

Airplanescatter



Alexander Kurpiers (DL8AAU)

Airplanescatter

Gliederung

- DX auf UKW
 - Troposcatter vs. Airplanescatter
 - “Contestbusiness”
- Airplanescatter – Grundlagen
- Airscout Software
- Betriebstechnik / Beispiele

Airplanescatter und Troposcatter

UKW DX

UKW DX

- Diverse Einflüsse erlauben DX (>500km), viele aber sind sehr selten
 - Tropo-Ducting, Sporadic E (E_S), Aurora, Meteorscatter (MS), Regenscatter (RS)...
 - Vieles davon nur auf 2m und eventuell 70cm
- Zuverlässig:
 - Troposcatter
 - EME (wenn der Mond sichtbar ist) – nicht im Contest!
 - Flugzeugreflektionen (Airplanescatter)

Conteste sind an festen Terminen...

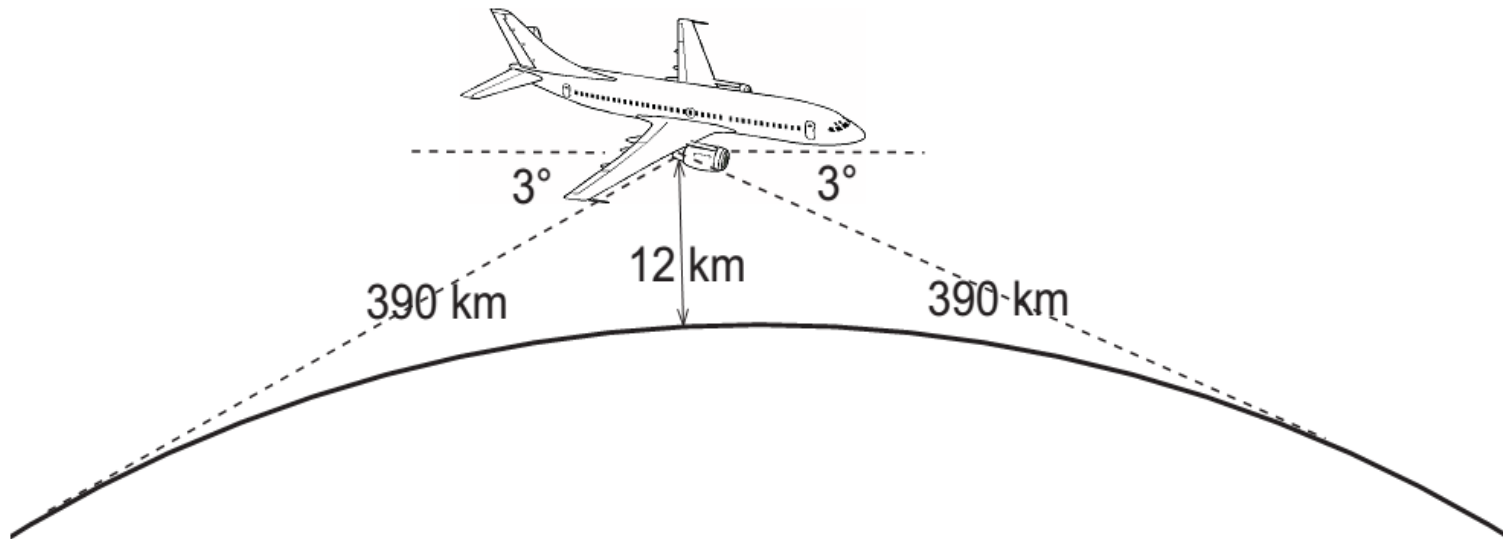
Airplanescatter

- Flugzeuge sind groß gegenüber der Wellenlänge (UKW) und haben eine weitgehend glatte Metalloberfläche

-> Radiowellen werden reflektiert (nicht gestreut)

Trotzdem: wir sprechen von *Airplanescatter (AS)*, auch wenn *Airplane Reflexion (AR)* richtiger wäre

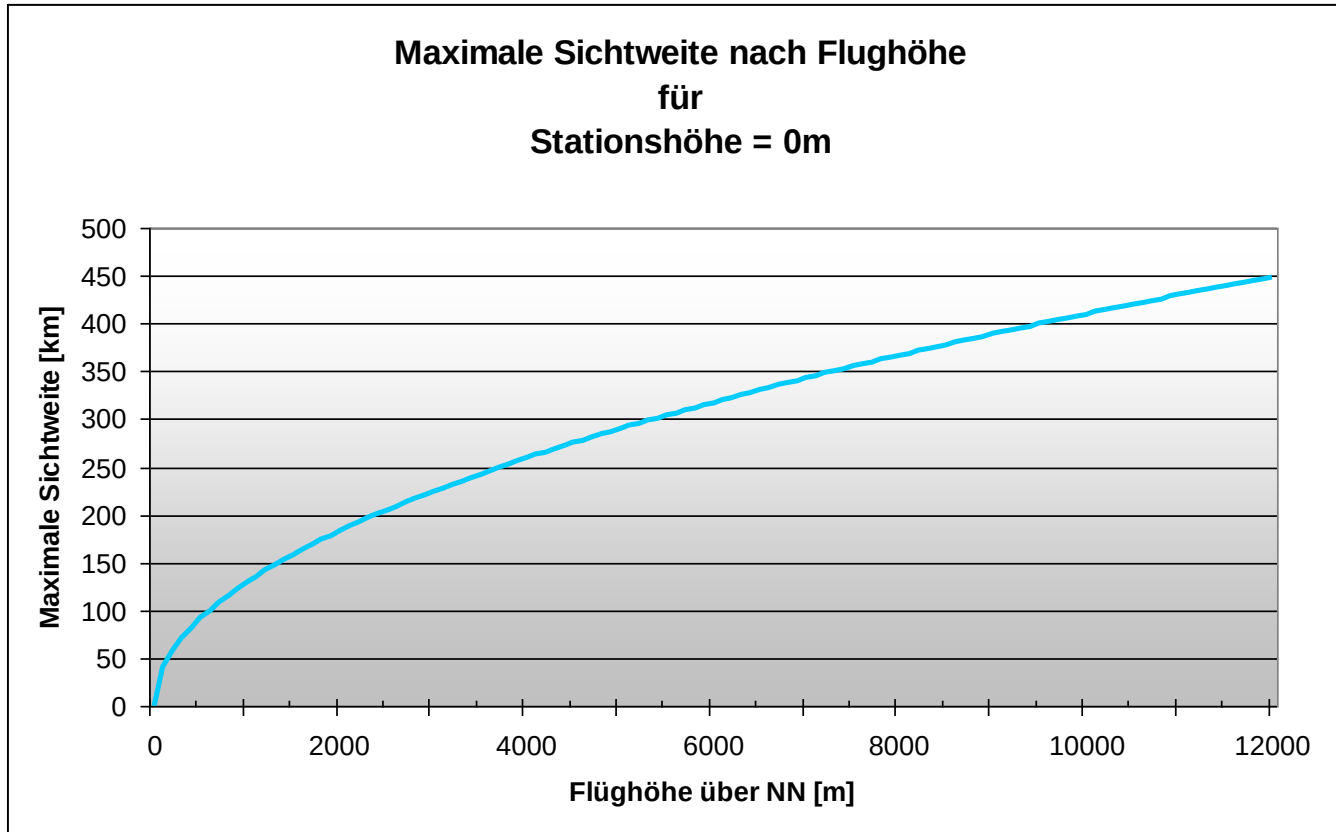
Geometrie einer AS Verbindung



(12km ist die max. Flughöhe)

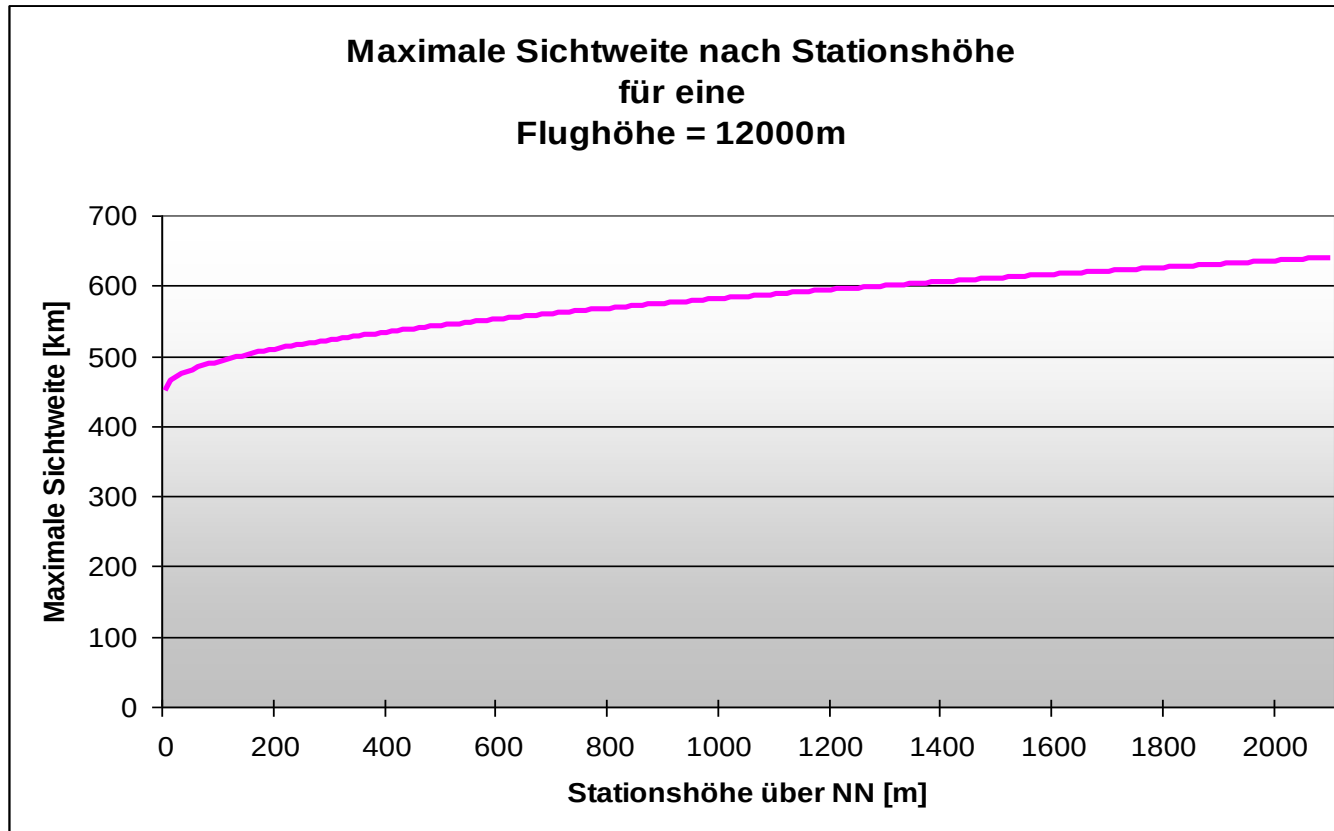
Regel: beide Stationen müssen das Flugzeug *sehen*
(Radiohorizont) können

Maximal erreichbare Entfernung



Die theoretische Reichweite hängt natürlich von der Flughöhe ab und erreicht unter Idealbedingungen für zwei Betrachter auf Meereshöhe maximal
 $2 \times 450\text{km} = 900\text{km}$ (bei 12000m Flughöhe).

