert Gramm.

Die Ergebnisse zeigten einen Winddrift nach Westen von etwa 1 km für das Hauptfragment bis zu 2 km für Fragmente mit Gewichten um die 10 g.

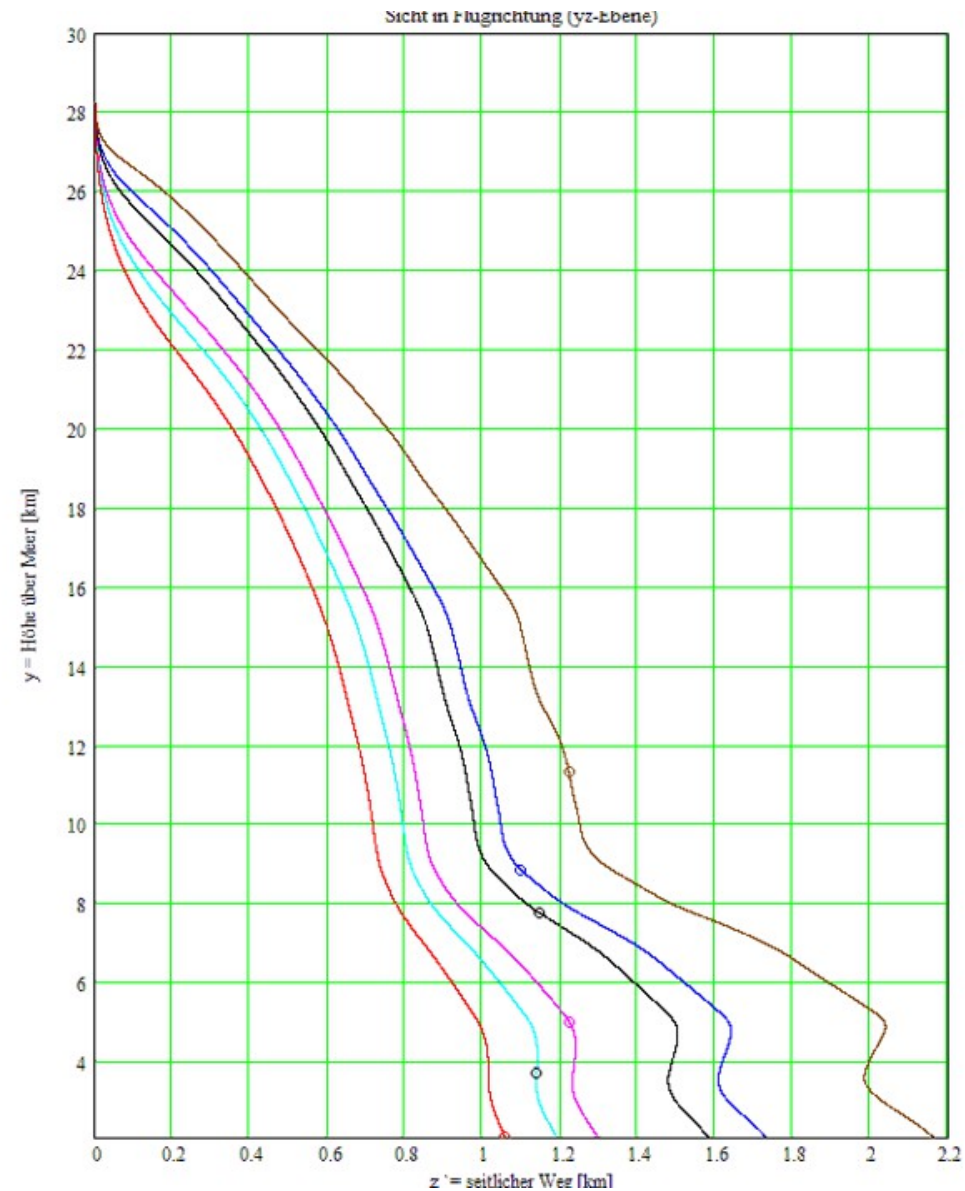
Das nachfolgende Beispiel zeigt eine Dunkelflugsimulation ab Startpunkt F1 mit Gewichten von 2.4 kg bis hinab zu 10 g.

