

# AWAM

## Austrian Wide Area Multilateration

Edmund Berndt  
WKO E-Day  
6. März 2014

SICHERHEIT LIEGT IN DER LUFT



# Dipl. Ing. (FH) Edmund Berndt

- ▶ Ausbildung: Fachhochschule Technikum Wien, Studiengang Elektronik
- ▶ Werdegang:
  - 09/2000 bis 01/2003, via donau, Wien, Project Manager
  - seit 02/2003 Austro Control Österreichische Gesellschaft für Zivilluftfahrt m.b.H.
  - Kooperationen & Neue Services: Project Management, Strategisches Controlling und Partnermanagement
  - Austro Control Engineerin Services: Strategisches Business Development
- ▶ seit 01/2014 Leitung der Business Unit Service Integration in den Austro Control Engineering Services



# Austro Control GmbH

- ▶ ist ein privatwirtschaftlich organisiertes Unternehmen, das aus dem Bundesamt für Zivilluftfahrt hervorgegangen ist. (Ausgliederung per 1. 1. 1994),
- ▶ finanziert sich durch Gebühren, die von den Luftraumbenutzern eingehoben werden.
- ▶ hat ca. 1000 Mitarbeiter.

## ▶ Air Navigation Services

- Flugverkehrsdienste (Air Traffic Management/“Flugsicherung“)
- Luftfahrtinformationsdienst
- Flugfernmeldedienst
- Flugsicherungstechnische Anlagen (z.B. Radar)
- Flugwetterdienst
- Akademie

## ▶ Luftfahrtagentur (behördlich)

- Überprüfung ausländischer Luftfahrzeuge
- Bewilligung von Ein-, Aus- und Überflügen (Staatsluftfahrzeuge)
- Prüfung der Luft- und Betriebstauglichkeit
- Aufsicht über die Luftfahrzeugwartung
- Such- und Rettungsdienst
- Zivilluftfahrt-Personalausweise
- Bewilligung von und Aufsicht über Flugschulen



# Austro Control Standorte



Flugsicherungsstelle  
Innsbruck



Flugsicherungsstelle  
Salzburg



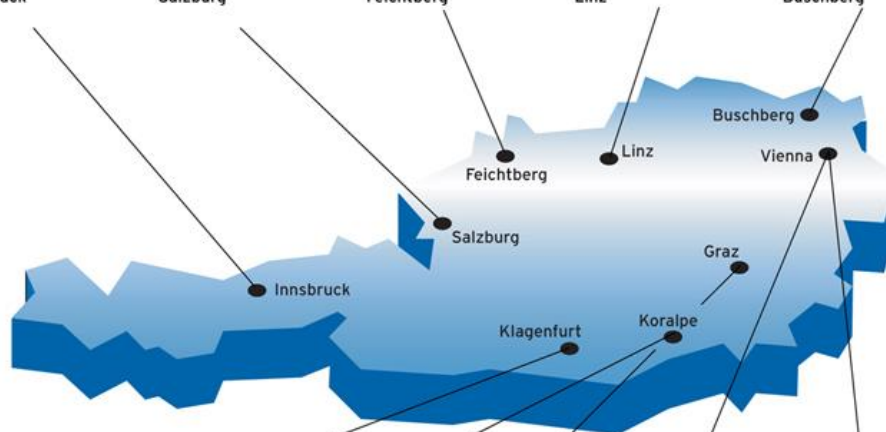
MBR-Station  
Feichtberg



Flugsicherungsstelle  
Linz



MBR-Station  
Buschberg



Flugsicherungsstelle  
Klagenfurt



MBR-Station  
Koralpe



Flugsicherungsstelle  
Graz



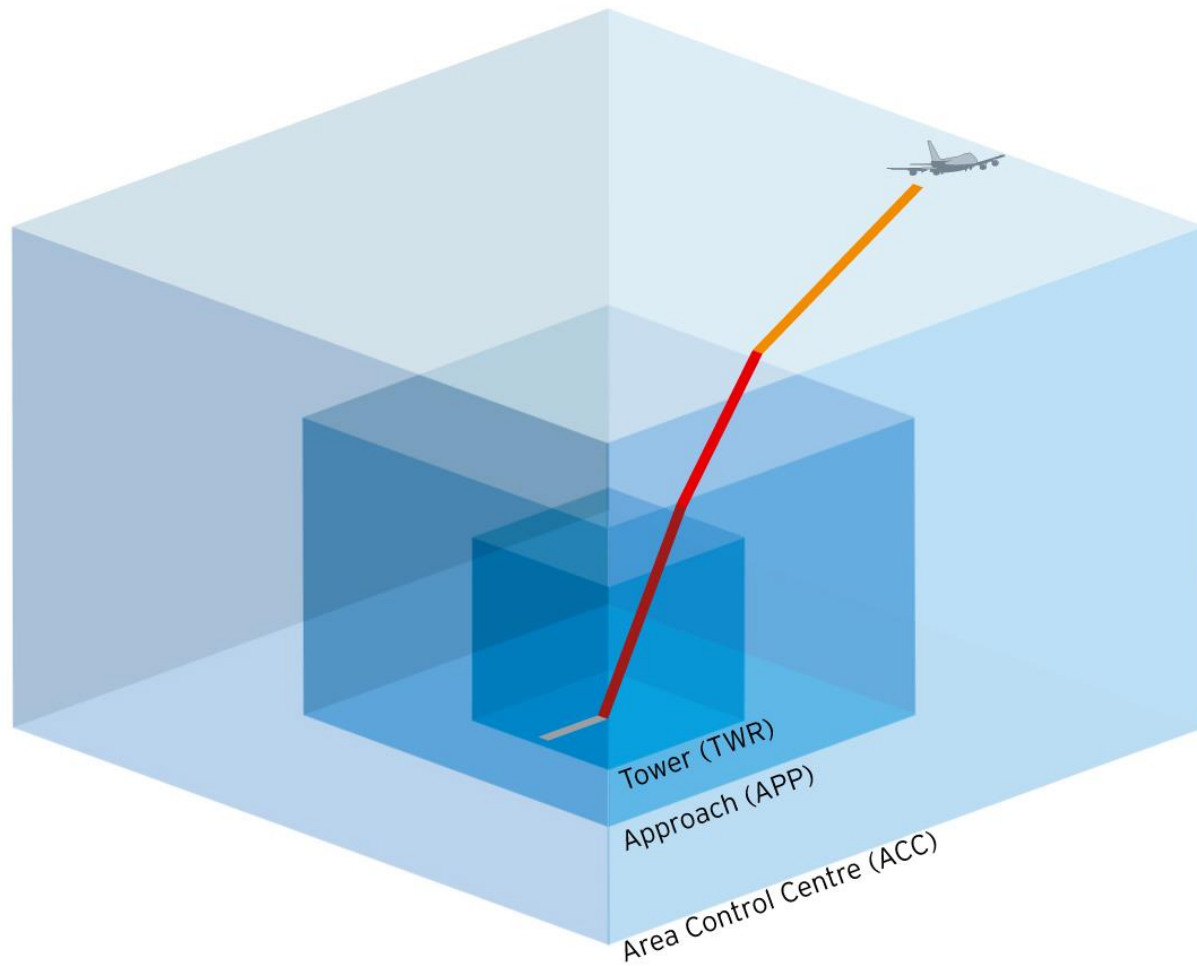
Zentrale & Air Traffic  
Control Centre  
Vienna



