

Kurzwellen-Kommunikation auf lokaler und regionaler Ebene

Teil 1 Funkausbreitung

Präsentiert von Gerald Schuler
DL3KGS / DU1GS

20.1.2022

Kurzwellen-Kommunikation auf lokaler und regionaler Ebene

Inhaltsverzeichnis /1

Funkausbreitung

- Was ist Ausbreitung / Propagation?
- Ausbreitungsformen auf Kurzwelle
- Bodenwelle, Raumwelle & NVIS
- Ionosphäre
- CRITICAL FREQUENCY (CF) & Max. usable Frequency (MUF)
- Antennen-Abstrahlwinkel

Was ist Ausbreitung / Propagation?

Ausbreitung beschreibt den Ausbreitungspfad zwischen TX und RX

- Wie die RX-Station das Signal empfängt hängt von der Entfernung ab
- der Bodenwelle, Raumwelle oder Sichtverbindung (LoS)
- Ausserdem von der Auswahl der RICHTIGEN Frequenz (Band)
- Die Ausbreitung hängt mit der Tageszeit, dem Solar Zyklus / Sonnenflecken, der Jahreszeit und der täglichen Sonnenaktivität zusammen
- **Abstrahlwinkel /Take-off Angle ist abhängig von der Distanz**
- Wir betrachten nur die Kurzwelle, keine VHF or UHF

Source: <http://www.hfradio.org.uk/hfprop.pdf>

Ausbreitungsformen auf Kurzwelle

1. Bodenwelle breitet sich entlang der Oberfläche (Erdboden/Meer) aus nur geringe Reichweite, außer über dem Meer (Salzwasser)

2. Raumwelle (Reflektion *) erfolgt an der Ionosphäre, Sky)

Local <200km (Steilstrahlung – NVIS)

Regional <500 - 1.000km (50-80° Winkel)

Long Distance 1.000 - 3.000km (Sky wave 1 Hop)

3. Sichtverbindung (Line of Sight (LoS), Direct wave)

*) eigentlich Refraktion. Wir verwenden aber Reflektion, da dies weit verbreitet ist.

