



Amateurfunk Prüfungsvorbereitung

Klasse E

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

Methodik und Hinweis auf mögliche Fehler

Die richtigen Lösungen zu den Prüfungsfragen sind aus dem Fragenkatalog bekannt, hier geht es nur um den Weg dorthin.

- Bei Rechenaufgaben bekommst Du einen hoffentlich hinreichend nachvollziehbaren Lösungsweg präsentiert, der Dir zeigt, wie Du auf den richtigen Wert kommst.
- Bei Wissensfragen in Textform bekommst Du eine Argumentation, warum die richtige Lösung richtig und die anderen Lösungsvorschläge falsch sind.
- Außerdem bekommst Du die Hintergrundinformationen, die Du benötigst, um die Wissens-/Textaufgaben lösen zu können. Dies kann in vielen Fällen ausreichend sein, hängt aber auch von Deinen persönlichen Kenntnissen in Mathematik und Physik ab.
- Dieses Lernmaterial kann einen Amateurfunk-Prüfungsvorbereitungskurs vor Ort oder Online und/oder ein Lehrbuch selbstverständlich nicht ersetzen, sondern nur ergänzen.

Die Unterlage wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Fehler sind jedoch nicht gänzlich auszuschließen ...

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

Überblick

Kapitel	Thema	Fragen	Anzahl
4.8.1	Ionosphäre	EH101 – EH107	7
4.8.2	Kurzwellenausbreitung	EH201 – EH219	19
4.8.3	Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz	EH301 – EH305	5
Summe			31

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

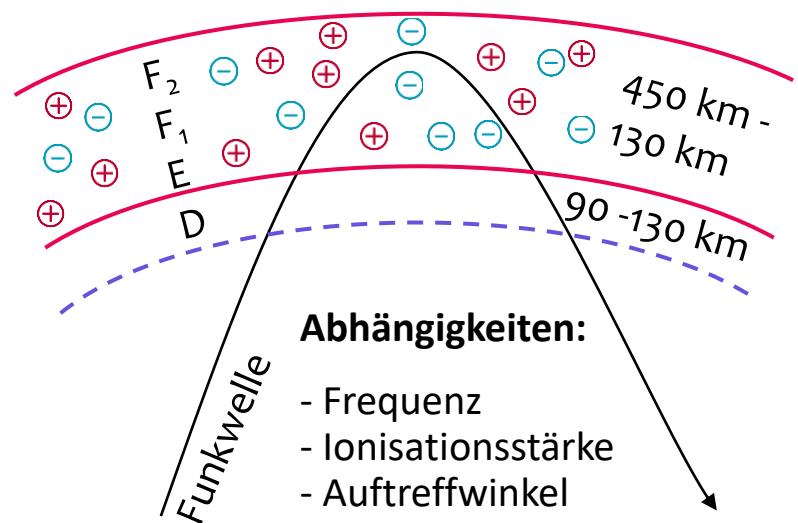
4.8.1 Ionosphäre

EH101 Wie kommt die Fernausbreitung einer Funkwelle auf den Kurzwellenbändern zustande? Sie kommt zustande durch die Refraktion (Brechung) an ...

- A elektrisch aufgeladenen Luftschichten in der Ionosphäre.
- B Hoch- und Tiefdruckgebieten der hohen Atmosphäre.
- C den Wolken in der niedrigen Atmosphäre.
- D den parasitären Elementen einer Richtantenne.

Erklärung:

A: ist korrekt.



B: Hoch- und Tiefdruckgebiete haben keinen signifikanten Einfluss auf die Fernausbreitung von Kurzwellen.

C: Wolken = Troposphäre. Sie ist für die Kurzwellen Fernausbreitung nicht relevant.

D: Beeinflussen nicht die Brechung der Kurzwellen.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre

**EH102 In welcher Höhe befinden sich für die Kurzwellen-Fernausbreitung (DX) wichtige ionosphärische Regionen?
Sie befinden sich in ungefähr ...**

- A 130–450 km Höhe.
- B 50–90 km Höhe.
- C 90–130 km Höhe.
- D 130–200 km Höhe.

A 130–450 km Höhe.

Erklärung:

A:

Die F-Schicht ist wesentlich für die DX Ausbreitung. Sie liegt in Höhen von 130-450 km.



*F₂-Schicht
250–450 km*

B:

D-Schicht dämpft und liegt in 50-90 km Höhe.



*F₁-Schicht
130–200 km*

C:

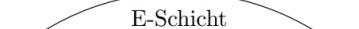
E-Schicht liegt in 90-130 km Höhe und trägt unter best. Bedingungen zur Ausbreitung bei.



*E-Schicht
90–130 km*

D:

F₁-Schicht (130-200 km) ist nur tagsüber vorhanden.



Troposphäre

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre

EH103 Welche ionosphärische Region ermöglicht im wesentlichen Weitverkehrsverbindungen im Kurzwellenbereich?

- A F2-Region
- B D-Region
- C E-Region
- D F1-Region

Erklärung:

A:

Die F2-Region hat das stärkste Refraktionsvermögen und ist nachts vorhanden. A ist korrekt.

B:

Die D-Region wirkt dämpfend auf Kurzwellen und verschwindet nachts – B scheidet aus.

C:

Die E-Region trägt zur Reflexion bei, ist aber weniger bedeutend als die F2-Region – C scheidet aus.

D:

Die F1-Region ist nur tagsüber vorhanden und dämpft u.U. die von der F2-Region reflektierte Strahlung sogar – D scheidet aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre

EH104 Welche ionosphärische Region ermöglicht DX-Verbindungen im 80 m-Band in der Nacht?

- A Die F2-Region
- B Die E-Region
- C Die D-Region
- D Die F1-Region

Erklärung:

A:

Die F2-Region existiert auch in der Nacht und hat das stärkste Reflexionsvermögen und ermöglicht dadurch die größten Reichweiten – A ist korrekt.

B:

Die E-Region ist nachts nicht mehr vorhanden – B scheidet aus.

C:

D-Region ist nachts nicht vorhanden – C scheidet aus.

D:

Die F1-Region spielt eine untergeordnete Rolle und verschmilzt nachts mit der F2-Region – D scheidet aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre

EH105 Welchen Einfluss hat die D-Region auf die Fernausbreitung?

- A Die D-Region führt tagsüber zu starker Dämpfung im 80- und 160 m-Band.
- B Die D-Region reflektiert tagsüber die Wellen im 80- und 160 m-Band.
- C Die D-Region absorbiert tagsüber die Wellen im 10 m-Band.
- D Die D-Region verhindert nachts die Fernausbreitung im Lang-, Mittel- und unteren Kurzwellenbereich.

