

Wellenausbreitung und Ionosphäre

Fragen TI102–TI310



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

Carmen Weber – DM4EAX



Ausbreitungsgeschwindigkeit

Die **elektromagnetischen Wellen** breiten sich mit einer **Geschwindigkeit** von ca. **300.000km/s** aus.

Zeitgetreue Darstellung eines **Lichtstrahls**, der in 1,3 Sekunden von der **Erde** zum **Mond** reist.



Bildquelle: Von Cantus - File:Speed_of_light_from_Earth_to_Moon.gif, CC BY-SA 3.0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8969681>

Wellenausbreitungen oberhalb von 30MHz



Quelle: Carmen Weber – DM4EAX

Troposphäre

Die Ultra-Kurzwellen (VHF- und UHF-Wellen) werden von der **Troposphäre** reflektiert.

Die Troposphäre ist die unterste Schicht der **Erdatmosphäre**.

In der Troposphäre sind etwa **90 Prozent** der gesamten Luft, sowie beinahe der gesamte **Wasserdampf** der **Erdatmosphäre**, enthalten.

Da sich in ihr der **Großteil** des **Wetters** abspielt, spricht man auch von der **Wetterschicht**.

Reichweite

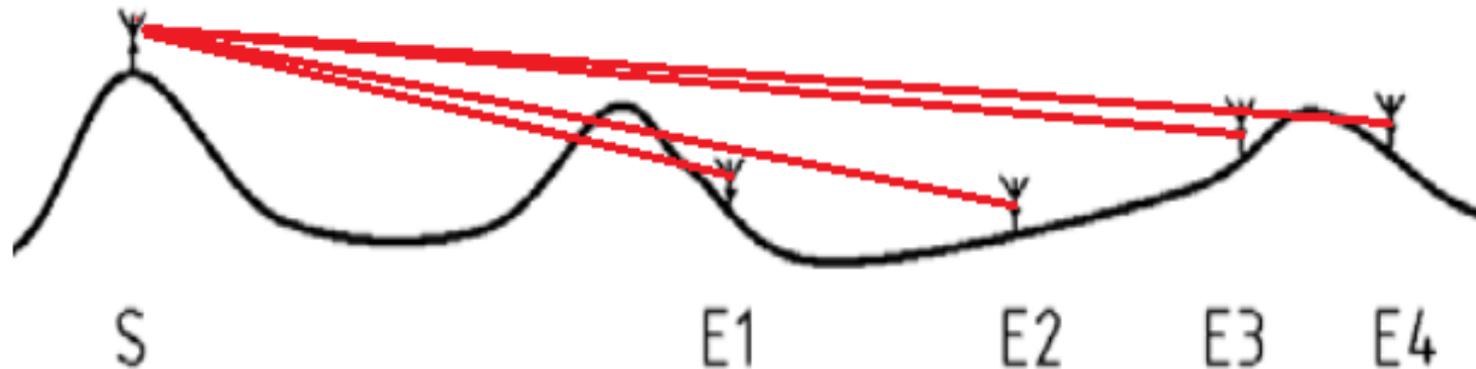
Für UKW ist es besonders günstig, wenn die Antenne hoch aufgebaut wird. So erreicht man, dass die sogenannte **“optische Sichtweite“** zunimmt.

Da die Troposphäre unterschiedlich beschaffen ist, kann es hier zu sogenannten **Überhorizont-Verbindungen** kommen, die durch eine **Streuung** der **Wellen** zustande kommt.

Dadurch reicht der **Funkbereich** ca. **15%** über den **geographischen Horizont** hinaus.

Geländeprofil

Welche **Funkstrecke** geht im **2m-Band** wahrscheinlich am besten, welche am schlechtesten?



