

Einführung in das Überwachen von Langwellen

Langwellen-Sender im Bereich von 10kHz bis 50kHz werden vor allem zur Kommunikation mit U-Booten 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 / Reflexion

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-Schicht 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

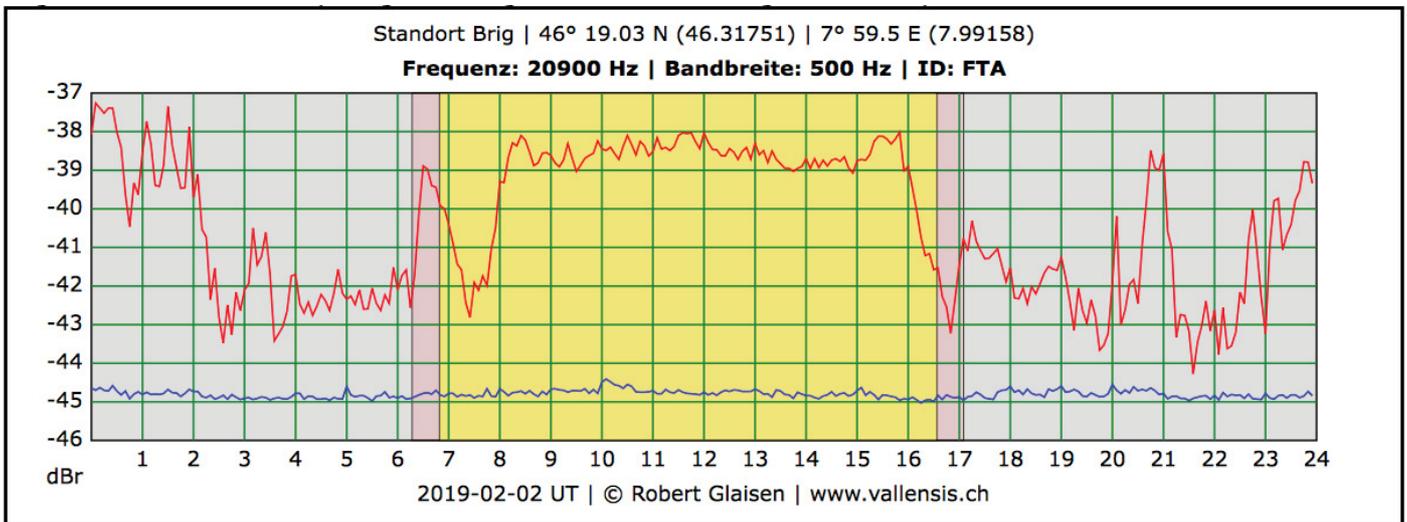
SID - Sudden Ionospheric Disturbance werden von Ultraviolett- und Röntgenstrahlen der Sonne verursacht. Diese Energiestrahlung reist mit Lichtgeschwindigkeit und braucht somit ca. 8 Minuten bis zur Erde. Ursache sind Eruptionen (Flares) in besonders strahlungsaktiven Randgebieten von Sonnenflecken. Die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

Radioastronomie (2/3)