Erklärung:

A:

Die D-Schicht absorbiert (dämpft) hauptsächlich die Frequenzen des MW- (160 m) und unteren KW-Bereichs (80 m-Band) – A ist korrekt.

B:

Die D-Region reflektiert nicht, sondern dämpft – B scheidet aus.

C:

Die D-Region beeinflusst hauptsächlich niedrige Frequenzen, nicht das 10 m-Band – C scheidet aus.

D:

Die D-Region existiert nachts nicht – D scheidet aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre / Sporadic-E

Sporadic-E (Es)

- Seltenes, aber wiederkehrendes Phänomen in der Ionosphäre, das die Ausbreitung von UKW- (VHF) und anderen Funkwellen beeinflusst. Es bilden sich lokale, kleine, aber stark ionisierte Bereiche in der E-Schicht der Ionosphäre (90-150 km).

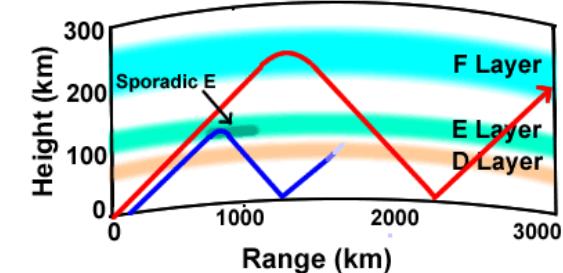
Begünstigende Faktoren für die Ionisierung

- Starke UV-Strahlung = intensivere Sonnenaktivität und höhere Temperaturen im Sommer (\approx Mai – August, Spitzen im Juni und Juli)
- Geomagnetische Aktivität
- Mittlere Breitengrade (Europa, Nordamerika)

Auswirkungen

- UKW-Signale, die normalerweise die Ionosphäre durchdringen werden nun durch die ionisierten Bereiche reflektiert und
- ermöglichen UKW-Reichweiten (normalerweise 50-100 km) bis zu 2.300 km (bei Mehrfachhops auch 3000 km).

UKW-Signal würde normalerweise den E-Layer und den F-Layer passieren und im Weltraum verschwinden – bei Sporadic E wird reflektiert (refraktiert):



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre

EH106 Welche ionosphärische Region sorgt während der Sommermonate für gelegentliche gute Ausbreitung vom oberen Kurzwellenbereich bis in den UKW-Bereich?

- A Die E-Region**
- B Die D-Region**
- C Die F1-Region**
- D Die F2-Region**

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folie

B:

Die D-Region ist hauptsächlich für die Absorption von Signalen im Lan-, Mittel- und unteren Kurzwellenbereich verantwortlich – besonders tagsüber. Sie spielt keine Rolle bei der Verbesserung der Ausbreitung in höheren Frequenzbereichen – B scheidet aus.

C, D:

Die F1- und F2-Region sind wichtig für die Fernausbreitung im KW-Bereich, aber nicht für die beschriebenen sommerlichen Überreichweiten im oberen KW- und UKW-Bereich.

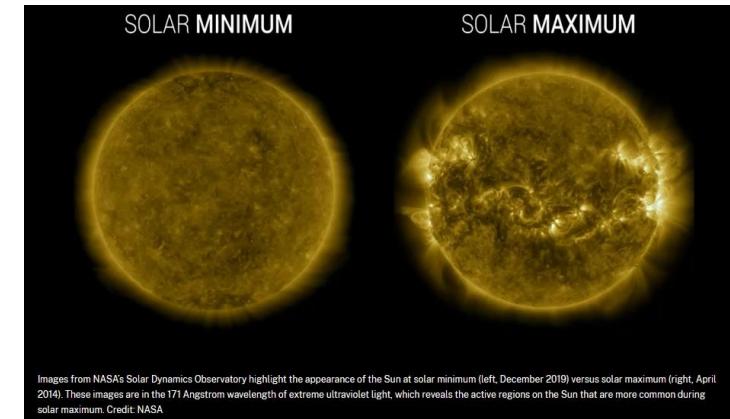
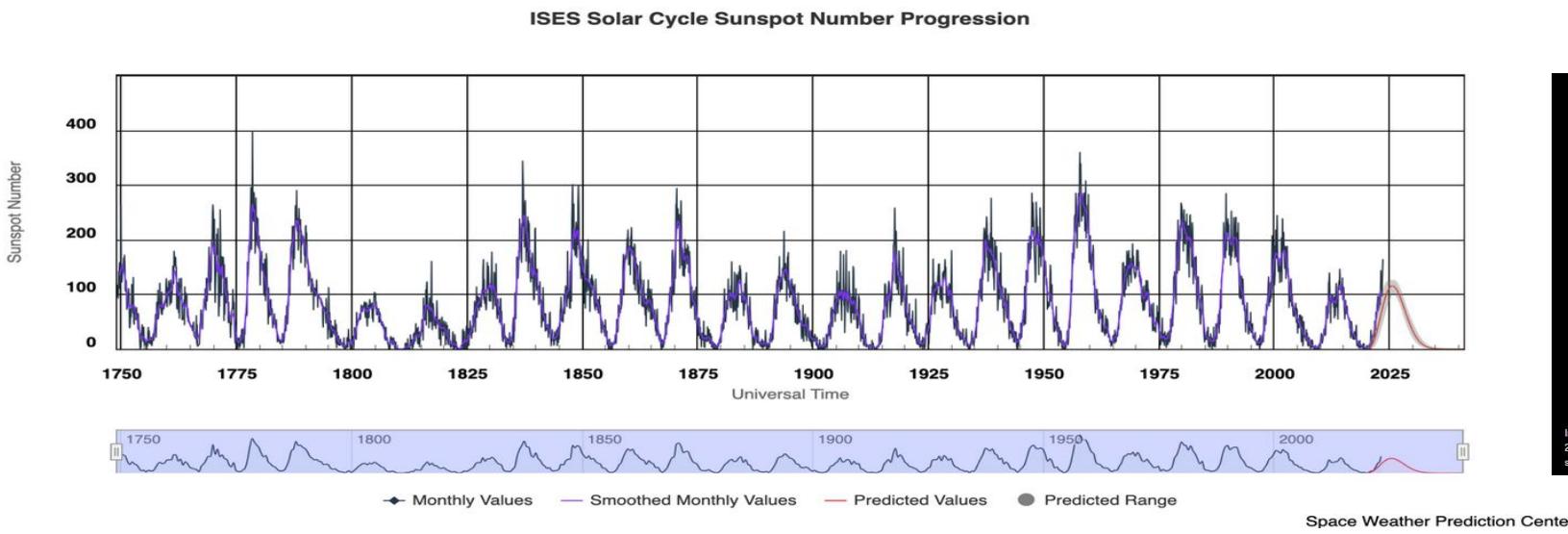
4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre / Der 11-jährige Sonnenfleckenzzyklus

Die Sonnenaktivität ist einem regelmäßigen Zyklus von ungefähr 11 Jahren unterworfen.