Maximal erreichbare Entfernung



Auch für AS gilt: Je höher der eigene Standort, um so besser. Allerdings ist der Reichweitenzuwachs eher moderat:

Für 1000m Höhe nimmt die Reichweite einseitig um ca. 120km zu.

Dämpfung der Reflexion

$$\frac{a}{\text{dB}} = 10 \cdot \lg \frac{P_{TX}}{P_{RX}} = \boxed{20 \cdot \lg \frac{4\pi \cdot d_1 \cdot d_2}{A}} - \frac{g_{TX}}{\text{dB}} - \frac{g_{RX}}{\text{dB}}$$

Realistische Werte (SK7MW zu DF9IC 23cm):

- $g_{TX} = 32 \text{ dBi}$ für einen 4,5-m-Spiegel und $g_{RX} = 24 \text{ dBi}$ für 4 x 35 Element-Yagi,
- $d_1 = d_2 = 390 \text{ km}$ für die Strecke zwischen JN48iw und JO65mj,
- $P_{TX} = 51 \text{ dBm}$ (125 W) und $P_{TRX} = -130 \text{ dBm}$ (gute SSB-Signalstärke)

-> Path loss max. 237dB

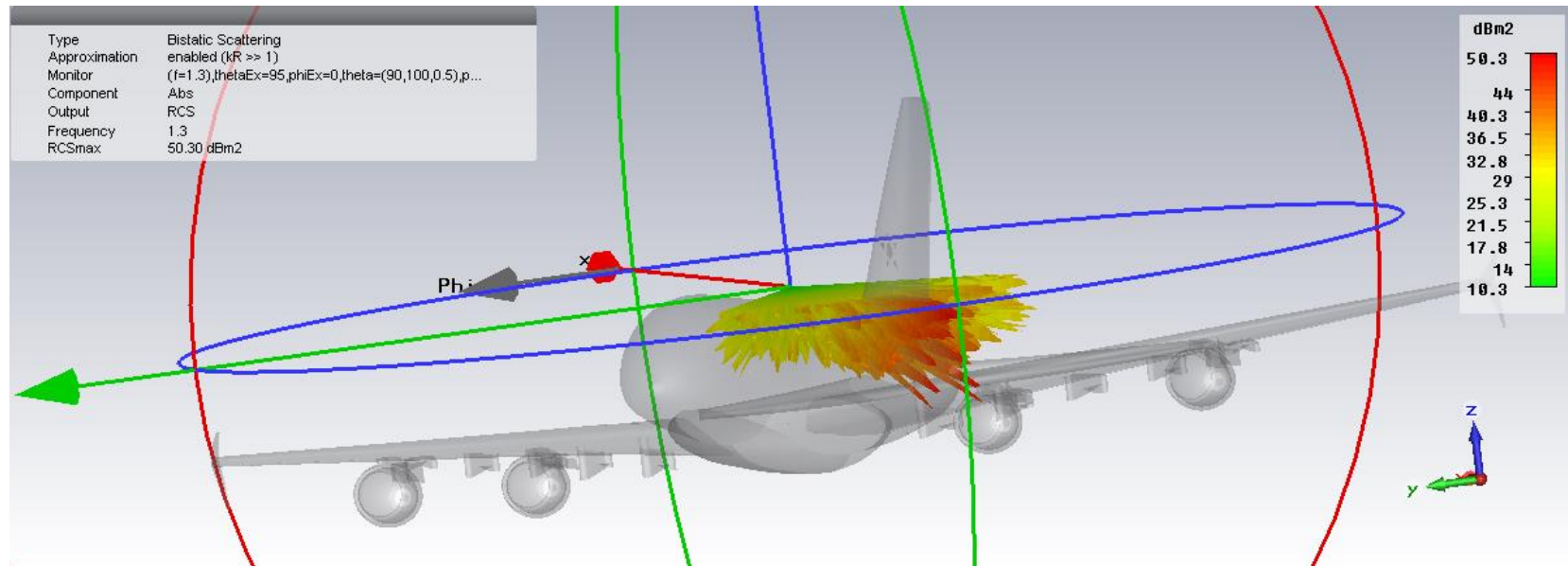
$A=2,7\text{m}^2$ (unter 3° Winkel ca. 50m^2)

Dämpfung durch Streuung

$$\frac{a}{\text{dB}} = 10 \cdot \lg \frac{P_{TX}}{P_{RX}} = 10 \cdot \lg \frac{(4\pi)^3 \cdot d_1^2 \cdot d_2^2}{\lambda^2 \cdot \sigma} - \frac{g_{TX}}{\text{dB}} - \frac{g_{RX}}{\text{dB}}.$$

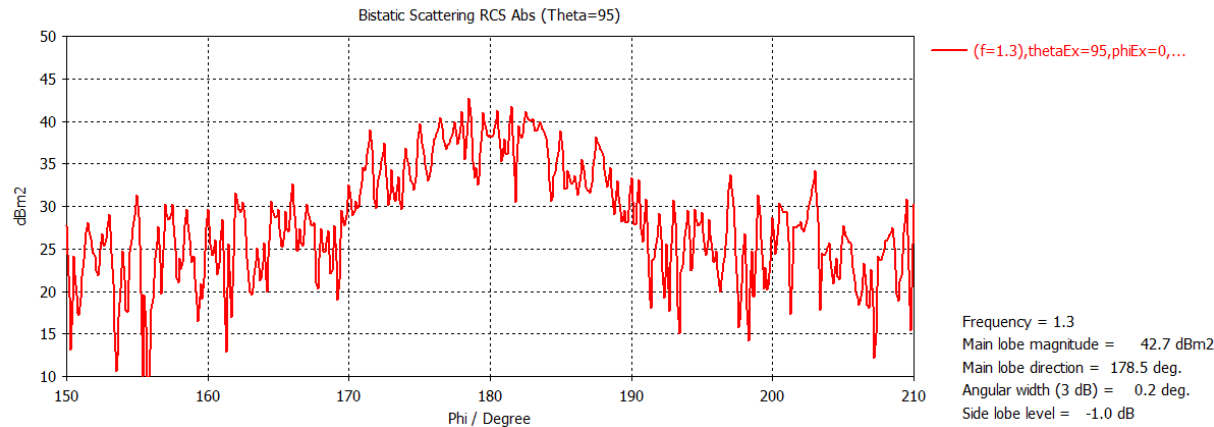
- “Übliche” Darstellung für Radar. Dabei ist σ der Radarquerschnitt (engl. „radar cross section (RCS)“)
- Im Beispiel: σ müsste 5000m^2 sein (tatsächlich $10\text{-}100\text{m}^2$ für Verkehrsflugzeuge) – ca. 20dB fehlen

Analyse mit CST Microwave Studio



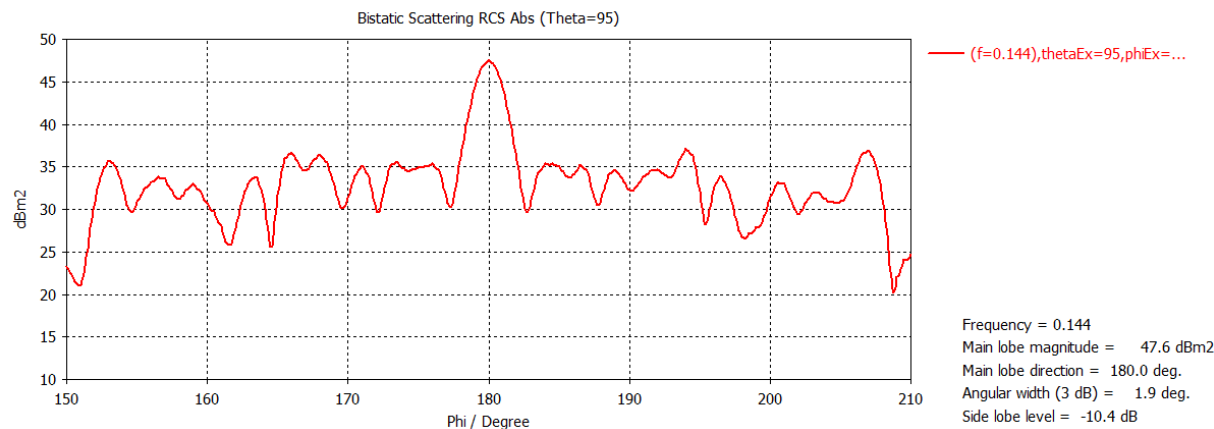
- „CST“ ist eine Darmstädter Firma, die mit „Microwave Studio“ eine exzellente 3D Simulationssoftware für elektromagnetische Felder anbietet.
- Ein Teil der Software („Asymptotic Solver“) beschäftigt sich mit Radarquerschnitt von metallischen Objekten

Simulationsergebnisse CST



□ 23cm: 42.7dBm²
sind ca.
19000m² (A380)