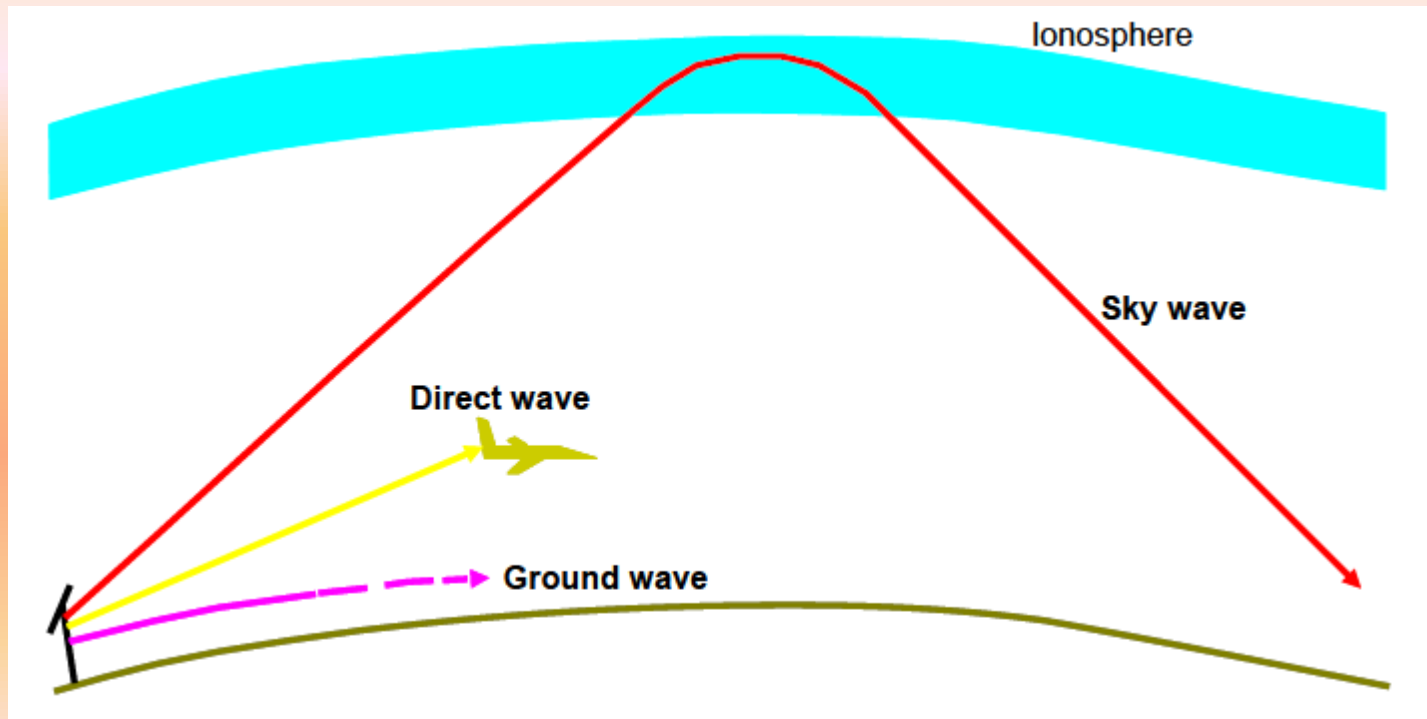
Bodenwelle, Raumwelle & NVIS

- Die **Bodenwelle** breitet sich entlang der Erdoberfläche zum RX aus. Mit zunehmender Frequenz wird die Bodenwelle schwächer und die Reichweite geringer.
- Die **Raumwelle** wird nach oben gesendet auf ihrem Weg zum RX und in der Ionospere zurück reflektiert zum Boden (1 Hop max. 3.000 km). Wenn die Raumwelle unter einem flachen Winkel abgestrahlt wird entsteht die "Skip Zone". Innerhalb dieser ist keine Kommunikation möglich!
- **N.V.I.S.** ist eine Abkürzung für Near Vertical Incidence Skywave. Es ist eine Sonderform der Raumwellen-Ausbreitung. Es wird unter einem steilen Winkel in die Ionosphäre gesendet und zurück zum Boden reflektiert. Damit kann man dann kurze Entfernungen (einige 100km) zwischen TX - RX überbrücken, ohne Tote Zone und in tiefen Tallagen

Arten der Ausbreitungswellen

Bodenwelle - Raumwelle - Direkte Welle (LOS)

Formen der Kurzwellen-Ausbreitung

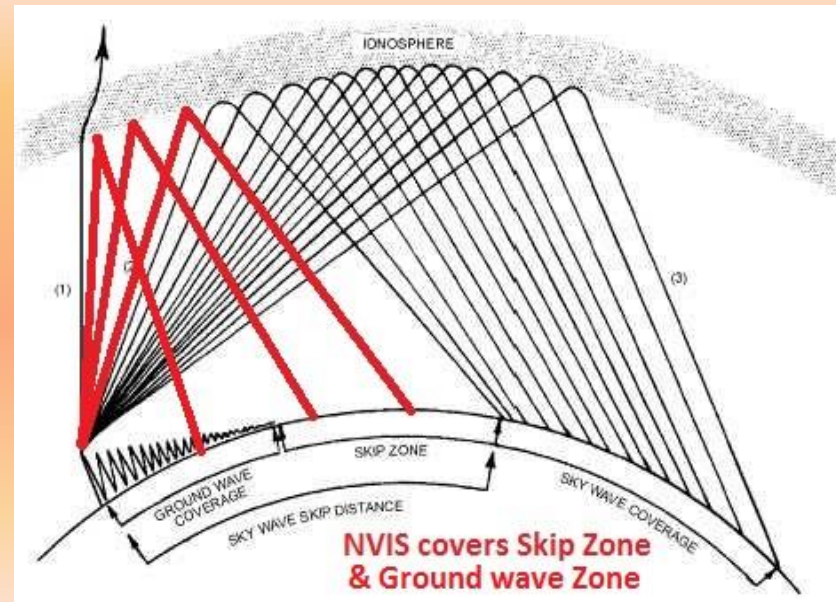


<http://www.sws.bom.gov.au/Category/Educational/Other%20Topics/Radio%20Communication/Intro%20to%20HF%20Radio.pdf>