- Er beschreibt die Periodizität in der Häufigkeit von Sonnenflecken.
- Die Dauer kann zwischen 9 und 14 Jahren variieren, aber der Durchschnitt liegt bei 11,1 Jahren.

- Während eines Zyklus schwankt die Sonnenaktivität zwischen Phasen der Ruhe und erhöhter Aktivität mit mehr Sonnenflecken und solaren Ausbrüchen.
- Am Ende jedes Zyklus kehren sich die magnetischen Pole der Sonne um.
- Seit 1755 systematisch nummeriert, wobei wir uns derzeit im Zyklus 25 befinden, der im Dezember 2019 begann.



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.1 Ionosphäre

EH107 Die Sonnenaktivität ist einem regelmäßigen Zyklus unterworfen. Welchen Zeitraum hat dieser Zyklus ungefähr?

A 11 Jahre

B 6 Monate

C 12 Monate

D 7 Jahre

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Die „Tote Zone“

Die Tote Zone bezeichnet den Bereich, in dem weder die Bodenwelle noch die Raumwelle empfangen werden kann.

Entstehung

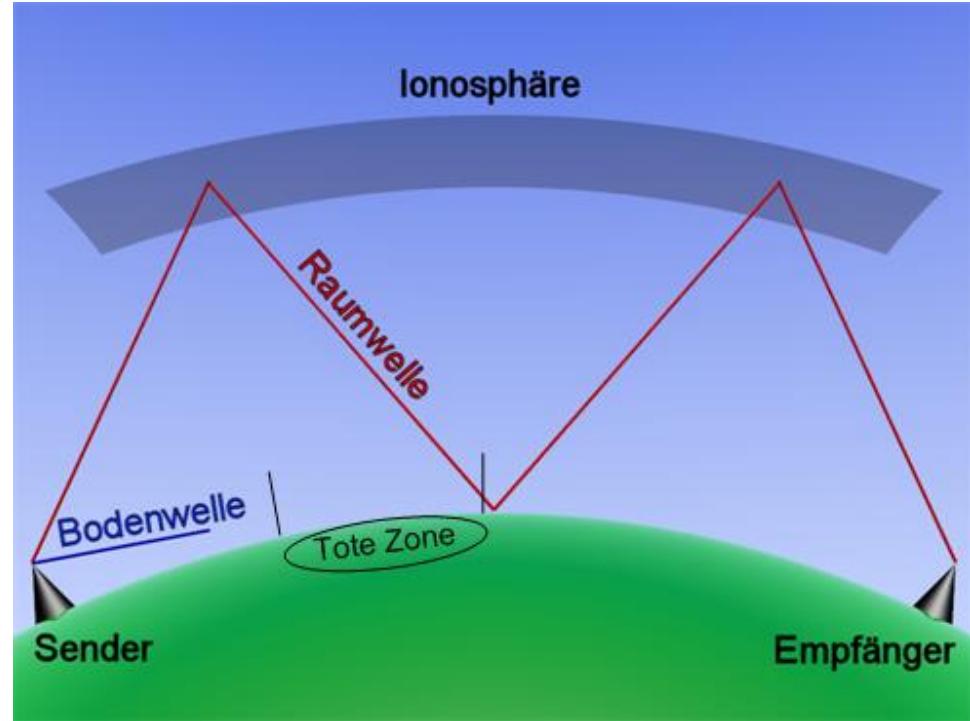
- Die begrenzte Reichweite der Bodenwelle
- Die große Sprungdistanz der an der Ionosphäre reflektierten Raumwelle (3000-4000 km)

Charakteristika

- Ringförmiger Bereich um den Sender
- Größe abhängig von Frequenz und Ionosphärenbedingungen
- Typischerweise zwischen 100-1000 km vom Sender entfernt.

Einflussfaktoren

- **Frequenz:**
Höhere Frequenzen vergrößern die Tote Zone.
- **Tageszeit:**
Die Ausdehnung ändert sich zwischen Tag und Nacht.



- **Ionosphärische Bedingungen:**
Sporadische E-Schichten können zu "Short-Skips" führen und die Tote Zone verkleinern.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH201 Unter der „Toten Zone“ wird der Bereich verstanden, ...

A der durch die Bodenwelle nicht mehr erreicht wird und durch die Raumwelle noch nicht erreicht wird.

B der durch die Bodenwelle überdeckt wird, so dass schwächere DX-Stationen zugedeckt werden.

C der durch die Bodenwelle erreicht wird und für die Raumwelle nicht zugänglich ist.

D der durch die Überlagerung der Bodenwelle mit der Raumwelle in einer Zone der gegenseitigen Auslöschung liegt.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Fading

Fading = Feldstärkeschwankung („Schwund“)

Entstehung des sogenannten Multipath-Fadings oder Interferenzschwunds:

- **Zusammenwirken von Raum- und Bodenwelle aufgrund von Interferenzen zwischen den verschiedenen Signalwegen**
 - Die Bodenwelle folgt der Erdkrümmung und wird mit zunehmender Frequenz stärker gedämpft.
 - Die Raumwelle wird von der Ionosphäre reflektiert und kann auf verschiedenen Wegen zum Empfänger gelangen
- Wenn diese Wellen am Empfangsort eintreffen, können sie konstruktiv (Signale in Phase) oder destruktiv (Signale nicht in Phase) interferieren, was zu Verstärkungen oder Abschwächungen oder Auslöschung des Signals führt.

Auswirkung

- Instabilität oder Verzerrungen in der Signalübertragung

Andere Ursachen

- Atmosphärische Bedingungen, d.h. Änderungen in der Ionosphäre
- Hindernisse (Gebäude, Berge, etc.) können Signale abschatten / reflektieren
- Bewegung = Positionsänderungen bei mobilem Betrieb

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH202 Was kann durch das Zusammenwirken von Raum- und Bodenwelle verursacht werden?

- A Feldstärkeschwankungen (Fading)**
- B Frequenzverschiebung (Doppler-Effekt)**
- C Rückstreuung (Backscatter)**
- D Rauschen (Noise)**

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folie

B:

Ursache für den Doppler-Effekt ist die relative Bewegung zwischen Sender und Empfänger – B scheidet aus.

C:

Backscatter ist die Reflexion von Signalen zurück zum Sender und ist nicht das Ergebnis der Interaktion zwischen Raum- und Bodenwelle – C scheidet aus.

D:

Rauschen ist im eigentlichen Sinne nicht das Resultat des Zusammenwirkens von Raum- und Bodenwelle – D scheidet aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH203 Wie nennt man den Feldstärkeschwund durch Überlagerung von Boden- und Raumwelle?