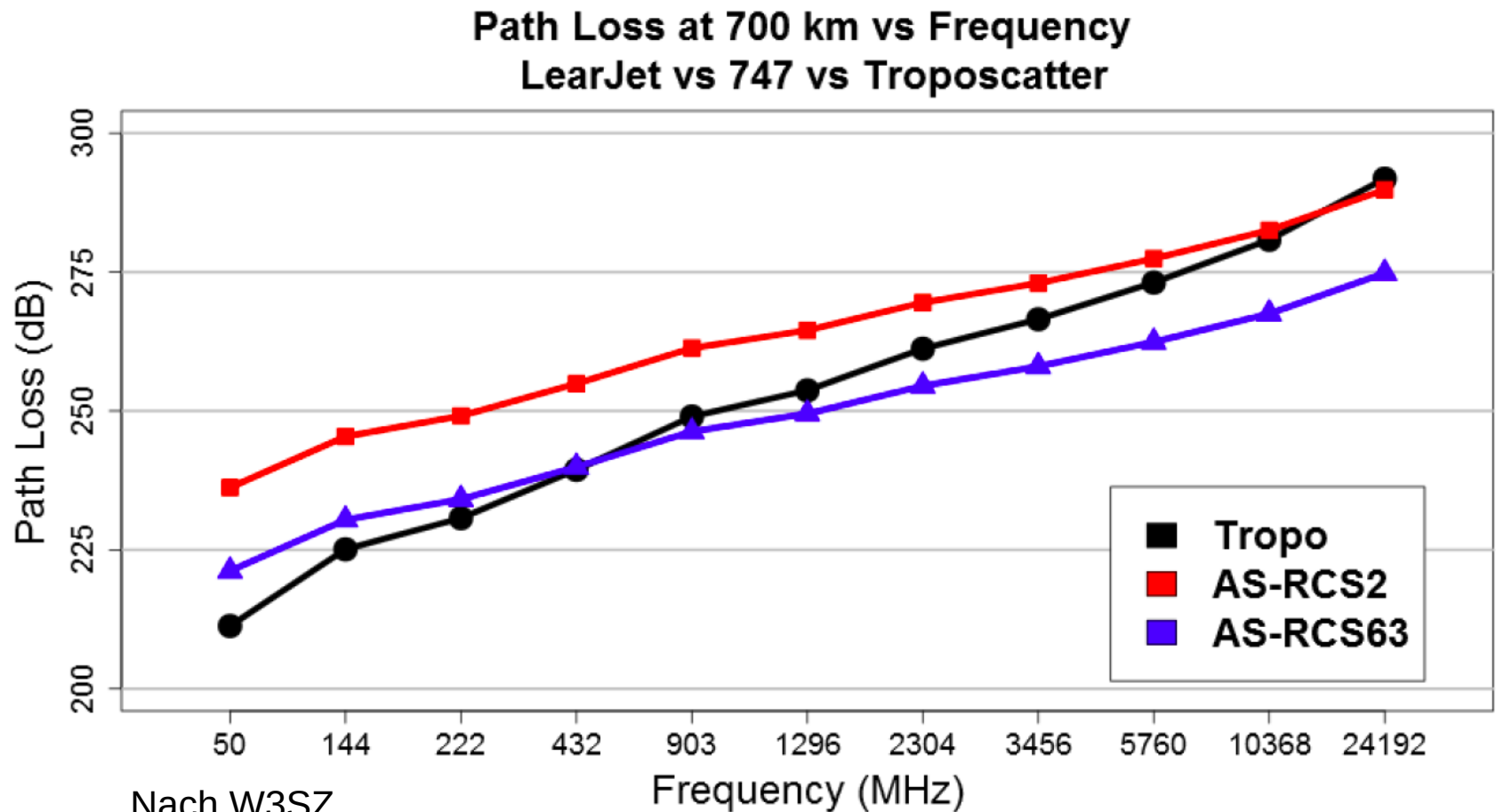
(A320 ca. 3dB
weniger)



□ 2m:
47.6dBm² sind
ca. 57000m²
(A380)

Öffnungswinkel
breiter!

Troposcatter vs. Airplanescatter

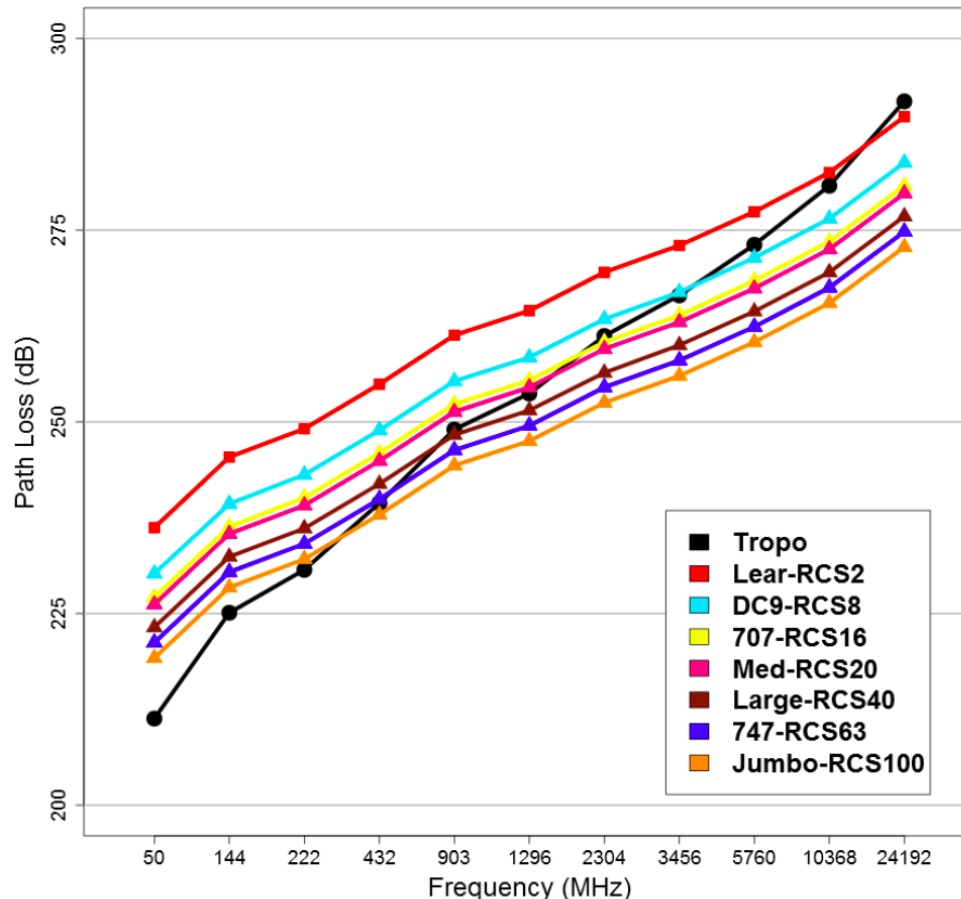


Nach W3SZ

NB: RCS + 20dB realistisch

AS: größere Flugzeuge sind besser

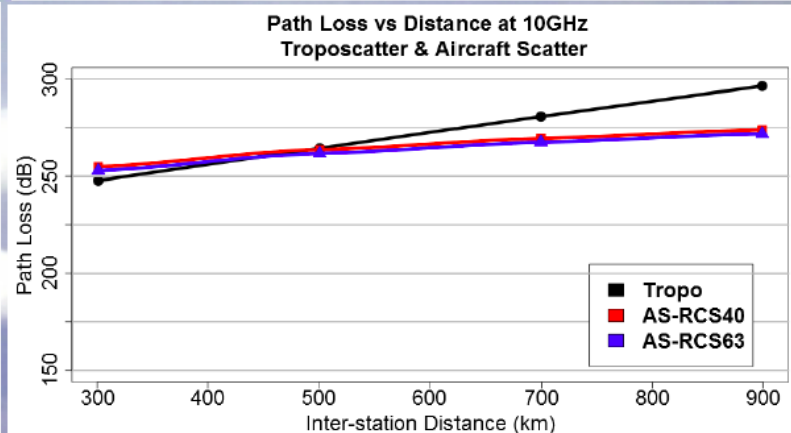
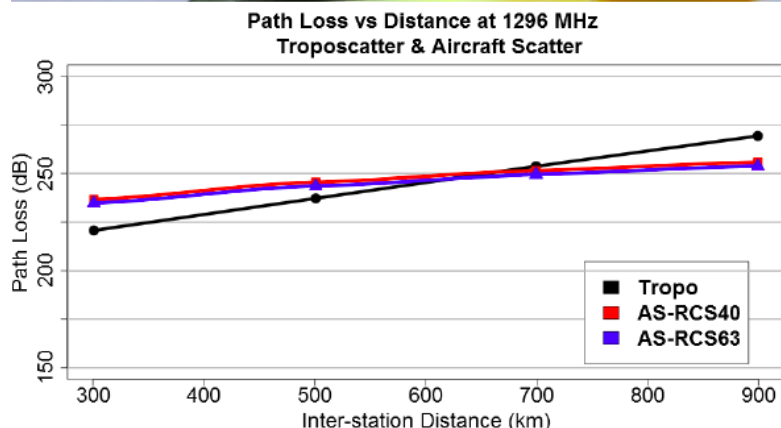
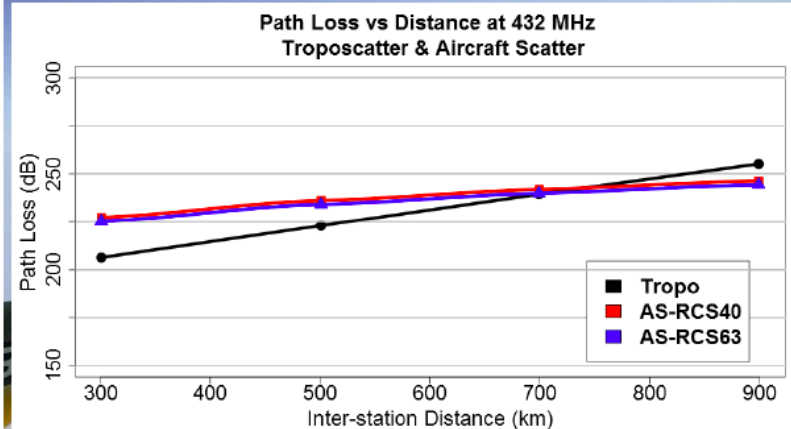
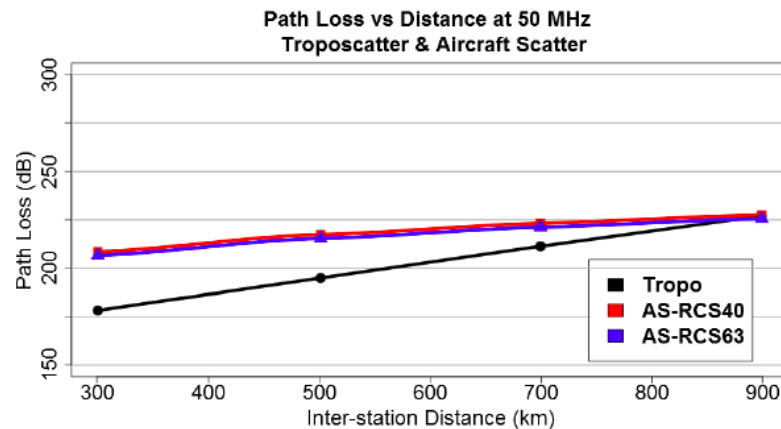
Path Loss at 700 km vs Frequency
Various Planes vs Troposcatter



- Je größer ein Flugzeug, desto größer sein Radarquer-schnitt (RCS)
- Troposcatter eher nur für niedrige Frequenzen

(W3SZ nimmt RCS, also wieder ca. 20dB dazu!)