von Robert Glaisen

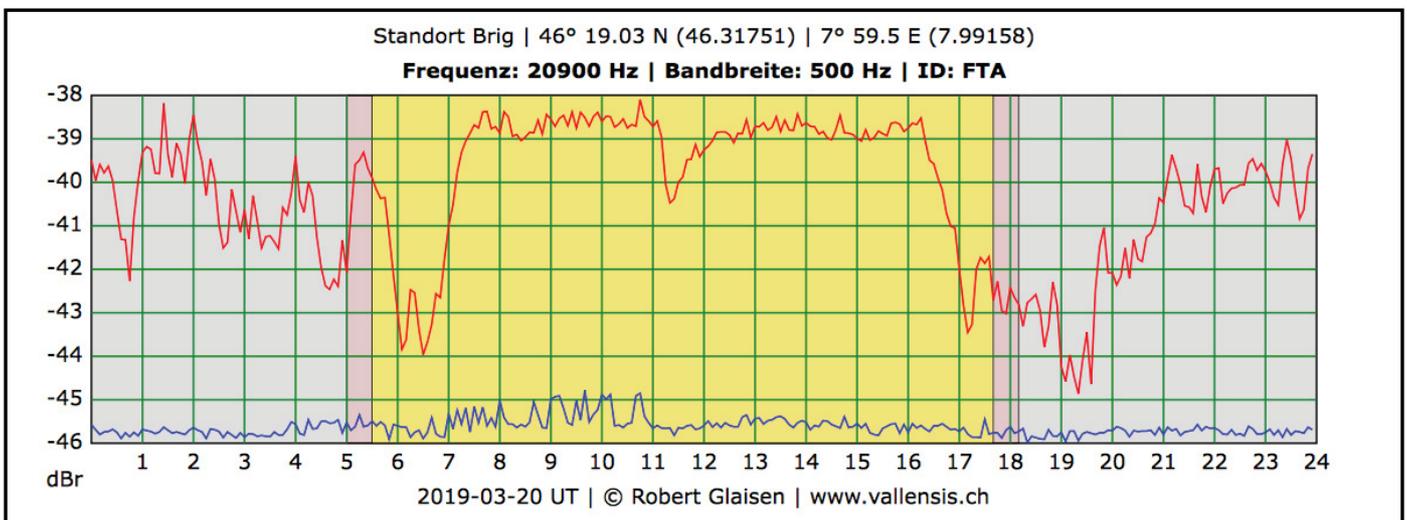
Beispiele

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.

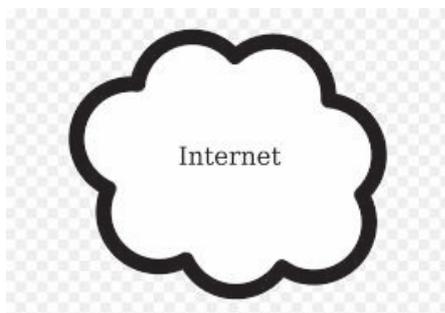
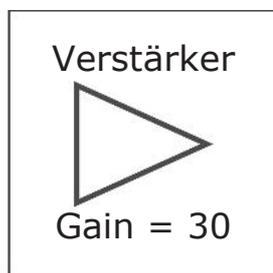
Links

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.

SID: Blockdiagramm



Antenne

Die Rahmenantenne besteht aus 40 Windungen und ist zwecks Abschirmung in ein Alu-Rohr eingebaut. Die Abschirmung ist am Speisepunkt unterbrochen, um keinen Kurzschluss zu verursachen.

Dieser Typ Antenne reagiert auf dem Magnetischen Teil der Elektro-Magnetischen Wellen.

Verstärker

Die Signale von der Antenne sind sehr schwach und werden mit einem Operationsverstärker um das 30-fache angehoben. Der Verstärker ist in ein Blechgehäuse eingebaut, um Störsignale zu dämpfen.

Computer

Der Raspberry Pi ist mit einer Sound-Karte bestückt. Die Signale werden mit 32 Bit Auflösung und 192'000 Samples pro Sekunde digitalisiert. Darauf folgt die Berechnung des Frequenz-Spektrums mittels Fast-Fourier-Transformation über 32'768 Daten-Pakete. Um das Rauschen zu reduzieren, wird der ganze Prozess 30 Mal durchgeführt und dann der Mittelwert gebildet. Das errechnete Frequenzspektrum umfasst 4kHz bis 96kHz und hat einen Dynamik-Umfang von 96 dB (1 zu 4 Milliarden). Die Frequenz-Auflösung beträgt ca. 6Hz. Der Raspberry überträgt das Datenpaket (ca. 250KB) per FTP über das Internet zum Server bei Novatrend.

Webseite

Unter astro.vallensis.ch werden die Daten verarbeitet, die Signalstärken von einigen Sendern berechnet und gespeichert. Daraus lassen sich Grafiken generieren, die den Signalverlauf pro Tag oder Woche zeigen. Ebenso kann das aktuelle Spektrum der aufgezeichneten Frequenzen angesehen werden oder auch das ganze Spektrum analysiert werden.