NVIS

Bodenwelle - Skip Zone - Raumwelle

- NVIS deckt die „Skip Zone“ (die sogenannte TOTE ZONE) ab, welche HAUSGEMACHT ist.....
- Wenn mit zu flachem Abstrahlwinkel gesendet wird, springt man über das Zielgebiet weg.
- Bei richtigem Winkel (TOA) kann sie vermieden werden
- Bodenwellen-Reichweite:
 - ca. 100km über Land
 - ca. 300km Salzwasser

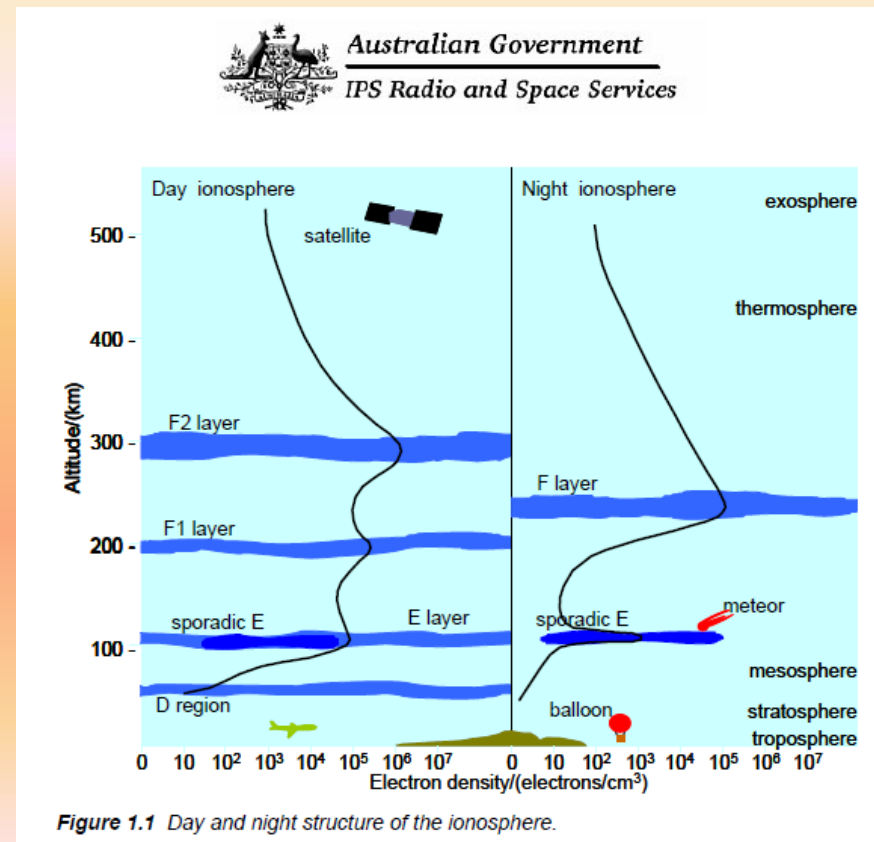


Die Ionosphäre

- Die **IONOSPHERE** besteht aus mehreren Schichten von ionisiertem Gas in ca. 50-500km Höhe über der Erdoberfläche.
- Die Ionosphäre setzt sich aus verschiedenen Schichten / Layer zusammen.
- Jede Schicht hat zur Unterscheidung einen Buchstaben (D, E, F).
- Die unterste Schicht ist die D-Schicht.
- Dann kommt die E-Schicht und die F-Schicht (F1 und F2)
- Jede dieser Schichten haben ihre spezifischen Eigenschaften und sind entweder nützlich für die KW-Ausbreitung oder auch destruktiv.

Schichten der Ionosphäre

D, E & F-Schicht



D-Schicht

(für KW-Ausbreitung destruktiv)