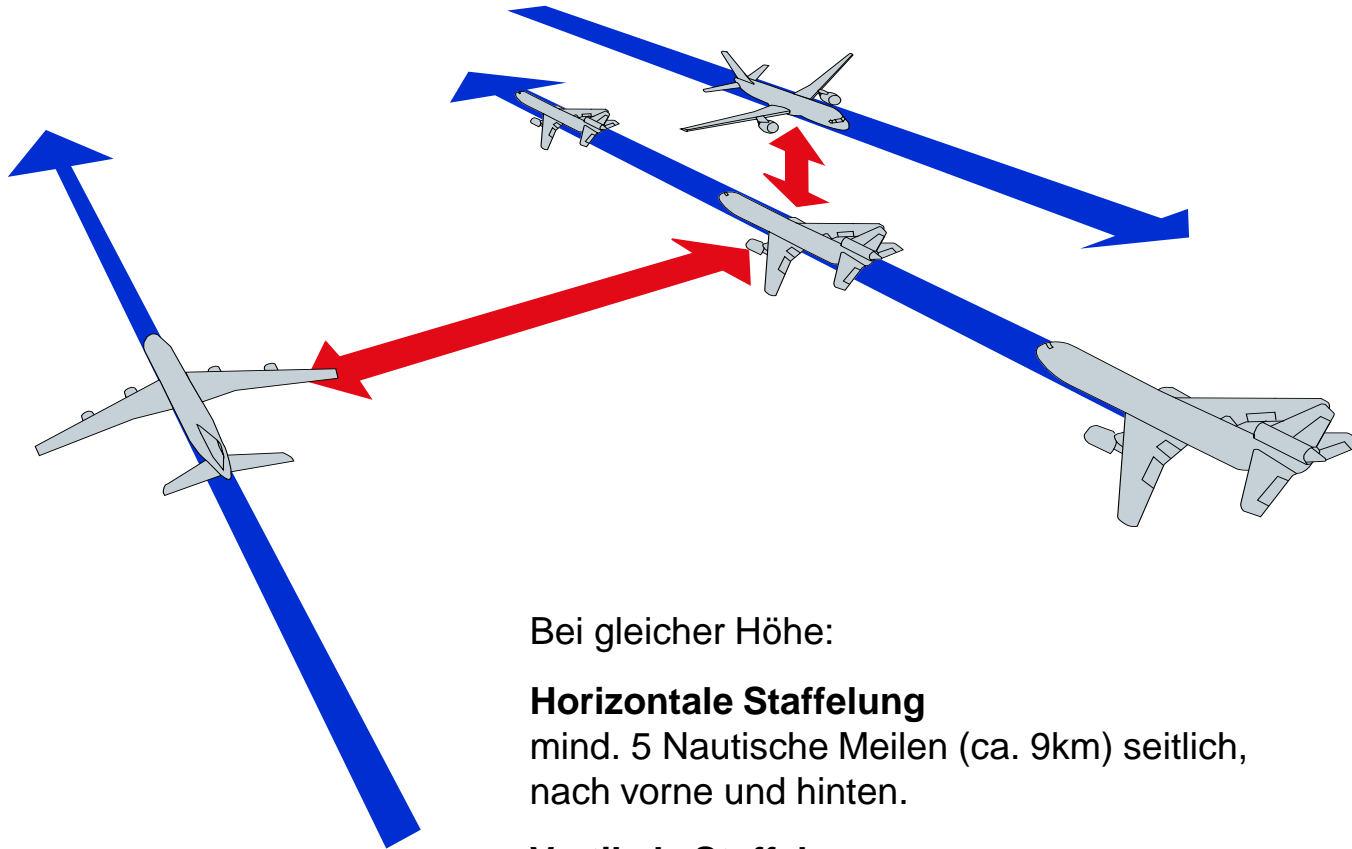
Flugsicherungsstelle  
Wien



# Luftraumstruktur



# Mindestabstände (Staffelung)



Bei gleicher Höhe:

## **Horizontale Staffelung**

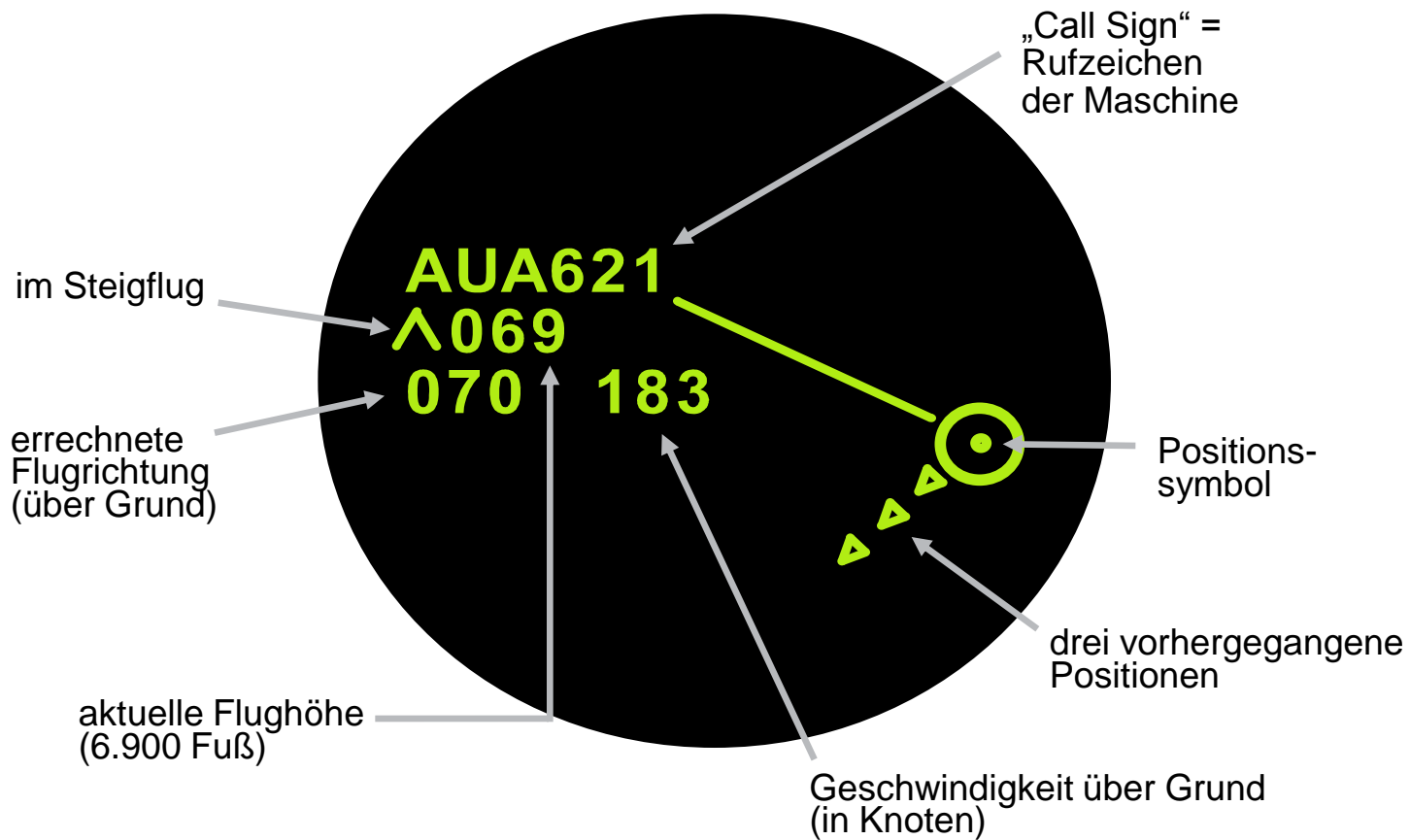
mind. 5 Nautische Meilen (ca. 9km) seitlich,  
nach vorne und hinten.

## **Vertikale Staffelung**

mind. 1.000 Fuß (300m)



# Der Label



# TWR – Tower Wien



austro  
CONTROL



Von hier erhält die Mannschaft im Cockpit - abhängig vom Verkehrsaufkommen - von den Fluglotsen die Erlaubnis, die Triebwerke zu starten, zur Piste zu rollen, die Startgenehmigung und die Anweisung, wie nach dem Start zu fliegen ist.



# Approach Wien



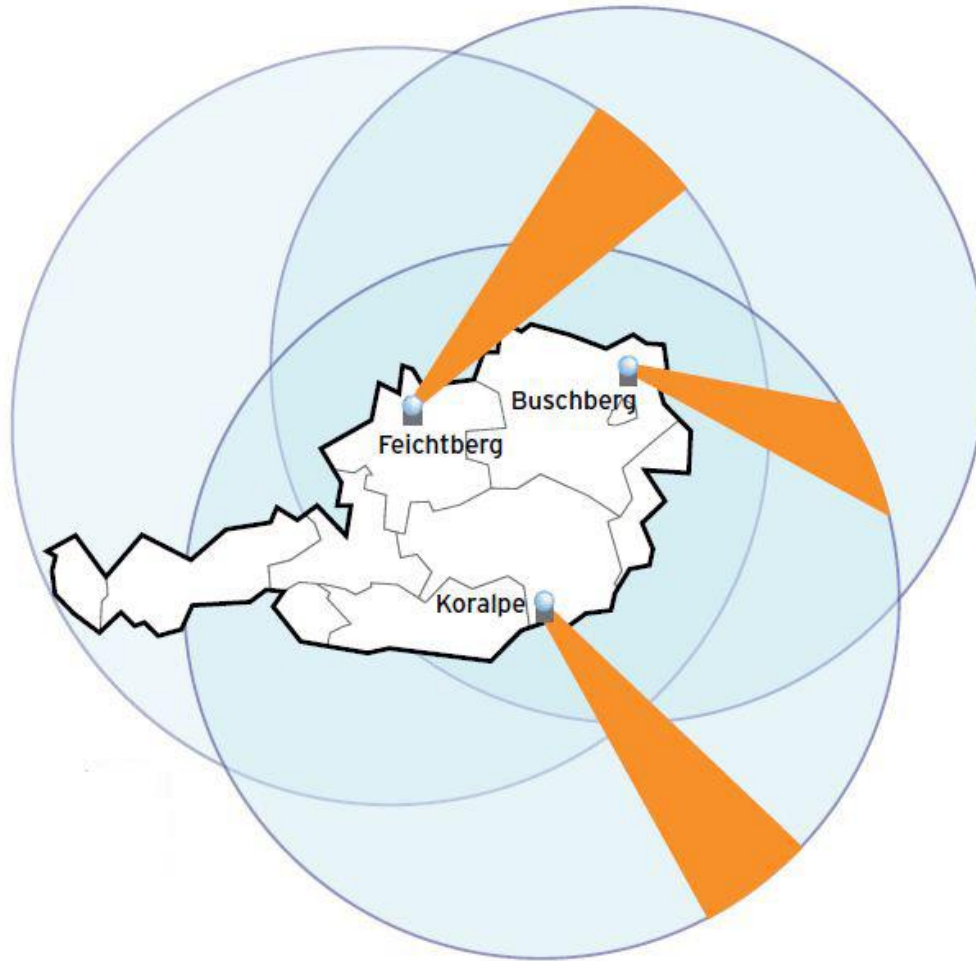
Einmal in der Luft werden Luftfahrzeuge zu den Luftstraßen geführt. Oder umgekehrt, wenn sie sich einem Flughafen nähern, zu einem Instrumentenlandesystems eines Flughafens. Dabei kreuzen sich die Flugwege natürlich sehr oft. Der Approach sorgt hier für Sicherheit.

