

Radioastronomie

Einführung in das Überwachen von Langwellen

Langwellen-Sender im Bereich von 10kHz bis 50kHz werden vor allem zur Kommunikation mit U-Boten verwendet. Die Wellen dringen in das Wasser bis in eine Tiefe von mehreren 10m ein. U-Boote müssen zum Empfang dieser Signale nicht auftauchen. Die Reichweite kann mehrere 1000km betragen. Die Langwellen breiten sich einerseits über Bodenwellen entlang der Erdoberfläche aus, sowie auch über Raumwellen, die an der Ionosphäre reflektiert werden. Für die Überwachung der Ionosphäre sind Sender in einer Entfernung von 500 bis 1500km geeignet.

Ionosphäre

Die Erdatmosphäre reagiert auf Ultraviolett-, Röntgen-, Gamma- und andere kosmische Strahlen. Dabei entsteht die Ionosphäre, die in unterschiedliche Schichten unterteilt wird:

Schicht	Höhe in km	Bemerkung
F2	250 bis 400	ist am Tag und in der Nacht vorhanden
F1	130 bis 250	ist am Tag vorhanden, vereint sich in der Nacht mit F2
E	100 bis 130	ist nur am Tag vorhanden, Ionisationsgrad je nach Sonnenstand
D	70 bis 100	ist nur am Tag vorhanden, Ionisationsgrad je nach Sonnenstand

Absorption / Reflektion

In der Nacht sind die D- und E-Schicht nicht vorhanden. Die Langwellen werden von der F-Schicht reflektiert. Während des Tages bewirkt die Sonneneinstrahlung, dass sich die D- und E-Schichten bilden. Bei normaler Sonneneinstrahlung dämpfen diese Schichten die Langwellen - das Signal über die Raumwelle beim Empfänger wird schwächer.

In Zeiten starker Sonnenaktivität nimmt die Ionisation der D- und E-Schichte auch stark zu. Dann dringen die Langwellen nicht mehr in die D-Schicht ein, sondern werden von ihr zurück zur Erdoberfläche reflektiert. Einerseits ist nun der Weg zum Empfänger kürzer, andererseits entfällt die Dämpfung in der D- und E-Schicht. Dadurch wird das Signal via Raumwelle beim Empfänger deutlich stärker ankommen.

Phasenlage Bodenwelle / Raumwelle

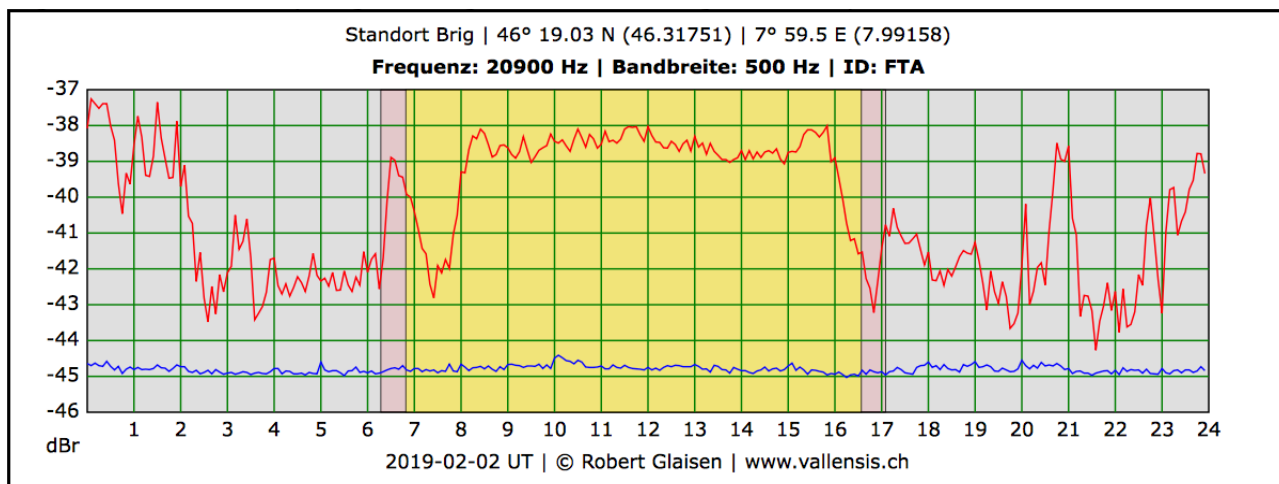
Langwellen mit einer Frequenz von 10kHz haben eine Wellenlänge von 30km (50kHz von 6km). Der Weg der Raumwelle (reflektiert von der Ionosphäre) ist länger als derjenige der Bodenwelle. Trifft nun eine Bodenwelle bei der Empfangsantenne ein und gleichzeitig eine Raumwelle, deren Weg 30km (oder 60, 90 ... km) länger ist, so addieren sie sich und der Empfänger sieht eine doppelte Signalstärke. Falls aber der Weg der Raumwelle 15km (oder 45, 75 .. km) länger ist, trifft ein Wellental auf einen Wellenberg, d.h. die Signale löschen sich aus. Der Empfänger erhält gar kein Signal. Neben diesen zwei Extremen ist jede andere Phasenlage möglich und damit auch jede andere Signalstärke.

