Inhaltsverzeichnis

Kurzwellenausbreitung

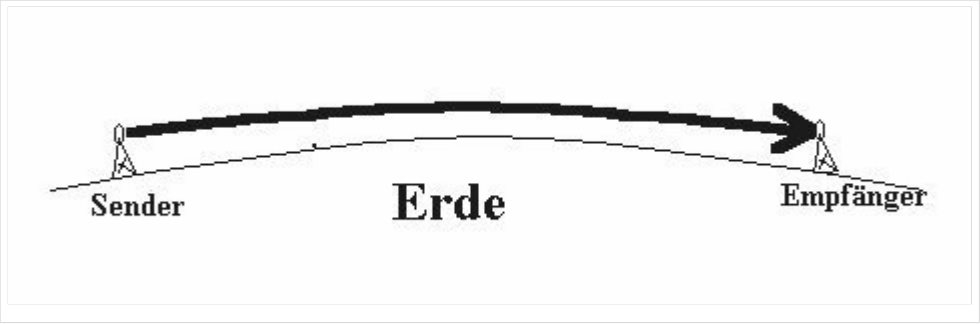
Inhaltsverzeichnis

1 Kurzwellenausbreitung 3
1.1 D-Schicht 5
1.2 E- und F-Schichten 5
1.3 Tote Zone 7
1.4 Computermodelle 7

Kurzwellenausbreitung

Radiowellen, die von einer Sendeantenne abgestrahlt werden, können den Empfänger auf 2 grundsätzlich verschiedenen Wegen erreichen:

```
* direkt entlang der Erdoberfläche
```



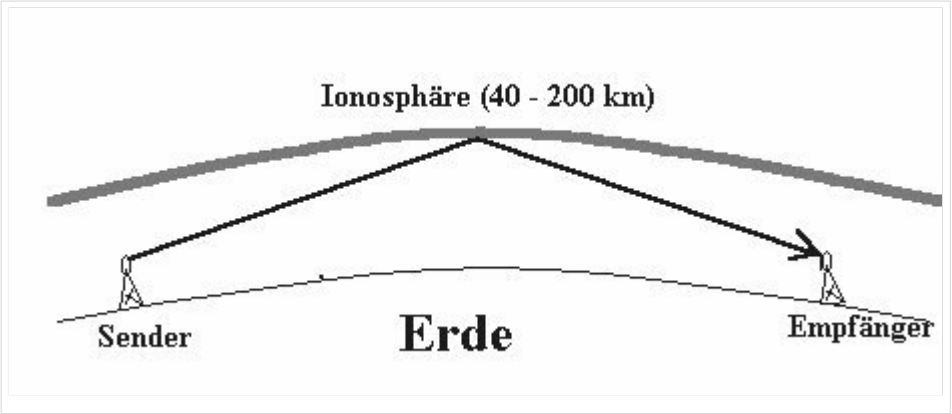
Diesen Ausbreitungsweg, bei dem die Wellen quasi parallel zum Erdboden laufen, nennt man Bodenwellenausbreitung, oder kurz 'Bodenwelle'.

Je nach verwendeter Frequenz, ist die Reichweite der Bodenwelle mehr oder weniger stark begrenzt. Bei Wellenlängen um 80m (3500 - 3800 kHz) liegt sie (tageszeitenabhängig) im Bereich von 100 - 150 km. Bei 10 m Wellenlänge (f im Bereich von 28000 kHz bis 29700 kHz) nur noch bei ca. 30 km.

```
* Reflexion in der oberen Atmosphäre
```

Die Atmosphäre der Erde hat einen schichtförmigen Aufbau. In jeder dieser Luftschichten spielen sich unterschiedliche physikalische Vorgänge ab. Die Schicht, die direkt am Boden beginnt, und sich bis zu einer Höhe von 8 - 12 km erhebt wird als Troposphäre bezeichnet. In Ihr spielen sich alle Lebensvorgänge und alle Wettererscheinungen ab. Sie ist unser Lebensraum. Ab einer Höhe von 20 km spricht man von der Stratosphäre. Sie trägt den Ozongürtel, der sich in einer Höhe von 20 - 40 km befindet. Darüber liegt die Ionosphäre (20 - 250 km Höhe), deren Verhalten hier näher besprochen werden soll, denn in ihr werden Radiowellen bestimmter Frequenzen reflektiert und zur Erde zurückgeworfen.