# Air Traffic Control Centre Vienna



Österreich ist von einem Netz aus Luftstraßen bedeckt. Die Fluglotsen im Air Traffic Control Centre Vienna führen den gesamten Flugverkehr über Österreich und sorgen dafür, dass alle "Kreuzungen in der Luft" sicher befliegen werden können.

# Radarabdeckung



## En-route/Überflug

Buschberg  
Feichtberg  
Koralpe

## zusätzlich:

### Terminal/An-/Abflug

Graz  
Linz  
Salzburg  
Wien



# Radar Grundlagen:

## Primärradar - PSR:

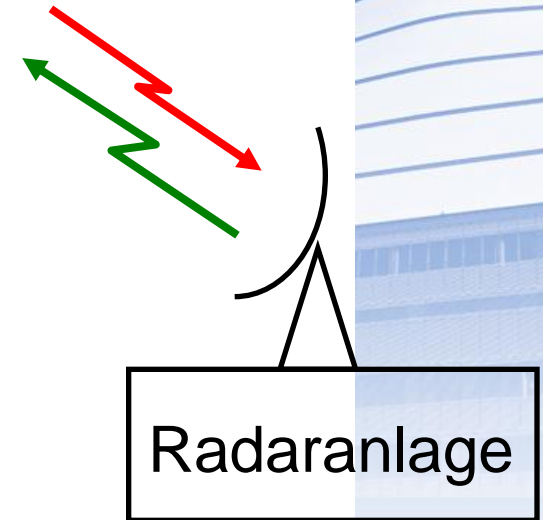
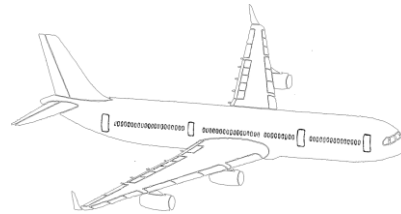
**Passive** Antwort  
durch Reflexion

Winkelinformation  
durch Antennenposition

Entfernung durch  
Laufzeitmessung

$$d = c * t / 2$$

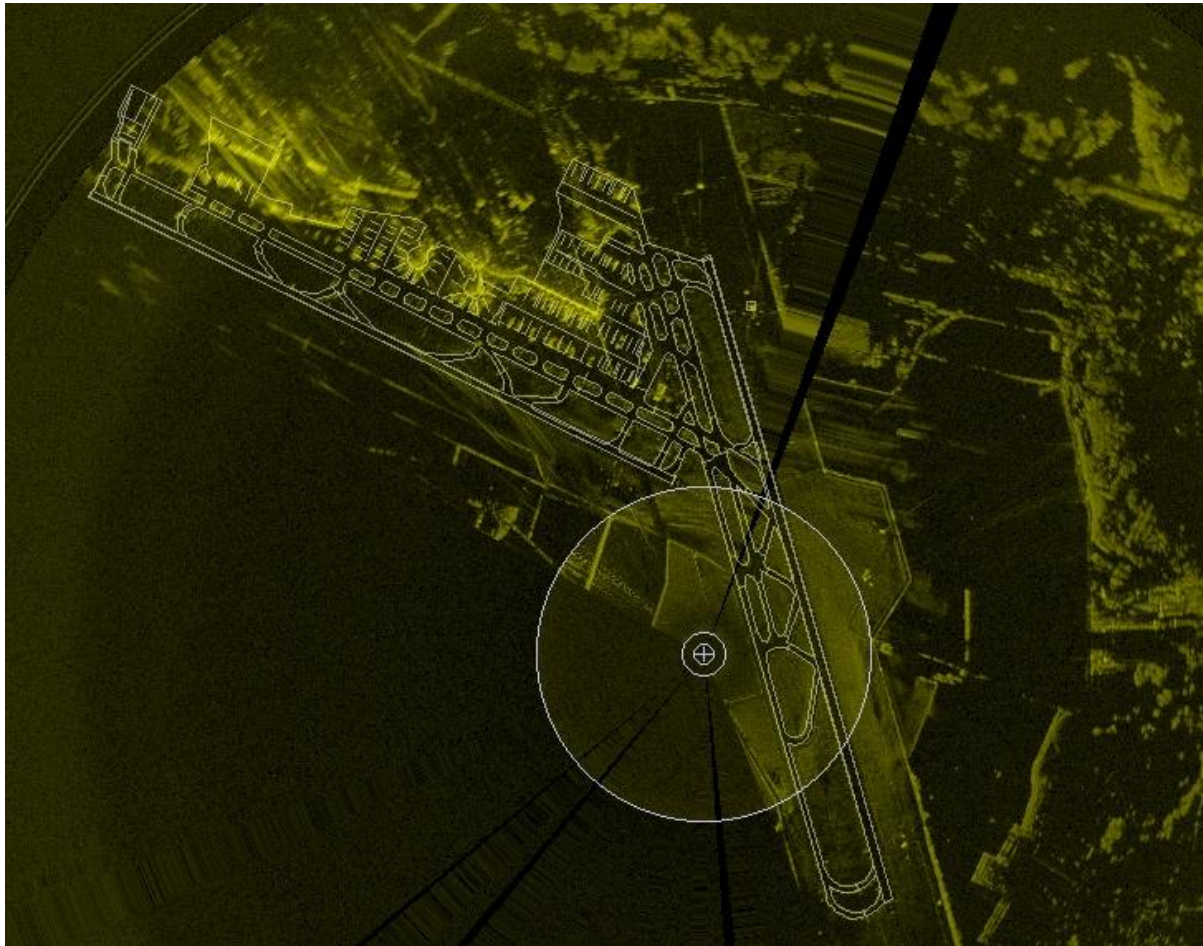
c ... ~ 300.000km/s



**Keine Höhe**  
**Keine Identifikation**

# Radar Grundlagen:

- ▶ Primärradar – PSR:



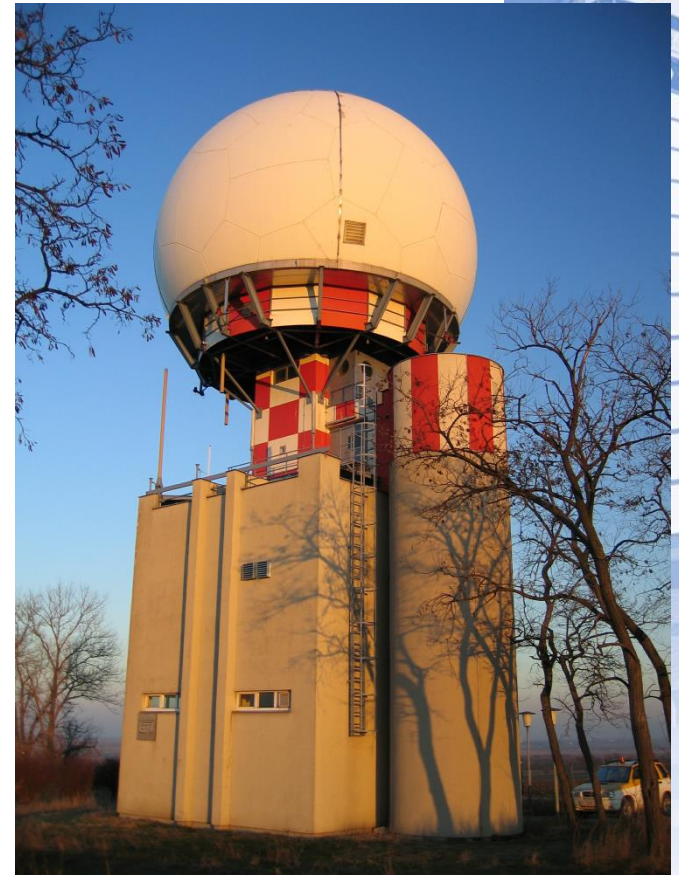
# Radar Grundlagen:

- ▶ Primärradar – PSR:



# Radar Grundlagen:

- ▶ Primärradar – PSR:



# Radar Grundlagen:

## Sekundärradar – SSR:

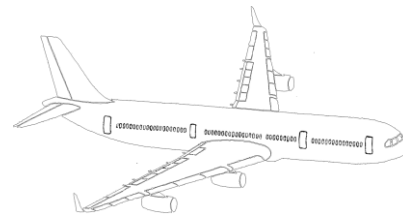
**Aktive** Antwort  
durch Transponder

Winkelinformation  
durch Antennenposition

Entfernung durch  
Laufzeitmessung

$$d = c * t / 2$$

c ... ~ 300.000km/s



1030 MHz

1090 MHz

**Ident. über A-Code**  
**Höhe über C-Code**

Radaranlage



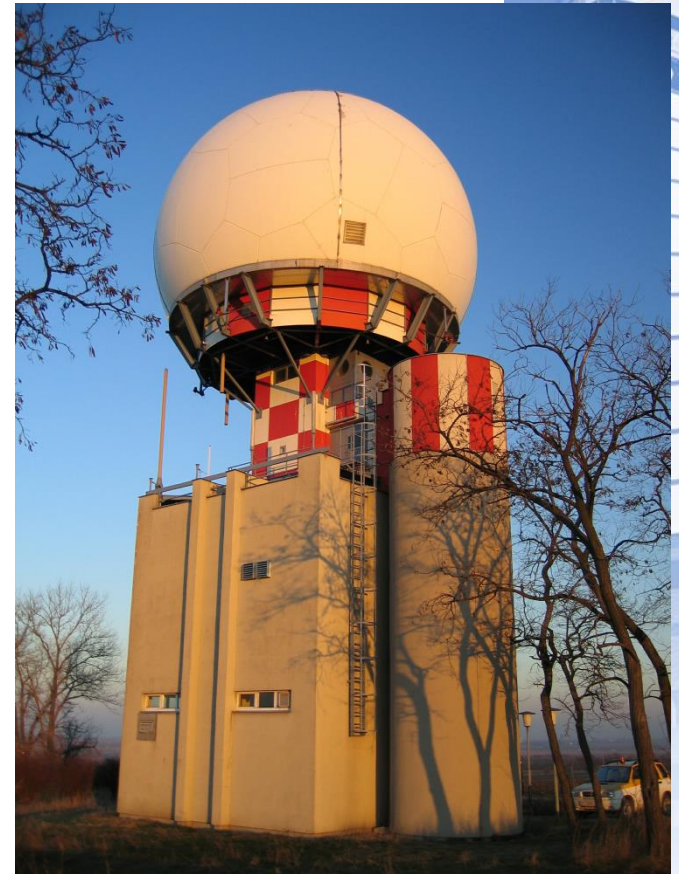
# Radar Grundlagen:

- ▶ Sekundärradar - SSR:



# Radar Grundlagen:

- ▶ Sekundärradar - SSR:



# Radar Grundlagen:

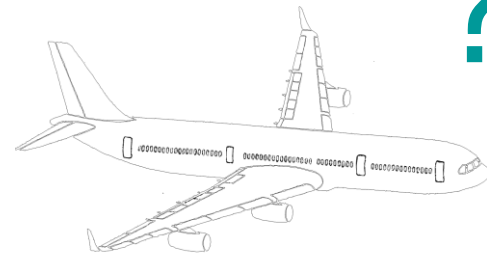
- ▶ Mode-S Radar
  - „S“ für Selektiv (selektive Abfragen möglich)
  - Jedes LFZ, jeder Transponder hat einen weltweit eindeutigen Code (Mode-S Adresse/ID)
  - Jeder Transponder sendet von sich aus 1x pro Sekunde seine ID
  - A-Code, C-Code im Datenfeld enthalten
  - 1090 MHz, z. B. Downlink Format 4, 5, 11 (DF4 - C-Code, DF5 – A-Code)
  
- ▶ ADS-B
  - Automatic Dependant Surveillance Broadcast
  - Jedes LFZ, jeder Transponder hat einen weltweit eindeutigen Code (Mode-S Adresse/ID)
  - Jeder Transponder sendet von sich aus 1x pro Sekunde seine ID
  - Zusatzinformationen wie Position, Airspeed, Callsign,... im Datenfeld enthalten
  - 1090 MHz, DF17
  
- ▶ ACHTUNG: ADS-B bedeutet nicht, korrekte GPS Position



# Was ist Multilateration

## Anforderung:

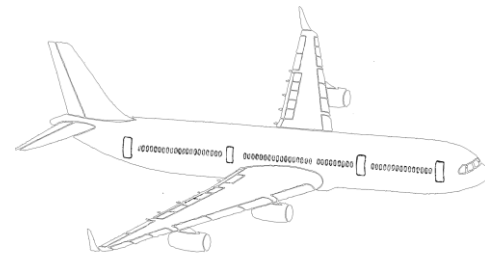
Die Positionsbestimmung  
und eindeutige  
Identifikation eines  
LFZ soll ermöglicht werden.



# Multilateration

## Anforderung:

Um eine eindeutige Identifikation zu erhalten, werden **aktive** (Transponder) Informationen benötigt!



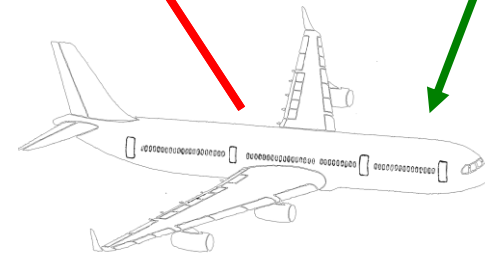
# Multilateration

## Anforderung:

Das LFZ muss entweder von sich aus ein definiertes Datenformat mit 1090MHz aussenden, oder auf 1030MHz Abfragen antworten.

1090 MHz

1030 MHz



# Multilateration

## Prinzip:

Durch Messung der Signallaufzeit kann die Entfernung zum Ziel berechnet werden.

$$d = c * t / 2$$

c ... ~ 300.000km/s

1s ~ 7x Erdumfang

Österreich 580km ~ 2ms

50m ~ 150ns

Für geforderte Genauigkeit 20ns Zeitstempel

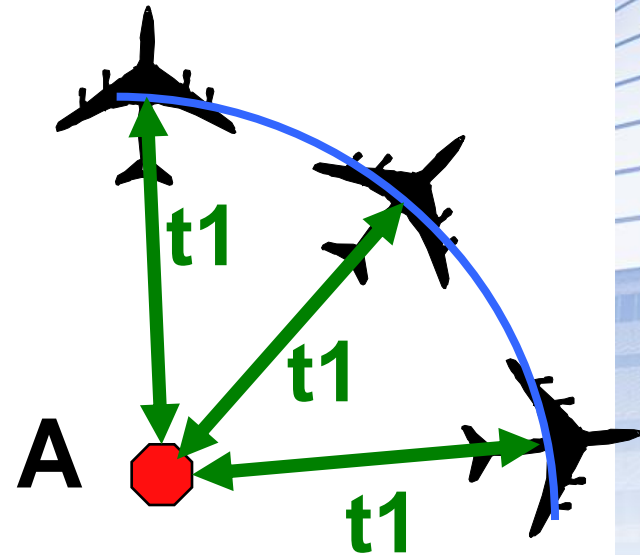


# Multilateration

## Mit einer Messstation

Durch Berechnung von einer Messstation aus, ergibt sich ein Radius um die Station, auf dem das Ziel liegt.

Da ein Winkelbezug fehlt, kann jedoch keine genaue Position bestimmt werden.





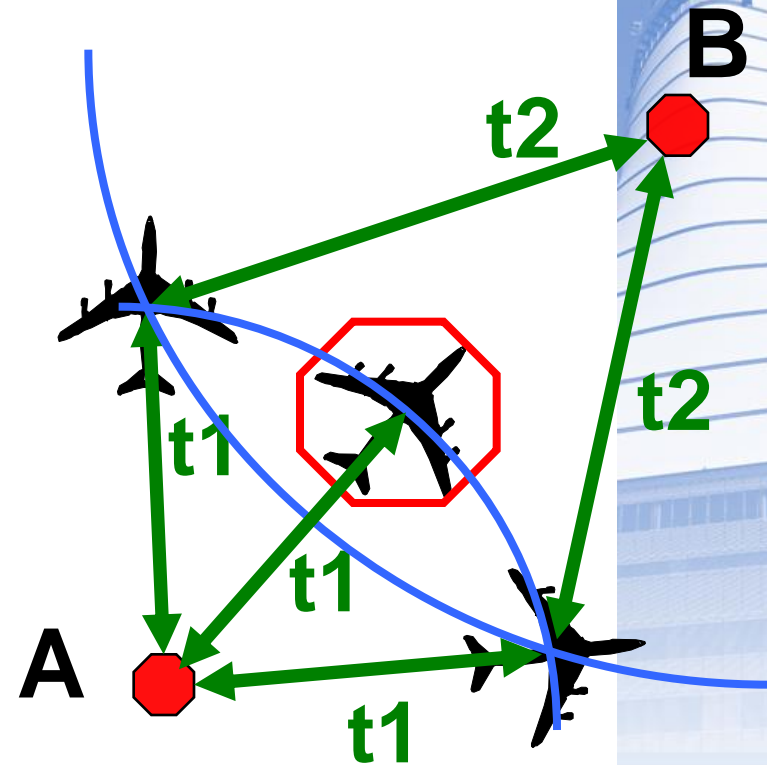
# Multilateration

## Mit zwei Messstationen

Für eine weitere Messstation ergibt sich ebenfalls ein Radius auf dem das Ziel liegt.

Dadurch können Positionen ausgeschlossen werden.

Es bleiben jedoch zwei mögliche Positionen.



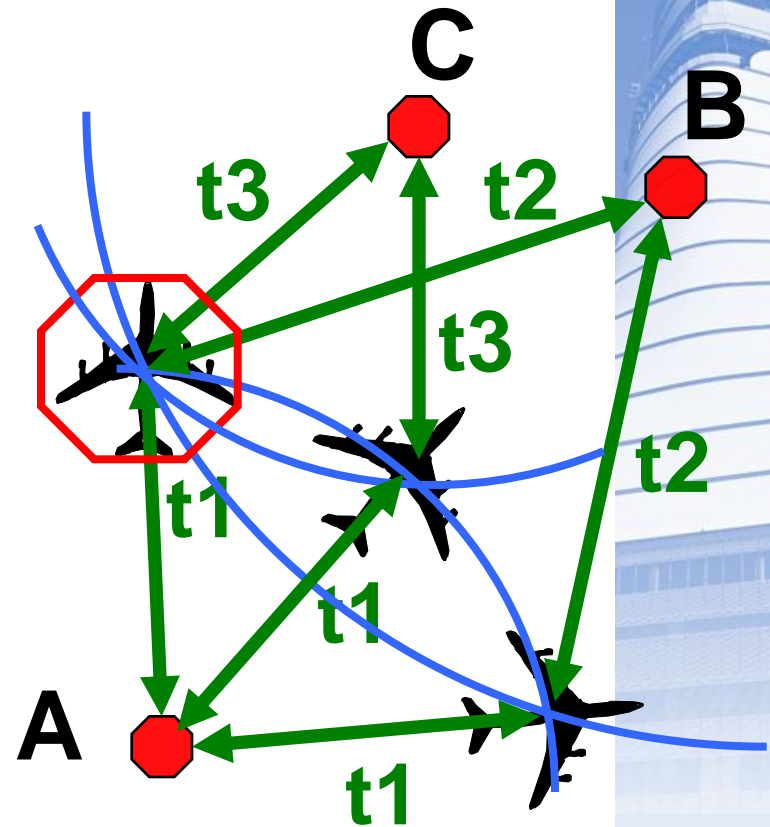
# Multilateration

## Mit drei Messstationen

Durch eine dritte Messstation ergeben sich weitere Schnittpunkte

Es gibt jedoch nur einen gemeinsamen Schnittpunkt.