Bildquelle: Fragenkatalog Technik Klasse E:
Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
Fragenkatalog Prüfungsfragen „Technische Kenntnisse“ Klasse E 1. Auflage, September 2006



Bodenwelle

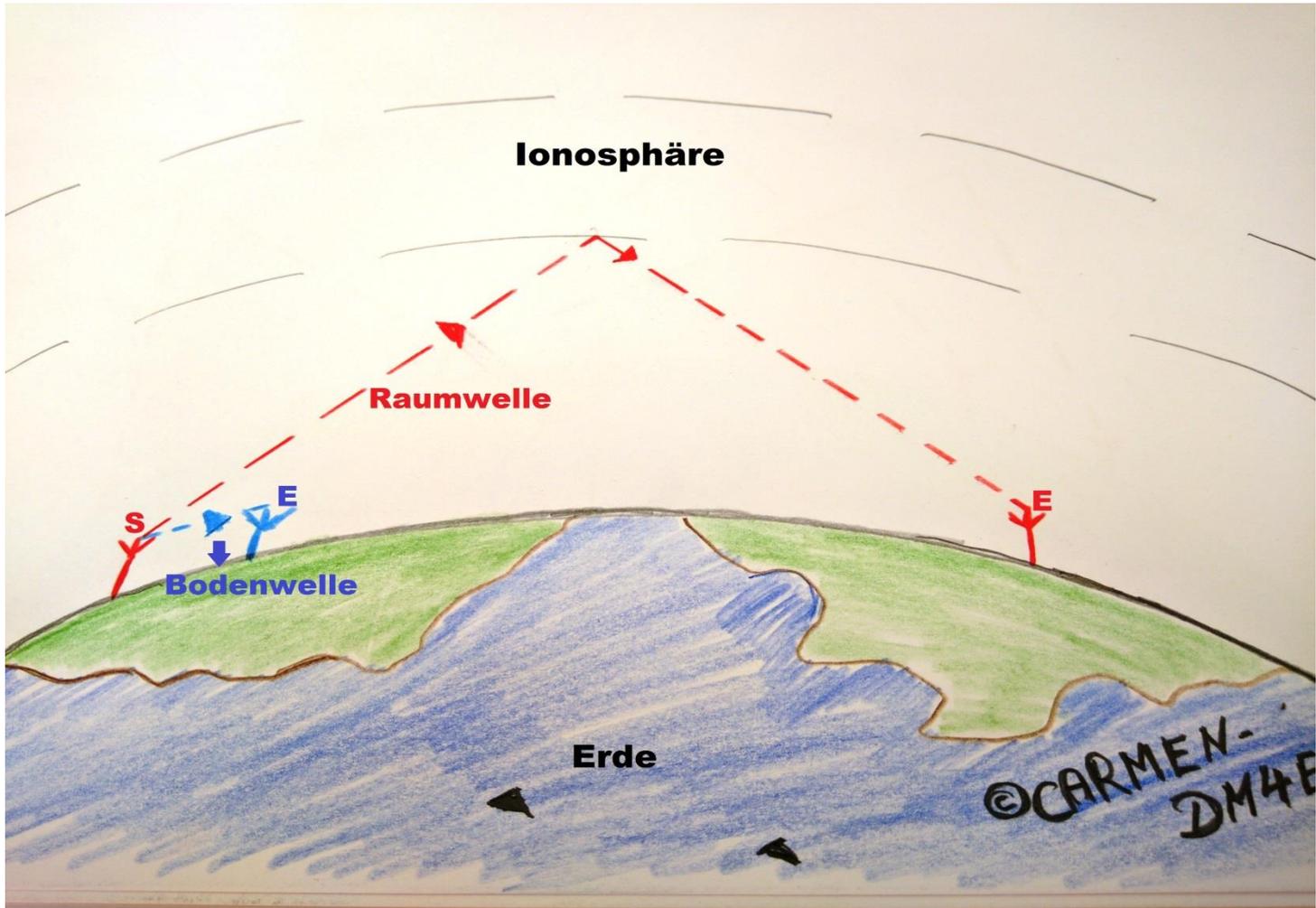
Gut für kurze Entfernungen auf KW!