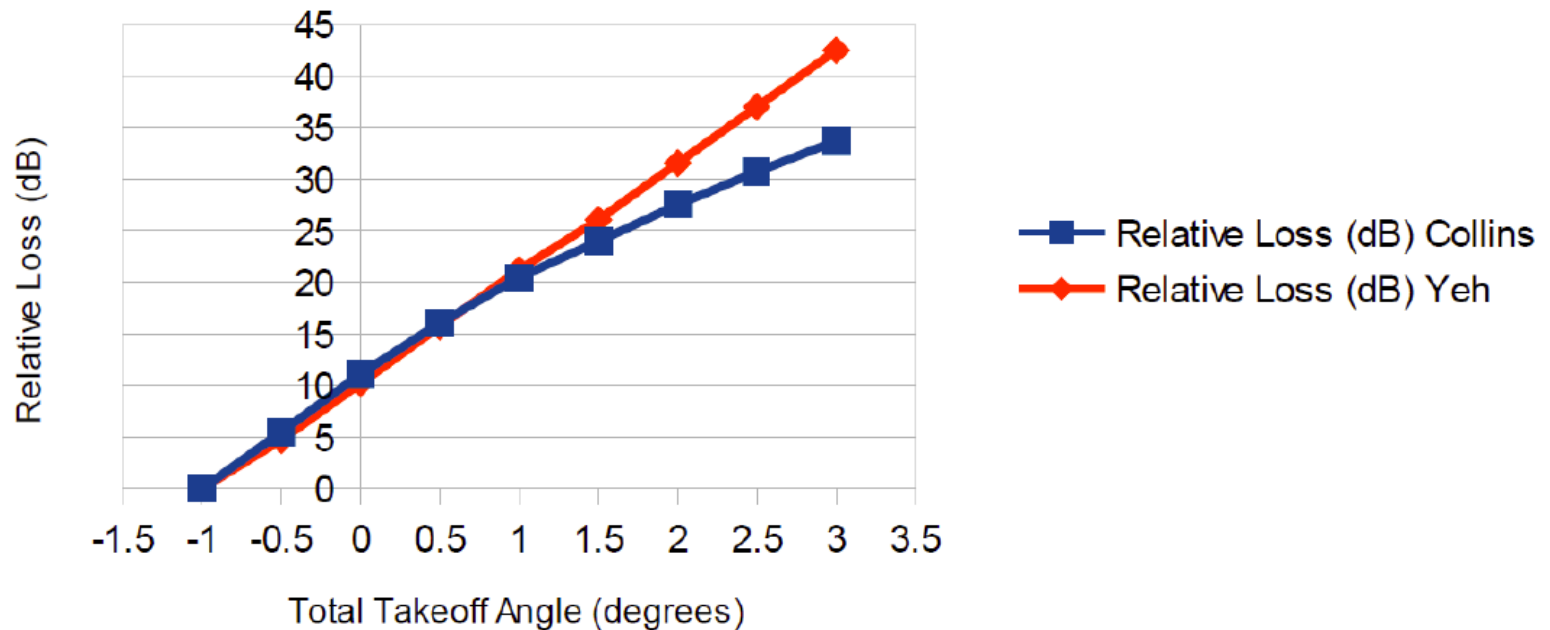
Troposcatter vs. Airplanescatter



Dämpfung steigt für Troposcatter mit der Entfernung schneller als für Airplanescatter.

Troposcatter und Abstrahlwinkel

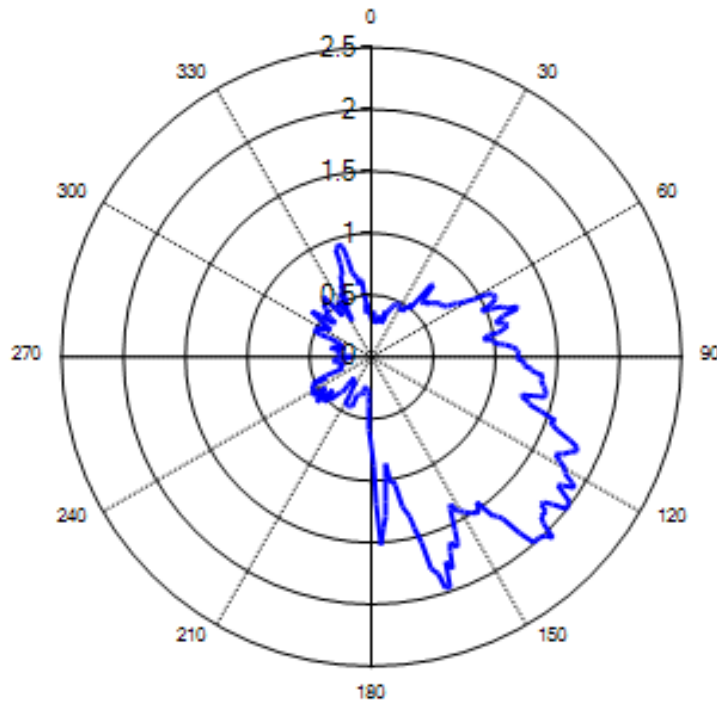
Troposcatter Loss vs Total Takeoff Angle



Ein freier Horizont ist extrem wichtig, sonst steigt die Dämpfung schnell an!

Min. Elevation DL0FTZ

Minimum Elevation Angle versus True North [deg]



Richtung Italien 1,5-2° Elevation!
Nur wenige Richtungen mit ca. 0°,
Troposcatter wird stark gedämpft.

Airplanescatter geht trotzdem

Aktivitätswettbewerb (Dienstags):
600km/Verbindung

Airplanescatter oder Troposcatter?



(von Árni Friðriksson)

Eine Chance, UKW ohne
Flugzeuge zu probieren:

Eyjafjallajökull April 2010

Henning (DF9IC) 23cm NAC:

“Sehr interessant heute Abend - man muss sich die Flieger sehr einteilen, aber es geht - hab grade über D-ALTD (A320 der Air Berlin) nacheinander OZ9KY und OZ1FF gearbeitet....“

Airplanescatter im Contest

2016-05-07 21:47:19	1296250.0	G3XDY	55	126	59	036	JO02OB	684
2016-05-07 21:49:02	2320150.0	G3XDY	519	47	559	012	JO02OB	684
2016-05-07 21:52:21	3400150.0	G3XDY	519	20	539	005	JO02OB	684
2016-05-07 21:56:34	5760100.1	G3XDY	519	12	539	005	JO02OB	684
2016-05-07 22:00:17	10368100.0	G3XDY	519	25	519	019	JO02OB	684

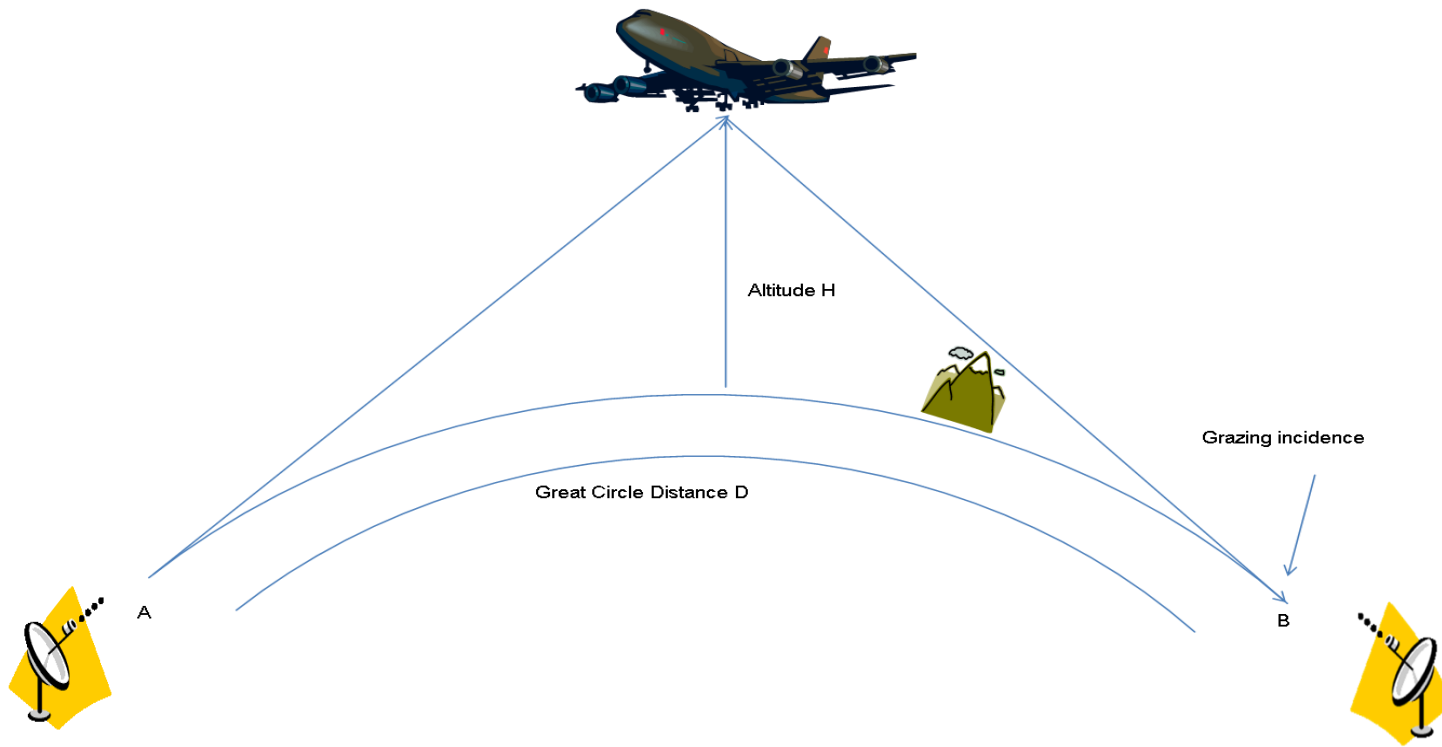
UKW-Contest DL0GTH Mai 2016

5-Band-QSO von 23cm – 3cm mit John, G3XDY innerhalb von 15min. Die Entfernung beträgt jeweils 684km.

Alle QSOs wurden über einen einzigen (Längs-) Flieger abgewickelt.

