

# Analyse von Anflugtrajektorien des Flughafens Zürich

Basierend auf Open-Source Flugtrajektorien und  
swisstopo-Daten

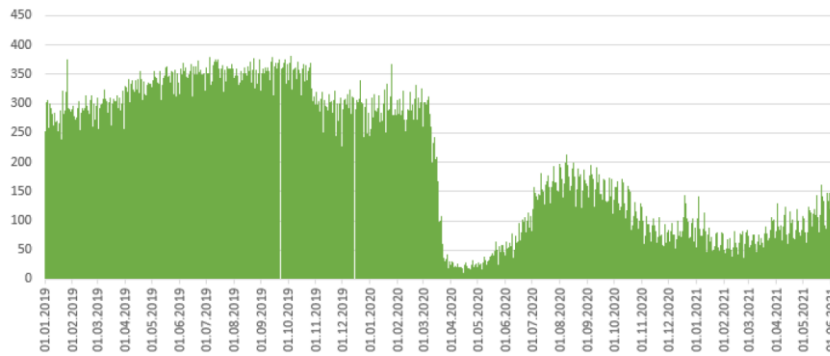
- Motivation
- Datenquellen
- Aufbereitung der Daten
- Erste Auswertungen
- Verwendung von TimeManager
- Offene Arbeiten

## **Fluglärmforum Süd** (fluglaermforum.ch)

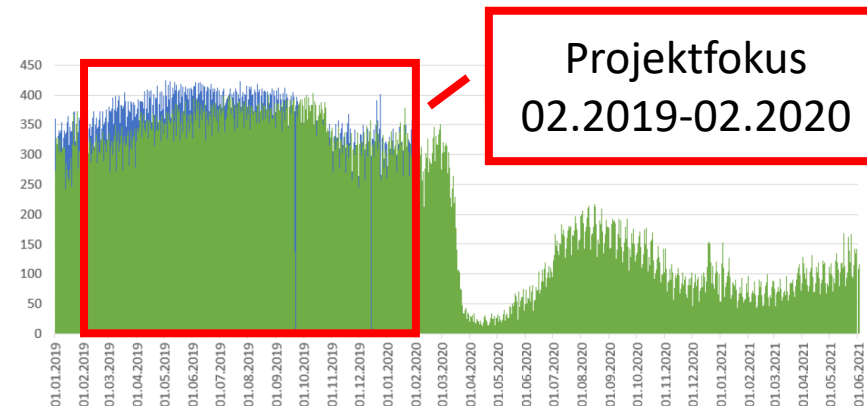
- Plattform der Gemeinden und Städte im Süden des Flughafens Zürich-Kloten (Kanton ZH)
- Sicht auf die Daten von realen Anflügen
- Vergleich der Trajektorien mit den vorgeschriebenen Anflugrouten
- Auswertung der Anflüge im Vergleich zum Terrain
- Vergleich der Anflüge zwischen den verschiedenen Anflugregimes (Nord, Süd)
- Diskussionsbasis für politische Prozesse

## OpenSky Network (opensky-network.org)

- Flugdaten und 3D-Trajektorien (offen für Forschung und Behörden)
- Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B)
- Bezug historischer Daten  
(Python-API [github.com/xoolive/traffic](https://github.com/xoolive/traffic), PostGIS-DB, mehrere Monate 24x7 Datendownload)
- Aktuell ca. 415'000 Trajektorien in DB (216k Abflüge, 199k Anflüge)



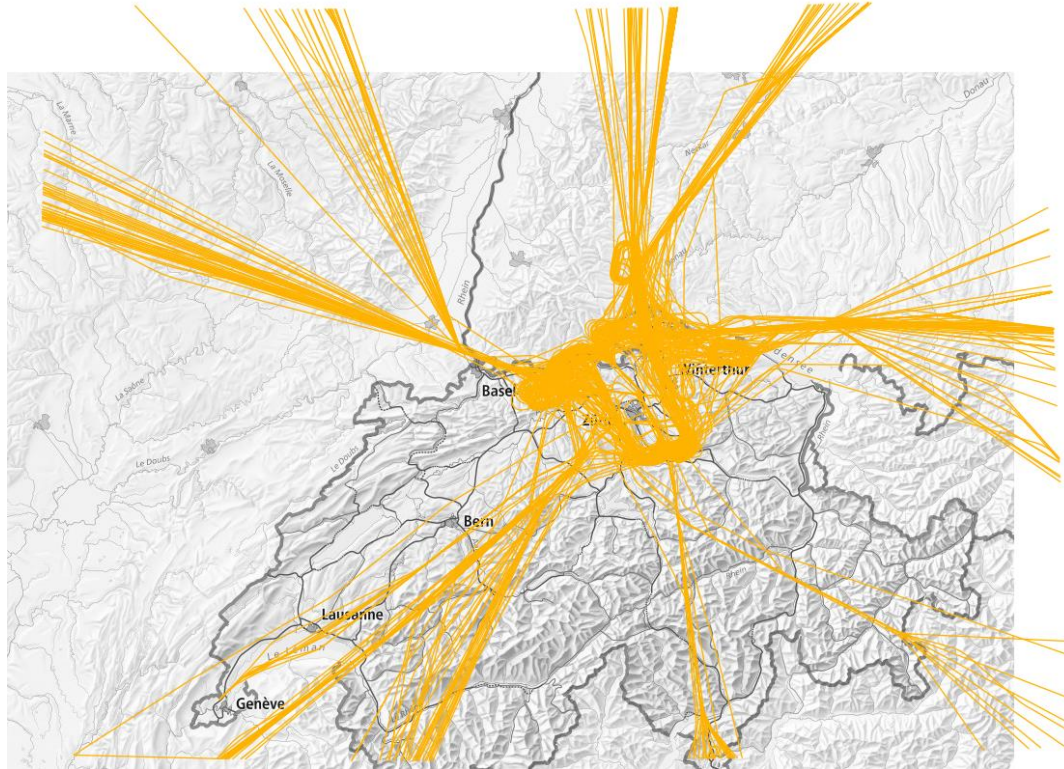
Abflüge 01.2019 – 06.2021



Anflüge 01.2019 – 06.2021

## OpenSky Network (opensky-network.org)

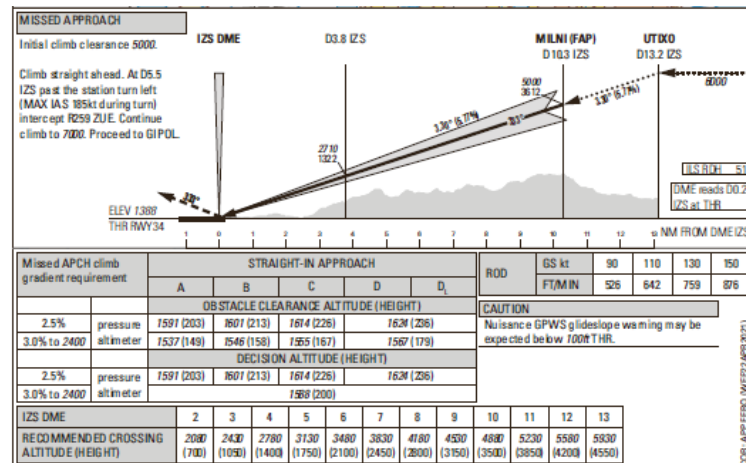
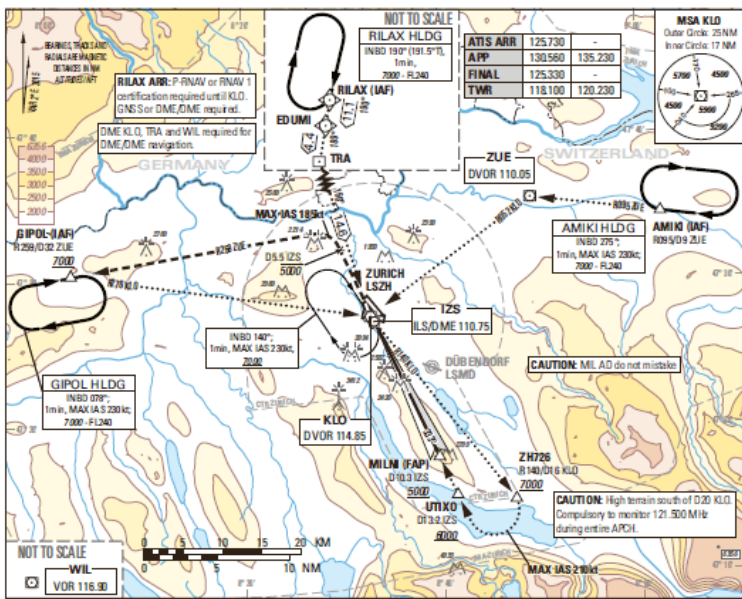
- Beschränkung auf Flughafen Zürich-Kloten sowie Perimeter Schweiz