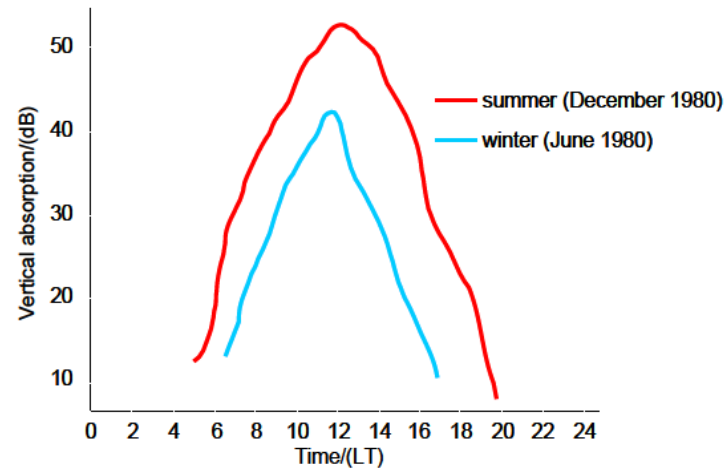
- Die **D-Schicht** ist die unterste Schicht der Ionosphäre, zwischen 50km-90km über der Erdoberfläche. Ist nur während des Tages aktiv, solange die Ionosphäre von der Sonne beschienen wird
- Während die Sonne die D-Schicht bestrahlt, steigt deren Ionisierung und somit die Dämpfung (Destructive Region for Shortwave)
- Die Dämpfung der D-Schicht erhöht sich mit niedriger Frequenz, deshalb möglichst die max. verwendbare Frequenz einsetzen
- Wenn die Sonne untergeht, wird die D-Schicht weniger ionisiert und die Dämpfung verringert sich innerhalb kurzer Zeit
- Das ist auch der Grund warum entfernte Mittelwellen-Stationen erst am Abend / Nacht empfangen werden können (falls man noch welche findet)

$$D_{\text{absorb}} \approx \frac{1}{f^2}$$

Dämpfung der D-Schicht über den Tagesverlauf & Winter / Sommer



Australian Government
IPS Radio and Space Services



Daily and seasonal variations in absorption at Sydney, 2.2 MHz

E-Schicht

Kennelly-Heaviside Layer

- Die E-Schicht befindet sich ca. 90-140 km Höhe über der Erdoberfläche
- Bestrahlt die Sonne die Ionosphäre, verursacht dies eine Anreicherung von Ionen. Die maximale Dichte wird um die lokale Mittagszeit erreicht.
- Nach Sonnenuntergang fällt die Ionisation schnell wieder ab, die E-Schicht löst sich während der Nacht fast vollständig auf.
- Das Ganze ist von der Tageszeit, der Jahreszeit und dem Sonnenzyklus abhängig
- Die E-Schicht reflektiert Signale um 2-4 MHz (foE) während des Tages

F-Schicht

Appleton Layer

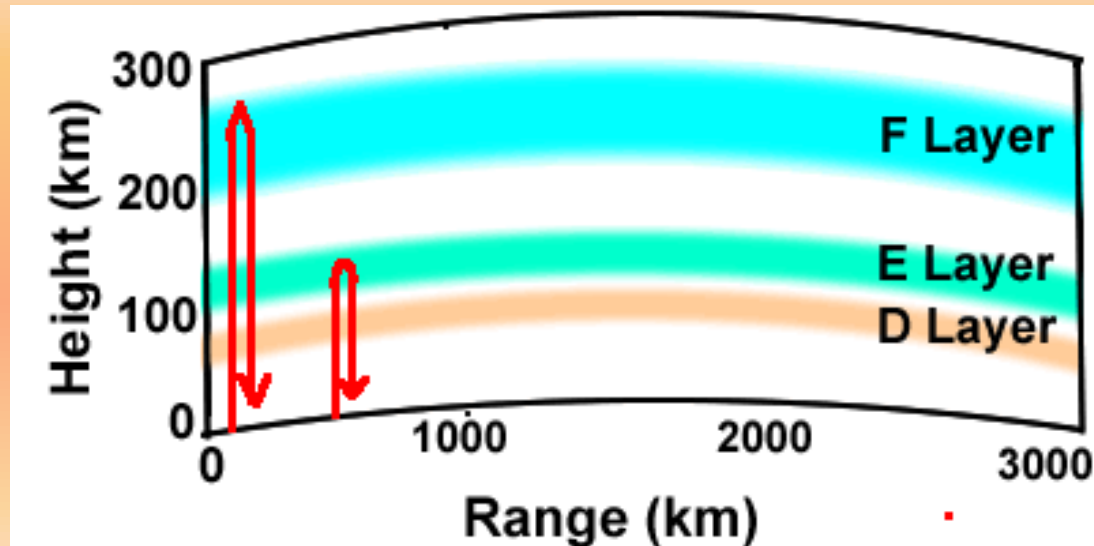
- Oberhalb der E-Schicht gibt es noch die F-Schicht.
- Diese besteht während des Tages aus zwei Schichten (F1 & F2)
- Die F1-Schicht befindet sich etwa in einer Höhe von 140-210 km. Sie verfügt nur über geringe Reflektionseigenschaften, da die Elektronendichte sehr dünn ist
- Die höhere F2-Schicht liegt bei 210-400 km
- In der Nacht re-kombinieren (vereinigen) die F1 und die F2-Schicht zu einer einzigen Schicht.
- Die F-Schicht ist die am wichtigsten für die Kurzwellenübertragung -> Tag und Nacht, 24h lang