- A Fading**
- B Backscatter**
- C MUF**
- D Mögel-Dellinger-Effekt**

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folien

B:

Backscatter ist die Reflexion von Signalen zurück zum Sender und ist nicht das Ergebnis der Interaktion zwischen Raum- und Bodenwelle – B scheidet aus.

C:

MUF ist die höchste nutzbare Frequenz = maximale useable frequency – C scheidet aus.

D:

Der Mögel-Dellinger-Effekt ist ein plötzlicher Ausbreitungseinbruch durch starke Ionisation der D-Schicht – D scheidet aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / MUF I

MUF = Maximum Usable Frequency

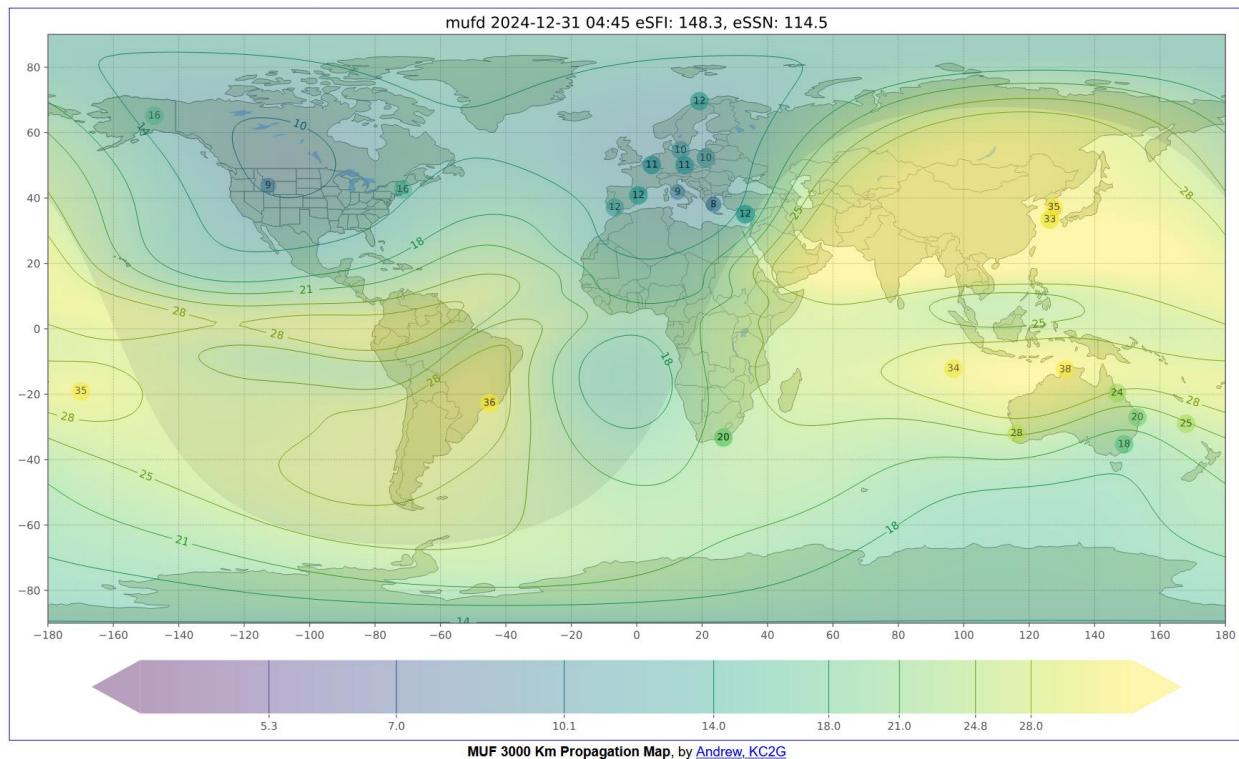
- Höchste Frequenz, die für eine Kurzwellen-Funkverbindung zwischen zwei Orten verwendet werden kann
= obere Grenze des nutzbaren Frequenzbereichs

Abhangig von verschiedenen Faktoren

- Tageszeit und Jahreszeit
 - Sonnenaktivität und Sonnenfleckenzyklus
 - Ionosphärische Bedingungen
 - Distanz zwischen Sender und Empfänger
 - Abstrahlwinkel der Antenne

Bedeutung

- wichtig für die Planung von Kurzwellenverbindungen, da sie die höchste Frequenz angibt, bei der eine Reflexion an der Ionosphäre noch möglich ist.
 - Frequenzen oberhalb der MUF werden nicht mehr zur Erde zurückgebrochen und gehen in den Weltraum verloren



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / MUF II

MUF = Maximum Usable Frequency

Die MUF steigt, wenn:

- Die Ionisation der F2-Region zunimmt
- Wenn die Sonnenfleckenaktivität zunimmt (und dadurch die Ionisation der F2-Region zunimmt).

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH204 Was bedeutet die „MUF“ bei der Kurzwellenausbreitung?

- A Höchste nutzbare Frequenz
- B Niedrigste nutzbare Frequenz
- C Kritische Grenzfrequenz
- D Mittlere Nutzfrequenz

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folie oder
Nachsehen im Hilfsmittel:

MUF Höchste brauchbare Frequenz bei der
 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
 infolge ionosphärischer Brechung

B:

Das ist die LUF = Lowest Usable Frequency –
B scheidet aus.

C:

Die kritische Grenzfrequenz wird mit f_0 oder f_c
bezeichnet – C scheidet aus.

D:

„Mittlere Nutzfrequenz“ ist nicht gebräuchlich.
Es gibt eine optimale Nutzfrequenz:

$$f_{opt} = 0,85 \cdot MUF$$

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH205 Welche Aussage ist für das Sonnenfleckenmaximum richtig?

- A** Die Sonnenaktivität ist sehr hoch und führt zu stärkerer Ionisation in der F-Region.
- B** Die Sonnenaktivität ist sehr hoch und führt zu schwächerer Ionisation in der F-Region.
- C** Die Sonnenaktivität verringert sich stark und führt zu stärkerer Ionisation in der F-Region.
- D** Die Sonnenaktivität ist in der Nacht sehr hoch, am Tag sehr schwach und führt deshalb zu keiner Ionisation in der D-Region

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH206 Eine stärkere Ionisierung der F2-Region führt zu ...

- A** einer höheren MUF.
- B** einer stärkeren Absorption der höheren Frequenzen.
- C** einer niedrigeren MUF.
- D** einer größeren Durchlässigkeit für die höheren Frequenzen.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH207 Sie führen Funkbetrieb nahe der aktuell höchstmöglichen Frequenz (MUF) durch. Um den Funkbetrieb auf noch höheren Frequenzen fortsetzen zu können, muss die Ionisation der brechenden Region ...