QGIS Anwendergruppe Schweiz  
Anwendertreffen Bern 2022

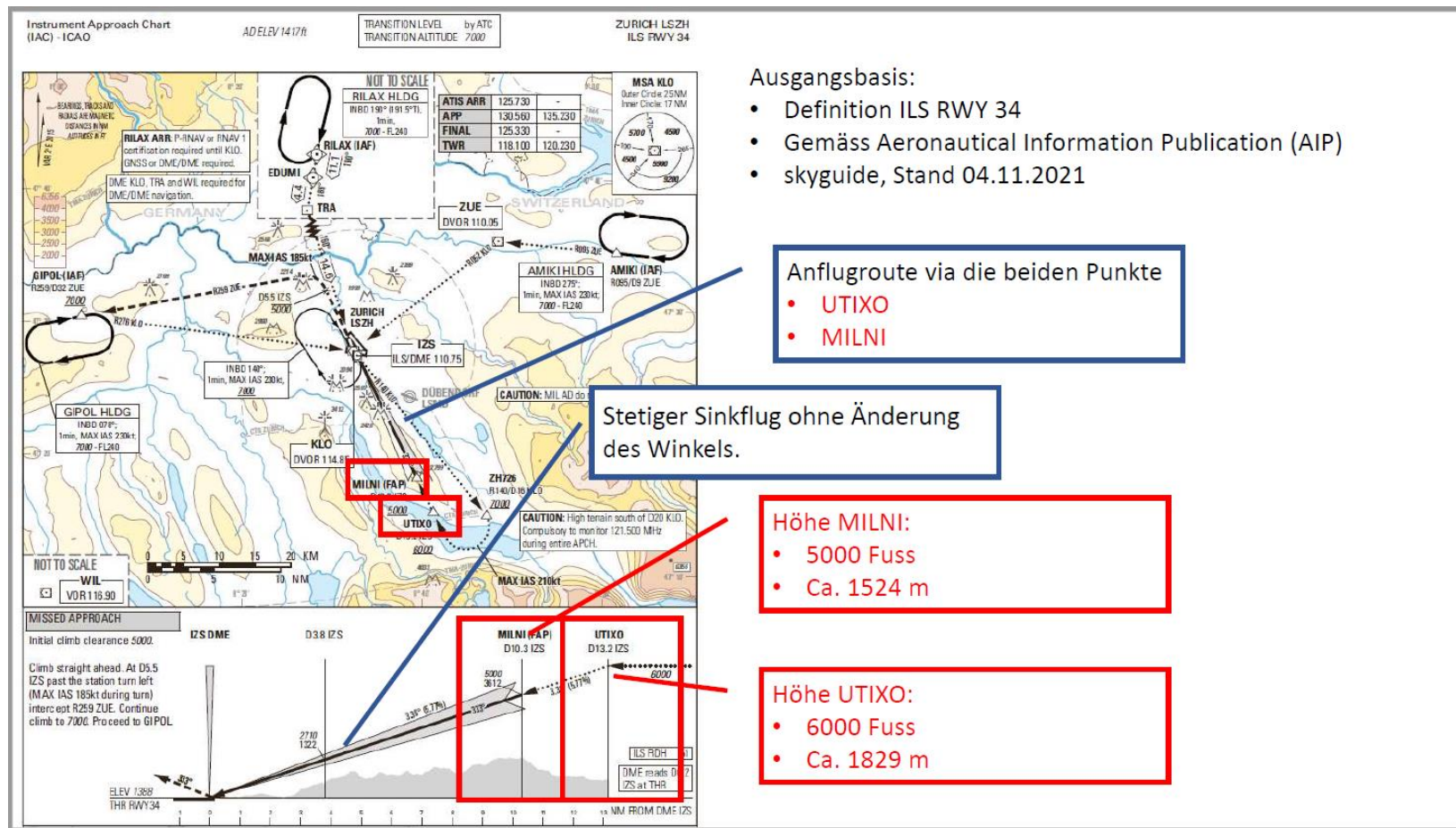
## Aeronautical Information Publication (AIP) (skyguide.ch)

- Jährliche Publikation über die Luftraumorganisation
- Navigations- und An-/Abflugbeschreibungen
- PDF oder Hardcopy (keine Bezüge von Geodaten)





## Aeronautical Information Publication (AIP) (skyguide.ch)



- Ausgangsbasis:
- Definition ILS RWY 34
  - Gemäss Aeronautical Information Publication (AIP)
  - skyguide, Stand 04.11.2021

Anflugroute via die beiden Punkte

- UTIXO
- MILNI

Stetiger Sinkflug ohne Änderung des Winkels.

Höhe MILNI:

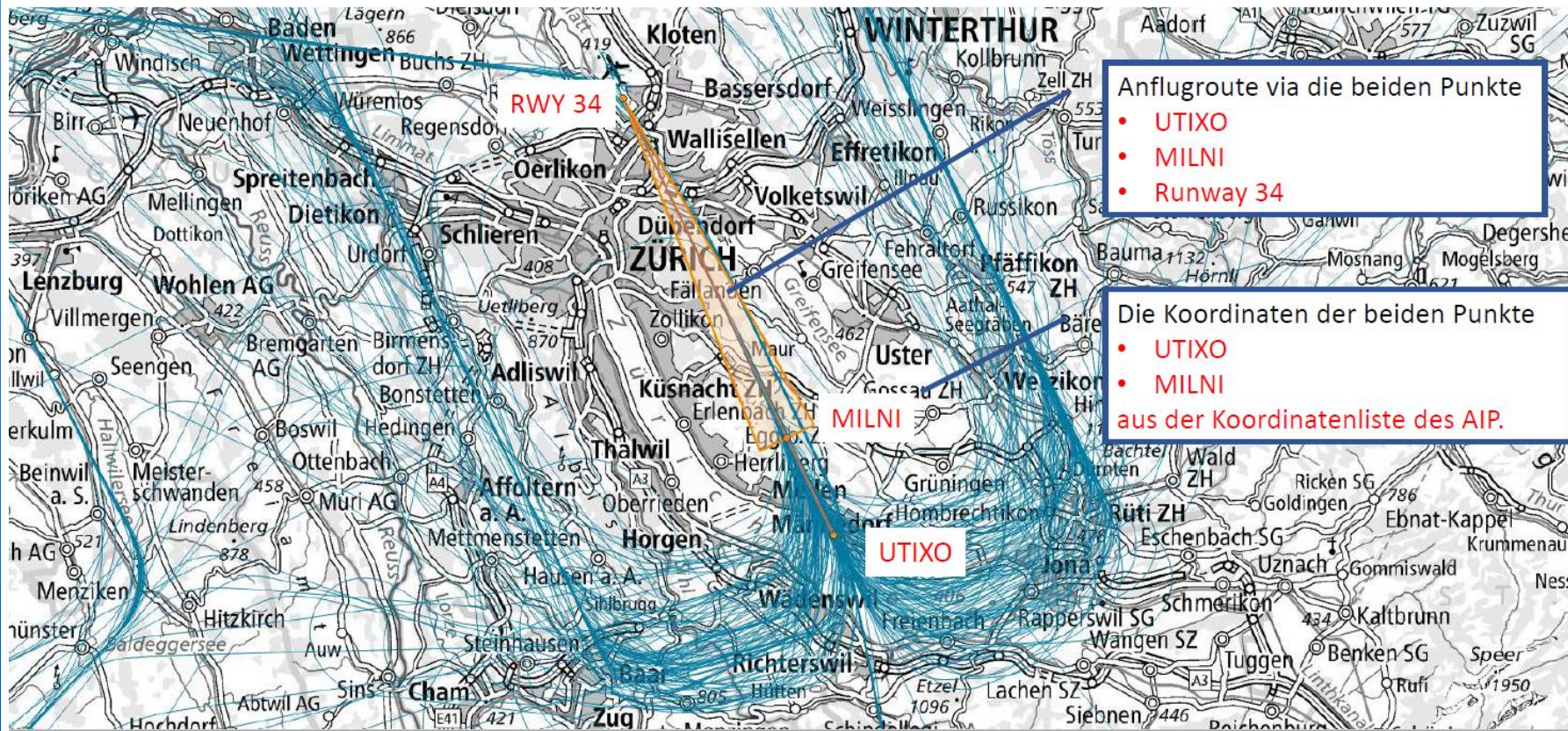
- 5000 Fuss
- Ca. 1524 m

Höhe UTIXO:

- 6000 Fuss
- Ca. 1829 m

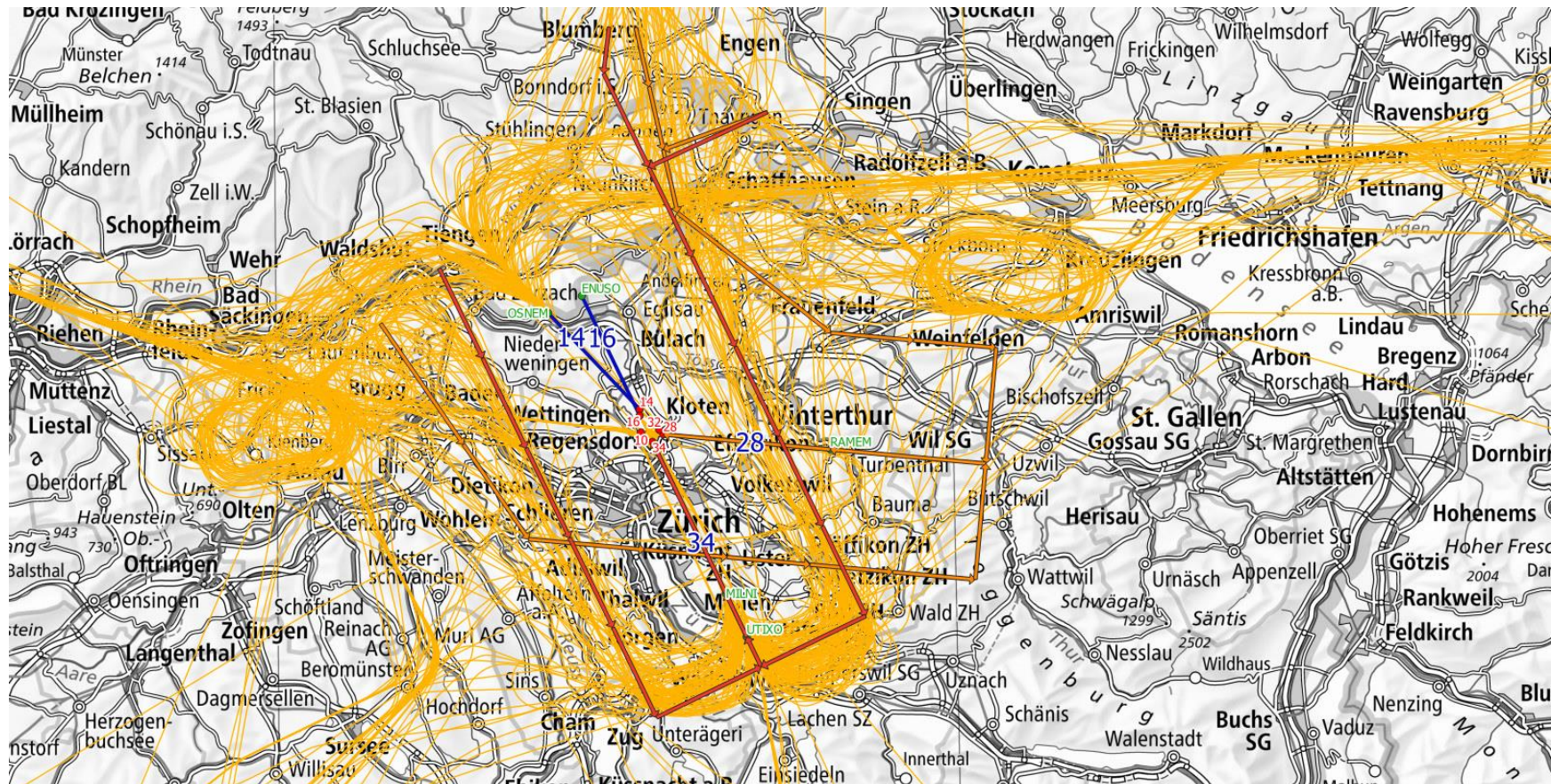


## Aeronautical Information Publication (AIP) (skyguide.ch)





## Aeronautical Information Publication (AIP) (skyguide.ch)

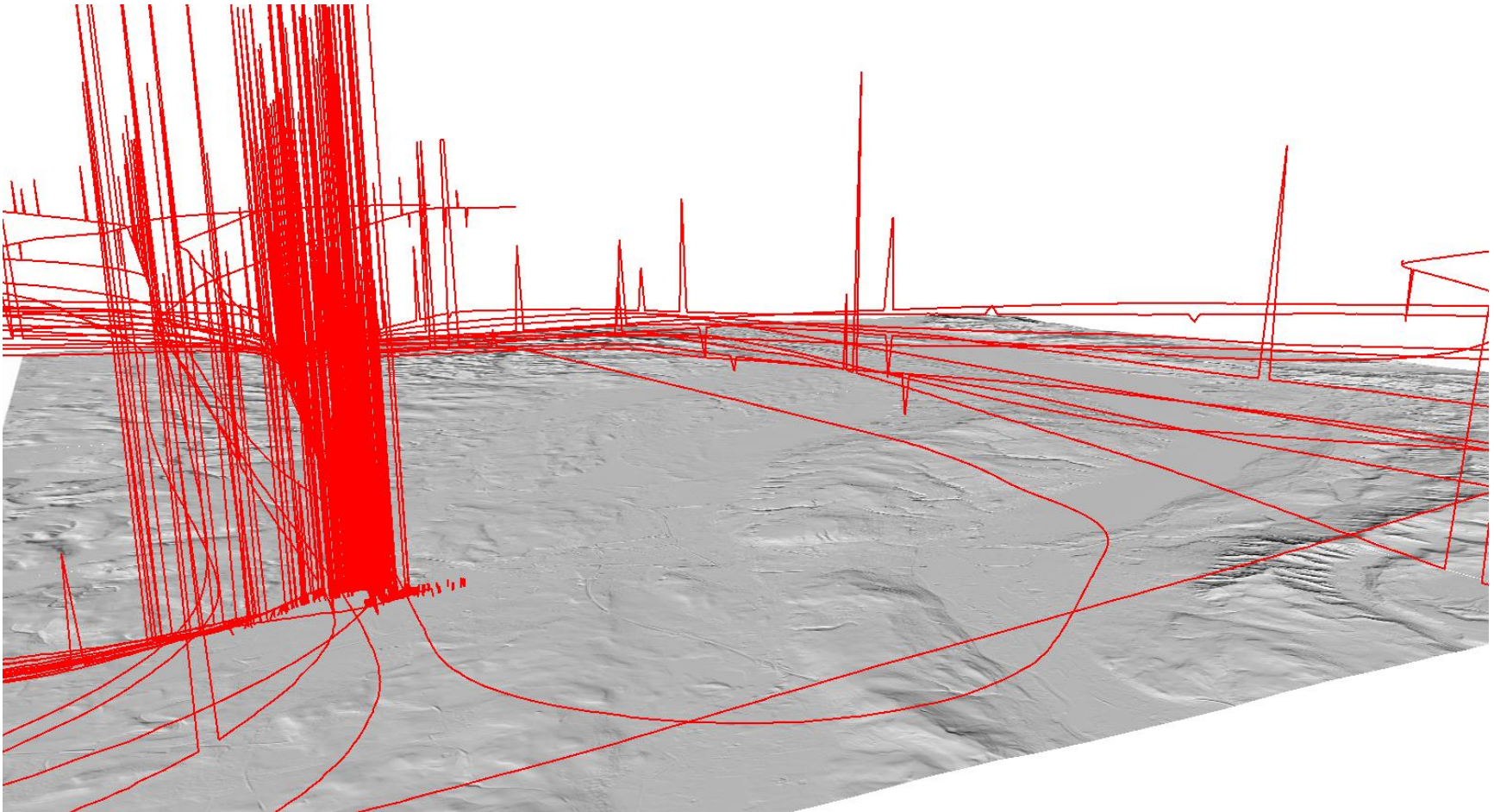


## Bereinigung Geometrien Trajektorien

- Umwandlung von *feets* in *meters* für Z
  - Normierung auf Ebene Flughafen
  - Elimination von Ausreiser in Z-Richtung
- 
- Python-Code, Loop durch alle Vertex, Elimination von Abschnitten mit unrealistischen Neigungswerten.
  - Speicherung der originalen und bereinigten Geometrien in der Datenbank

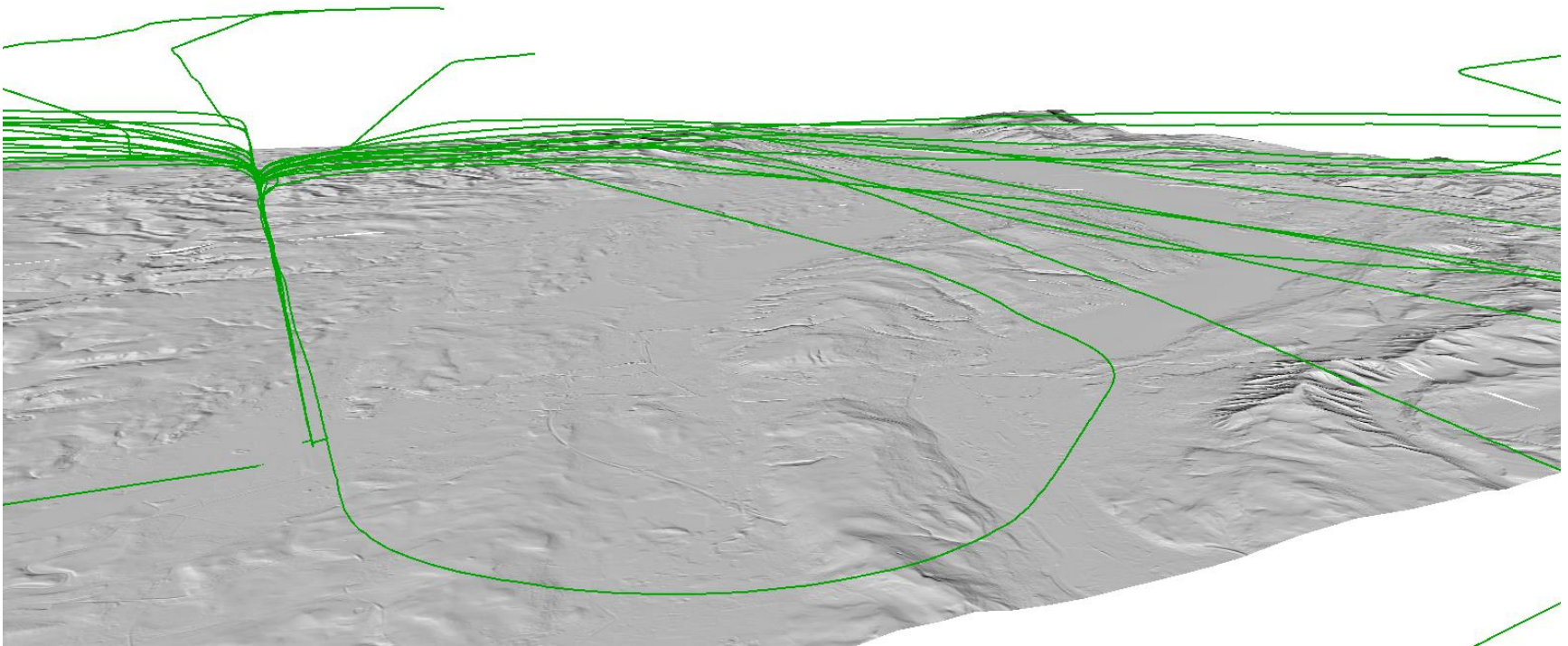


## Bereinigung Geometrien Trajektorien -> Original





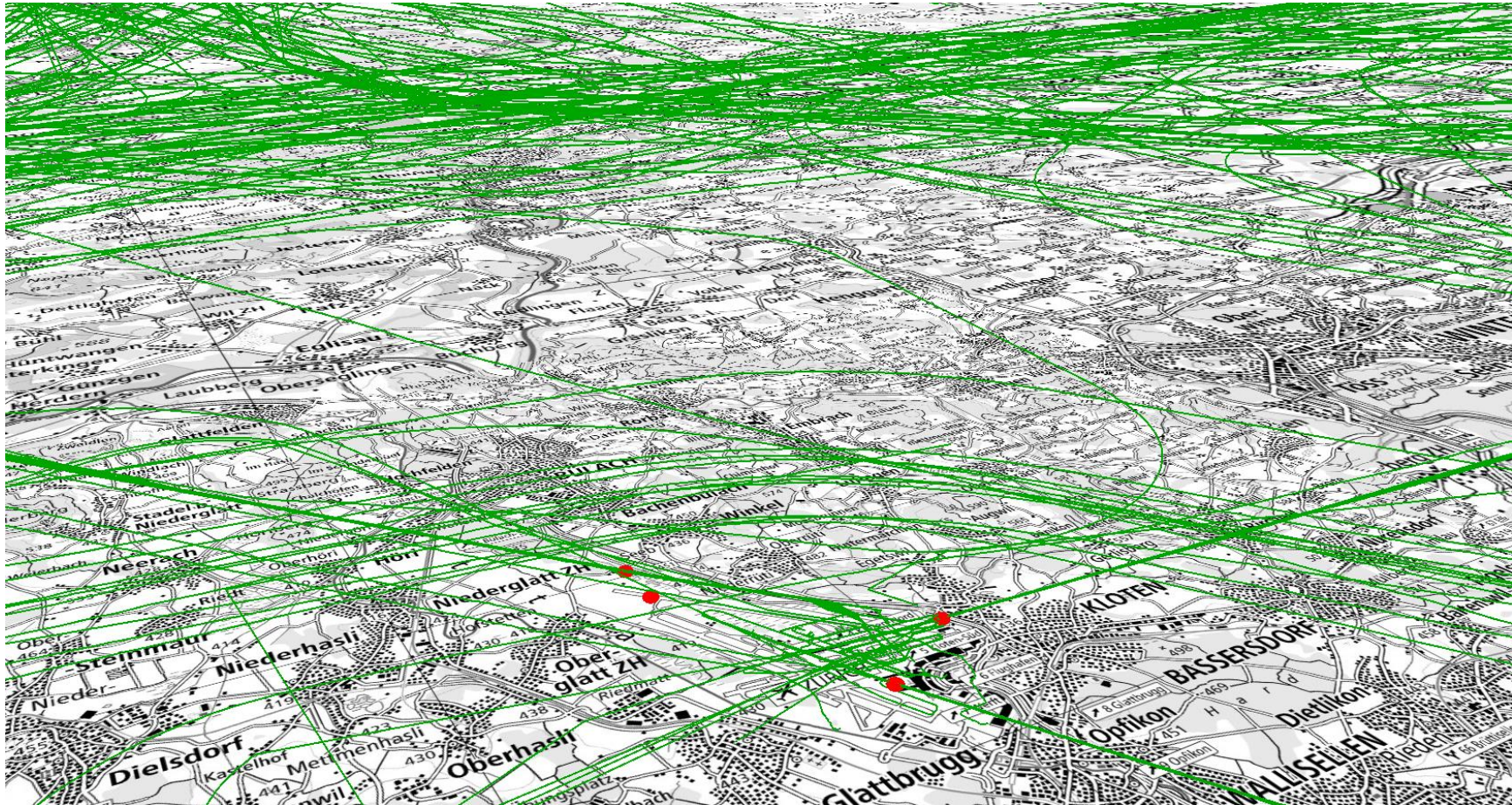
## Bereinigung Geometrien Trajektorien -> Bereinigt