Eigenschaften der Bodenwelle

- Die **Bodenwelle** folgt der **Erdkrümmung**, geht über den **geographischen Horizont** hinaus und wird nicht reflektiert.
- Bei **höheren Frequenzen** wird sie **stärker gedämpft** als bei **niedrigen Frequenzen**.
- Hat man auf dem 80m-Band noch eine **Bodenwellenreichweite** von ca. 200km, so sinkt diese bei 20m-Band auf ca. 25 km.



Raumwelle



Bildquelle: DM4EAX – Carmen Weber

Raumwelle

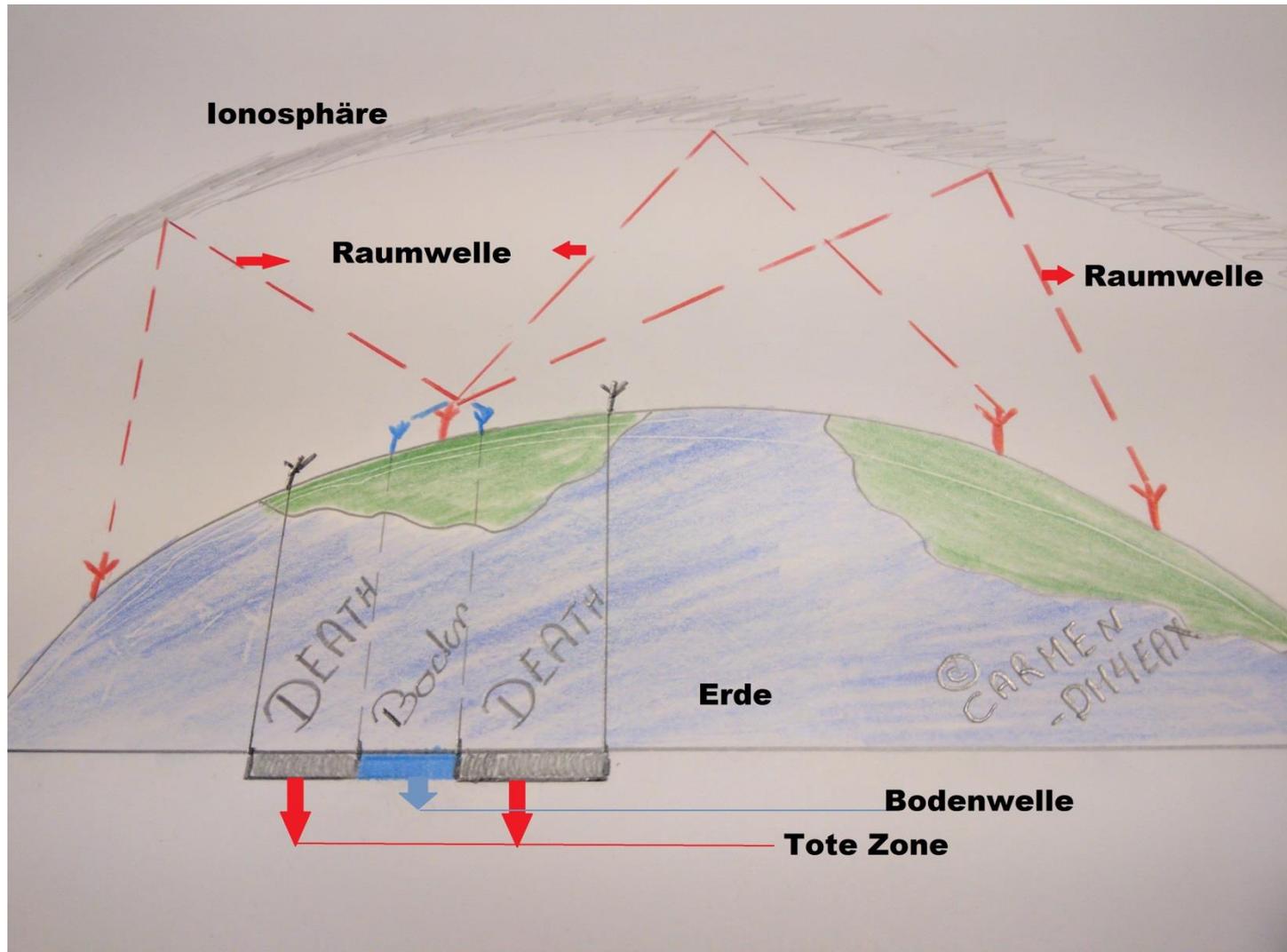
- Die **Raumwelle** wird über die **vier** verschiedenen **ionosphärischen Schichten** reflektiert und ermöglicht daher **Fernverkehrsverbindungen** (DX-Verkehr) über die jeweils geeigneten Bänder am Tage und in der Nacht.
- Die Raumwelle kann bei richtiger **Frequenzwahl** an der **Ionosphäre reflektiert** werden und wieder zurück zur **Erdoberfläche** wandern. Aus diesem Grund besitzen **Kurzwellensender** eine **sehr große Reichweite** und können sogar weltweit empfangen werden.



Die Tote Zone

Die Tote Zone

- Die **Raum-** und die **Bodenwelle** scheinen sich gut zu ergänzen, jedoch gibt es auf jedem KW-Band eine **“Tote Zone“** .
- Die **“Tote Zone“** liegt, je nach Band, an unterschiedlichen Punkten und entsteht dadurch, dass hier die **Funkwelle** nicht mehr über die **Bodenwelle transportiert** und noch nicht durch die **Raumwelle reflektiert** wird.



Quelle: Carmen Weber - DM4EAX



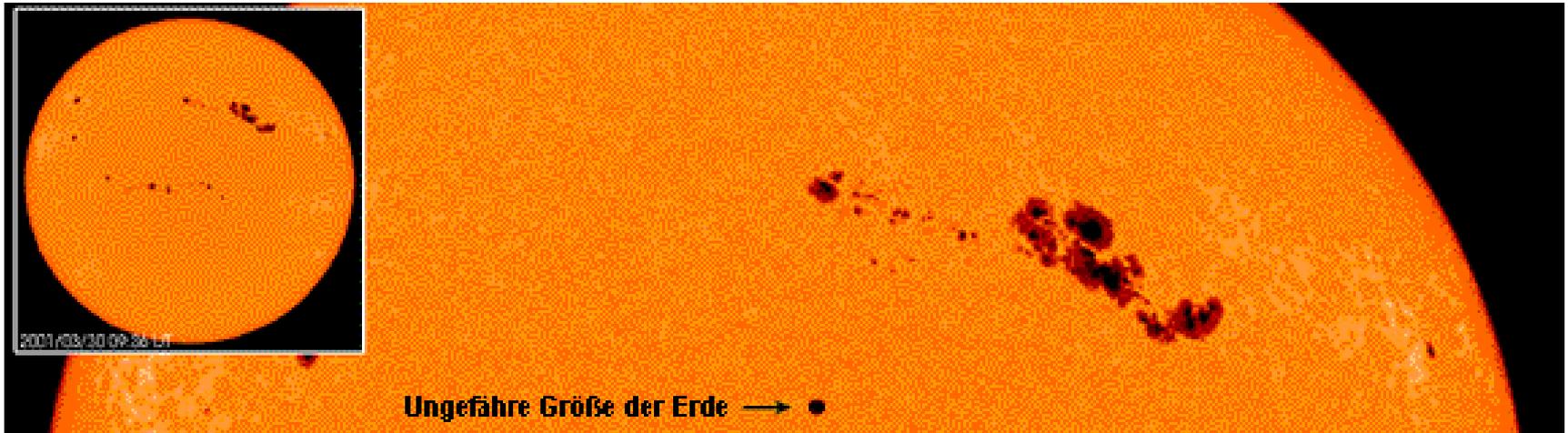
Ionosphäre

Die Sonne ist der wichtigste Faktor
für das Zustandekommen der Schichten

Die Sonne

- Die **Sonne** hat einen erheblichen Einfluss auf die **Aktivitäten** der Schichten untereinander und zueinander. Deshalb ist für den Funkamateurl die **Wettervorhersage** für die **Sonnenaktivität**, eine Möglichkeit zu erkennen, welche Bänder besonders guten und welche nur eingeschränkten **Funkverkehr** ermöglichen.
- Hierbei spielen die **Sonnenflecken** eine große Rolle. Je mehr Sonnenflecken es gibt, desto besser sind einige Bänder zu gebrauchen. Die Zahl der Sonnenflecken unterliegt einem **Zyklus** von etwa **11 Jahren**. Alle elf Jahre kommt es zu einem **Sonnenfleckenminimum**. In dieser Zeit sind das 6m-, das 10m-, das 12m- und das 15m-Band oft nur für **Nahverkehrsverbindungen** zu gebrauchen.