Kritische Frequenz (Critical Frequency - CF)

- Die **CRITICAL FREQUENCY (CF)** ist die höchste Frequenz welche unter einem Winkel von 90° (vertikal) von der Ionospäre zurück zur Erde reflektiert wird.
- Nicht zu verwechseln mit vertikal polarisierter Welle.
- Wenn die Critical frequency einmal die Ionospäre passiert hat, können die Wellen nicht mehr reflektiert werden und gehen im Weltall für jegliche weitere Kommunikation auf der Erde verloren!
- Eine Critical Frequency (CF) existiert für die E-Schicht (foE) als auch für die F-Schicht (foF2)
- f_o steht für die sogenannte ordinary Welle, es gibt noch extra-ordinary (fx). Das ist ein spezieller Vorgang in der Ionosphäre wo sich die Welle aufspaltet und zwei unabhängige Wege geht (siehe im Ionogram)
- Infos: <https://prop.kc2g.com/>

Kritische Frequenz (CF) E & F2-Layer

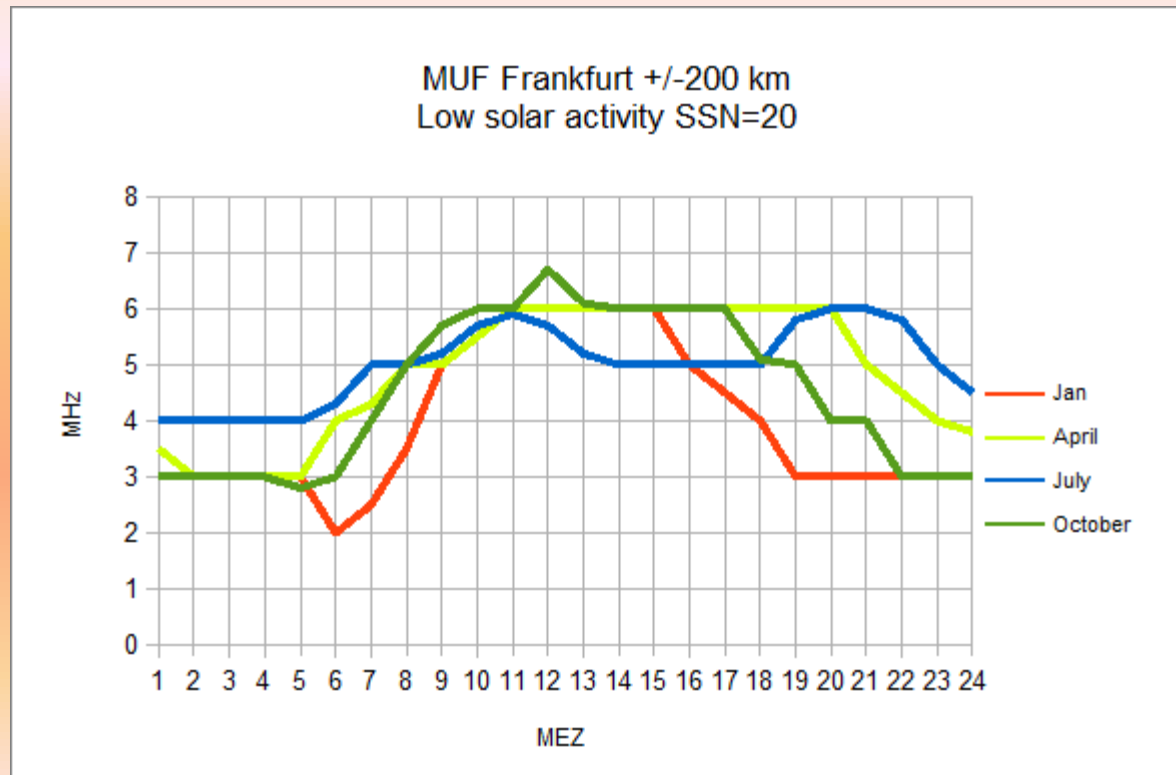
- Für NVIS (Near Vertical Incident Skywave) Ausbreitung sollen die Betriebsfrequenzen etwas unterhalb der Critical Frequency (CF) liegen (ca. 85%)
- Hierdurch erhält man stabilere Arbeitsbedingungen für einen Ausbreitungspfad
- E-Layer ca. 2-4 MHz
- F-Layer 4-10 MHz *)