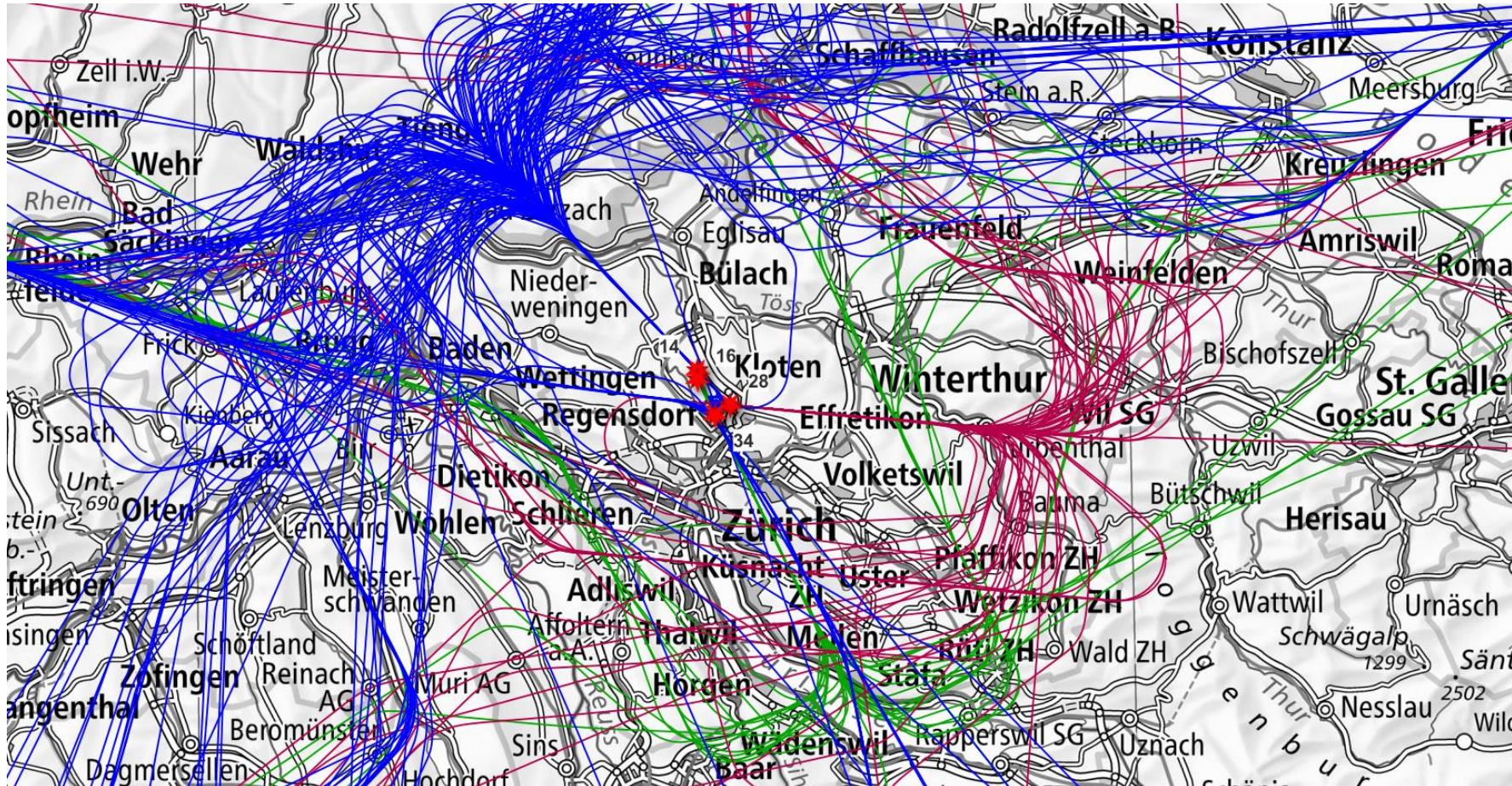


## Zuordnung Trajektorien zu Pisten

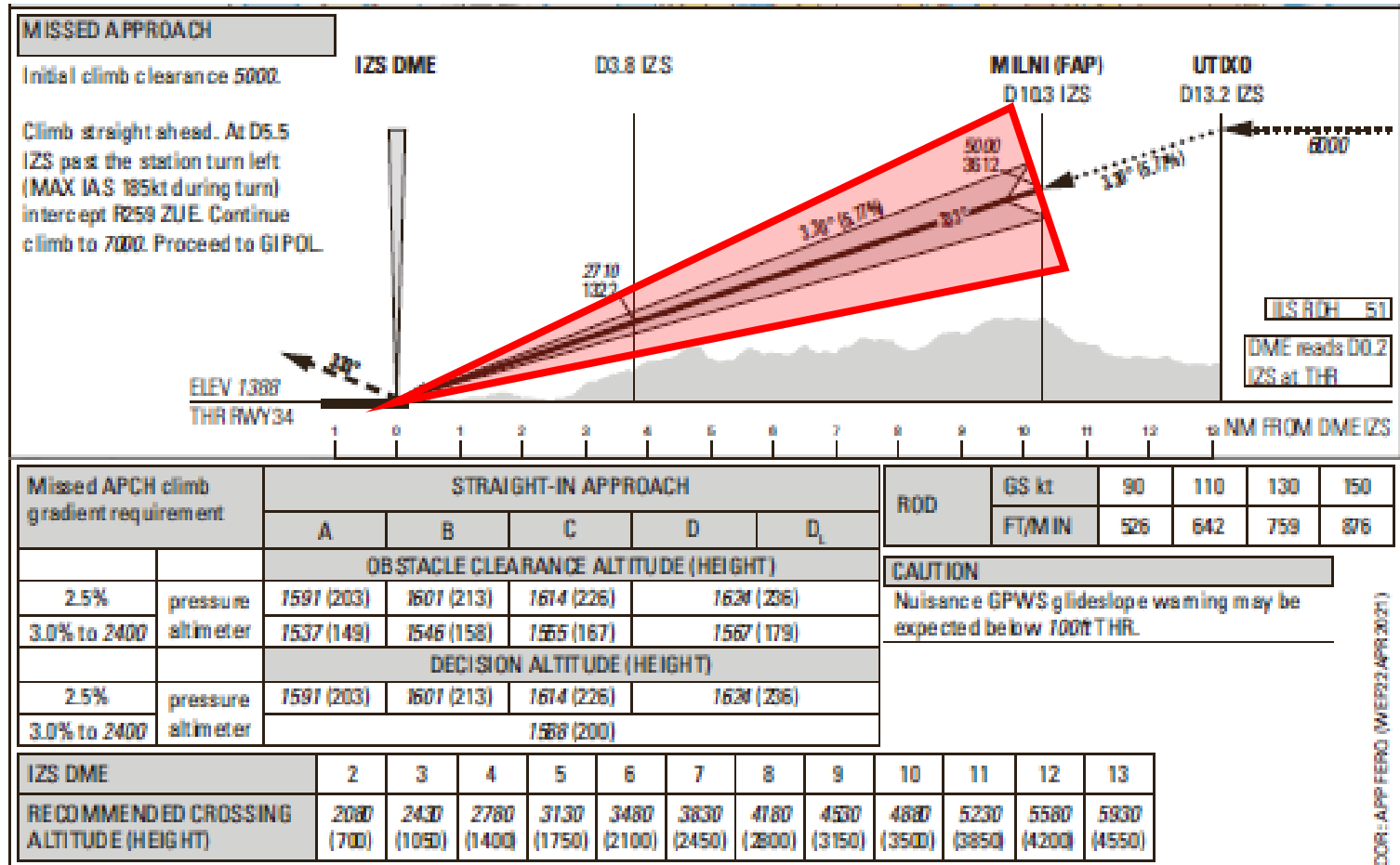




## Zuordnung Trajektorien zu Pisten

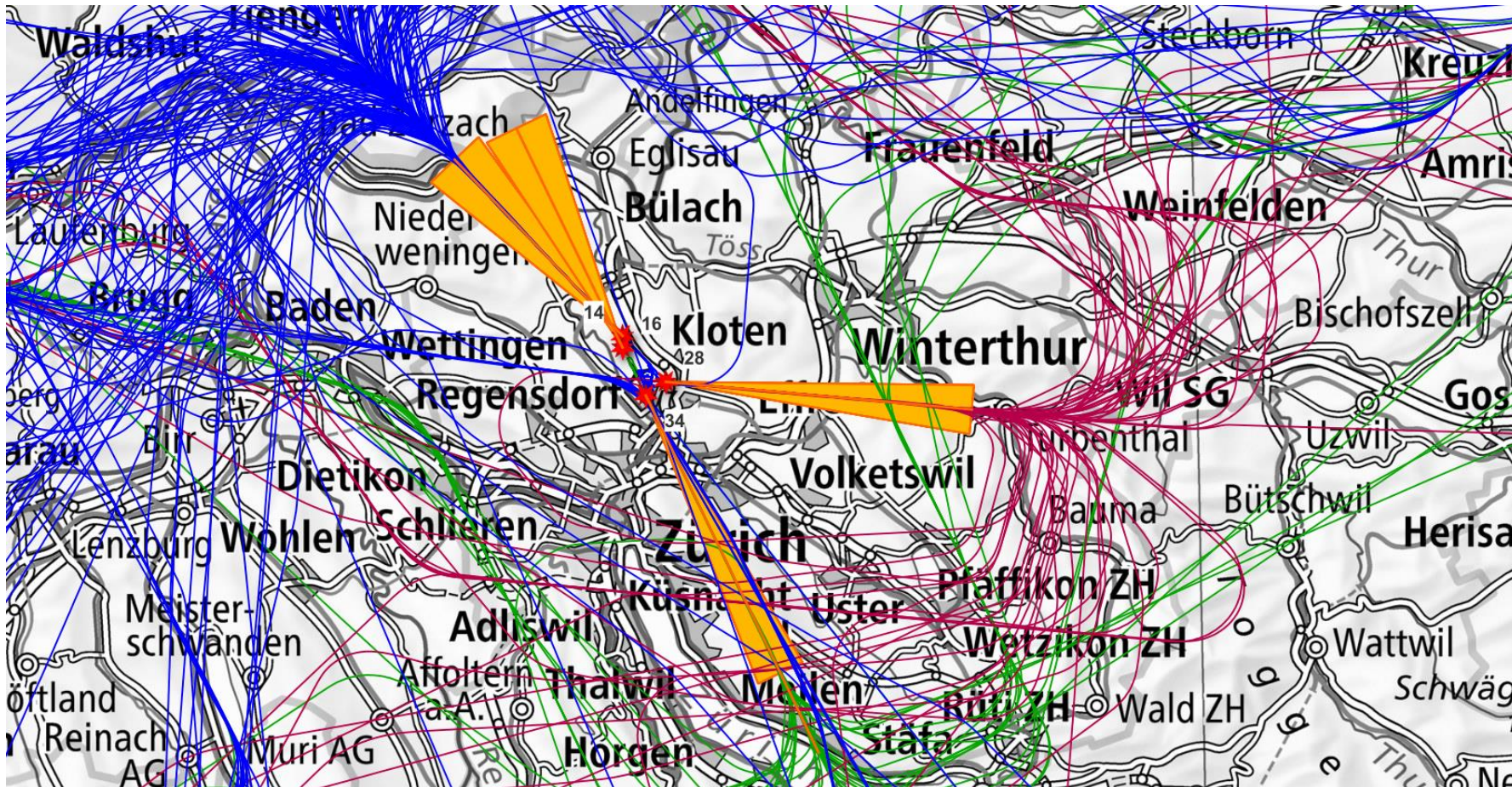


## Selektion von Datenpunkten während Landeanflug



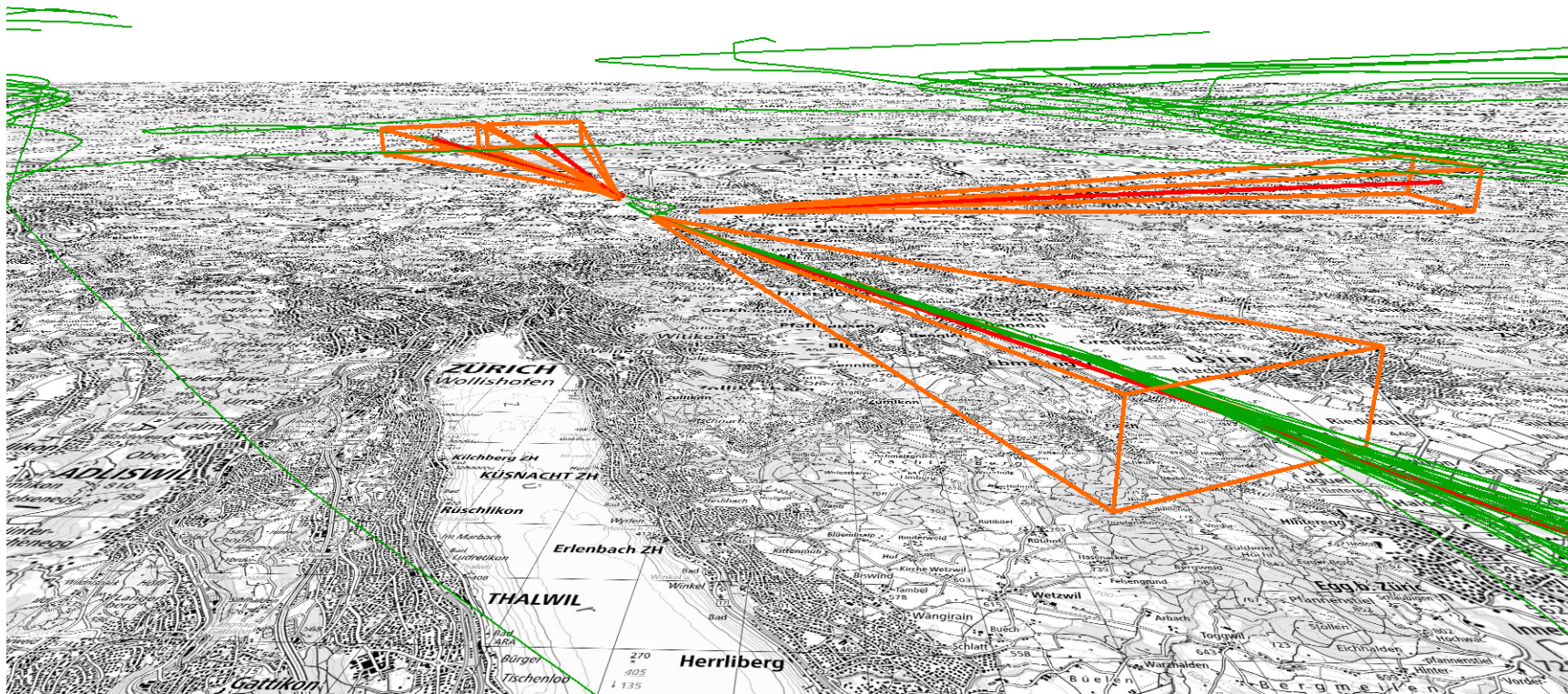


## Selektion von Datenpunkten während Landeanflug



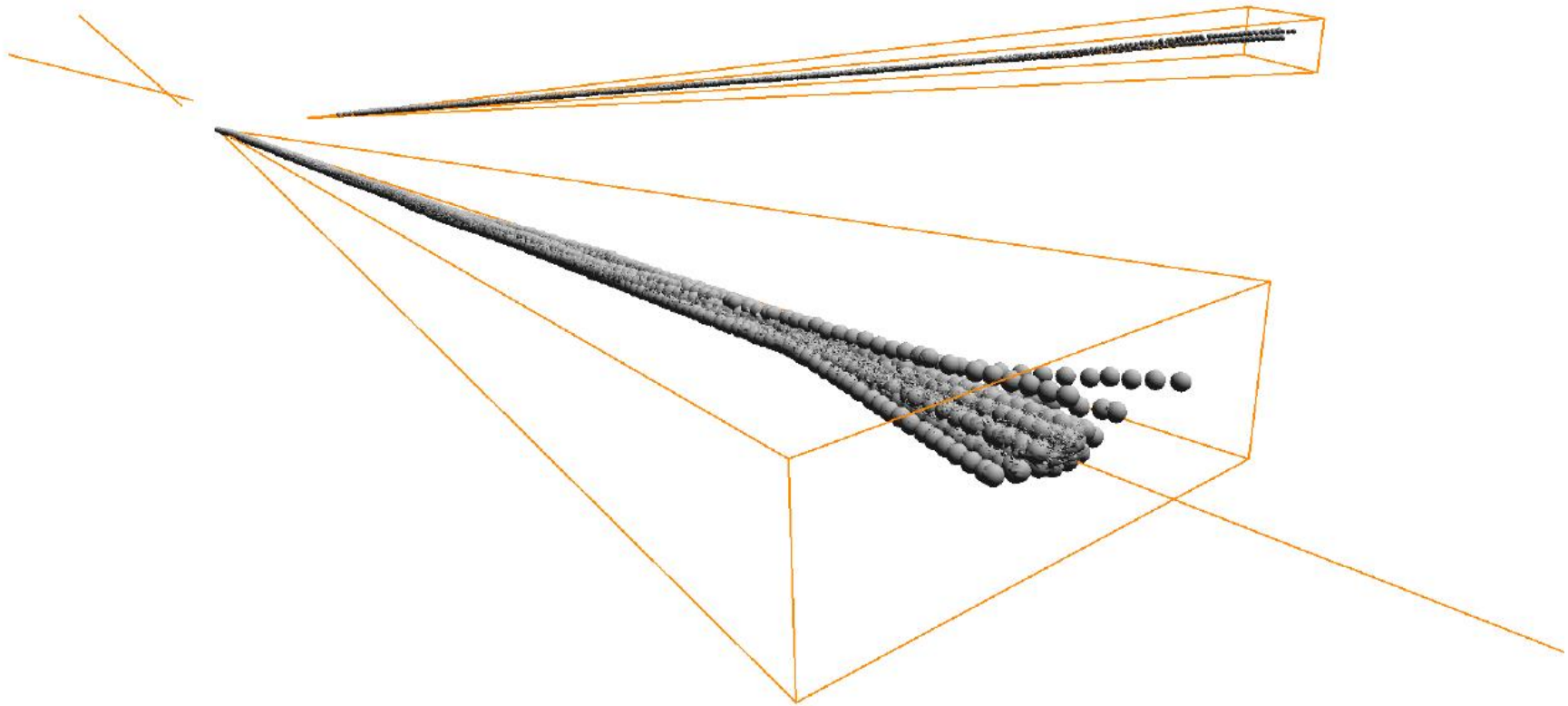


## Selektion von Datenpunkten während Landeanflug



## Selektion von Datenpunkten während Landeanflug

- Selektion Vertex mit POLYHEDRALSURFACE in PostGIS