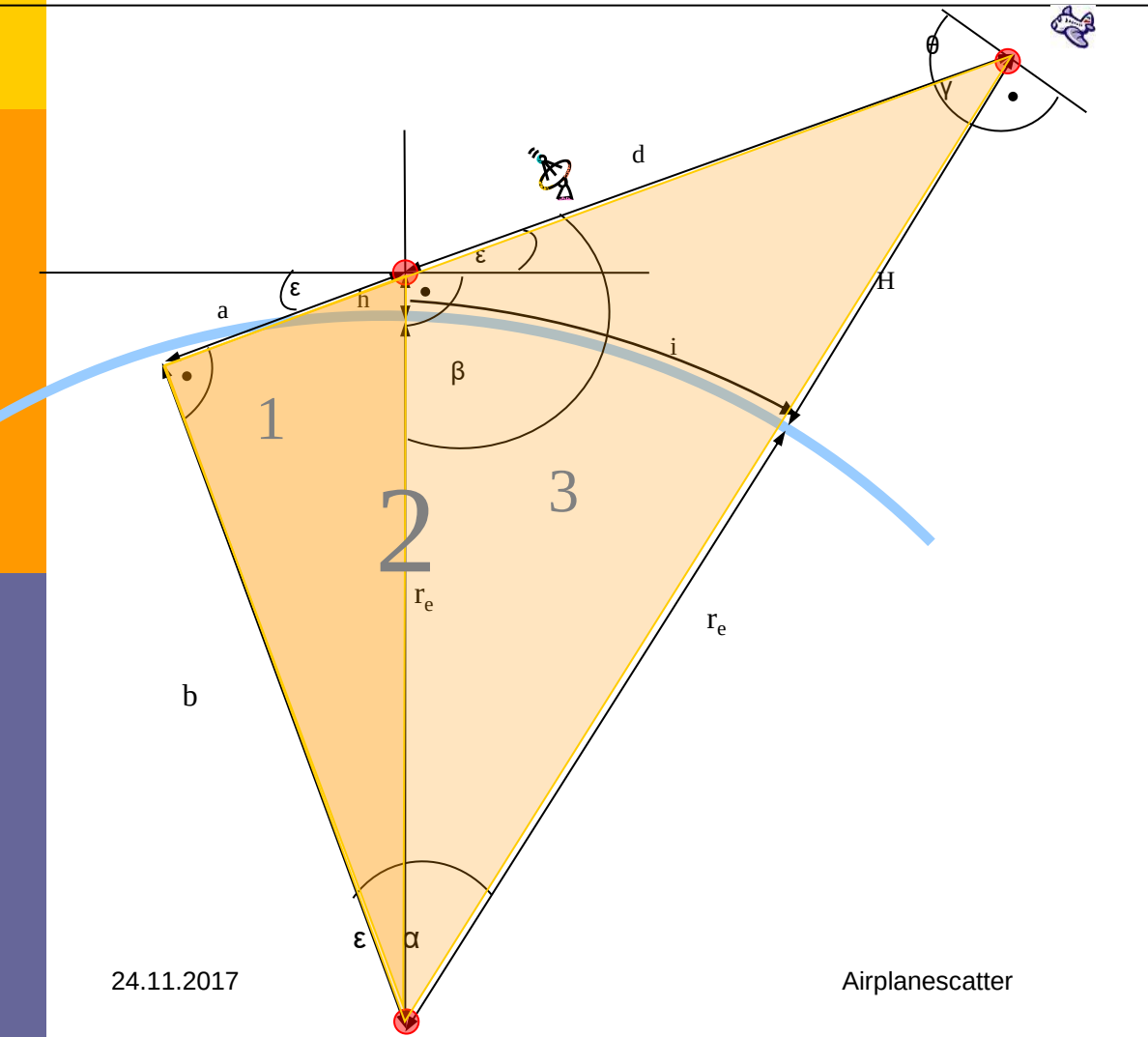
Wie funktioniert Airplanescatter

Pfadgeometrie



Für das Zustandekommen einer AS – Verbindung muss das Flugzeug von beiden QSO – Partnern aus (funk-)sichtbar sein. Diese grundlegende Bedingung wird jedoch in den meisten Betrachtungen außer acht gelassen.

Erhebungswinkel ε

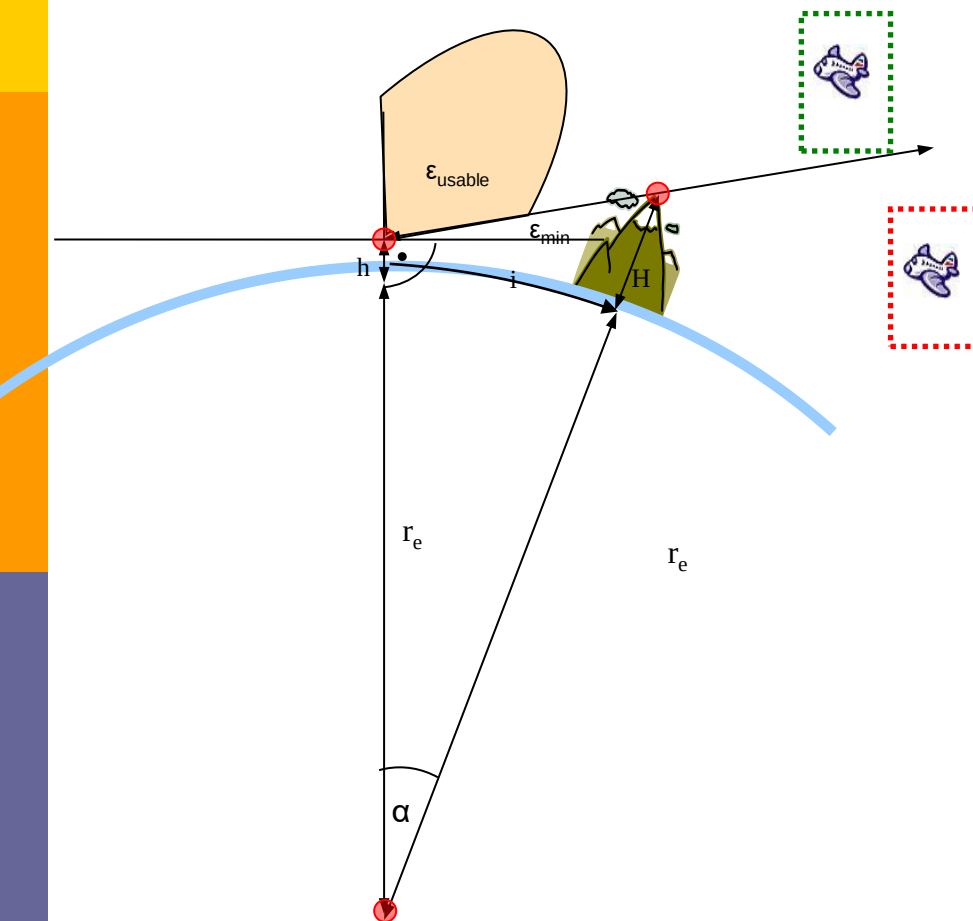


Der Erhebungswinkel ε ist das zentrale Element in der Sichtbarkeitsbetrachtung.

Er wird sowohl für den Ort des Flugzeugs als auch für jede Geländeerhebung bestimmt.

Für die Berechnung ist etwas Trigonometrie erforderlich.

Nutzbarer Erhebungswinkel $\epsilon_{\min}$



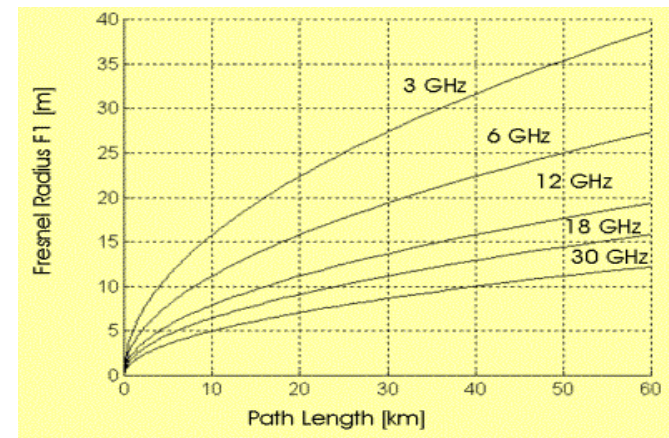
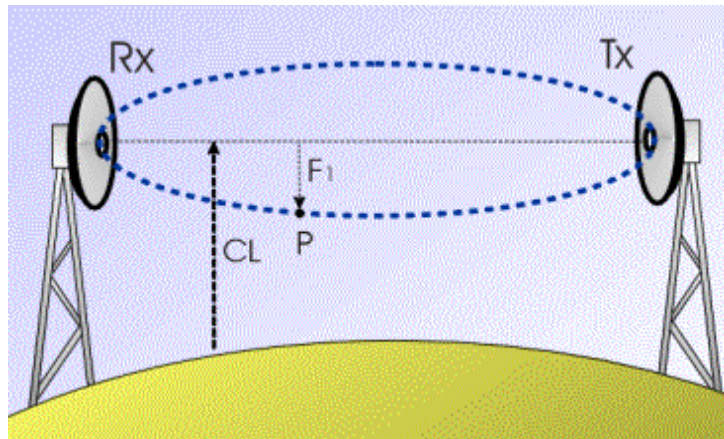
Durch Geländehindernisse wird der nutzbare Erhebungswinkel eingeschränkt.

- Objekte in der Nähe des Betrachters wirken wesentlich stärker als entfernte

Für jeden Punkt auf dem Pfad zur Gegenstation Erhebungswinkel bestimmen.

- Maximum ist die untere nutzbare Grenze des Erhebungswinkels.
- Alles unterhalb ist abgeschattet (rotes Flugzeug im Bild).

Pfadparameter: Fresnel Zone



Die Fresnel – Zone ist ein Ellipsoid, das das an der HF-Übertragung beteiligte Volumen charakterisiert.

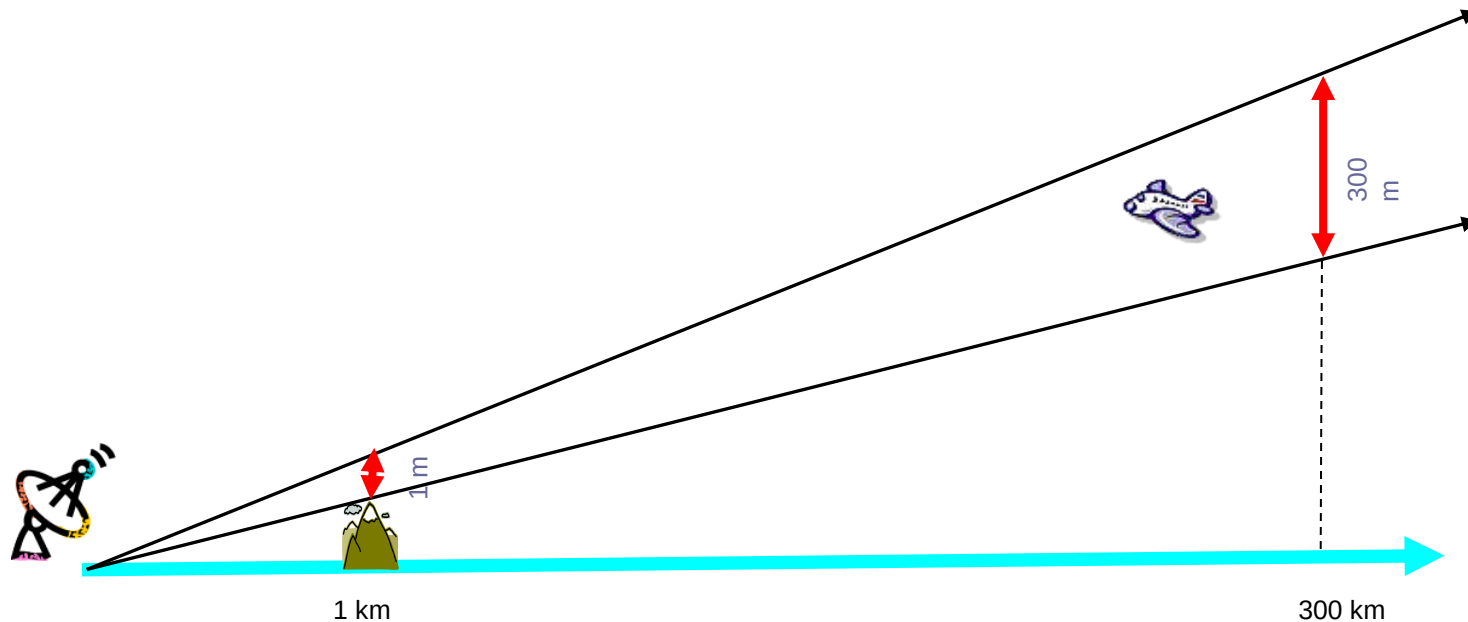
Ihre Ausdehnung ist entfernungs- und frequenzabhängig:

Je kleiner die Frequenz um so größer wird die Fresnel – Zone.

Für eine ungestörte Übertragung ist eine weitgehend freie F1 – Zone wichtig.

Als Standardwert wird angesetzt: **F1-Clearance = 0.6**

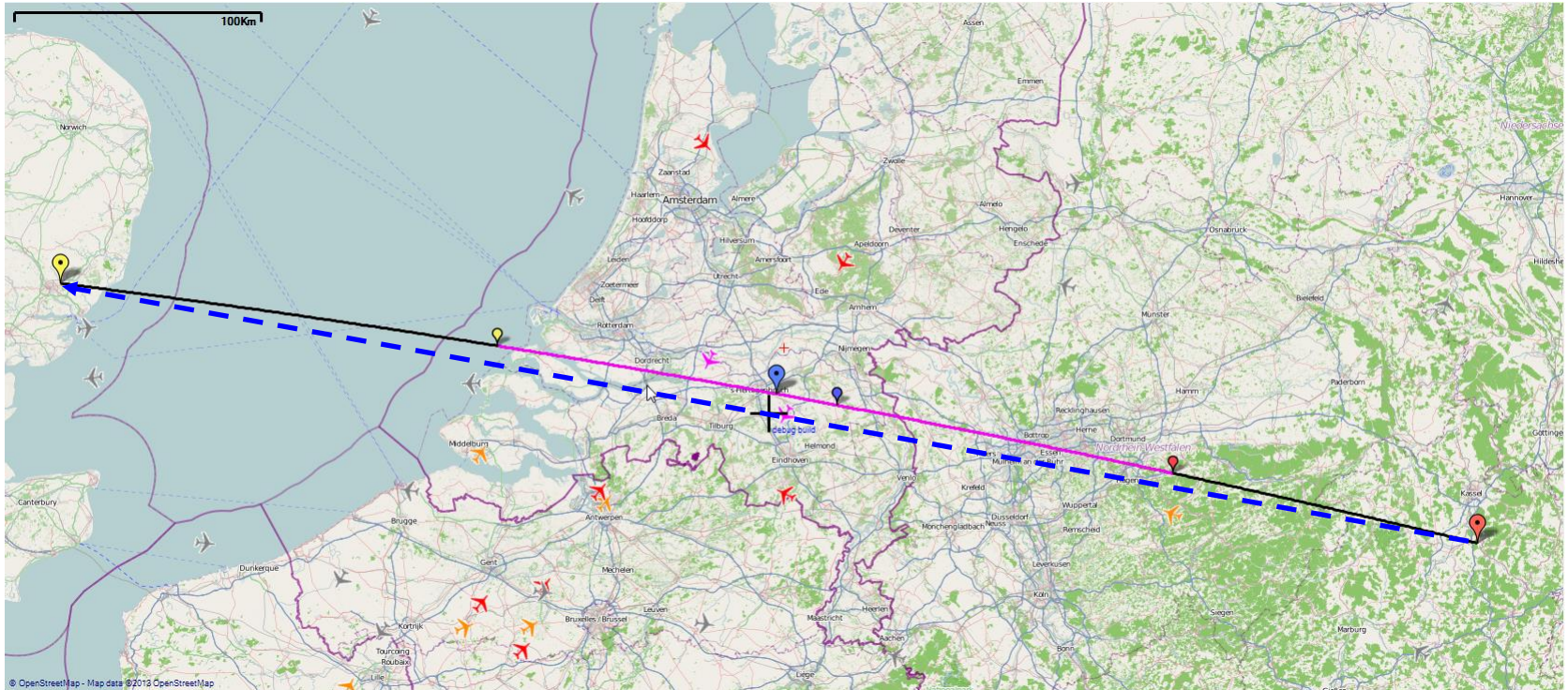
Einfluss von Hindernissen in der Nähe



Wenn das QTH keine freie Abstrahlung bietet, führen selbst kleinste Höhenfehler in der Nähe von Sender oder Empfänger zu erheblichen Höhenfehlern in größerer Entfernung. Zur Abschätzung kann näherungsweise der Strahlensatz verwendet werden.

Die Ermittlung der minimal erforderlichen Flughöhe kann in diese Situation nur sehr grob erfolgen.

Pfadgeometrie



Die Pfadberechnung und -darstellung ergibt wegen der sphärischen Natur der Erde eine gekrümmte Linie. Bei größeren Entfernungen betragen die Abweichungen von der Geraden schnell 10 Kilometer oder mehr.

Flugzeugpositionsdaten



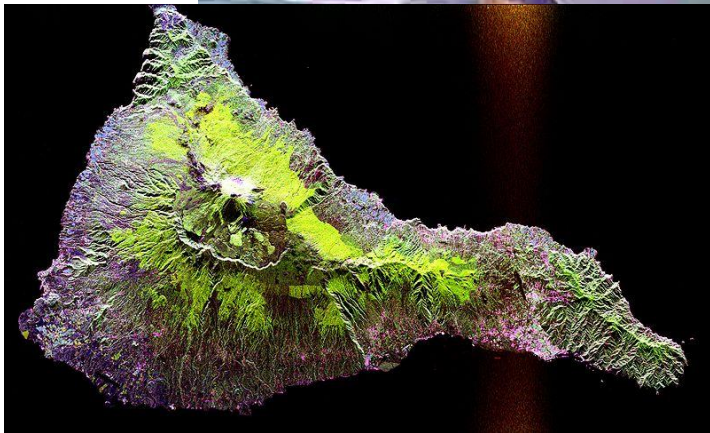
Beispiele:

- Flightradar24
- Planefinder
- RadarBox24
- ADSBexchange

ADS-B Direktempfang ist in DL (vermutlich) verboten!

Durch die flächendeckende Einführung der ADS-B Aussendungen sind heute mit einfachen Mitteln die Positionsdaten von Flugzeugen zu empfangen. Seit einiger Zeit gibt es eine Reihe von Webseiten, die diese Informationen sammeln und einer Vielzahl von Nutzern über Internet zur Verfügung stellen.

Digitale Höhenmodelle



Im Rahmen der Shuttle Radar Topography Mission im Februar 2000 (STS-99) wurde ein hochauflösendes digitales Geländemodell der Erde erstellt, das frei erhältlich ist.

Die mittels „Synthetic Aperture Radar“ ermittelten Höhendaten geben die Oberflächenform der Erde einschließlich Bewuchs und Bebauung wieder.

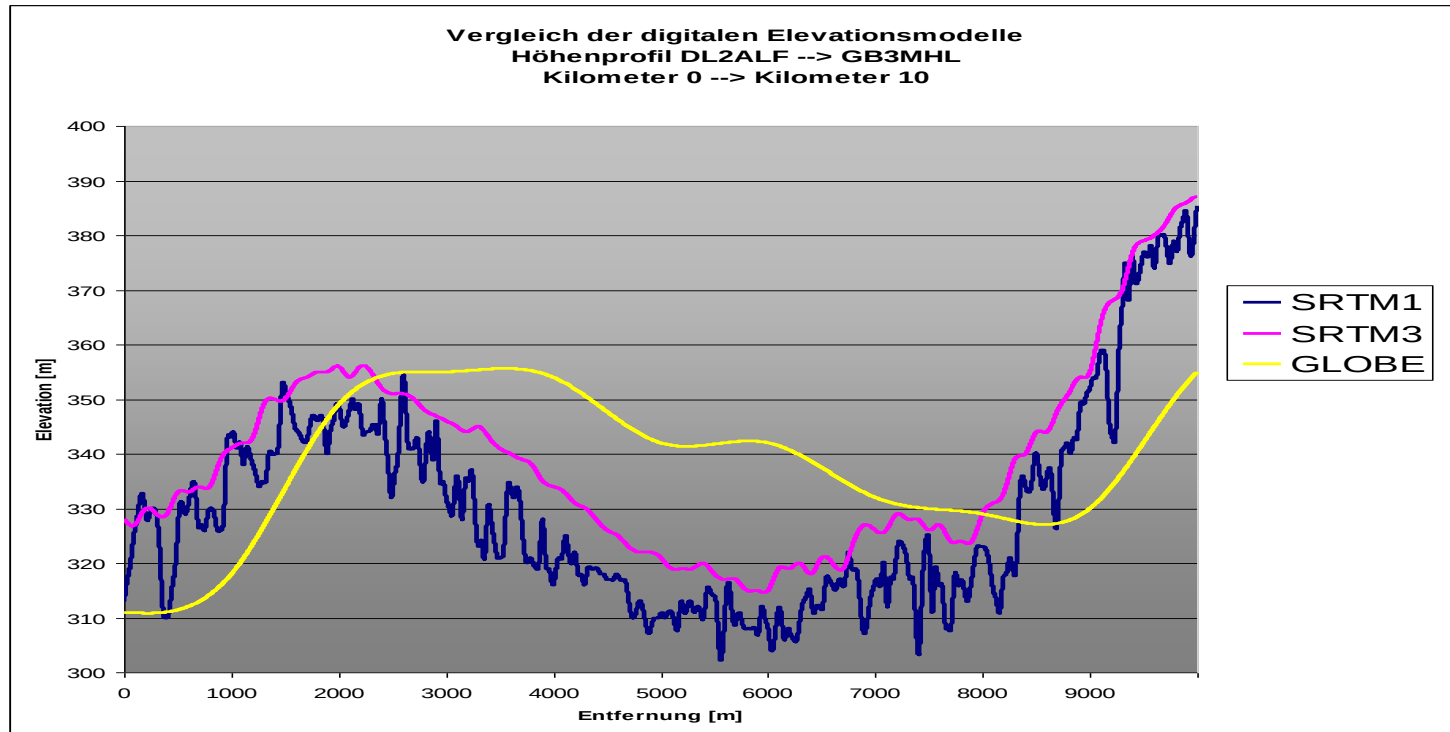
SRTM-3:

- Abdeckung Welt (58°S .. 60°N)
- 3 Bogensekunden Auflösung (90 x 90m)

SRTM-1:

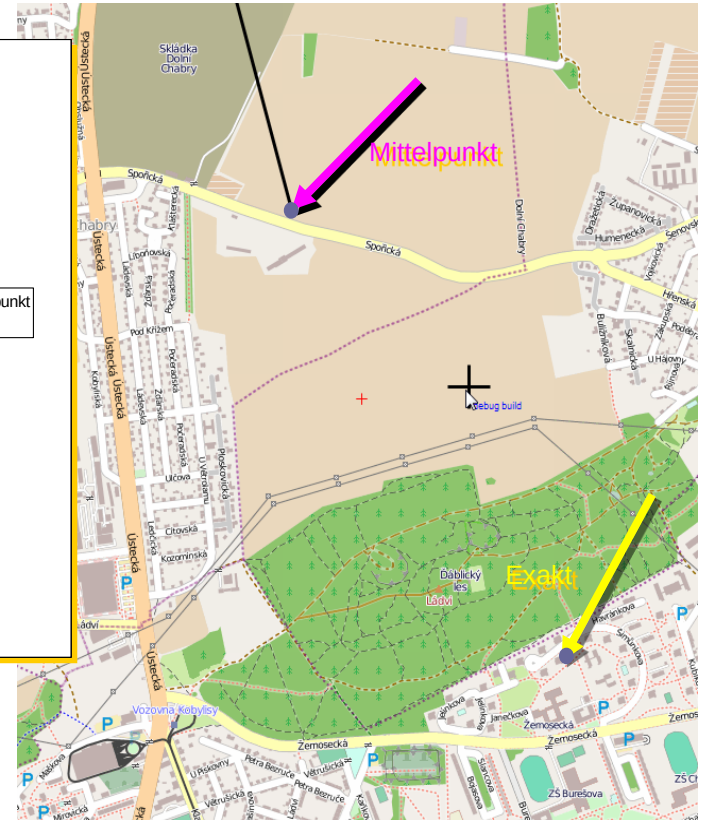
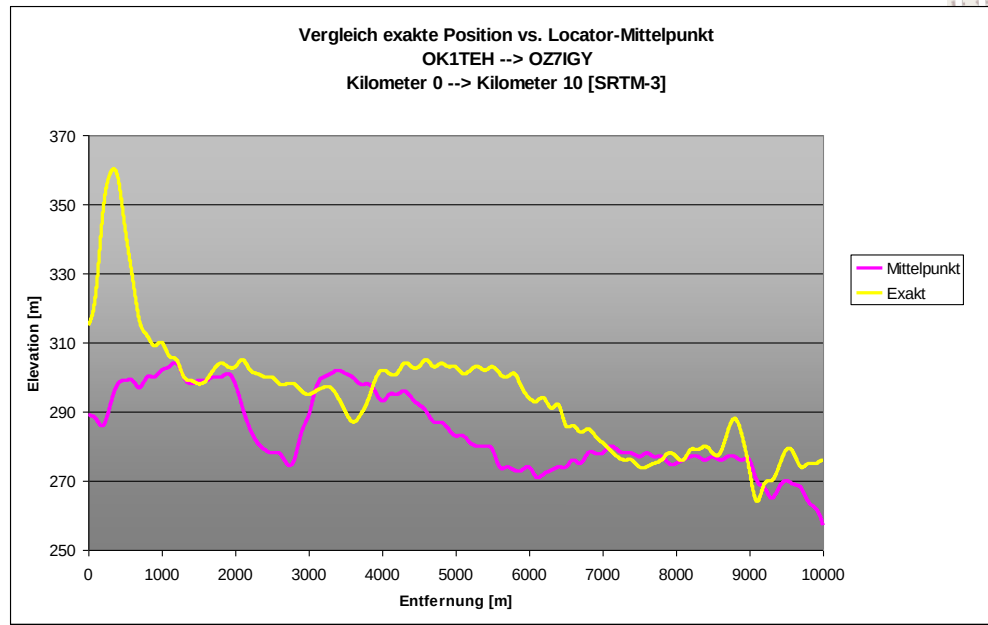
- Abdeckung Nordamerika
- 1 Bogensekunde Auflösung (30 x 30m)

Digitale Höhenmodelle - Vergleich



Der Vergleich zwischen den drei Elevationsmodellen zeigt die teilweise erheblichen Unterschiede auf. SRTM1 (ASTER) liefert viel Dynamik, die zusätzlich geglättet werden müsste. GLOBE liefert auf Grund der geringen Werteanzahl eine sehr glatte Darstellung mit erheblichen Höhenfehlern. **Die besten Ergebnisse liefert SRTM3.**

Exakte Position ist wichtig



Die exakte Positionsangabe ist essentiell notwendig für eine sinnvolle Pfadberechnung. Gerade bei Elevationsmodellen mit hoher Dynamik entstehen sonst leicht große Fehler bis zur Unbrauchbarkeit der Berechnung (Beispiel: OK1TEH)

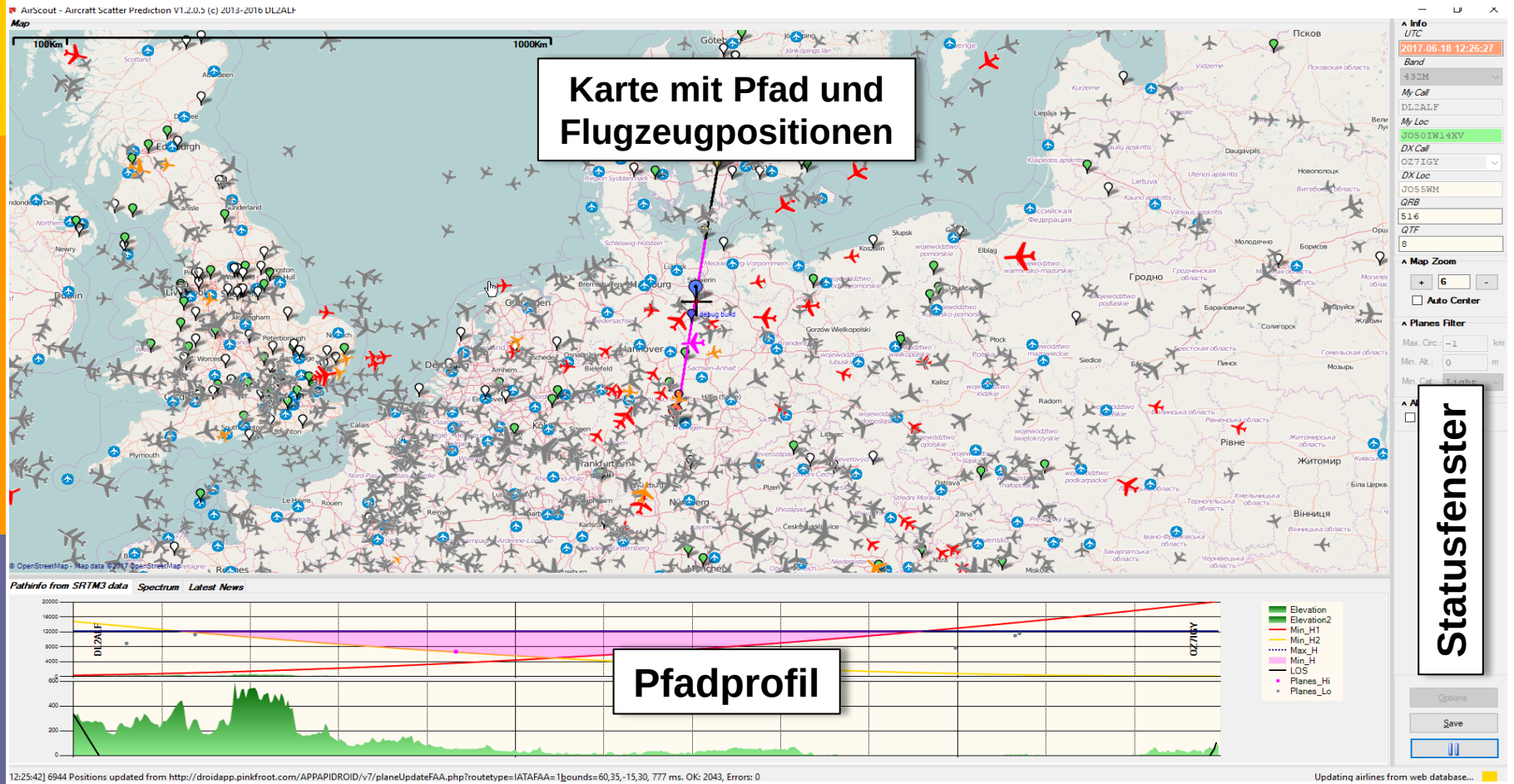


www.airscout.eu
von Frank DL2ALF

aktuell: 1.2.0.6

„Airscout“ Software

Airscout - Hauptfenster



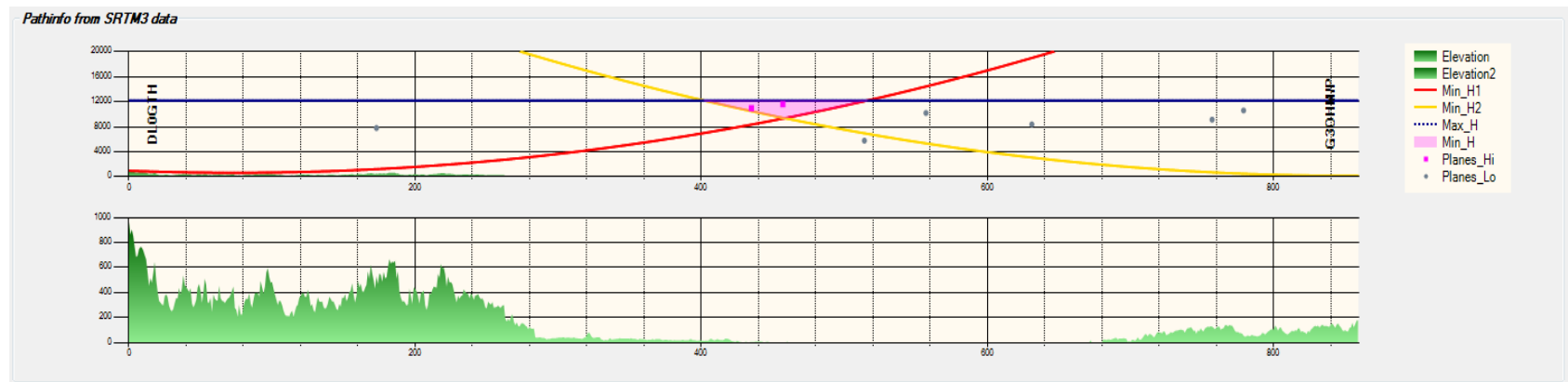
Airscout - Pfadprofil

Das Pfadprofil gibt Auskunft über die **minimale Flughöhe** von beiden Stationen aus gesehen. Die Darstellung erfolgt über „ebener Erde“, die eigentlich geraden Sichtbarkeitslinien sind daher durch die Erdkrümmung verzerrt.

Das magentafarbene Dreieck symbolisiert den Bereich, der von beiden Stationen aus einsehbar ist („**Hot Area**“).

Flugzeuge, die sich nahe am Pfad aufhalten, werden je nach Potential als graue oder magentafarbene Punkte dargestellt.

Das untere Diagramm zeigt den Höhenverlauf in einem geringeren Maßstab. Mit diesem kann der terrestrische Ausbreitungspfad besser abgeschätzt werden.



Airscout - Infofenster



Das Infofenster liefert wichtige Informationen zum Flugzeug.

Dazu gehören:

- Position
- Flughöhe
- Flugrichtung
- Flugzeugtyp
- Flugzeugkategorie
- Distanz zum Pfad
- Zeitdauer bis zum Pfad
- Asymmetrie („Schielen“)

Airscout - Farbcodes Flugzeuge



- Flugzeug nicht interessant



- Flugzeug interessant, aber Flughöhe zu gering



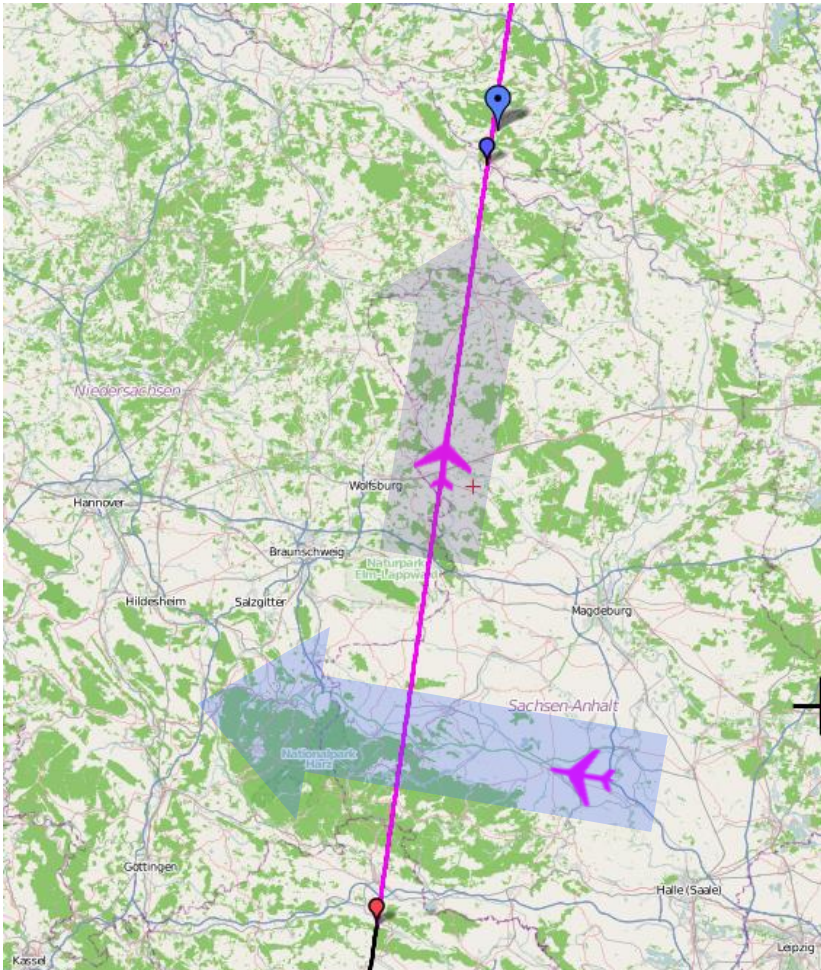
- Flugzeug interessant, aber noch zu weit weg, Flughöhe aus momentaner Sicht ausreichend



- Flugzeug in guter Position und Flughöhe, Reflexion wahrscheinlich

Zusätzlich werden die Flugzeuge nach Größe unterschieden:
Light, Medium, Heavy und **Super heavy**
und entsprechend visualisiert

Airscout – Flugzeuge quer/längs



Grundsätzlich kommt es bei jedem Kreuzungswinkel zu verwertbaren Reflexionen. Es gibt aber deutliche Unterschiede in Dauer und Feldstärkeverbesserung.

Quer zum Pfad:

- kurze Reflexionsdauer (< 1min)
- hohe Feldstärkeverbesserung (20..30dB über normal)

→ sinnvoll für Frequenzen bis 2.3 GHz

Längs des Pfades:

- längere Reflexionsdauer
- geringe Feldstärkeverbesserung

→ sinnvoll für Frequenzen ab 3.4 GHz

Betriebstechnik / Beispiele

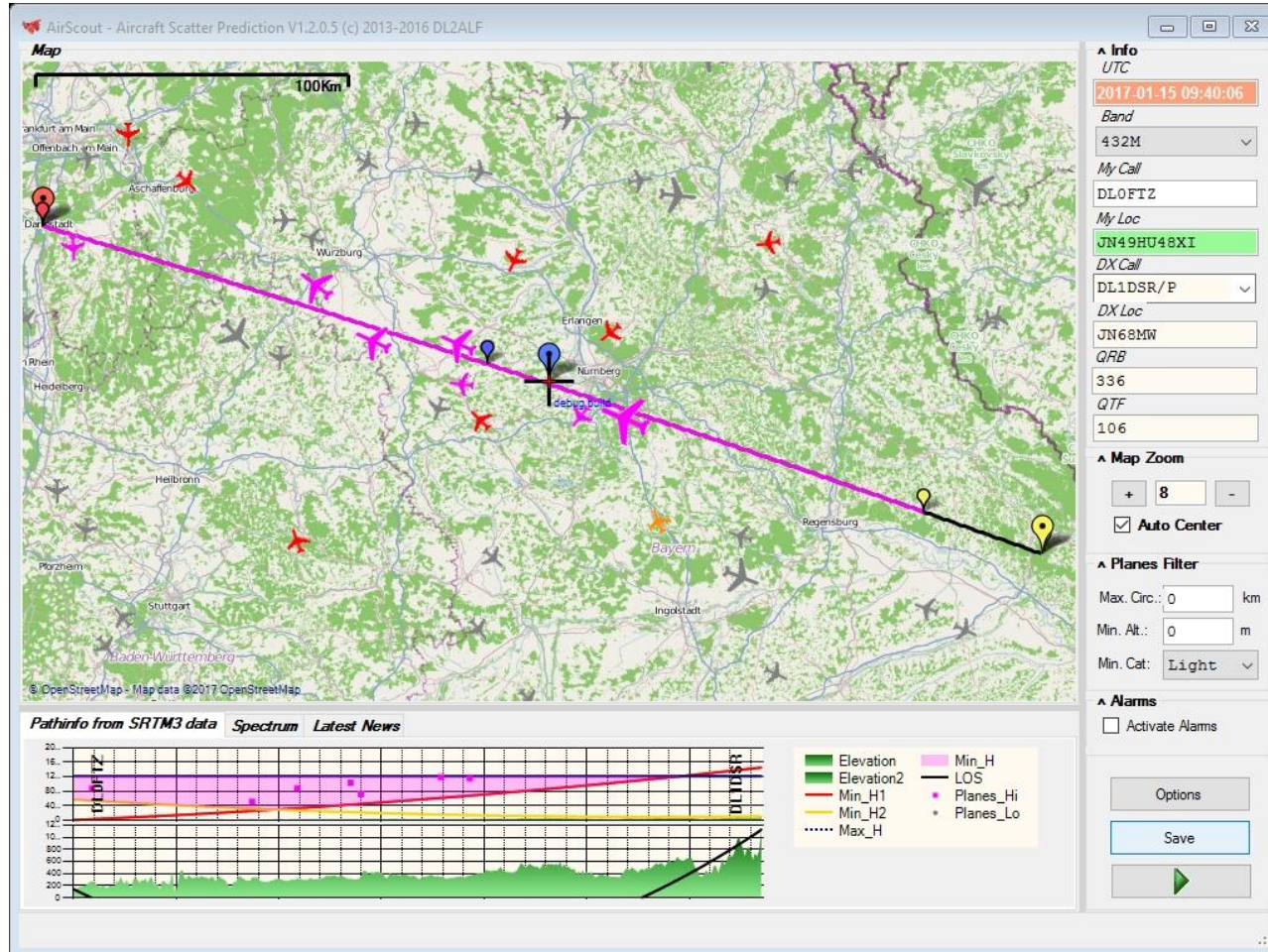
Betriebstechnik

- Reflektionen halten nicht lange an, **schnell!**
 - Ähnlich wie Meteorscatter
- **SSB** und **CW** möglich (auch dig. Modi, aber im Contest meist nicht zugelassen)
 - SSB geht schneller, braucht aber mehr S/N
- Feldstärke hat ein Maximum
 - Wichtige Information dort
 - Nach CQ Ruf z.B. Anruf mit Rapport und Nr.
 - Nichts Überflüssiges, nicht (unbedingt) wiederholen
 - Wenn man mehr Leistung hat: erst die Gegenstation senden lassen

Betriebstechnik

- Praktisch nur Skeds möglich
 - ON4KST Chat
 - Aber: QSO nur auf dem Band!!!
- Entweder viel Geduld oder Software
 - Airscout
- Aber: die Vorhersage ist sehr zuverlässig
 - Wenn laut Airscout eine Verbindung möglich ist, hört man sich meist auch tatsächlich
- Im Contest noch zusätzliche Anforderungen
 - Multiband: guter Flieger für welches Band zuerst

AS mit kleiner Leistung



Beispiele

- 23cm – QSO mit G3OHM/p (865km)
- Live OZ7IGY (432.471 – 665km)