Doch zuerst der Ausbreitungsweg in der Ionosphäre (stark vereinfacht)



```
* Der Aufbau der Ionosphäre
```

Wie zu sehen ist, werden die elektromagnetischen Wellen, die von der Sendeantenne abgestrahlt werden, an der Ionosphäre reflektiert und auf die Erde zurückgeworfen. Diese Art der Kurzwellenausbreitung wird Raumwellenausbreitung oder kurz 'Raumwelle' genannt. Die Ionosphäre besteht wiederum aus verschiedenen übereinanderlegenden Schichten, die aufgrund ihres unterschiedlichen Verhaltens den Radiowellen gegenüber, unterschieden werden können.

Sie alle haben gemeinsam, daß sie (abhängig von verschiedenen Faktoren) mehr oder weniger elektrisch leitfähig und aus sehr stark verdünnten Gasen (Sauerstoff, Stickstoff, Helium) zusammengesetzt sind.

Diese Schichten werden nach Ihrem Entdecker, dem britischen Forscher Heaviside auch Heaviside-Schicht(en) genannt.

```
* Wie werden die Gase der Heaviside-Schicht elektrisch leitend?
```

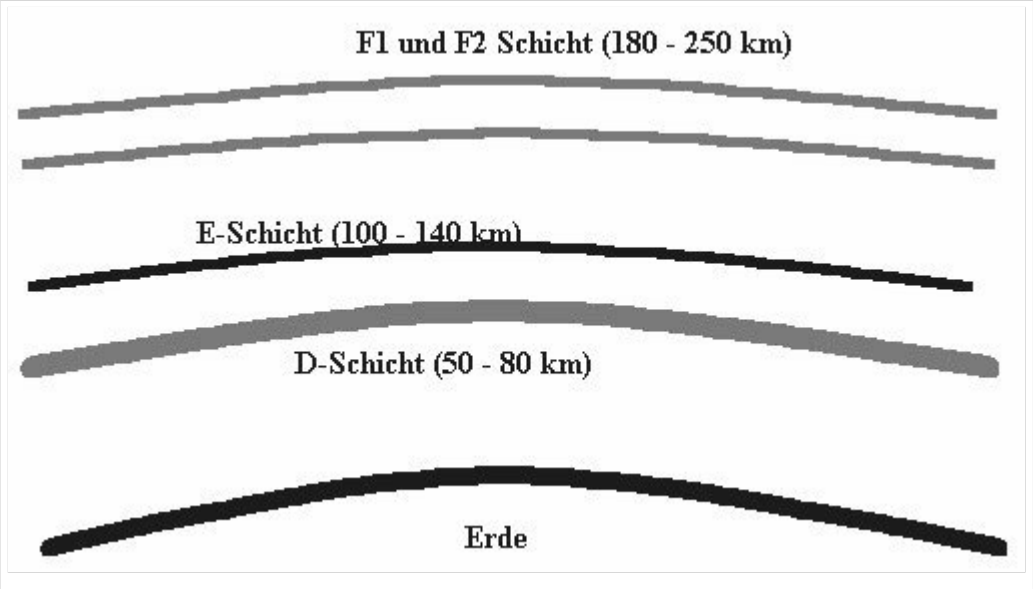
Nun, zuerst muß man wissen, daß die Gase in dieser großen Höhe nur noch sehr stark verdünnt vorkommen. Es herrscht nur noch ein ganz geringer Bruchteil des normalen oberflächennahen Luftdrucks. Die Moleküle der Gase, von denen nur noch wenige in einem bestimmten Raumvolumen vorhanden sind, sind tagsüber der starken UV-Strahlung und dem Teilchenstrom, der von der Sonne auf die Erden einströmt, ausgesetzt. Dieser "Beschuß" mit hochenergetischen Teilchen und Wellen führt dazu, daß die Gasmoleküle Teile ihrer Elektronenhülle verlieren. Sie werden zu Ionen, also zu elektrisch leitenden Teilchen, an denen Radiowellen reflektiert werden können, wie an einer Metallwand (der Vergleich ist etwas holprig, erklärt aber das Verhalten der ionisierten Gase recht gut).