*) manchmal höher! Abhängig von SSN, geo. Breite & Tageszeit

Die RICHTIGE Frequenz für NVIS (Max. Betriebsfrequenz im Tagesverlauf)

- Situation mit SSN 0-20 in 2018



MAXIMUM USABLE FREQUENCY MUF

- Der Begriff “**MUF**” steht für “**MAXIMUM USABLE FREQUENCY**” (max. verwendbare Frequenz)
- Wenn ein Radiosignal senkrecht in die Ionosphäre gesendet wird, kann es ab einer bestimmten Frequenz nicht mehr zur Erde zurück reflektiert werden. Dies ist die CRITICAL FREQUENCY (CF)
- Wenn dieser vertikale Winkel zwischen 60-90° näher zum Boden gebracht wird 3-30° (Abhängig vom Antennenaufbau), können auch höhere Frequenzen reflektiert werden
- MUF-Multiplikator kann man mit $1/\sin(\text{angle in } ^\circ)$ berechnen.
MUF= MUF-Multiplikator x critical frequency (CF). Nächste Folie!
Die mögliche Betriebsfrequenz steigt an!

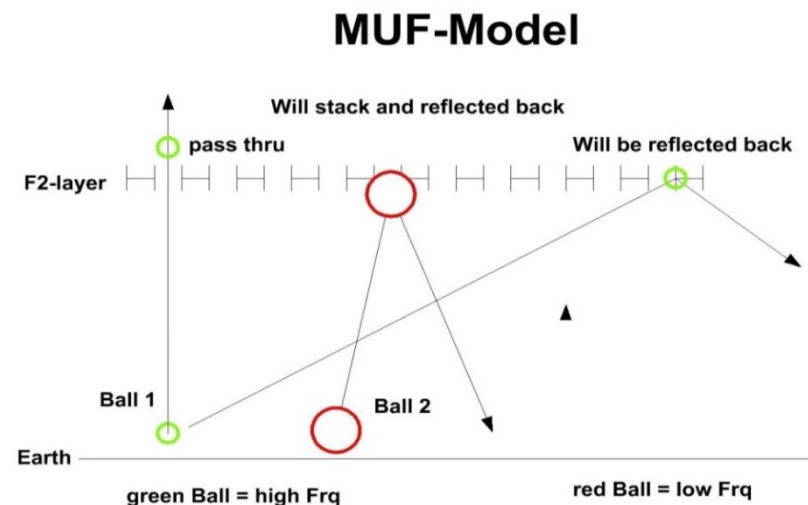
MUF Faktor & CF

TOA (Rad.Angle)	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°
Multiplifier	1.0	1.02	1.06	1.15	1.31	1.56	2.0	2.9	5.8

- Bei einem Winkel von zum Beispiel 40° ist die MUF 1,56 mal höher als die kritische Frequenz (foF2), die beispielsweise von 7 MHz (foF2 vertikal) auf 10,5 MHz MUF ansteigt
- Wichtiger für DX-Verbindungen
- Weniger wichtig für NVIS-Ausbreitung, da dort Antennen mit hohem Abstrahlwinkel verwendet werden und der Multiplikator bei den dortigen Winkel nur gering ausfällt -> 70° ist 1.06, das ist eine Entfernung von ca. 200km

MUF Maschendraht-Modell (F2-Layer ist Maschendraht)