- A zunehmen.
- B abnehmen.
- C verschwinden.
- D unverändert bleiben.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folien

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

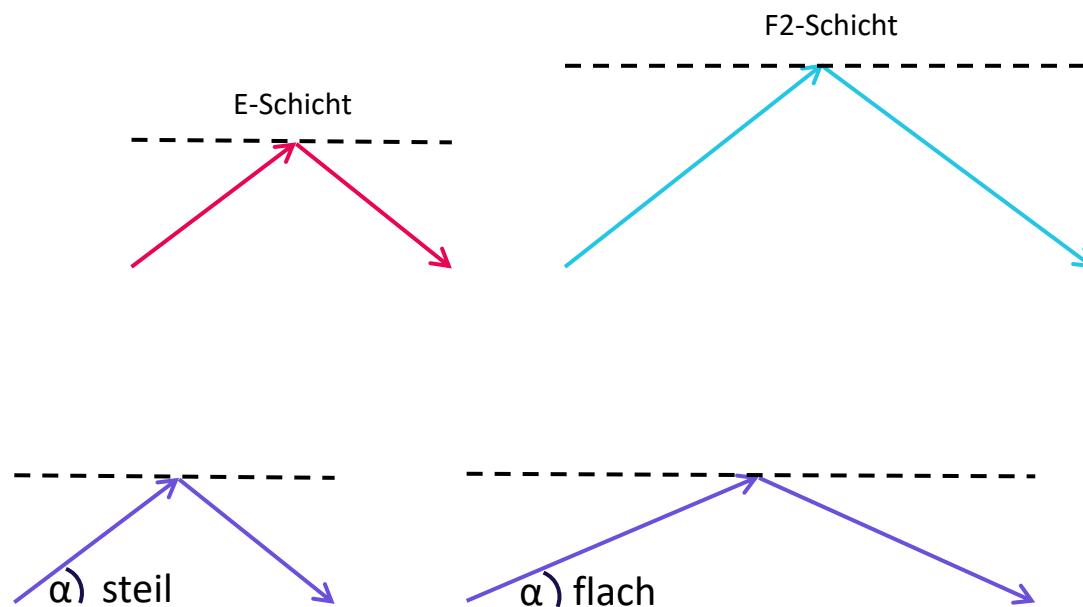
4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Sprungdistanz

Sprungdistanz = Skip = Hop

- Entfernung, die eine Raumwelle zurücklegt, von dem Moment, an dem sie die Sendeantenne verlässt, bis sie nach der Reflexion an der Ionosphäre wieder zur Erdoberfläche zurückkehrt.

Einflussfaktoren

- Höhe der reflektierenden Schicht**
 - F2 Schicht Reflektionen tagsüber bis zu 4000 km Sprungdistanz
 - E-Schicht Reflektionen max. 2000 km
- Abstrahlwinkel α der Erde zur Oberfläche**



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH208 Von welchem der genannten Parameter ist die Sprungdistanz abhängig, die ein KW-Signal auf der Erdoberfläche überbrücken kann? Sie ist abhängig ...

- A vom Abstrahlwinkel der Antenne.
- B von der Polarisation der Antenne.
- C von der Sendeleistung.
- D vom Antennengewinn

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folie

B:

Die Polarisation kann durch die Refraktion zwar geändert werden, aber sie beeinflusst nicht die Sprungdistanz – B scheidet aus.

C:

Die Sendeleistung hat keinen Einfluss auf die Refraktion an der Ionosphäre – C scheidet aus.

D:

Antennengewinn beeinflusst die Effizienz der Abstrahlung und des Empfangs, aber nicht die Sprungdistanz – D scheidet aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / LUF

LUF = Lowest Usable Frequency = Niedrigste Nutzbare Frequenz

- die niedrigste Frequenz, bei der eine Funkverbindung noch stabil und zuverlässig hergestellt werden kann, d.h. „bei der die Feldstärke am Empfangsort gerade noch ausreichend ist, um ein akzeptables Signal-Rausch-Verhältnis zu gewährleisten“.

Bedeutung

- entscheidend für LW- und KW-Kommunikation
- **Wird die LUF unterschritten ist die Dämpfung durch die D-Schicht zu groß und es kann keine Reflexion mehr stattfinden**

Abhängigkeit zum Zustand der D-Schicht (Elektronendichte / Ionisierunggrad)

- Sonnenaktivität
- Jahreszeit
- Tageszeit

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

**EH209 Die niedrigste brauchbare Frequenz (LUF) bei Raumwellen-
ausbreitung zwischen zwei Orten hängt ab ...**

- A vom Ionisierungsgrad in der D-Region.
- B vom Abstrahlwinkel der Antenne.
- C vom Ionisierungsgrad in der E-Region.
- D von der Polarisation der Antenne.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / 160 m- und 80 m-Band Dämpfung

Die D-Schicht dämpft insbesondere tagsüber das 160 m- und 80 m-Band.

Frequenzabhängige Dämpfung

- Die Dämpfung durch die D-Schicht nimmt mit abnehmender Frequenz quadratisch zu.
Da das 160m- und 80m-Band niedrigere Frequenzen haben als andere Kurzwellenbänder, werden sie stärker gedämpft.
Die Dämpfung führt dazu, dass sich keine Raumwelle entwickeln kann und die Ausbreitung nur über die Bodenwelle stattfinden kann.

Lage der D-Schicht

- Die D-Schicht befindet sich nahe der Erdoberfläche in einer Höhe von 50 bis 90 km.
Diese Position führt dazu, dass Signale auf den niedrigeren Frequenzbändern stärker beeinflusst werden

Tagesabhängigkeit

- Die D-Schicht existiert hauptsächlich tagsüber, wenn die Sonne die Ionosphäre beeinflusst.
Dies erklärt, warum die Dämpfung auf diesen Bändern besonders tagsüber stark ist.

Energieniveau der Wellen

- Je tiefer die Frequenz einer Radiowelle, desto geringer ist ihre spezifische innere Energie, was sie anfälliger für die Dämpfung in der D-Schicht macht.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

**EH210 Warum sind Signale im 160- und 80 m-Band tagsüber nur schwach und nicht für den weltweiten Funkverkehr geeignet?
Sie sind ungeeignet wegen der Tagesdämpfung in der ...**

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

- A D-Region.**
- B F1-Region.**
- C F2-Region.**
- D A-Region.**

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH211 Die Ausbreitung der Wellen im 160 m-Band erfolgt tagsüber hauptsächlich ...