Daraus folgern 2 Sachverhalte:

- Nachts kann es keine (zusätzliche) Ionisation geben, weil keine Sonnenstrahlung auf die Ionosphäre trifft.
- Die Stärke der Ionisation ist von der Stärke und Qualität der Sonneneinstrahlung abhängig.

```
* Aus welchen Schichten ist die Ionosphäre aufgebaut?
```

Zuerst: Je höher man in der Ionosphäre steigen würde (mit einem Ballon oder einer Rakete o.ä.) desto weniger Gasmoleküle würde man antreffen: Die Dichte des Gases nimmt mit steigender Höhe ab. Außerdem ändert sich die Zusammensetzung des Gases mit der Höhe. Man kann jedoch 3 - 4 Bereich nach ihrer Höhe und ihrem elektrisch-physikalischen Verhalten unterscheiden. Diese (Unter-)Schichten sind mit Buchstaben des Alphabets durchnummeriert:



D-Schicht

Sie ist die unterste und damit auch dichteste Schicht. Diese hohe Dichte ist es, die sie für die Reflexion von Kurzwellen unbrauchbar macht. Durch diese hohe Dichte werden Radiowellen nämlich nicht reflektiert, sondern absorbiert (d.h. "verschluckt"). Je tiefer die Frequenz einer Radiowelle (und damit deren spezifische innere Energie) desto eher, werden diese Wellen in der D-Schicht gedämpft. 160m- und 80m- Wellen werden am Tag, wenn die D-Schicht voll ionisiert ist, vollständig verschluckt. Bei höheren Frequenzen (40m Band und darüber) hat die D-Schicht jedoch keinen Einfluß mehr, auch wenn sie vollständig ausgebildet ist (d.h. bei maximaler Ionisation). Die D-Schicht bildet sich nach Sonnenuntergang sofort zurück, so daß dann die Ausbreitungsbedingungen auf den niederfrequenten Bändern sehr schnell besser werden.

E- und F-Schichten

Diese beiden sind die für die Reflexion von Radiowellen entscheidenden Ionosphärenschichten. Besonders die Qualität der beiden F-Schichten (F1 und F2) sind für den Weitverkehr auf Kurzwelle ausschlaggebend.

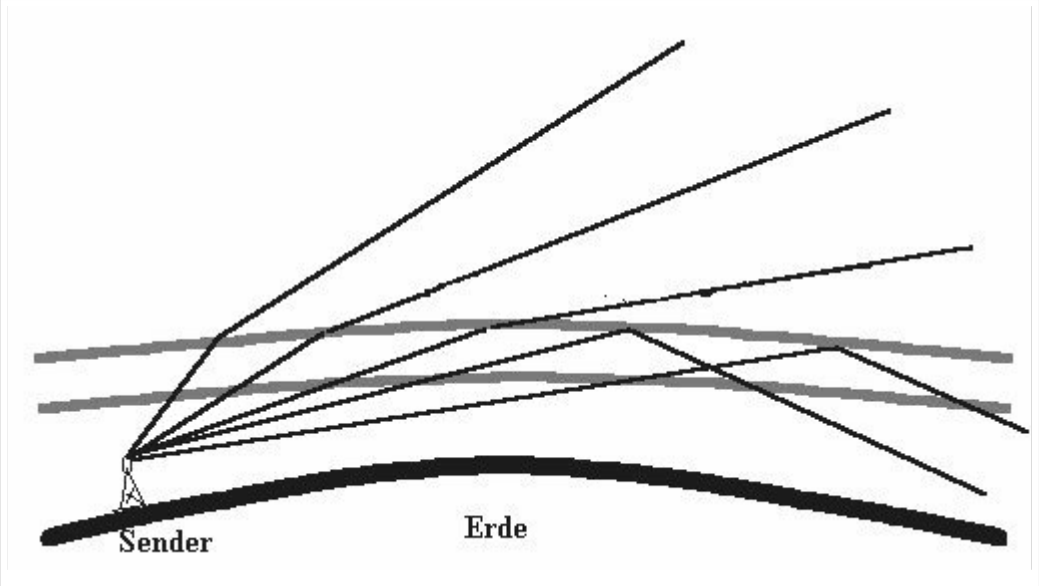
```
* Zum Verhalten der reflektierenden Schichten
```

Diese E- und besonders die F-Schichten bilden sich unter Sonneneinstrahlung aus, und verschwinden nach Sonnenuntergang langsam wieder, weil die Ionen (wie bei der D-Schicht natürlich auch) sich wieder zu elektrisch neutralen Molekülen vereinigen (Rekombination). Diese Rekombination geht jedoch (besonders bei den F-Schichten) sehr viel langsamer vor sich als bei der D-Schicht. Bei sehr starker Ionisation (z.B. im Sommer bei langer und intensiver Sonnenbestrahlung) kann die Ionisation der F-Schichten die ganze Nacht anhalten.