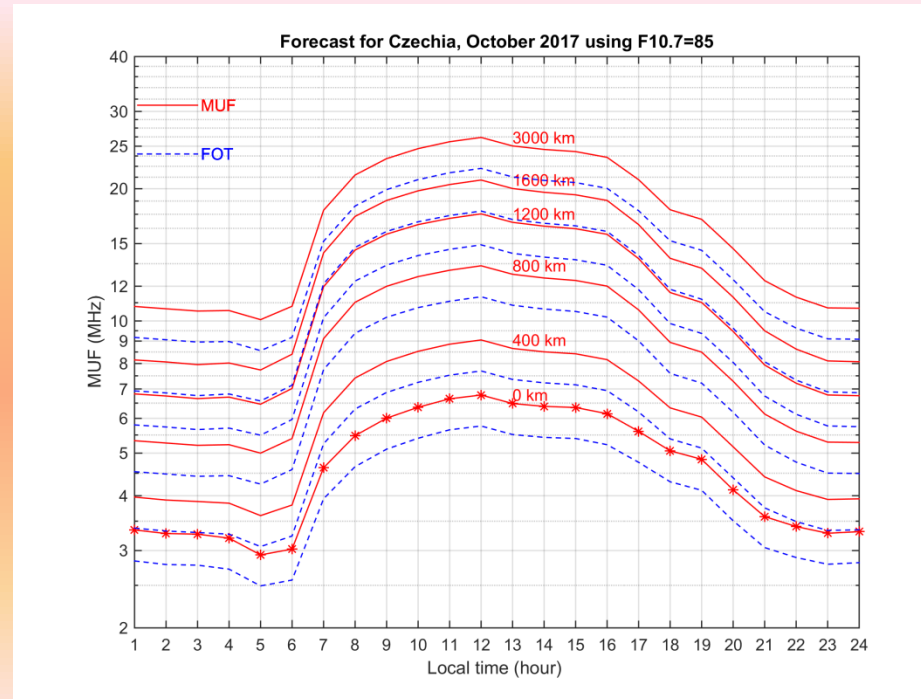
- Je niedriger der Strahlungswinkel (**Ball1**, flacher Winkel), umso höhere Frequenzen kann man verwenden
- Ist die Frequenz zu hoch (**Ball1**, steiler Winkel) geht die Verbindung im Weltall verloren
- Ist die Frequenz niedrig, (**Ball2**) wird reflektiert
- Großer Ball = große Wellenlänge (niedr. Freq)
- Kleiner Ball = kleine Wellenlänge (hohe Freq)



MUF Faktor & CF (Beispiel)