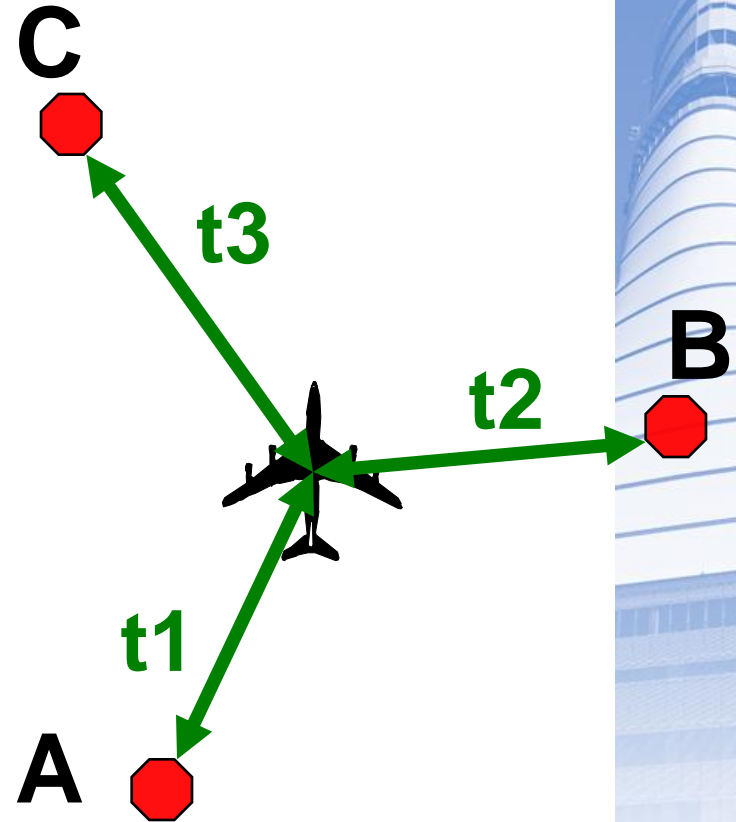
Eine eindeutige Position kann somit bestimmt werden.



# Multilateration

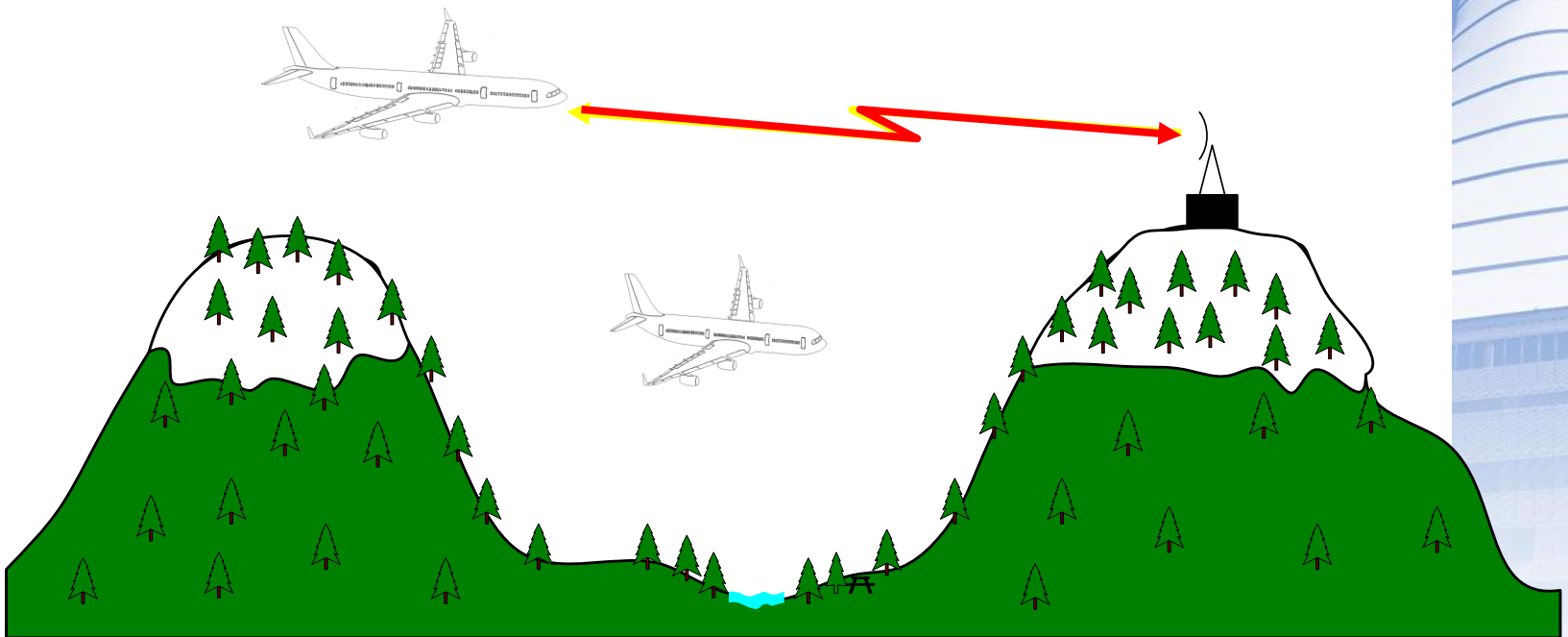
## Grundbedingungen:

Mindestens drei Sensoren sind erforderlich, um eine **eindeutige** 2D Position zu ermitteln. Für eine Höhenberechnung (3D) sind vier Stationen notwendig.



# Multilateration

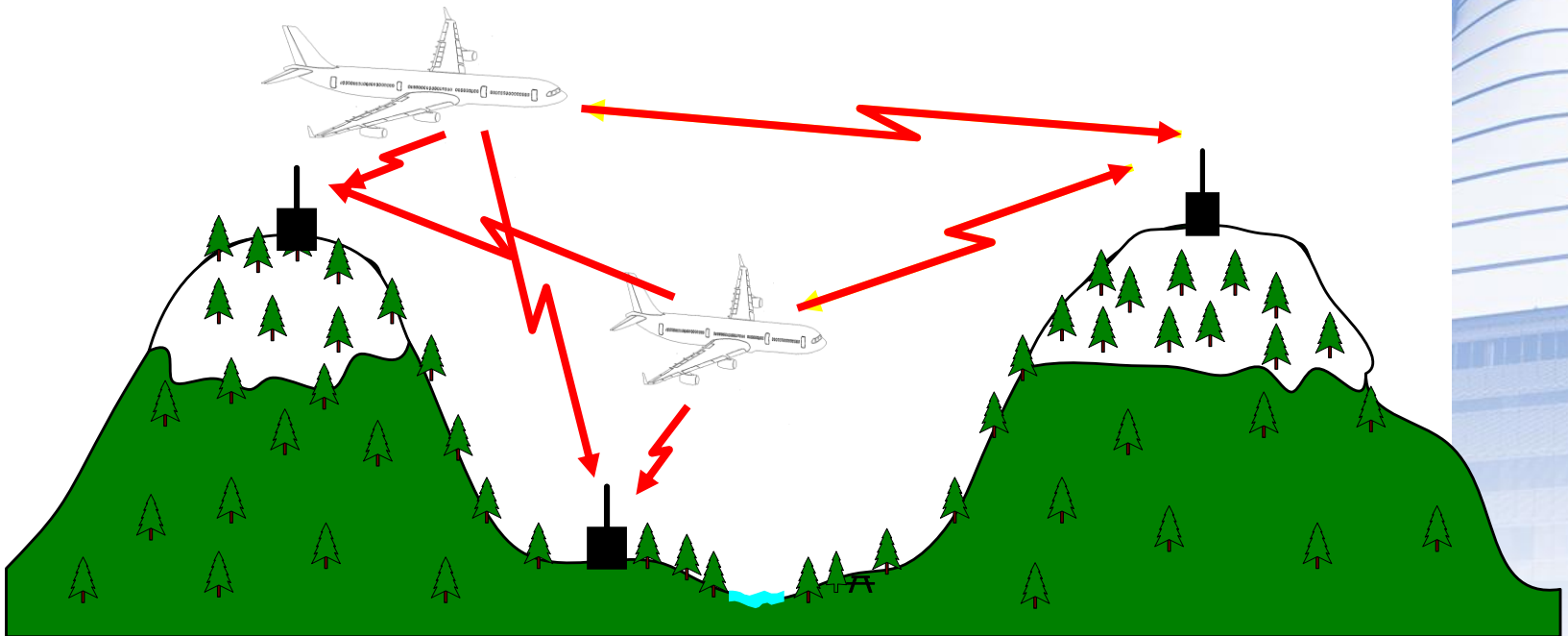
## Vorteile gegenüber konventionellen RADAR:



# Multilateration

## Vorteile gegenüber konventionellen RADAR:

An topografische Bedingungen anpassbar.