- A** über die Bodenwelle, weil durch die Dämpfung der D-Region keine Raumwelle entstehen kann.
- B** über die Raumwelle, weil die Refraktion (Brechung) in der D-Region für Frequenzen bis zu 2 MHz besonders stark ist.
- C** über Raum- und Bodenwelle, weil es bei den Frequenzen unter 2 MHz nur zu geringfügiger Phasenverschiebung zwischen reflektierter und direkter Welle kommt.
- D** über die Raumwelle, weil es in der Troposphäre durch Temperaturinversionen zu Reflexionen für die Frequenzen unter 2 MHz kommen kann.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Bodenwellen

Entstehung und Ausbreitung von Bodenwellen

- Sie entstehen, wenn elektromagnetische Wellen von einer Antenne abgestrahlt werden und sich entlang der Erdoberfläche ausbreiten, ohne von der Ionosphäre abhängig zu sein.
- **Sie gehen über den geografischen Horizont hinaus und folgen der Erdkrümmung.**
- Die Intensität der Bodenwellen nimmt mit der Entfernung vom Sender ab.

Dämpfung und Frequenz

- Bodenwellen sind niedrigfrequent und eignen sich für Frequenzen unterhalb von 30 MHz.
Ihre **Dämpfung steigt mit der Frequenz** und die Reichweite nimmt ab.

Dämpfung und Bodenleitfähigkeit

Die Ausbreitung von Bodenwellen wird stark durch die Beschaffenheit des Bodens und anderen Umgebungs faktoren beeinflusst:

- Leitfähigkeit (Sand, Erde, Felsen, Wasser – Meerwasser ideal, Wüste ungünstig)
- Temperatur (Tages-/Jahreszeit)
- Feuchte (Tages-/Jahreszeit)
- Topografie (flache Landschaft, Gebirge)

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH212 Welche der folgenden Aussagen trifft für KW-Funkverbindungen zu, die über Bodenwellen erfolgen?

- A** Die Bodenwelle folgt der Erdkrümmung und geht über den geografischen Horizont hinaus. Sie wird in höheren Frequenzbereichen stärker gedämpft als in niedrigeren Frequenzbereichen.
- B** Die Bodenwelle folgt der Erdkrümmung und geht nicht über den geografischen Horizont hinaus. Sie wird in höheren Frequenzbereichen stärker gedämpft als in niedrigeren Frequenzbereichen.
- C** Die Bodenwelle folgt der Erdkrümmung und geht über den geografischen Horizont hinaus. Sie wird in niedrigeren Frequenzbereichen stärker gedämpft als in höheren Frequenzbereichen.
- D** Die Bodenwelle folgt der Erdkrümmung und geht nicht über den geografischen Horizont hinaus. Sie wird in niedrigeren Frequenzbereichen stärker gedämpft als in höheren Frequenzbereichen.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Greyline

Greyline = Dämmerungszone auf der Erde, wo Tag und Nacht aufeinandertreffen

- Breite und Verlauf der Greyline variiert im Jahresverlauf und ist an den Polen breiter als am Äquator.

Funktion / Bedeutung

- Bei Sonnenuntergang verschwindet die D-Schicht, die niedrige Frequenzen absorbiert.
- Die F-Schicht bleibt länger ionisiert, da sie sich in größerer Höhe befindet und länger von der Sonne bestrahlt wird.
- Dadurch eine verbesserte Reflexion der Signale
- Auswirkung am deutlichsten im 80 m-Band



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH213 Bei der Ausbreitung auf Kurzwelle spielt die so genannte „Greyline“ eine besondere Rolle. Was ist die „Greyline“?

- A** Die Zone der Dämmerung um Sonnenauf- und -untergang herum.
- B** Die instabilen Ausbreitungsbedingungen in der Äquatorialzone.
- C** Die Zeit mit den besten Möglichkeiten für „Short-Skip“-Ausbreitung.
- D** Die Übergangszeit vor und nach dem Winter, in der sich die D-Region ab- und wieder aufbaut

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Solar-Flares und Mögel-Dellinger Effekt

Solar-Flares

- Sind explosive Ereignisse auf der Sonnenoberfläche, die intensive elektromagnetische Strahlung freisetzen.
- Sie treten in aktiven Regionen der Sonnen auf – oft in der Nähe der Sonnenflecken. Es wird plötzlich magnetische Energie freigesetzt.
- Je nach Intensität werden die Flares in Klassen eingeteilt: B, C, M und X. (C=10-fach B, M=10-fach C, X=10-fach M)
 - M-Flares können zu Radioausfällen im Polargebiet führen.
 - X-Flares stellen eine Gefahr dar (Satelliten, Flugpassagiere im Polargebiet, Kommunikationsausfälle, Blackouts).
2003 gab es den extremsten X-Flare mit einer Stufe 45.
- **Flares führen zu einer stärkeren Ionisierung der D-Region und können einen zeitlich begrenzten Ausfall der Raumwellenausbreitung im KW-Bereich bewirken (Mögel-Dellinger-Effekt).**



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH214 Ein plötzlicher Anstieg der Intensitäten von UV- und Röntgenstrahlung nach einem Flare (Energieausbruch auf der Sonne) führt zu erhöhter Ionisierung der D-Region und damit zu zeitweiligem Ausfall der Raumwellenausbreitung auf der Kurzwelle. Diese Erscheinung bezeichnet man als ...

- A Mögel-Dellinger-Effekt.**
- B sporadische E-Ausbreitung.**
- C kritischer Schwund.**
- D Aurora-Effekt.**

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH215 Welche Auswirkung hat der Mögel-Dellinger-Effekt auf die Ausbreitung von Kurzwellen?

- A Den zeitlich begrenzten Ausfall der Raumwellenausbreitung.**
- B Den zeitlich begrenzten Schwund durch Mehrwegeausbreitung in der Ionosphäre.**
- C Die zeitlich begrenzt auftretende Verzerrung der Modulation.**
- D Das Übersprechen der Modulation eines starken Senders auf andere, über die Ionosphäre übertragene HF-Signale.**

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Kurzer Weg – Langer Weg



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH216 Was ist mit der Aussage „Funkverkehr über den langen Weg (long path)“ gemeint?

- A Die Funkverbindung läuft nicht über den direkten Weg zur Gegenstation, sondern über die dem kürzesten Weg entgegengesetzte Richtung.
- B Bei guten Ausbreitungsbedingungen treten mehrfache Refraktionen (Brechungen) mit vielen Sprüngen (hops) auf. Dann ist es möglich, sehr weite Entfernung - „lange Wege“ – zu überbrücken.
- C Bei guten Ausbreitungsbedingungen treten mehrfache Refraktionen (Brechungen) mit vielen Sprüngen (hops) auf. Sie hören dann Ihre eigenen Zeichen zeitverzögert als „Echo“ im Empfänger wieder. Sie laufen also den „langen Weg einmal um die Erde“.
- D Bei sehr guten Ausbreitungsbedingungen liegen die reflektierenden Regionen in großer Höhe. Die Sprungdistanzen werden dann sehr groß, so dass sie die Reichweite der Bodenwelle um ein Vielfaches übertreffen. Dann kann man mit einem Sprung einen „sehr langen Weg“ zurücklegen.