Plötzliche Störung der Ionosphäre

SID - Sudden Ionospheric Disturbance werden von Ultraviolett- und Röntgenstrahlen der Sonne verursacht. Diese Energiestrahlung reist mit Lichtgeschwindigkeit und braucht somit ca. 8 Minuten bis zur Erde. Ursache sind Eruptionen (Flares) in besonders strahlungsaktiven Randgebieten von Sonnenflecken. Die Störung der Ionosphäre tritt plötzlich auf und klingt dann während 10 Minuten bis zu 90 Minuten langsam ab.

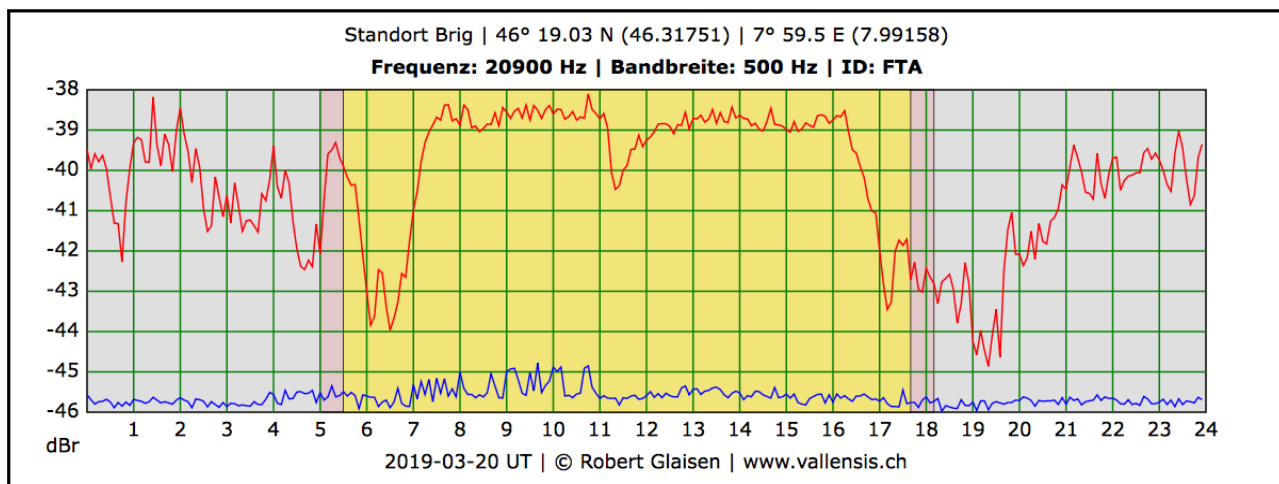
Beispiele

Tagesverlauf eines empfangenen Signals ohne Störung der Ionosphäre:



Gelb hinterlegt ist die Zeit von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang. Die bürgerliche Dämmerung ist in rosa. Die rote Kurve zeigt die Signalstärke, die blaue das Rauschen (Noise). In der Zeit von 06:00 bis 08:00 baut sich die D-Schicht der Ionosphäre auf, ab 16:00 bis 18:00 verschwindet die D-Schicht wieder. Die Zeiten (alle in Universal Time UT) ändern sich im Jahresverlauf je nach Tageslänge.

Tagesverlauf eines empfangenen Signals mit Störung der Ionosphäre:



Dieser Signalverlauf zeigt eine Störung um 11:05 mit einer Dauer von 1h20m - dies ist die erste und bisher einzige Störung, die ich registriert habe.

Links

- ◆ Unter der Adresse astro.vallensis.ch/sid/sidplotday.php können die aktuellen Aufzeichnungen angesehen werden.
- ◆ de.wikipedia.org/wiki/Ionosphäre liefert Informationen zur Ionosphäre
- ◆ www.aavso.org/solar-sids hat ein Projekt, um ionosphärische Störungen zu erfassen und auszuwerten.
- ◆ Auch das Stanford SOLAR Center beschreibt ein Projekt, um das «Weltraum Wetter» zu dokumentieren.

Robert