Sonnenflecken



Bildquelle: Geof (Diskussion) 15:44, 14. Mai 2013 (CEST)
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sunspotcloseinset.png>(aus der englischen Wiki/NASA
Version 2.November 2004), GFDL, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32980019>

Grey-Line

Die Sonne, besser gesagt deren **Auf-** und **Untergang**, erzeugt eine **Dämmerungszone** auf der **Erdoberfläche**, die sogenannte **“Grey-Line“**.

Sie ermöglicht, dass zwei sich in der Grey-Line befindlichen Stationen eine **QSO** als **DX-Verbindung** führen können.

Grey-Line



Bildquelle: Michael Funke. Entnommen aus Hamradio Deluxe.

Die Sonne

Die **Sonne** ionisiert die ionosphärischen Schichten durch elektrisch geladene Teilchen und sorgt dadurch für die gute **Fernausbreitung** der **KW-Bänder**.

Die Schichten

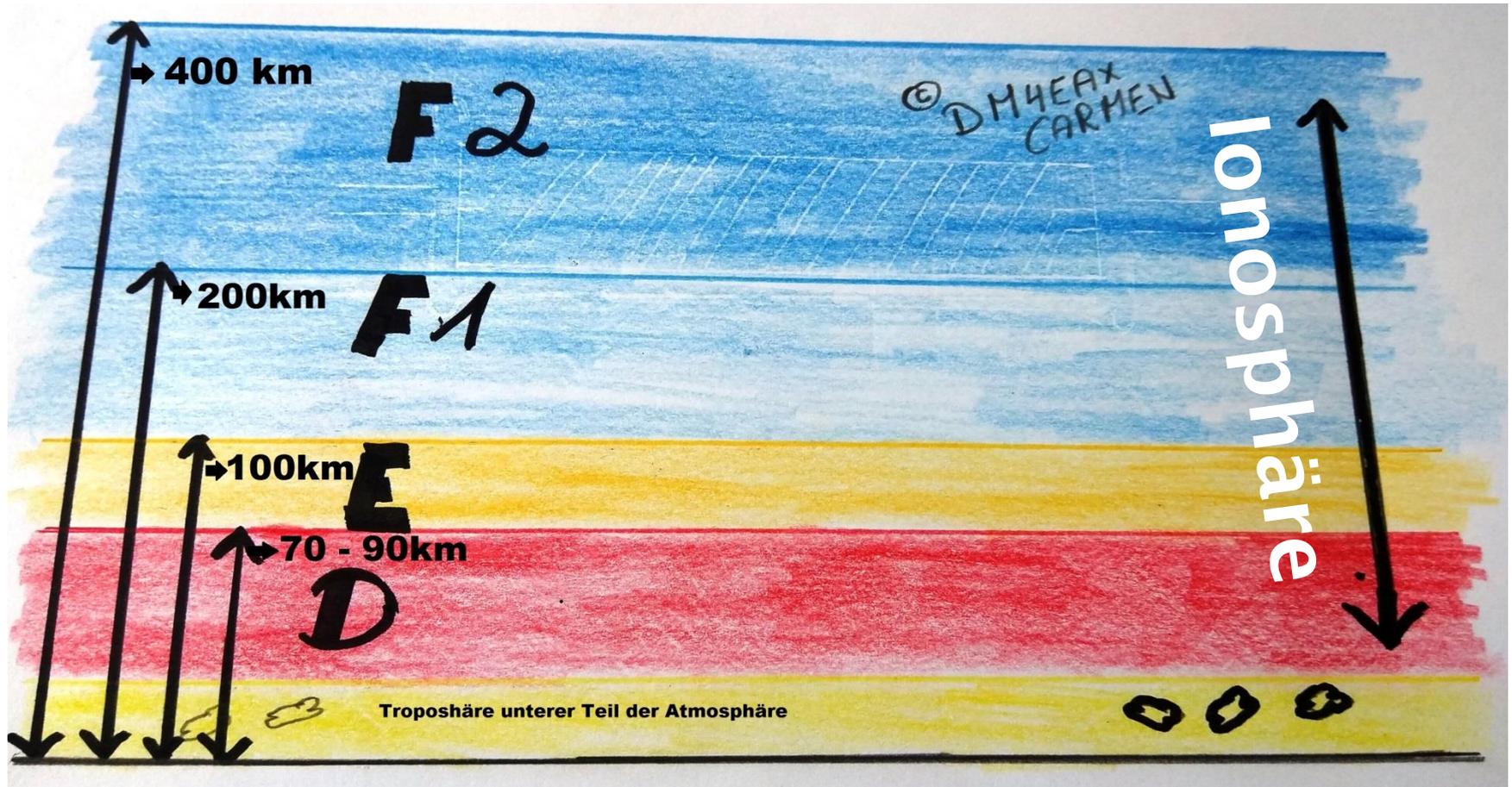
Die **Raumwelle** wird in der “Ionosphärischen Schicht“ für den KW-Betrieb **reflektiert**.