Auch hier gilt, daß die beiden Schichten Radiowellen mit hoher Frequenz eher durchlassen, also nicht reflektieren (vgl. D-Schicht).

Die Grenzfrequenz, (also die Frequenz, die gerade noch nicht in den Weltraum durchgelassen wird) der F-Schichten ist neben der Ionisation auch abhängig von 2 Größen:

- Der Frequenz der Welle (je höher die Frequenz, umso eher wird sie nicht mehr reflektiert)
- Dem Winkel, unter dem die Welle auf die Schicht auftrifft. (Je steiler sie auftrifft, umso eher wird sie nicht mehr reflektiert



Bei extrem günstigen Bedingungen (maximale Ionisation, flachster möglicher Winkel) ist die Grenzfrequenz der Ionosphäre 30 MHz. Alle höherfrequenten Wellen werden ohne Ausnahme in den Weltraum durchgelassen.

```
* Bedeutung für den Amateurfunk
```

- Die Raumwellenreflektion erlaubt es, unter günstigen atmosphärischen Bedingungen, mit Kurzwellen jeden Punkt der Erde zu erreichen (auch mit sehr geringen Sendeleistungen).
- Die Reichweite bei der höchsten noch reflektierten Frequenz am größten, weil diese Wellen energiereicher sind, als niederfrequentere Frequenzen. Sie werden also auf ihrem Ausbreitungsweg nicht so stark absorbiert (Durch die Troposphäre z.B.)
- Die Frequenz, die verwendet wird, darf jedoch nur gerade so hoch sein, damit die Reflexionsfähigkeit der F-Schichten ausreicht, um die Welle zu reflektieren. Diese Frequenz, die gerade noch reflektiert wird, bezeichnet man als "maximale verwendbare Frequenz" (engl. maximum usable frquency (MUF)) für einen bestimmten Ausbreitungsweg.
- Die Frequenz muß so hoch sein, daß sie in der D-Schicht gerade nicht verschluckt wird. Diese Frequenz, die gerade noch nicht absorbiert wird, bezeichnet man als "niedrigste verwendbare Frequenz" (engl. lowest usable frequency (LUF)) für einen bestimmten Ausbreitungsweg.
- Man kann also immer nur einen bestimmten Ausschnitt des Frequenzspektrums zwischen 160m und 10m verwenden, eben den Bereich zwischen LUF und MUF.

Dieser Bereich ist abhängig von: - Tageszeit - Jahreszeit - Sonnenaktivität (Sonnenfleckenanzahl)

Tote Zone

Wie wir gesehen haben ist die Reichweite der Bodenwelle begrenzt (zw. 30 und 150 km). Die Raumwelle dagegen trifft erst nach einer bestimmten Entfernung von der Sendeantenne zum erstenmal wieder am Boden auf. Es gibt also eine Zone, in der kein Empfang des Senders möglich ist, nämlich der Bereich, wo die Bodenwelle nicht mehr und die Raumwelle noch nicht zu hören ist. Diesen Bereich bezeichnet man als "Tote Zone". Sie ist abhängig von der Ionisation der F-Schichten und der Frequenz die man verwendet. Generell gilt: Die tote Zone, ist auf höheren Frequenzen größer als auf geringeren (bei letzteren kann der Auftreffwinkel in der F-Schicht größer sein), weil die Entfernung, nach der die Raumwelle das erste Mal wieder auftrifft, größer ist.

Entfernungsbeispiele: Die Tote Zone auf dem 10m-Band ist bei Ausbreitung über die F-Schicht immer größer als 2000 km.

Computermodelle

Aktuelle physikalische Parameter (Sonnenfleckenzahl, Solarer Fluss Index, Intensität der Röntgenstrahlung, u.v.m.), die die Ausbreitungsbedingungen betreffen, findet man auf den Webseiten von Paul L. Herrman, N0NBH.

Es gibt viele allgemein verfügbare numerische Computermodelle zur Vorhersage der aktuellen Ausbreitungsbedingungen auf den Kurzwellenbändern. Siehe beispielsweise VOACAP.

QUELLE: Mit freundlicher Genehmingung von Peter Rachow, DK7IH