Modellierung des Dunkelfluges

Profil seitlich:

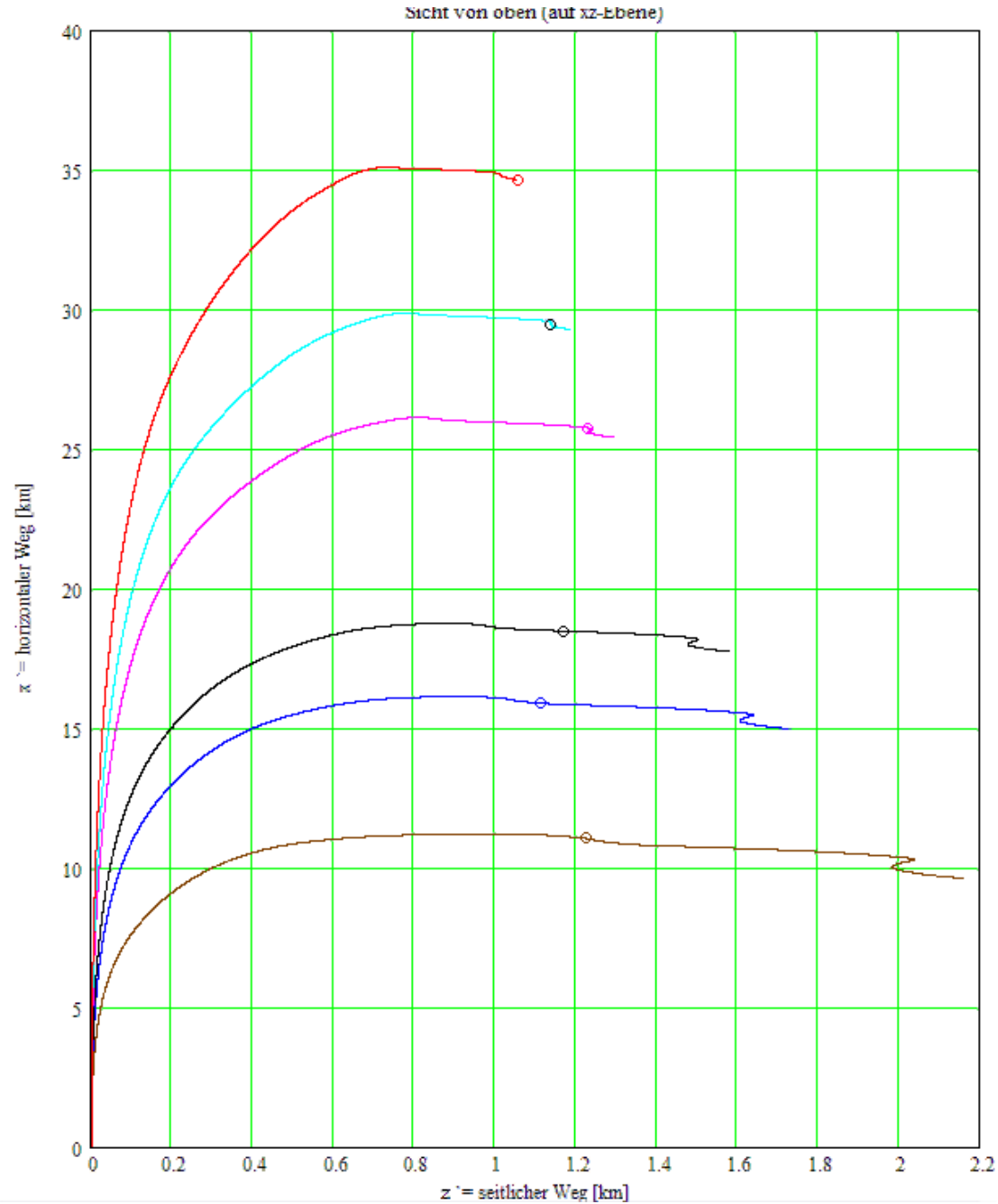


In Flugrichtung:



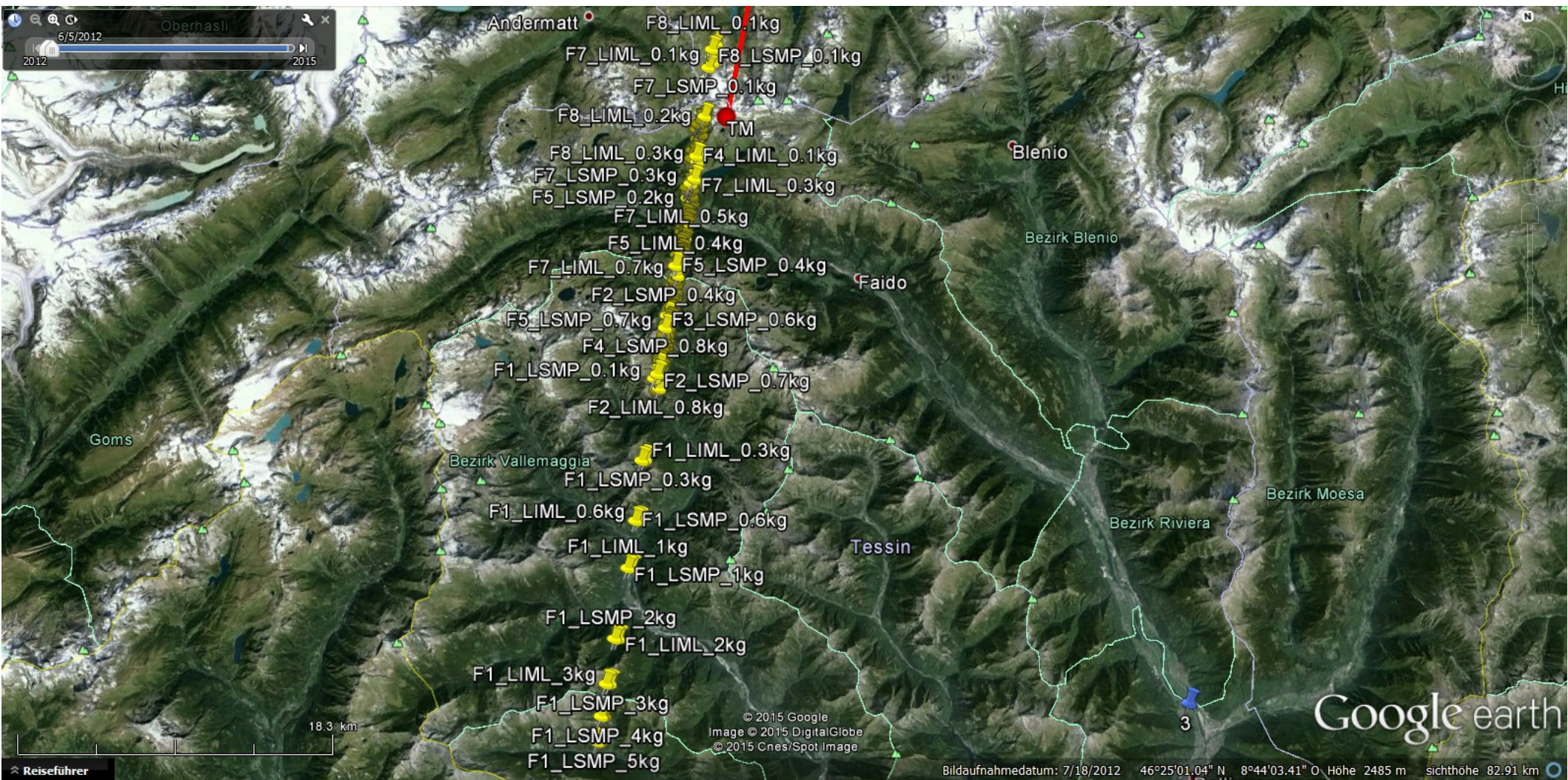
Modellierung des Dunkelfluges

Sicht von oben:



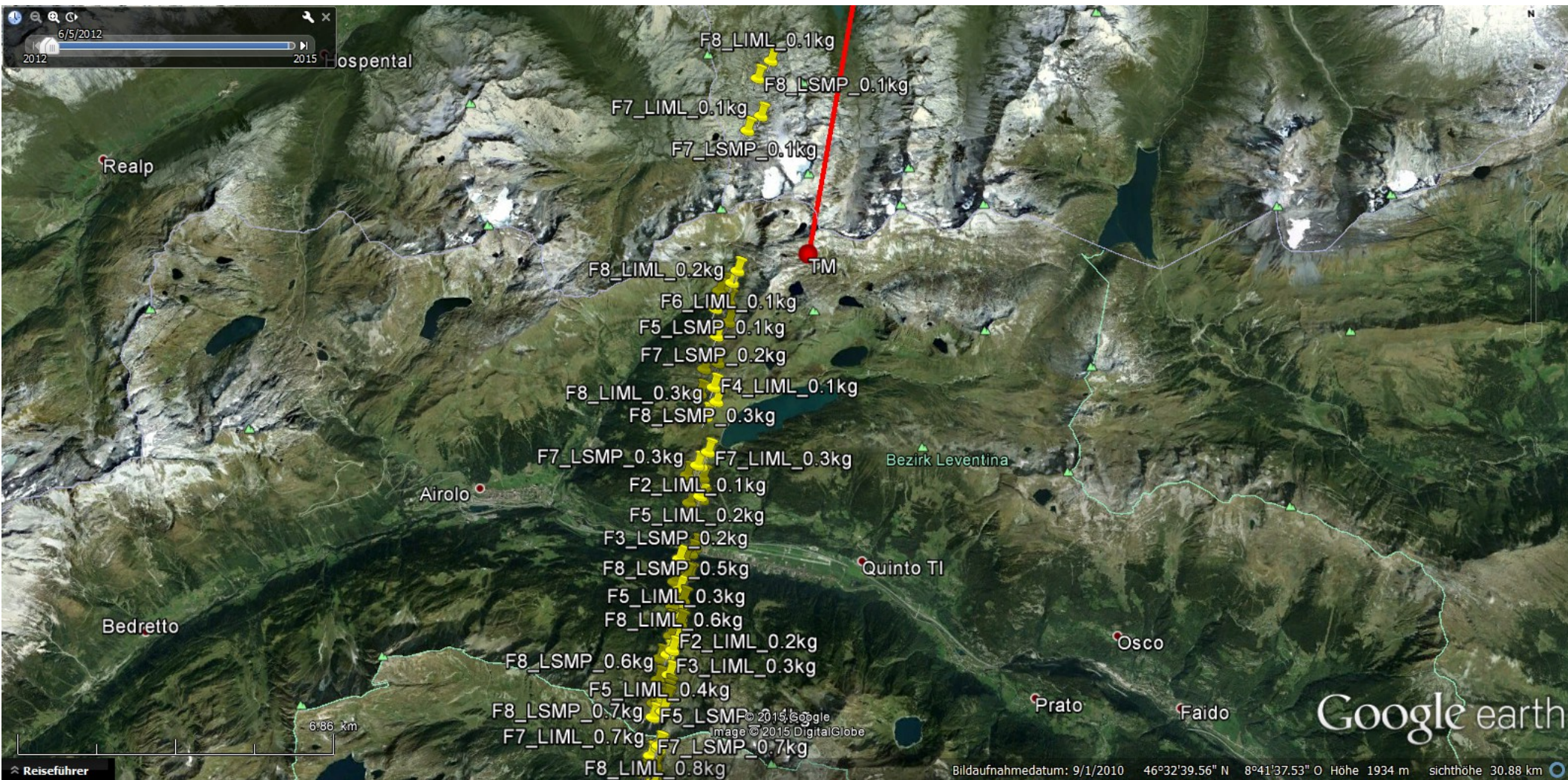
Modellierung des Dunkelfluges

Mögliche Auftreffpunkte der Fragmente:



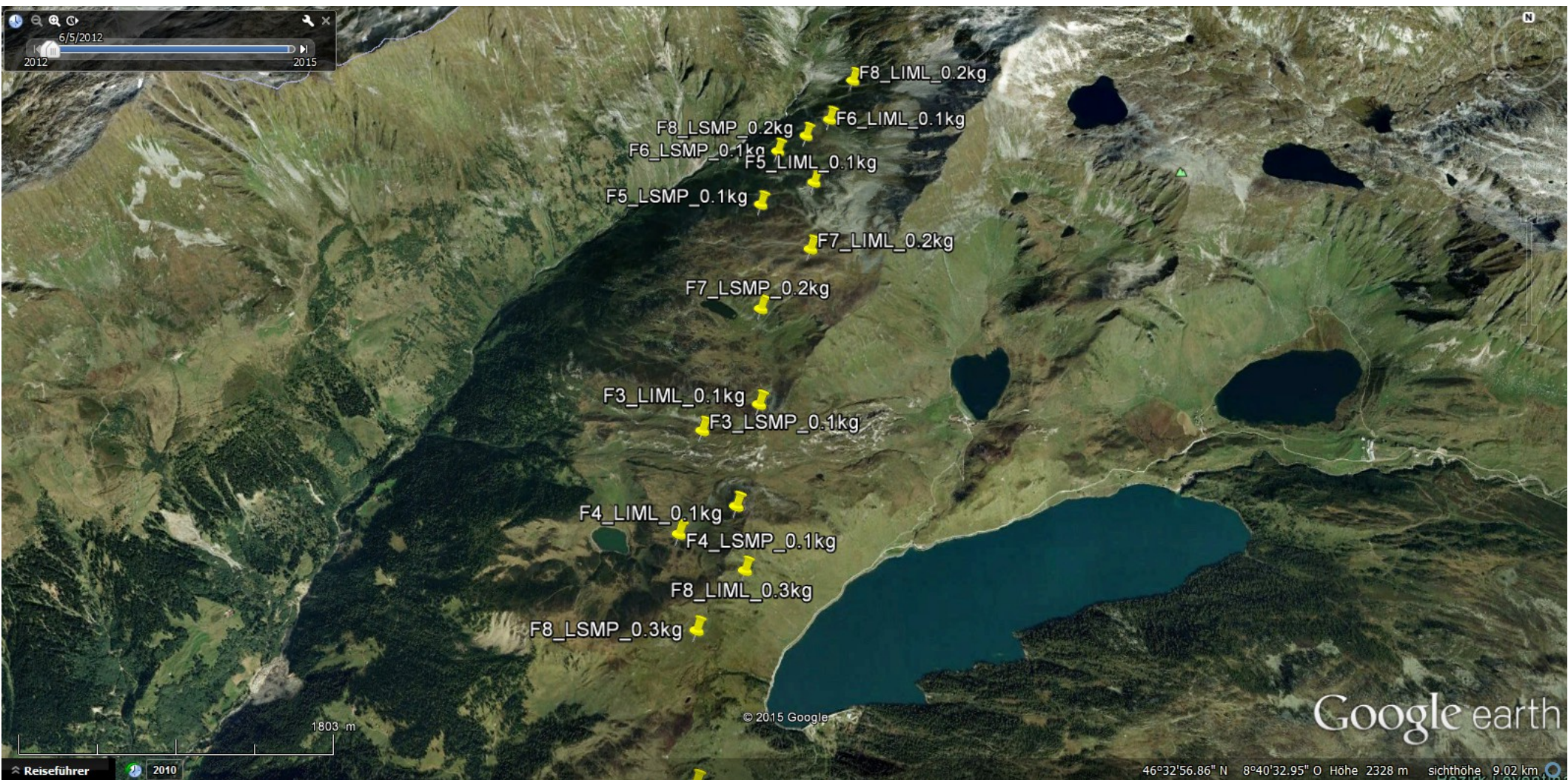
Modellierung des Dunkelfluges

Mögliche Auftreffpunkte der Fragmente, nördlicher Ausschnitt:



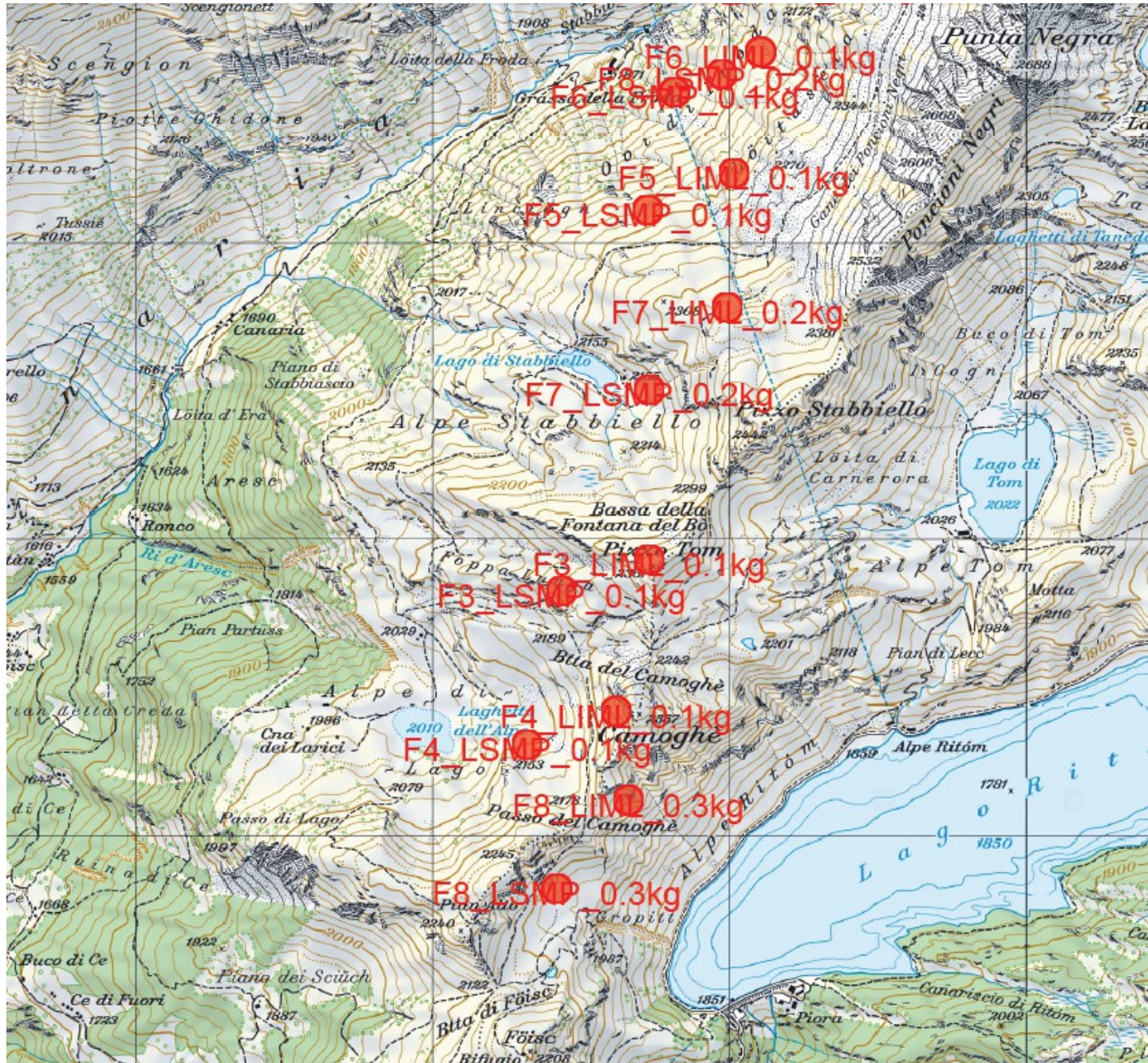
Modellierung des Dunkelfluges

Mögliche Auftreffpunkte der Fragmente, nördlicher Ausschnitt, Vergrößerung:



Meteoritensuche

Beispielkarte, welche für die Suche erstellt wurde:



Meteoritensuche

Beispiel eines mittels GPS aufgezeichneten Such-Tracks:

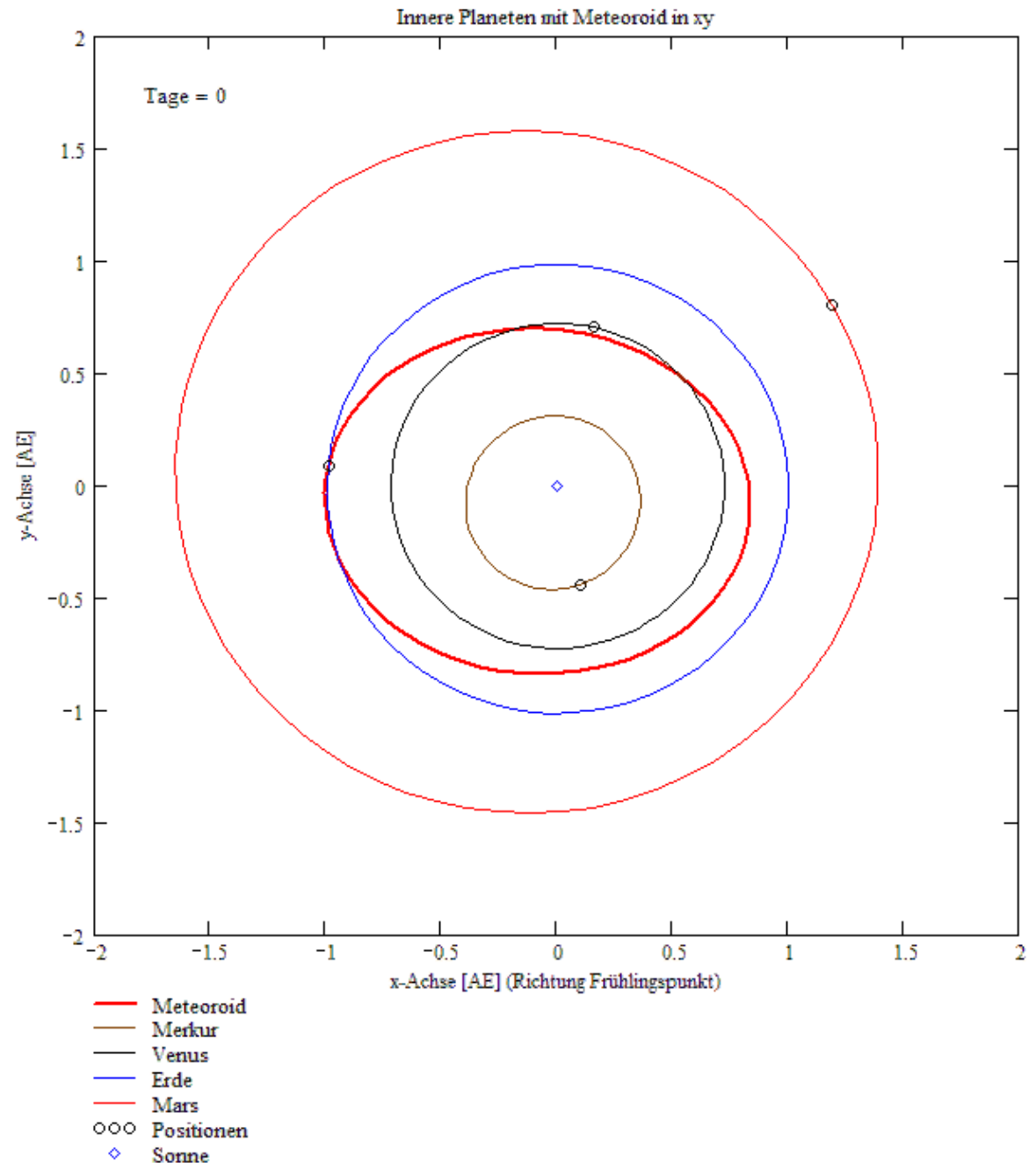


Bahnelemente – Ursprüngliche Bahn um die Sonne

Aus der Trajektorie und der ermittelten Geschwindigkeit relativ zur Erde, wurde auch die ursprüngliche Umlaufbahn um die Sonne berechnet.

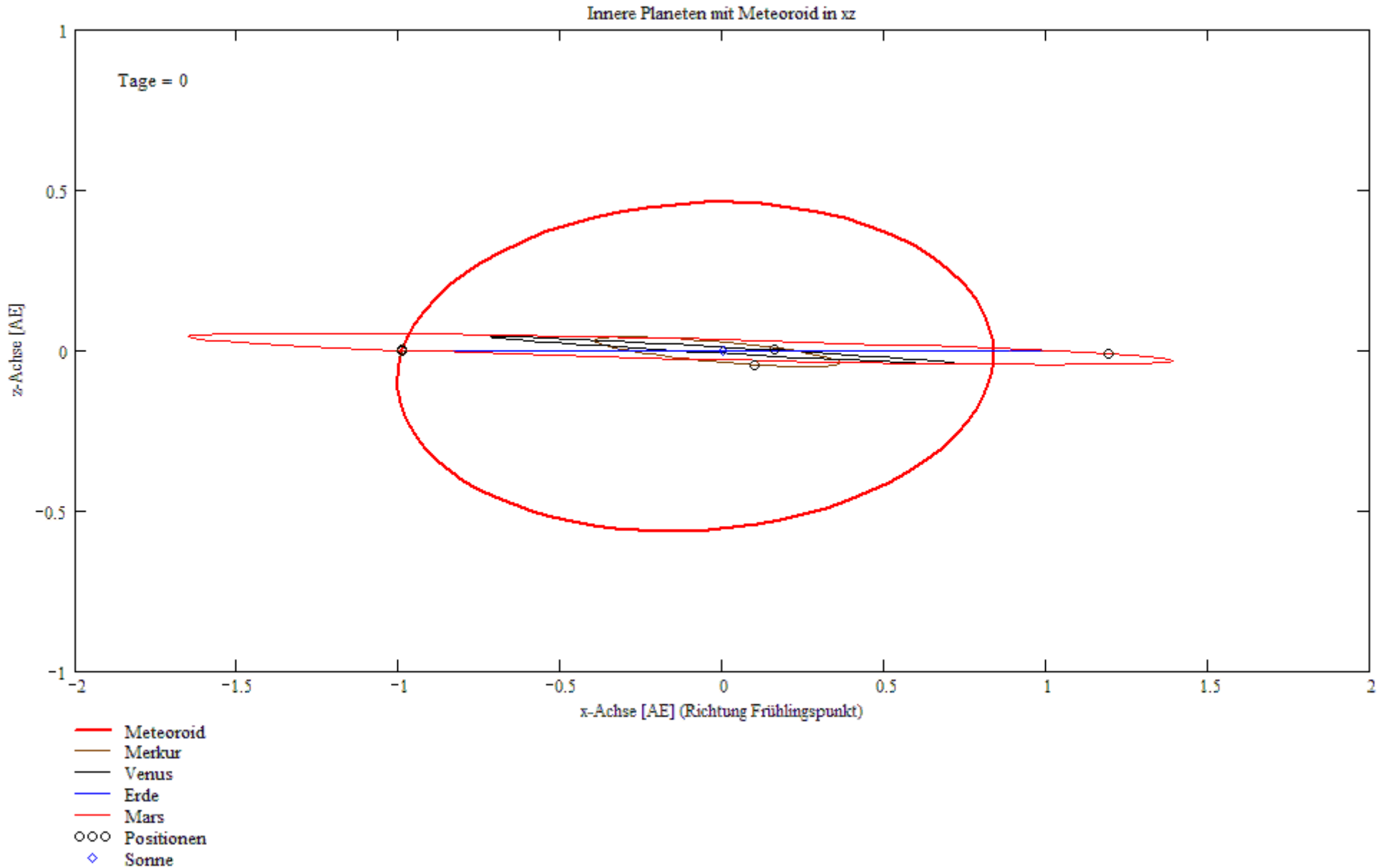
Dabei zeigte sich, dass der Meteoroid, welcher die Feuerkugel vom 15.3.2015 verursacht hatte, nicht aus dem Asteroidengürtel kam. Es handelt sich um den seltenen Aten-Typ. Diese Meteoroiden bewegen sich auf elliptischen Bahnen im inneren des Sonnensystems und erreichen gerade noch die Erdbahn!

Aus diesem Grunde wäre es besonders interessant Meteoriten-Fragmente zu finden.



Bahnelemente – Ursprüngliche Bahn um die Sonne

Animation der ursprünglichen Bahn aus Sicht innerhalb Ekliptikebene:



Bahnelemente – Ursprüngliche Bahn um die Sonne

Berechnete Bahnelemente für die Epoche 2000.0:

Grosse Halbachse: $a_M = 0.9265$ [AE]

Exzentrizität: $e_M = 0.1316$

Perihelabstand: $q_M = 0.8046$ [AE]

Bahnneigung (Winkel zwischen Ekliptik und Bahnebene): $i_{2000} = 33.7175$ deg

Länge des aufsteigenden Knotens: $\Omega_{2000} = 354.6884$ deg

Winkel zwischen Perihels und aufsteigendem Knoten: $\omega_{2000} = 50.0459$ deg

Perihellänge: $\omega^{\circ}_{2000} = 44.7344$ deg

Wahre Anomalie: $v_{\text{Datum}} = 129.9524$ deg

Umlaufzeit: $T_U = 325.7539$ [Tage]

Perihelzeit (UT): $t_0 = 2456990.87652437$ [Julianisches Datum]

Datum: Tag = 29 Monat = 11 Jahr = 2014

Zeit (UT): Stunden = 9 Minuten = 2 Sekunden = 11.706

Tage_dez = 29.376524

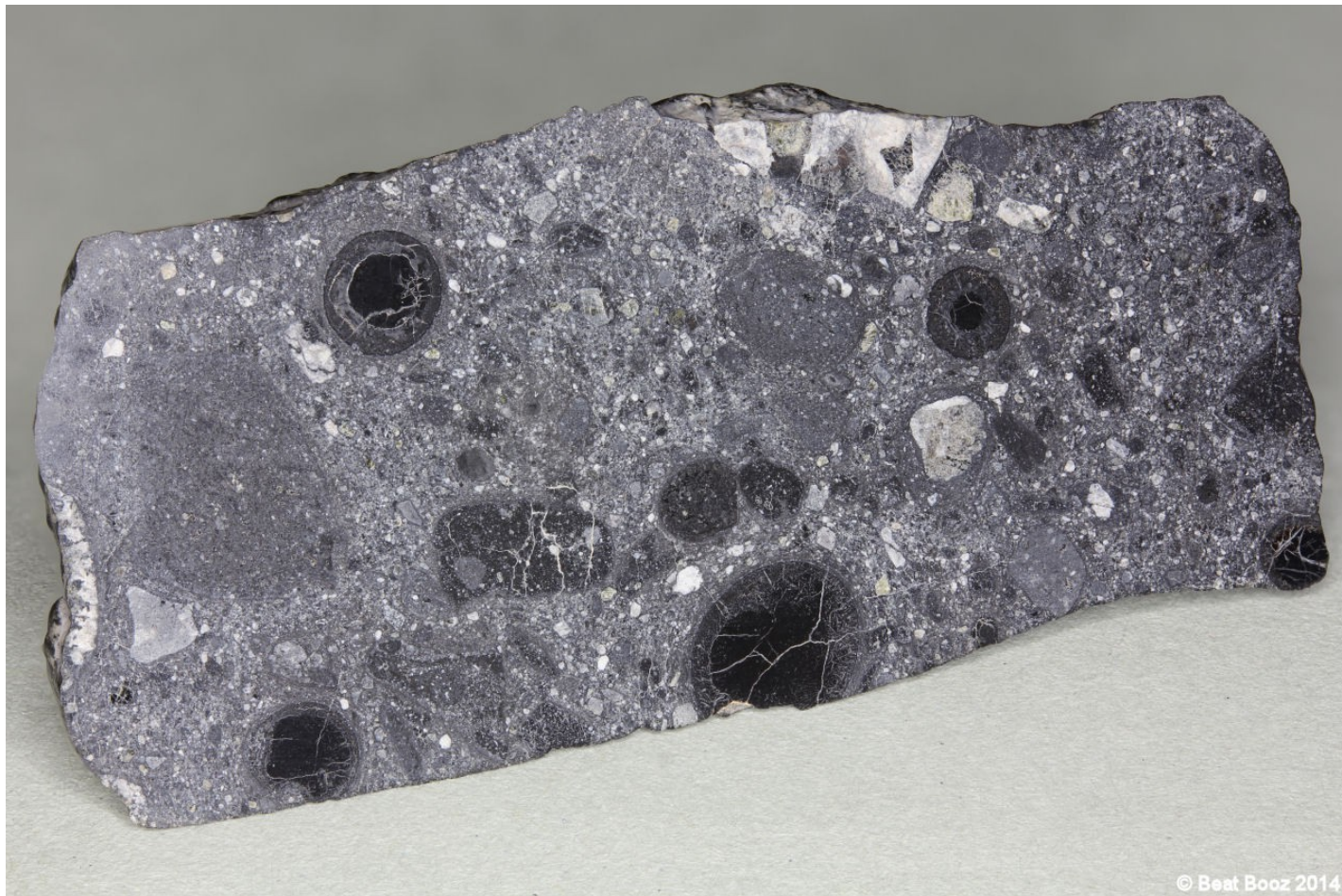
Dankeschön!

Vielen Dank an alle der FMA-Gruppe, die sich unermüdlich dafür einsetzen Meteore zu erfassen und die Daten zur Verfügung stellen. Ohne diese wertvolle Arbeit wäre eine Auswertung wie die eben gesehene nicht möglich!!

Meteoritensuche - Impressionen



Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!



© Beat Booz 2014