Die Ionosphäre besteht aus vier Schichten:

der **D-Schicht**,
der **E-Schicht** und
den **F-Schichten** (F1 und F2)

Sie beeinflusst die **Ausbreitung** der **Funksignale** auf den verschiedenen Bänder (am Tage und in der Nacht) **enorm**.

Die Schichten



Bildquelle: DM4EAX - Carmen Weber

Die D-Schicht

Die **D-Schicht** reflektiert die **Funkwellen** nicht (je nach Tageszeit), sondern absorbiert sie.

Dadurch **dämpft** die **D-Schicht** die Wellen des **80m-** und des **160m-Bandes** am Tage so stark, dass **keine Fernausbreitung** zustande kommt.

Ein **weltweiter Funkverkehr** kann bei diesen beiden Bändern nur in der **Nacht** und in der **Dämmerungszeit** (Grey-Line) erfolgen.

Mögel-Dellinger-Effekt

Die Sonne ist ein wichtiger Faktor für den **Funkverkehr**. Sie sendet Röntgen- und **UV-Strahlungen** aus.

Kommt es hier zu einem besonders hohen Anstieg dieser Strahlen, nach einem **Flare** (Energieausbruch der Sonne), hört man auf den KW-Bändern fast nichts mehr. Ein **zeitlich begrenzter Totalausfall** der Reflexion in der Ionosphäre ist dann dafür die Ursache.

Diese Erscheinung nennt man "**Mögel-Dellinger-Effekt**". Die **Ionisierung** der **D-Schicht** steigt derart an, dass **keine Funkwellen** mehr durchkommen.

Wie kommt es zu der erhöhten Strahlung?

Zu einer erhöhten **Ausstrahlung** von UV- und Röntgenstrahlung kommt es durch **geomagnetische Stürme**. Diese entstehen immer dann, wenn es auf der Sonne zu starken **Eruptionen** kommt, die einen verstärkten **Sonnenwind** in Richtung Erde auslösen.

Bei geomagnetischen Stürmen kann man auch das Naturschauspiel der **Polarlichter** bewundern. Dies kommen zustande, weil unser **Magnetfeld** einen **Dipolcharakter** hat und die erhöhte **Energieausstrahlung** (in die Richtung der magnetischen Pole) auf die Erde gelangt.

Nicht nur die **Amateurfunkbänder** können dadurch zeitlich begrenzt ausfallen, sondern auch **Satelliten** oder in extrem Fällen der **Strom**.

Die E-Schicht

- Im **KW-Bereich** können bei **Reflexion** an der **E-Schicht** maximale Entfernungen von 2200Km bei einem **Sprung** (Hop) überwunden werden.
- Zu Beispiel wird das 10m-Band in den **Sommermonaten** positiv durch die **E-Schicht** beeinflusst, sodass diese Sprünge erreicht werden können.
- Ein entscheidender Faktor ist hierzu der **Abstrahlwinkel** der Antenne. Für Antennen gilt: je flacher der Abstrahlwinkel der Antenne, desto besser können **DX-Verbindungen** zustande kommen. Dies gilt nicht nur für die E-Schicht, sondern für jede Schicht.
- In der E-Schicht kommt es gelegentlich zu sogenannten **Aurora-Erscheinungen**. Sie treten immer dann auf, wenn elektrisch geladenen Teilchen von der Sonne in die Atmosphäre eindringen. Bei Aurora kommt es zu einem **verbrummt** und **flatternden Ton**, weshalb hier die Betriebsart CW am besten geeignet ist.

Die E-Schicht

- Die **E-Schicht** ist jedoch unter bestimmten Voraussetzungen auch in der Lage Überraschung zu bieten.
- Mittels einer ungewöhnlich hohen **Ionisation** der **Luftschichten** ist es möglich, dass es an lokal begrenzten Orten zu Reflexionen kommt, die sogenannte **Sporadic-E-Verbindungen** zustande kommen lassen.
- Diese **sporadischen E-Schichten** können besonders im **10m-Band** zu einem **Short-Skip** führen. Darunter versteht man eine Verbindung, die eine **Sprungdistanz** von unter **1000Km** hat.

Die F-Schichten

- In der **Nacht** bestimmt alleine die **F2-Schicht** die **Fernausbreitung** (“**DX-Verkehr**“) der Funkwellen. Sie wird deshalb auch gerne die “**Nachtschicht**“ genannt.
- Jedoch ist am Tage die **F1-Schicht** hier nicht minder gut. Sie verhilft **tagsüber** zu guten **DX-Verbindungen**.
- Die **beide Schichten** liegen **ca. 200-500km** über dem **Erdboden**.

Sonstiges

Zwei Fragen, deren **Erklärung** jedoch erst für die **Prüfung** zum Zeugnis der **Klasse A** wichtig ist.

- Die **höchste brauchbare Frequenz** nennt man **MUF** (**M**aximum **U**sable **F**requency). Hier spielen verschiedene Faktoren eine Rolle, die bestimmen, welches Band noch genutzt werden kann.
- Besonders bei **AM-Sendungen** (Radio) auf **KW** kommt es zu einem **“ionosphärischen Feldstärkenschwund“** durch eine **Überlagerung** von Raum- und Bodenwelle. Dieses nennt man **Fading**.

Weitere Informationen im Internet

Eine anschauliche Begriffserklärung:

<http://www.dg7eao.de/funkwetter/>

Grafische Ausbreitungsvorhersage (live):

<https://dr2w.de/dx-propagation/>

DARC Funkwetterbericht:

<https://www.darc.de/der-club/referate/hf/funkwetter/>



Die unendlichen Weiten

Initiales Autorenteam:

Carmen Weber - DM4EAX
Michael Funke - DL4EAX
Willi Kiesow - DG2EAF

**Änderungen durch:**

Hier bitte Ihren Namen eintragen, wenn Sie Änderungen vorgenommen haben.

Sie dürfen:

Teilen: Das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten.

Bearbeiten: Das Material verändern und darauf aufbauen.

Unter folgenden Bedingungen:

Namensnennung: Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.

Nicht kommerziell: Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.

Weitergabe unter gleichen Bedingungen: Wenn Sie das Material verändern oder anderweitig direkt darauf aufbauen, dürfen Sie Ihre Beiträge nur unter derselben Lizenz wie das Original verbreiten.

Der Lizenzgeber kann diese Freiheiten nicht widerrufen solange Sie sich an die Lizenzbedingungen halten.

Details: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>