Einfluss des MUF Faktors auf die Entfernung

FOT = 0.85 x MUF, FOT = Frequency of optimum Traffic

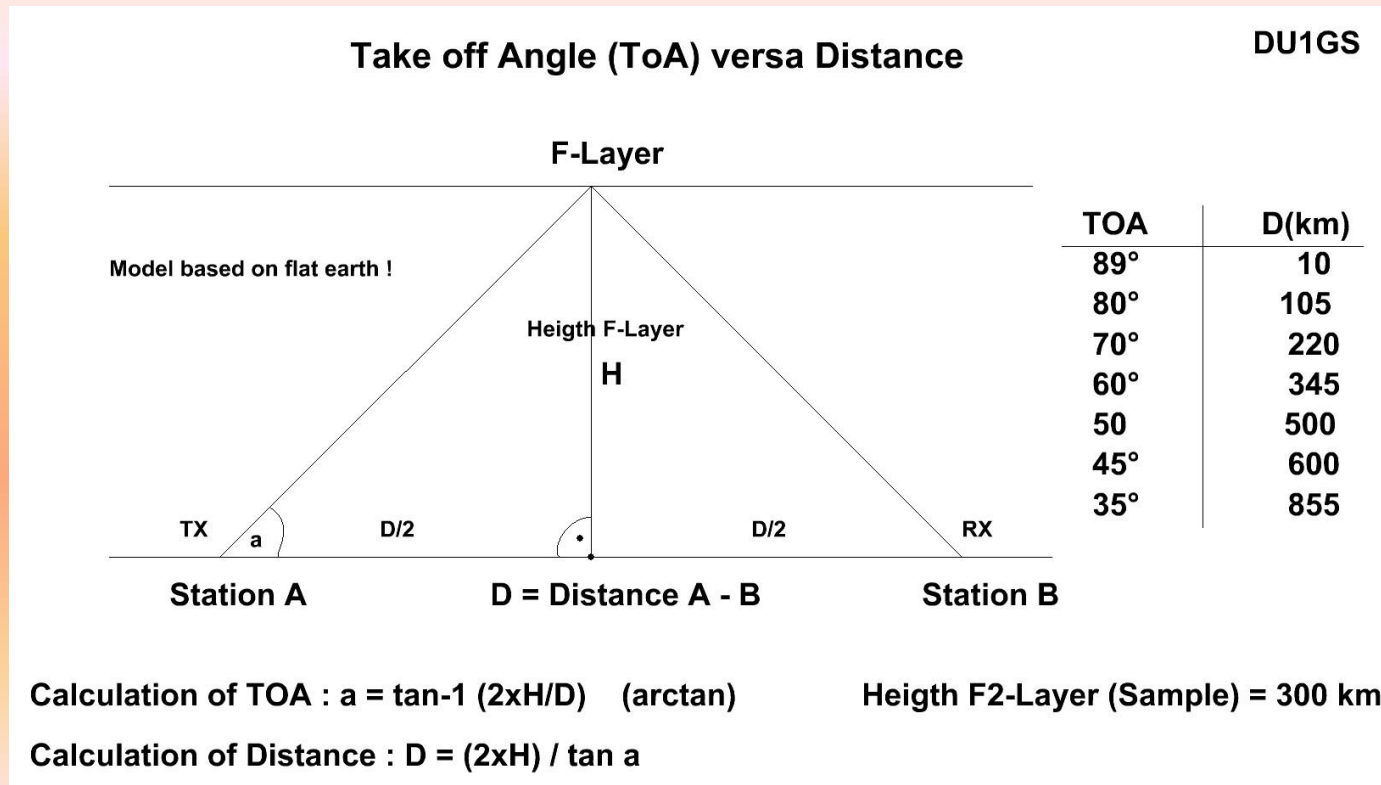


Antennen-Abstrahlwinkel (TOA = Take-off Angle)

- Der Winkel unter dem die Funkwelle die Sendeantenne verlässt, wird als „Abstrahlwinkel“ (Engl. Take-off-Angle TOA) bezeichnet.
- Wenn eine Funkwelle die Antenne verlässt, wird sie unter gewissen Umständen in der Ionosphäre zurück zur Erde reflektiert
- Bei einem hohen Abstrahlwinkeln werden die Signale in kurzer Entfernung vom Sender wieder zurück zur Erde reflektiert.
- **Für lokale und regionale Versorgung brauchen wir einen hohen Abstrahlwinkel (TOA) -> NVIS**
- Für lokale und regionale Abdeckung sollte ein niedrig hängender horizontaler Dipol verwendet werden. Keine vertikale Antenne!

Reflektionswinkel an der Ionosphäre Nahbereich & regionale Versorgung

Reichweite hängt vom Antennen-Abstrahlwinkel ab



Ende der Präsentation

Danke für die Aufmerksamkeit

Fragen???

E-Mail: DL3KGS@darc.de

Good source:

<http://www.sws.bom.gov.au/Category/Educational/Other%20Topics/Radio%20Communication/Intro%20to%20HF%20Radio.pdf>

20.12.2021

Ausschluss

Haftungsausschluss

- Der Inhalt dieser Präsentation wurde unter angemessener Sorgfalt erstellt
- Allerdings erfolgt keine Gewähr, dass die Inhalte korrekt, vollständig oder aktuell sind
- Jegliche Nutzung der Inhalte erfolgt auf eigene Gefahr, unter Ausschluß eines Anspruches auf Schadenersatzes, weder für materielle noch immaterielle Schäden, so wie körperliche Schäden
- Die Überlassung der Präsentation erfolgt nur für den internen Gebrauch des Empfängers ohne Veröffentlichung auf WEB-Seiten oder nach Anfrage
- Die Präsentation stellt keine Beratung dar

Abmahnungsbestimmungen

- Sollte irgendwelcher Inhalt oder die design-technische Gestaltung einzelner Seiten oder Teile dieser Internetseite fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen oder anderweitig in irgendeiner Form wettbewerbsrechtliche Probleme hervorbringen, so bitten wir unter Berufung auf § 8 Abs. 4 UWG, um eine angemessene, ausreichend erläuternde und schnelle Nachricht ohne Kostennote
- Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werden wir gänzlich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.