Erklärung:

- Ein Großkreis ist ein Kreis, der seinen Mittelpunkt im Mittelpunkt der Erde hat, wie z.B. der Äquator.
- Es gibt unendlich viele Großkreise.
- Auf dem Großkreis gibt es eine kurze / direkte Strecke zwischen 2 Punkten (z.B. Städten) und eine lange / indirekte Strecke zwischen ihnen.
- „Long Path“ bedeutet die lange Strecke, d.h. das Funksignal ist auf dem, der kurzen Strecke, entgegengesetzten Weg ans Ziel gekommen – und ist dabei mehrfach an der Ionosphäre „reflektiert“ worden.
- Es hat dabei mehrere Skips / Hops / Sprünge gemacht.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / „VK“ (Viele Kängurus / Australien) auf dem Langen Weg



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH217 Was bedeutet die Aussage, dass ein Funkamateur in Deutschland mit „VK“ auf dem „langen Weg“ gearbeitet hat?

- A** Die Verbindung mit Australien ist wegen der Ausbreitungsbedingungen auf dem indirekten und somit längeren Weg über Südamerika hinweg zustande gekommen.
- B** Die Verbindung mit Australien ist wegen der Ausbreitungsbedingungen auf langem direktem Weg über Südamerika hinweg zustande gekommen.
- C** Die Verbindung mit Südamerika ist wegen der Ausbreitungsbedingungen auf dem indirekten und somit längeren Weg über Australien hinweg zustande gekommen.
- D** Der Verbindungsweg mit Australien ist wegen der schlechten Ausbreitungsbedingungen erst nach langer Wartezeit zustande gekommen

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung / Short-Skip

Short Skip = Kurze Sprungdistanz unterhalb 1000 km

- Solche kurzen Sprungentfernungen werden durch **Brechung (Refraktion) an der E-Region ermöglicht.** Diese Refraktionen ermöglichen max. 2200 km Sprungdistanz im Vergleich zur F-Region.

Ursache: Die E-Region liegt tiefer als die F1- und F2-Region.

Charakteristik

- Kürzere Distanzen als normale Ionosphären-Ausbreitung
- Kleinere tote Zone
- **Häufig im 10m-Band**
- **Sporadische Natur – tritt unregelmäßig auf**

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH218 Unter dem Begriff „Short Skip“ versteht man Funkverbindungen besonders im 10 m-Band mit Sprungentfernungen unter 1000 km, die ...

- A** durch Refraktion (Brechung) in sporadischen E-Regionen ermöglicht werden.
- B** bei entsprechendem Abstrahlwinkel durch Refraktion (Brechung) in der F1-Region ermöglicht werden.
- C** bei entsprechendem Abstrahlwinkel durch Refraktion (Brechung) in der F2-Region ermöglicht werden.
- D** durch Refraktion (Brechung) in der hochionisierten D-Region ermöglicht werden.

Erklärung:

A:

Siehe vorhergehende Folie

B, C:

Da sich F1 und F2 in höheren Regionen befinden, ergeben sich längere Sprungdistanzen als 1000 km – B und C scheiden aus.

D:

Die D-Region wirkt dämpfend – D scheidet aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Kurzwellenausbreitung

EH219 Welches Frequenzband kann im Sonnenfleckemaximum tagsüber auch mit kleiner Leistung für weltweite Funkverbindungen verwendet werden?

- A 10 m-Band
- B 2 m-Band
- C 80 m-Band
- D 160 m-Band

Erklärung:

A:

Im Sonnenfleckemaximum ist die Ionosphäre stark ionisiert, was zu einer besseren Reflexion der Funkwellen führt. Das 10 m-Band ist relativ frei von atmosphärischen Störungen und künstlichen Interferenzen. Bei hoher Sonnenaktivität können Funkwellen im 10 m-Band über große Entfernungen reflektiert werden

B:

Das 2 m-Band gehört zum UKW-Bereich, der aufgrund mangelnder Refraktion an der Ionosphäre nicht für weltweite Funkverbindungen geeignet ist – B scheidet aus.

C, D:

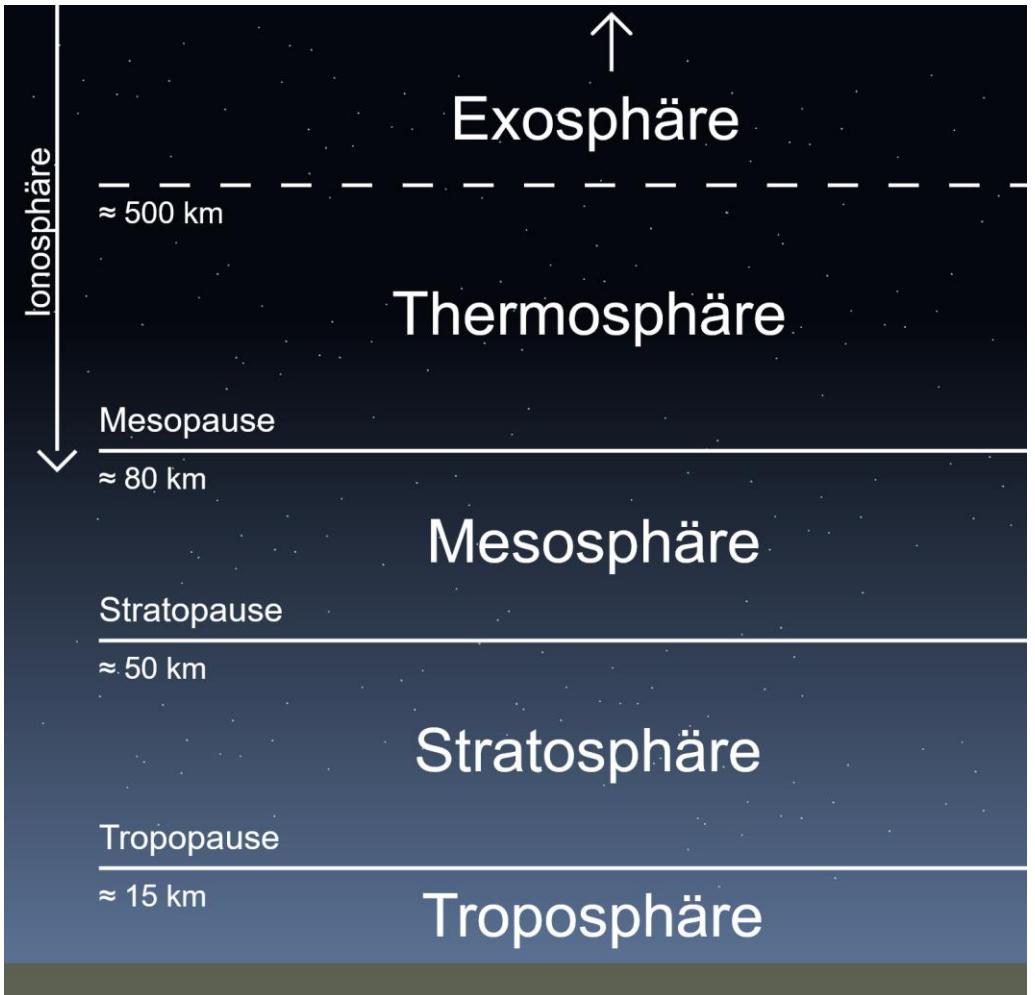
Die Dämpfung der D-Region sorgt dafür, dass das 80 m- und 160-Band tagsüber nicht für Weitverkehrsverbindungen nutzbar ist – C und D scheiden aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz / Atmosphäre und Troposphäre