## Verschnitt Datenpunkte Landeanflug mit swissALTI3D



## Zeitliche Aggregation und grafische Auswertung

- Terrain vs. Flughöhe [m ü.M.] während Anflug



Gegebene ILS-Flugroute von UTIXO nach MILNI nach RWY 34

Geländehöhe der selektierten Positionen

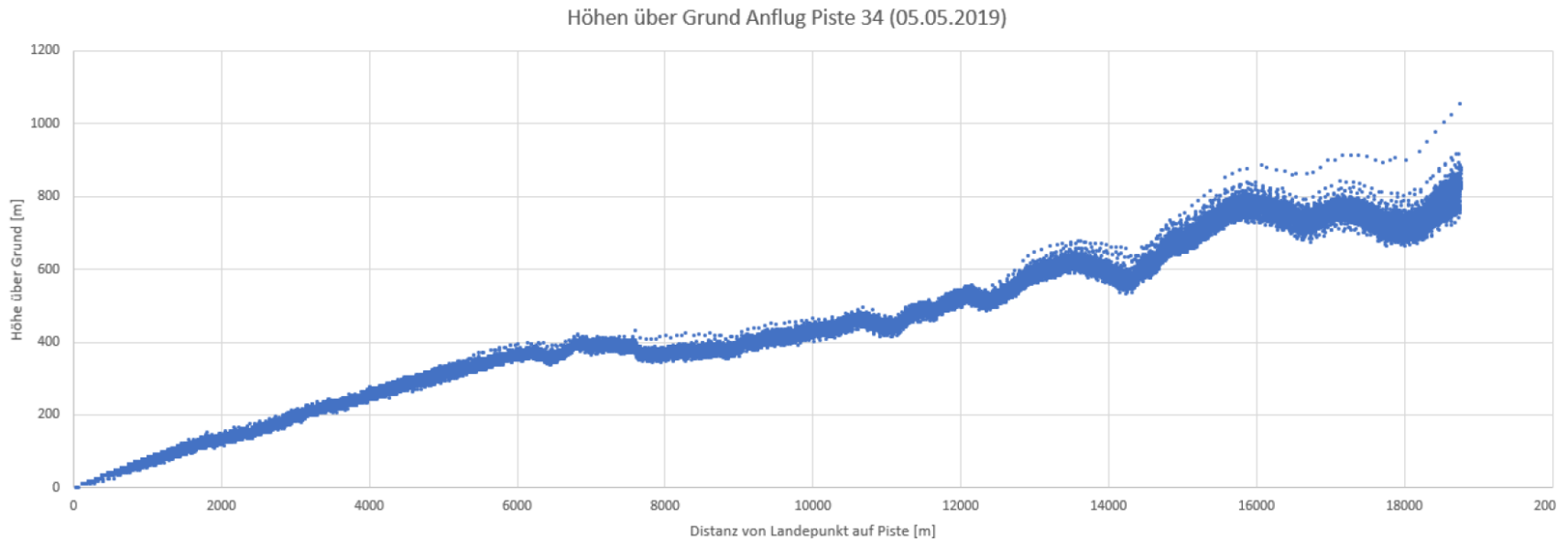
Kongruente Übereinstimmung der Geländehöhen

Exakte Geländehöhe zwischen MILNI und RWY 34



## Zeitliche Aggregation und grafische Auswertung

- Höhe über Grund [m] während Anflug



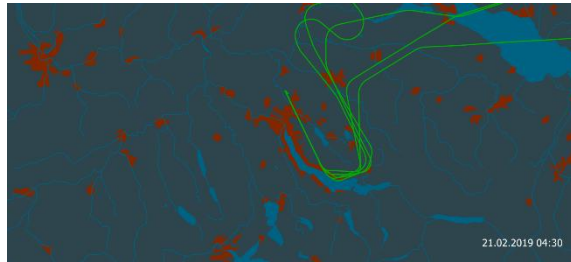


## Animation der Anflüge und Dämmerung

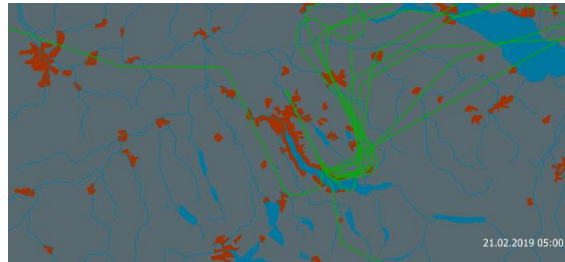
- Zeitreihe über Datum und Zeit
- Darstellung der Dämmerung basierend auf Datum und Zeit (<https://www.timeanddate.com/sun/switzerland/zurich>)
  - Nacht
  - **Astronomische Dämmerung**  
Mittelpunkt der Sonnenscheibe 18 Grad unter wahrem Horizont
  - **Nautische Dämmerung**  
Mittelpunkt der Sonnenscheibe 12 Grad unter wahrem Horizont
  - **Bürgerliche Dämmerung**  
Mittelpunkt der Sonnenscheibe 6 Grad unter wahrem Horizont
  - Tag
- **Angepasstes Kartenbild**