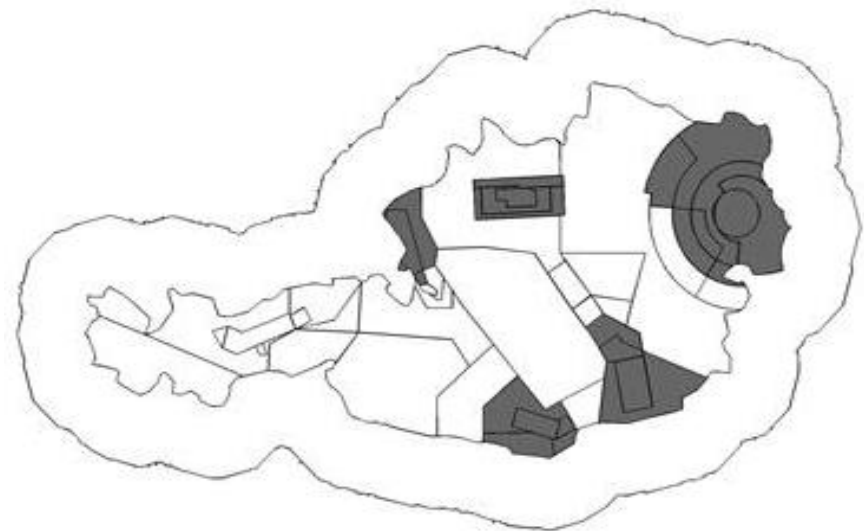
# Warum ein Wide Area Multilateration System?

- ▶ Ziel:
  - Signifikante Reduktion der Life Cycle Kosten für cooperative Surveillance mit der geforderten Performance und Genauigkeit
- ▶ Lösung:
  - Liefern eines Multilateration Coverage Layers zusätzlich zu den bestehenden SSR Layern in Österreich
- ▶ Vorteile
  - Kostensenkung durch Ersatz der Coverage der bestehenden SSR Radaranlagen die am Ende ihrer Lebensdauer angelangt sind.
  - Die Surveillance ist wesentlich besser an die Österreichische Topographie anpassbar, als dies mit konventionellem SSR möglich ist (z.B. Tallagen wie in Innsbruck)
  - Einfache und kleine Bauweise der Sensoren
  - Keine bewegenden Teile (Wartungsaufwand)
  - Ausfall einzelner Sensoren bewirkt keinen Totalausfall
  - Passive Verwendung - geringe Sendeleistung
- ▶ Nachteile gegenüber konventionellem RADAR:
  - Standortanzahl (Leitungskosten, Mieten,..)



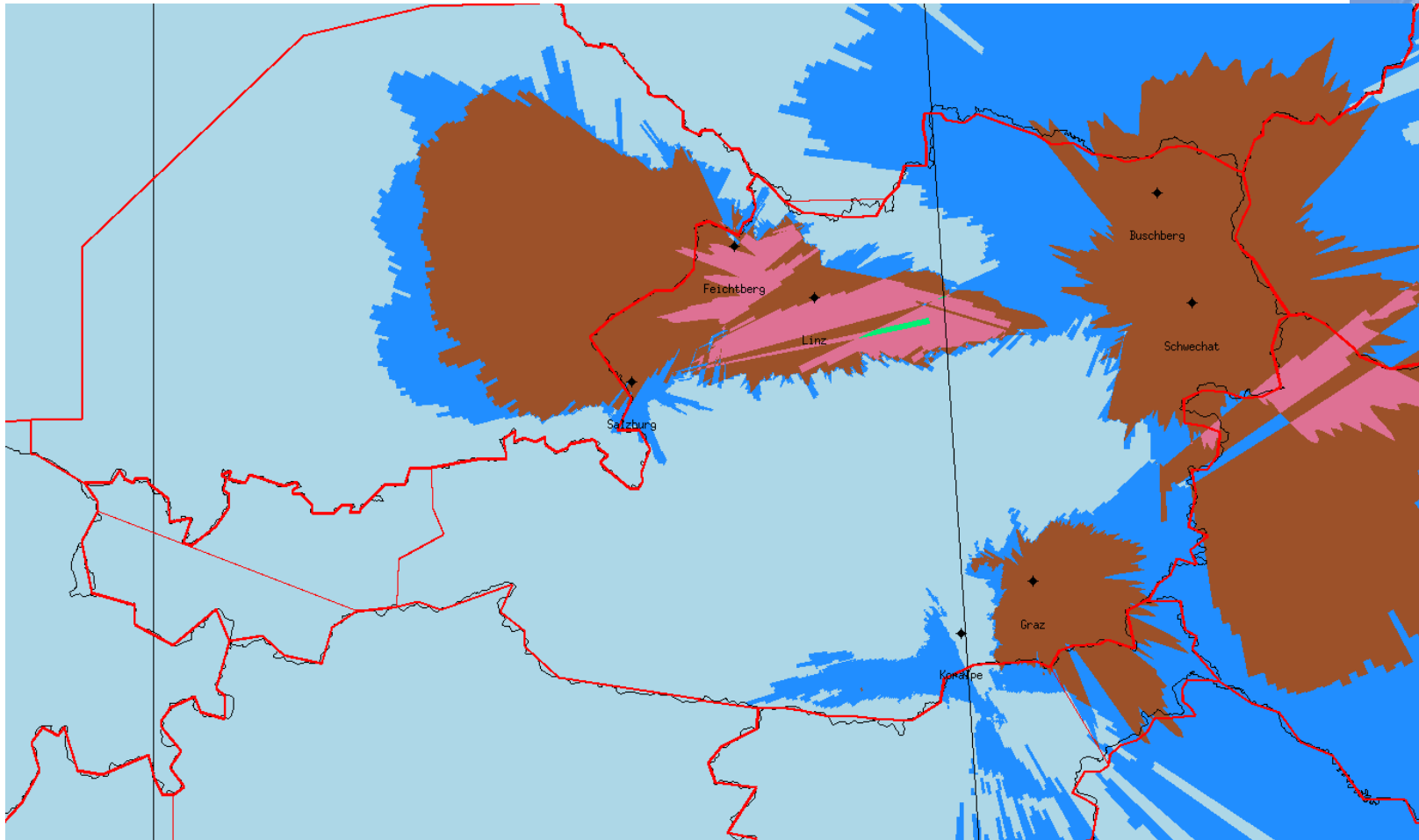
# Requirements

- ▶ En-Route und TMA/TWR Coverage über den veröffentlichten ATC Surveillance minimum Höhen, minus 500ft, TWR bis zum Boden
- ▶ Minimum Coverage: in 97% aller TMA und TWR Bereiche müssen alle Performance Requirements erreicht werden.
- ▶ Die Coverage in den Luftstraßen muss 100% betragen (bis zu 40nm außerhalb von Österreich)
- ▶ Minimum Anforderungen:
  - TMA/TWR Genauigkeit <50m
  - En-Route Genauigkeit <70m
  - Probability of Detection >99%
  - Prob. of Correct Mode S >99%
  - Prob. of Mode A Detection >98%
  - Prob. of Mode C Detection >97%
  - Anzahl der mögl. Ziele  $\geq 2000$



# Das Vorhaben:

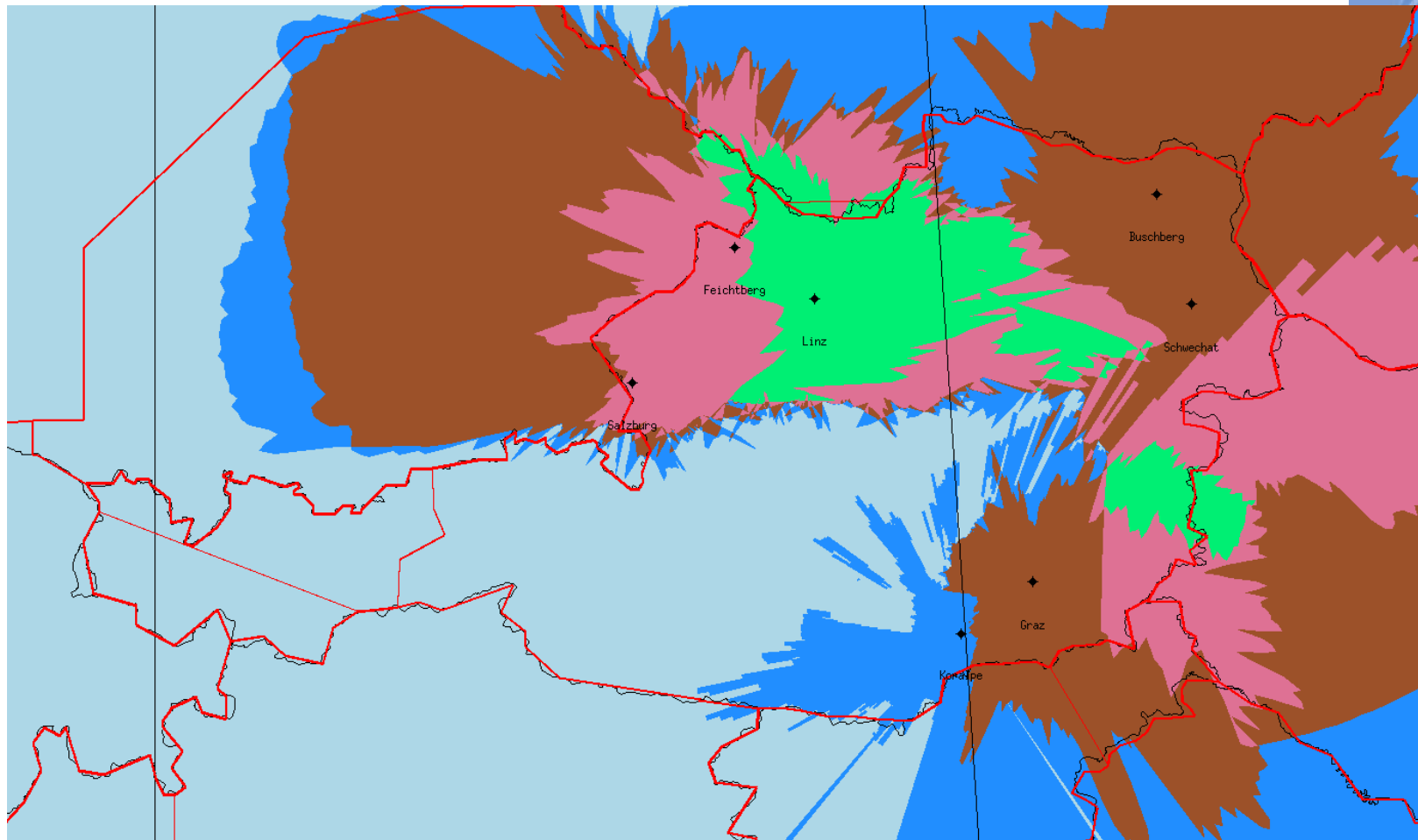
- ▶ Derzeitige Radarabdeckung FL25 (österr. Radar)





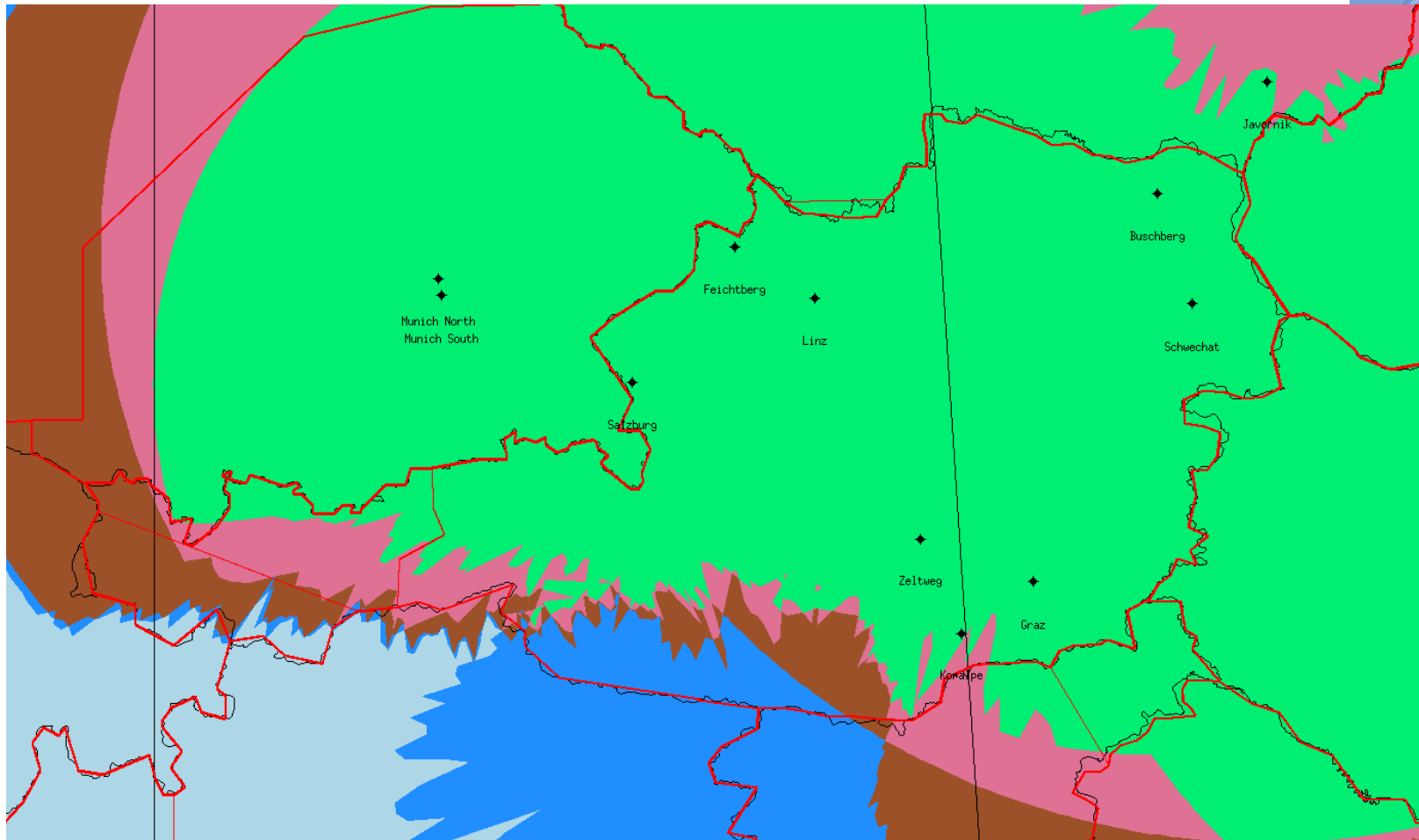
# Das Vorhaben:

- ▶ Derzeitige Radarabdeckung FL50 (österr. Radar)



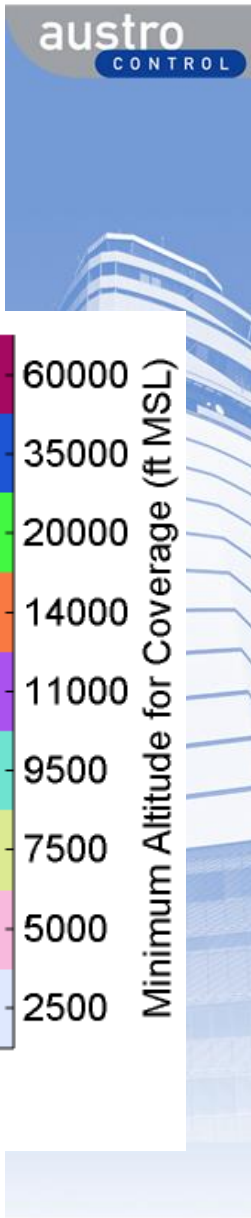
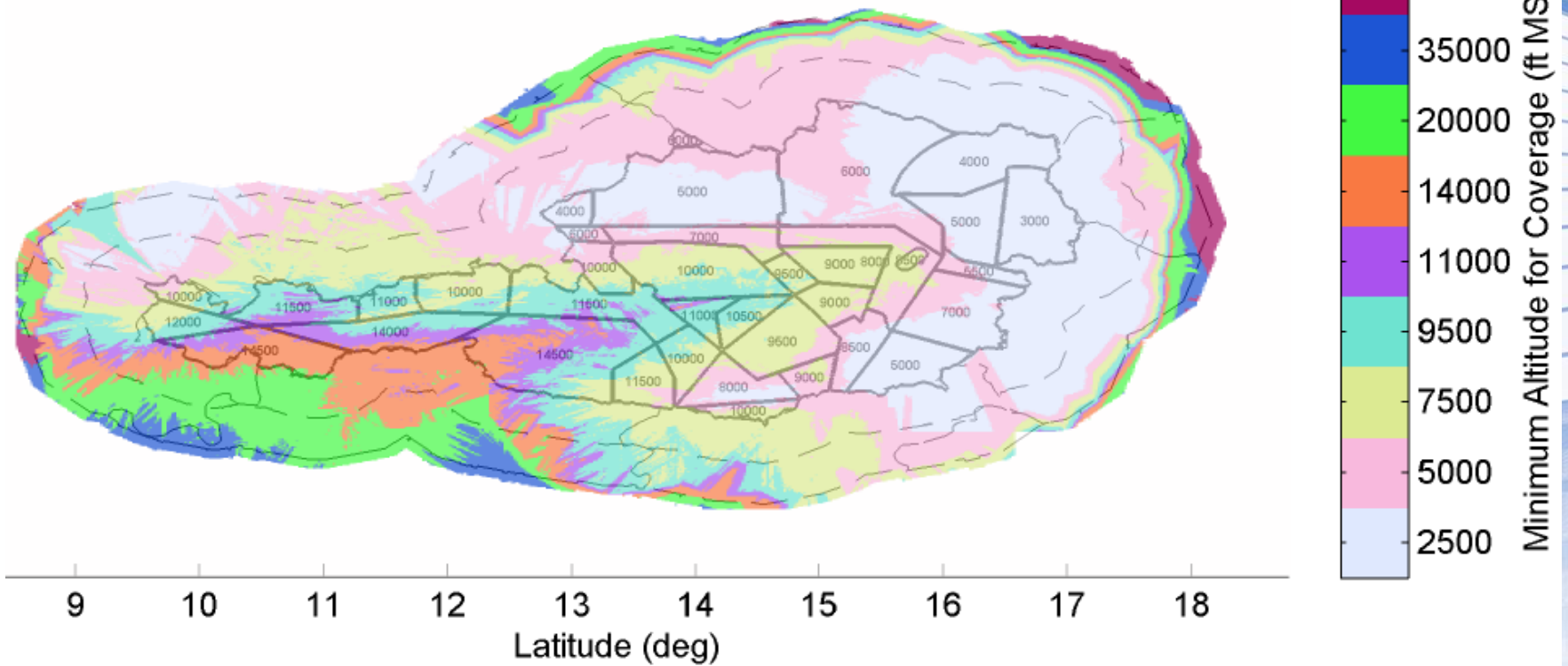
# Das Vorhaben:

- ▶ Derzeitige Radarabdeckung FL125 (inkl. ausländ. Radar)



# Das Vorhaben:

- ▶ WAM Coverage



# Systemarchitektur:

- ▶ Ein Redundantes Central Processing System (CPS) in ATCCV (plus redundantes Testsystem)
- ▶ 61 WAM Sensorstandorte (inklusive WAM Innsbruck)



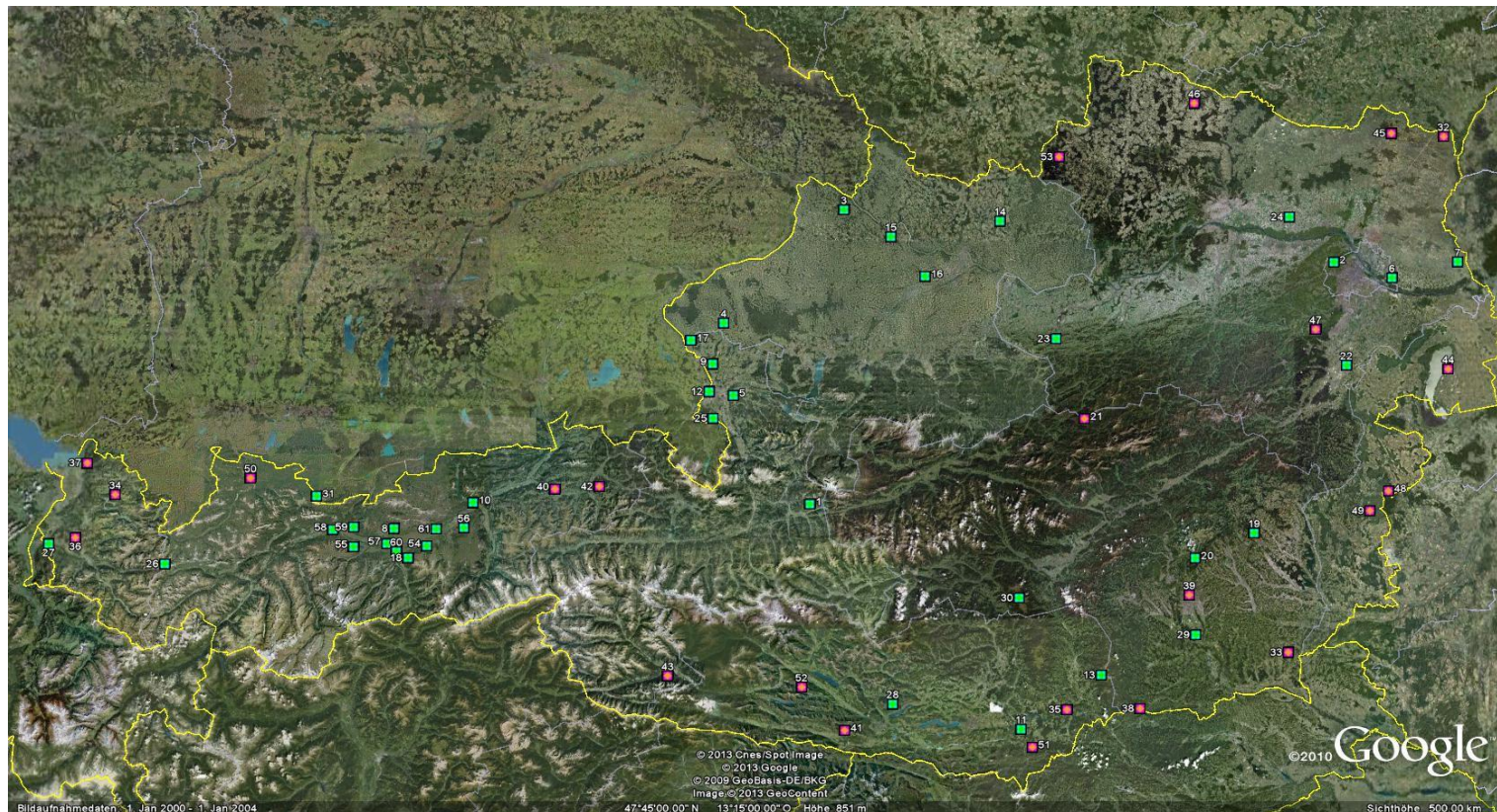
# Allgemeines Sensorstandorte:

- ▶ Sensorstandorte bei WAM Systemen sind Kompromiss zwischen Wirtschaftlichkeit und Funktion
  - Standorte mit weitreichender Rundumsicht haben großen Beitrag zum Gesamtbild und sind daher vorteilhaft
  - Gesamtzahl der Standorte ist so groß wie nötig zu halten um Coverage zu erfüllen, aber so klein wie möglich, um zusätzlichen Miet-, Leitungs- und Betriebskosten zu vermeiden
- ▶ Zur Sicherstellung, dass mit den ausgewählten Standorten auch die geforderte Performance erbracht wird, wurde die Standortauswahl vom WAM Lieferanten durchgeführt.
- ▶ ACG Vorgabe: Standorte Redundanz muss so gewählt werden, dass zumindest ein Einzelstandort jederzeit ausfallen können muss, und die volle Performance immer noch gegeben sein muss („N-1 Redundanz“)



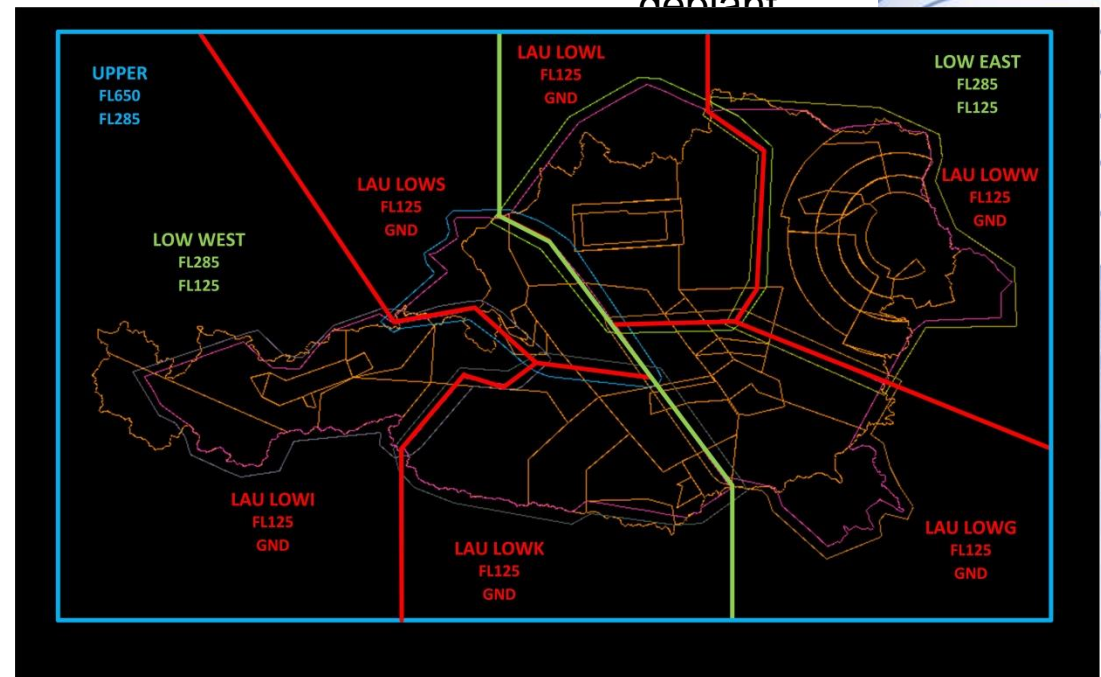
# Ausgewählte Standorte

- ▶ 61 Sensor Standorte
- ▶ 38 Standorte bereits Flugsicherungsstandorte (grün)
- ▶ 23 Standorte neu (ORS, A1) (rot)



# Redundanzen:

- ▶ Verfügbarkeitssteigerung durch Segmentierung
  - Ausfall erst bei „n-2“ innerhalb dieses Segmentes
  - Segmente an betriebliche Zweckmäßigkeit angepasst
    - Kleinere Segmentierung würde Verfügbarkeit weiter steigern, wäre jedoch mit Betriebsverfahren nicht **sinnvoll** abdeckbar
  - Derzeit 9 Segmente
  - Zuordnung der Sensoren zu den Bereichen (Ausfallsmatrix – erst nach Sensoren finalisiert werden)



# Installationsbeispiele:

- ▶ Großsendeanlagen:





# Installationsbeispiele:

- ▶ Kleinsendeanlagen:



# Installationsbeispiele:

- ▶ Flugsicherungsanlagen:



# Status Jänner 2014 und weiterer Weg

- ▶ Seit Dezember 2013 werden AWAM Daten im operativen Betrieb der Austro Control für den oberen Luftraum genutzt.
- ▶ Im Laufe des Jahres 2014 werden die Daten des AWAM Systems sukzessive für den unteren Luftraum validiert und in die Tracker eingebunden.
- ▶ Anpassung des Topsky Systems (zentrales System für den Fluglotsen an der Konsole) für die Nutzung von WAM-only Daten im Herbst 2014.



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

Dipl.Ing (FH) Edmund Berndt  
Edmund.berndt@austrocontrol.at

**SICHERHEIT LIEGT IN DER LUFT**