Troposphäre

- Unterste Schicht der Atmosphäre
- Vom Erdboden bis zu Stratosphäre
- 8 km Dicke an den Polen, 18 km am Äquator
- Enthält 90% der Luft und fast den gesamten Wasserdampf der Erdatmosphäre
- **Hier findet das Wetter statt = Wetterschicht**



4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz

EH301 Was ist die „Troposphäre“? Die Troposphäre ist der Teil der Atmosphäre, ...

- A** in der die Erscheinungen des Wetters stattfinden.
- B** der sich über den Tropen befindet.
- C** in dem es zur Bildung sporadischer E-Regionen kommen kann.
- D** in welchem Aurora-Erscheinungen auftreten können

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz

EH302 Überhorizontverbindungen im VHF/UHF-Bereich kommen u. a. zustande durch ...

- A** Beugung, Reflexion und Streuung der Wellen an troposphärischen Bereichen unterschiedlicher Temperatur und Dichte.
- B** Beugung, Reflexion und Streuung der Wellen in der Troposphäre durch das Auftreten sporadischer D-Regionen.
- C** Polarisationsdrehungen in der Troposphäre bei hoch liegender Bewölkung.
- D** Polarisationsdrehungen in der Troposphäre an Gewitterfronten.

Erklärung:

A:

Überhorizontverbindungen im VHF- und UHF-Bereich können durch troposphärische Überreichweiten entstehen. Sie entstehen durch:

Beugung an Hindernissen wie Bergen, Reflexion an Oberflächen oder an Grenzschichten in der Troposphäre und Streuung an kleinen Unregelmäßigkeiten in der Atmosphäre, die durch Unterschiede in Temperatur und Dichte hervorgerufen werden – A ist korrekt.

B:

Es gibt keine sporadische D-Region – B scheidet aus.

C, D:

Polarisationsdrehungen sind nicht primär für Überhorizont-Verbindungen verantwortlich – C und D scheiden aus.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz

EH303 Für VHF-Weitverkehrsverbindungen wird hauptsächlich die ...

- A troposphärische Ausbreitung genutzt.
- B ionosphärische Ausbreitung genutzt.
- C Bodenwellenausbreitung genutzt.
- D Oberflächenwellenausbreitung genutzt.

Erklärung:

A:

Troposphärische Ausbreitung ist entscheidend für VHF-Weitverkehrsverbindungen – Überreichweiten von 100 bis 1000 km bei Inversionswetterlagen – A ist korrekt.

B:

VHF-Signale durchdringen die Ionosphäre (bis auf Sporadic E) und werden nicht refraktiert. Daher i.d.R. keine Weitverkehrsverbindungen – B scheidet aus.

C:

Die Bodenwellenausbreitung ermöglicht bei VHF-Signalen keine Weitverkehrsverbindungen. VHF-Signale breiten sich als Direktwellen aus – C scheidet aus.

D:

Oberflächenwellen = Bodenwellen, siehe C.

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz / Sporadic-E

Sporadic-E

- **eine temporäre, dünne, aber stark ionisierte Schicht in der E-Region (unteren Ionosphäre), die lokal begrenzt ist.**
- **Sie ermöglicht Refraktion und damit ungewöhnliche Ausbreitungsbedingungen, insbesondere für VHF-Funkwellen (30–300 MHz).**

Eigenschaften

- **Unregelmäßig** – Kann Minuten bis Stunden bestehen.
- **Starke Reflexion** – Ermöglicht Überreichweiten von mehreren hundert bis tausend Kilometern.
- **Saisonal** – Tritt häufiger im Sommer (Mai–August) und im Winter (Dezember–Januar) auf.
- **Regional** – Oft in bestimmten geografischen Gebieten stärker ausgeprägt.

Auswirkungen

- Reflexion möglich bei 50 MHz (6 m-Band), 70 MHz (4 m-Band) und 144 MHz (2 m-Band).
- Ermöglicht Überhorizontverbindungen von bis zu 2000 km.
- Weniger wirksam bei höheren Frequenzen (>300 MHz).

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz

EH304 Was verstehen Sie unter dem Begriff „Sporadic-E“?

- A Die Refraktion (Brechung) in lokal begrenzten Bereichen mit ungewöhnlich hoher Ionisation innerhalb der E-Region.
- B Kurzfristige plötzliche Inversionsänderungen in der E-Region, die Fernausbreitung im VHF-Bereich ermöglichen.
- C Kurzzeitig auftretende starke Reflexion von VHF-Signalen an Meteorbahnen innerhalb der E-Region.
- D Lokal begrenzten kurzzeitigen Ausfall der Reflexion durch ungewöhnlich hohe Ionisation innerhalb der E-Region.

Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

4.8 Ionosphäre und Wellenausbreitung

4.8.2 Wellenausbreitung oberhalb 30 MHz

EH305 Wie wird ein Aurora-Signal in Morsetelegrafie beurteilt?

- A** Es wird beurteilt mit R, S und „A“ für Aurora, da der Ton bei Aurora sehr rau ist und nicht beurteilt werden kann.
- B** Es wird beurteilt mit R, S und T, da Aurora-Verbindungen überwiegend in CW getätigt werden.
- C** Es wird beurteilt mit R und T, weil die Signalstärke stark schwankt.
- D** Es wird beurteilt mit R, S, T und „A“ für Aurora

Erklärung:

A:

„R(1-5) S(1-9) A“ ist korrekt.
Beispielton hier:



B, C, D:

Nicht zutreffend.