## Schritte der Dämmerung



Nacht



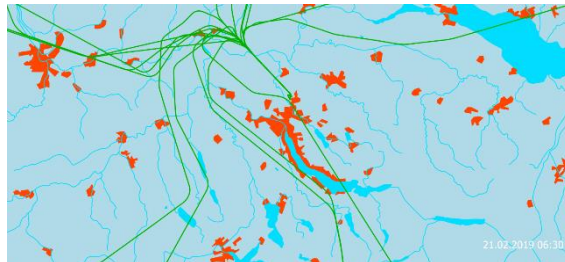
Astronomische Dämmerung



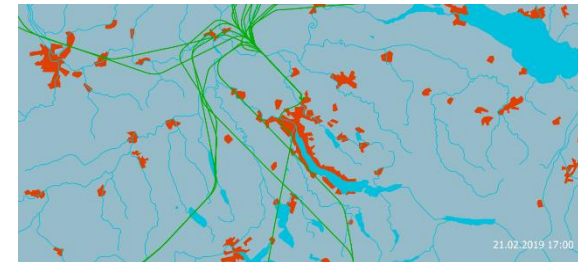
Nautische Dämmerung



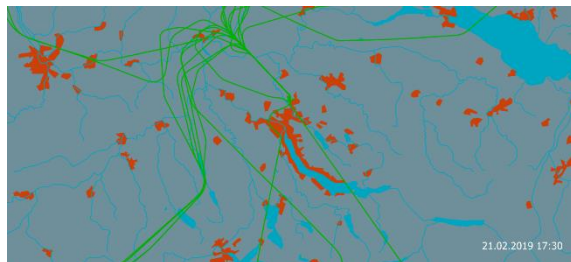
Bürgerliche Dämmerung



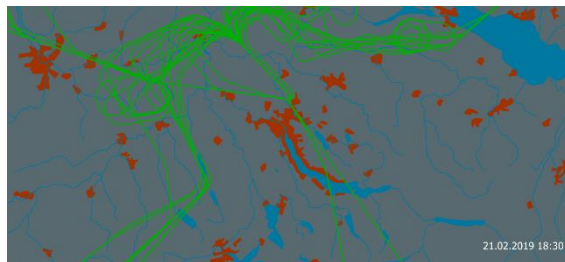
Tag



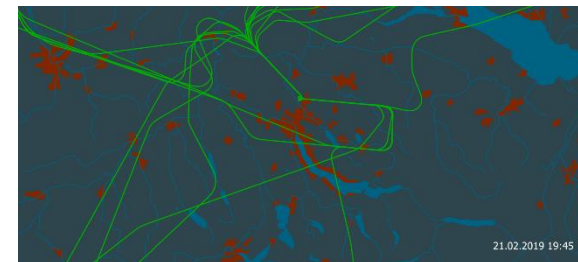
Bürgerliche Dämmerung



Nautische Dämmerung



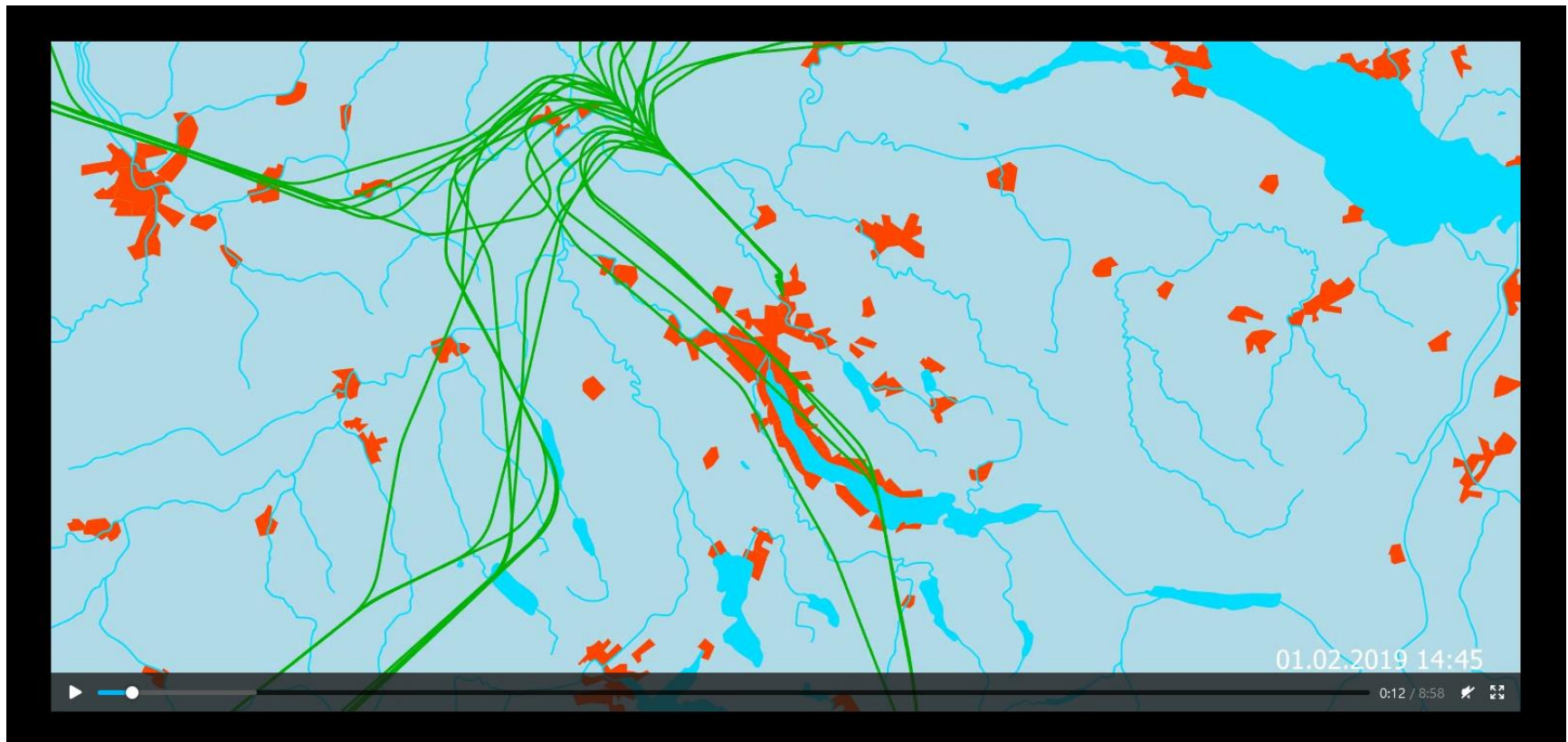
Astronomische Dämmerung



Nacht



## Animation der Anflüge und Dämmerung (Februar 2019)





## Flugtrajektorien

- Bestimmung und Filterung von Ausreisser

## Auswertung

- Automatisierter Export aller Grafiken
- Vergleich der verschiedenen Anflüge hinsichtlich Bodenabstand
- Verschnitt mit weiteren Sachinformationen

## TimeManager

- Gleitender Übergang zwischen Dämmerungstypen
- Verbesserung der Kartenbilder

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit