

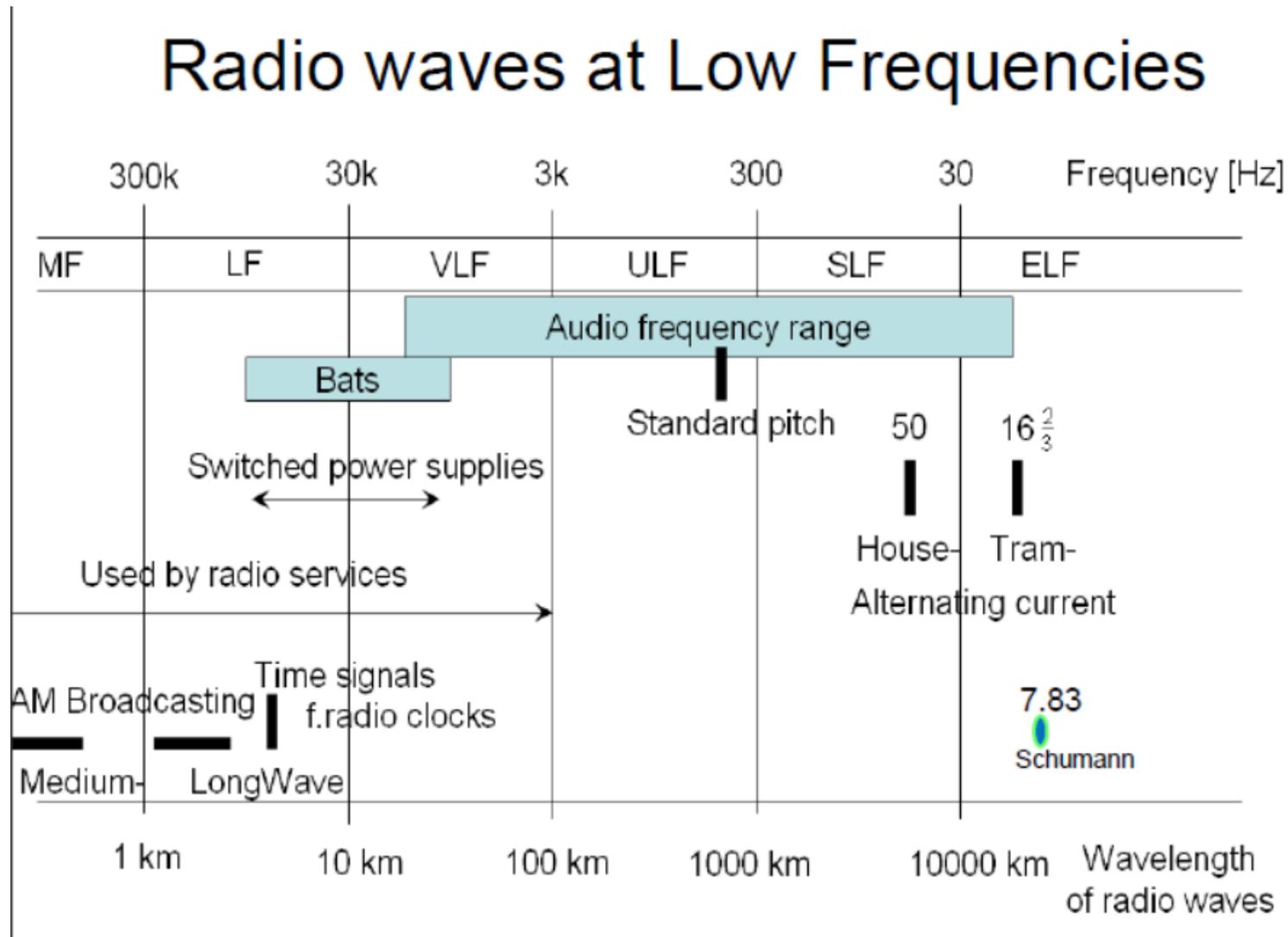
Natürliche Radiowellen

Zusammengestellt von DL6OAA

Bezeichnung der Frequenzbereiche

Frequenz	Wellenlänge	Internationaler Name	Abkürzung	Deutscher Name
< 3 Hz	> 100 000 km	Ultra Low Frequency	ULF	Extreme
3 Hz - 3 kHz	100 000 - 100 km	Extremely Low Frequ.	ELF	Längstwellen
3 - 30 kHz	100 - 10 km	Very Low Frequency	VLF	Niederfrequenz
30 - 300 kHz	10 - 1 km	Low Frequency	LF	Längst-/Langwelle
300 kHz - 3 MHz	1 km - 100 m	Medium Frequency	MF	Mittel-/Grenzwelle
3 - 30 MHz	100 - 10 m	High Frequency	HF	Kurzwellen
30 - 300 MHz	10 - 1 m	Very High Frequency	VHF	Ultrakurzwellen
300 MHz - 3 GHz	1 m - 10 cm	Ultra High Frequency	UHF	Dezimeterwellen
3 - 30 GHz	10 - 1 cm	Super High Frequency	SHF	Zentimeterwellen

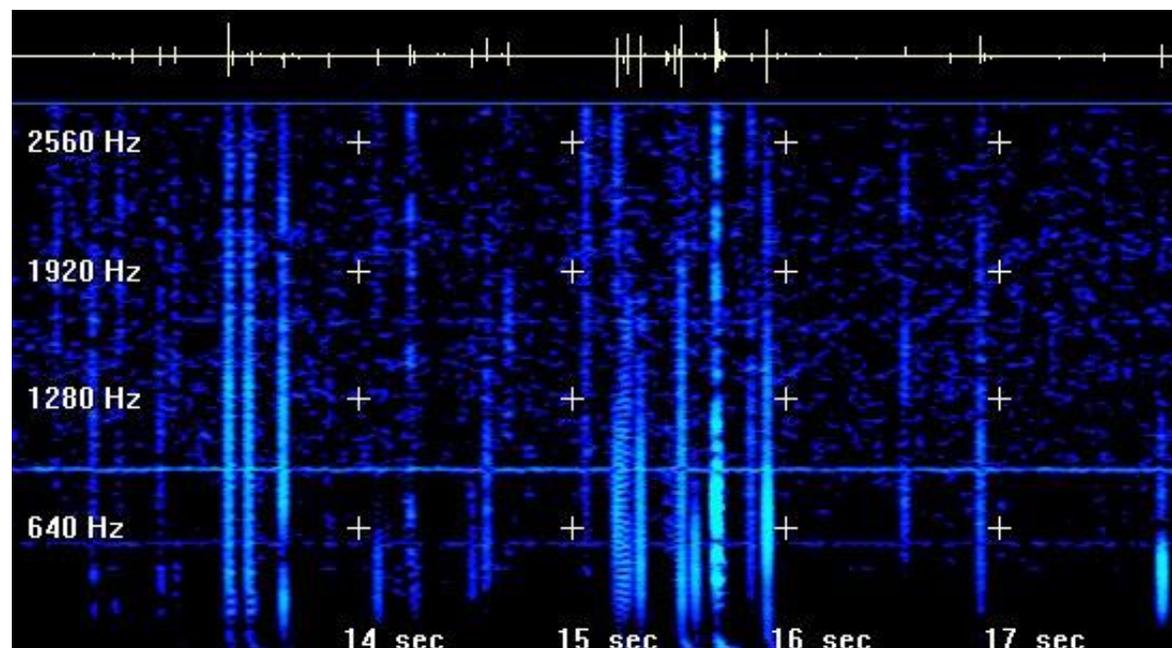
Übersicht:



Natürliche Radiowellen; Signalarten:

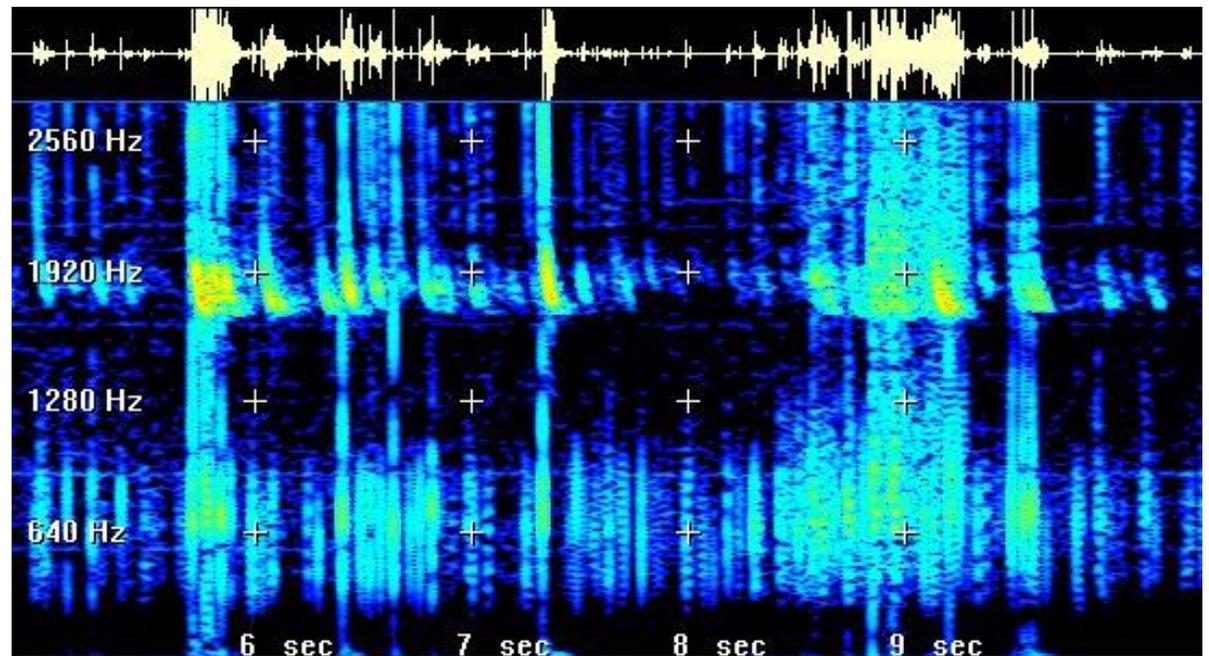
Bei **Sferics** (Atmosphären) handelt es sich um das **impulshafte breitbandige Auftreten elektromagnetischer Felder, die natürlicherweise in der Erdatmosphäre vorkommen.**

Hauptquellen sind Gewitter, deren Blitzaktivitäten elektromagnetische Felder erzeugen. Auch Tornados sind als Erzeuger von Sferics bekannt.



Tweaks (Zwei Wochen):

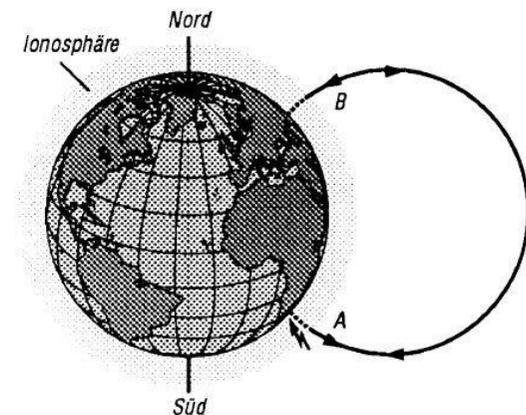
Wenn das kugelförmige Signal eine lange Strecke zurücklegt, wird es gestreut. Das heißt, die höheren Frequenzen bewegen sich etwas schneller als die niedrigeren Frequenzen und kommen daher etwas vor den niedrigeren Frequenzen beim Empfänger an. Die tieferen Frequenzen hinken nur wenige Hundertstelsekunden hinterher, aber das macht einen großen Unterschied im Klang des Signals und hinterlässt auch einen charakteristischen Eindruck im Spektrogramm. Der gehörte Ton wird durch Dispersion von der trocken knallenden Sferik modifiziert, so dass er eine **ausgeprägte Klingelnatur** hat. Dies wird als "Tweek" bezeichnet.



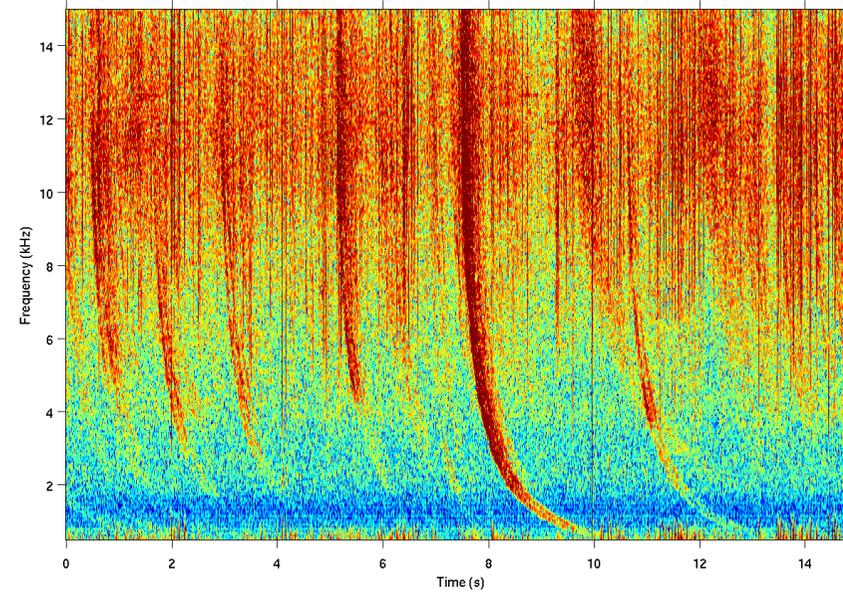
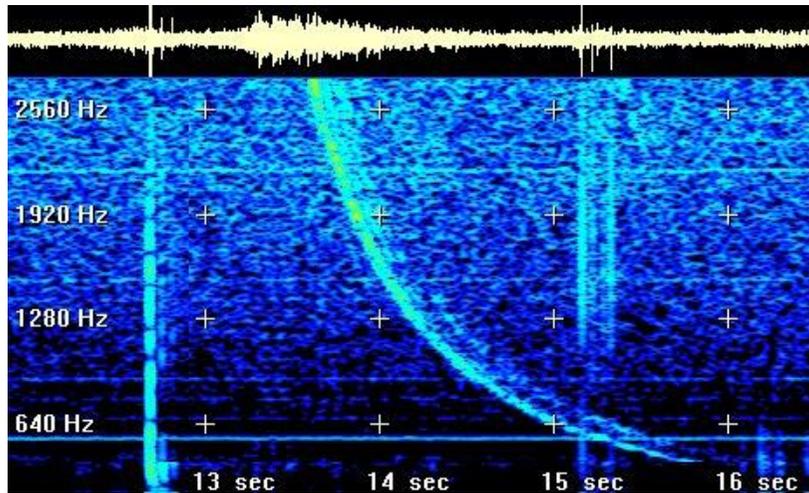
Whistler (Pfeifer):

Ein Whistler ist ein niederfrequentes elektromagnetisches Signal, das beispielsweise durch Gewitter erzeugt werden kann. Die Frequenzen eines Whistlers liegen zwischen 1 und 30 kHz, gewöhnlich mit einem Maximum zwischen 3 und 5 kHz. Somit liegen sie von der Frequenz her im Hörbereich des Menschen und können mit einem geeigneten Empfänger direkt in akustische Signale umgewandelt werden.

Sie entstehen durch Blitzschläge, bei denen der Impuls von der Erde wegwandert und entlang der magnetischen Feldlinien zur Erde zurückkehrt. Aufgrund der geringeren Ausbreitungsgeschwindigkeit (Dispersion) der niedrigeren Frequenzen im Plasma der Ionosphäre und Magnetosphäre werden sie als absteigender Ton wahrgenommen, der mehrere Sekunden andauern kann. Whistlers werden in *Pure Note Whistlers*, *Diffuse*, *2-hop* und *Echo Train* unterschieden.



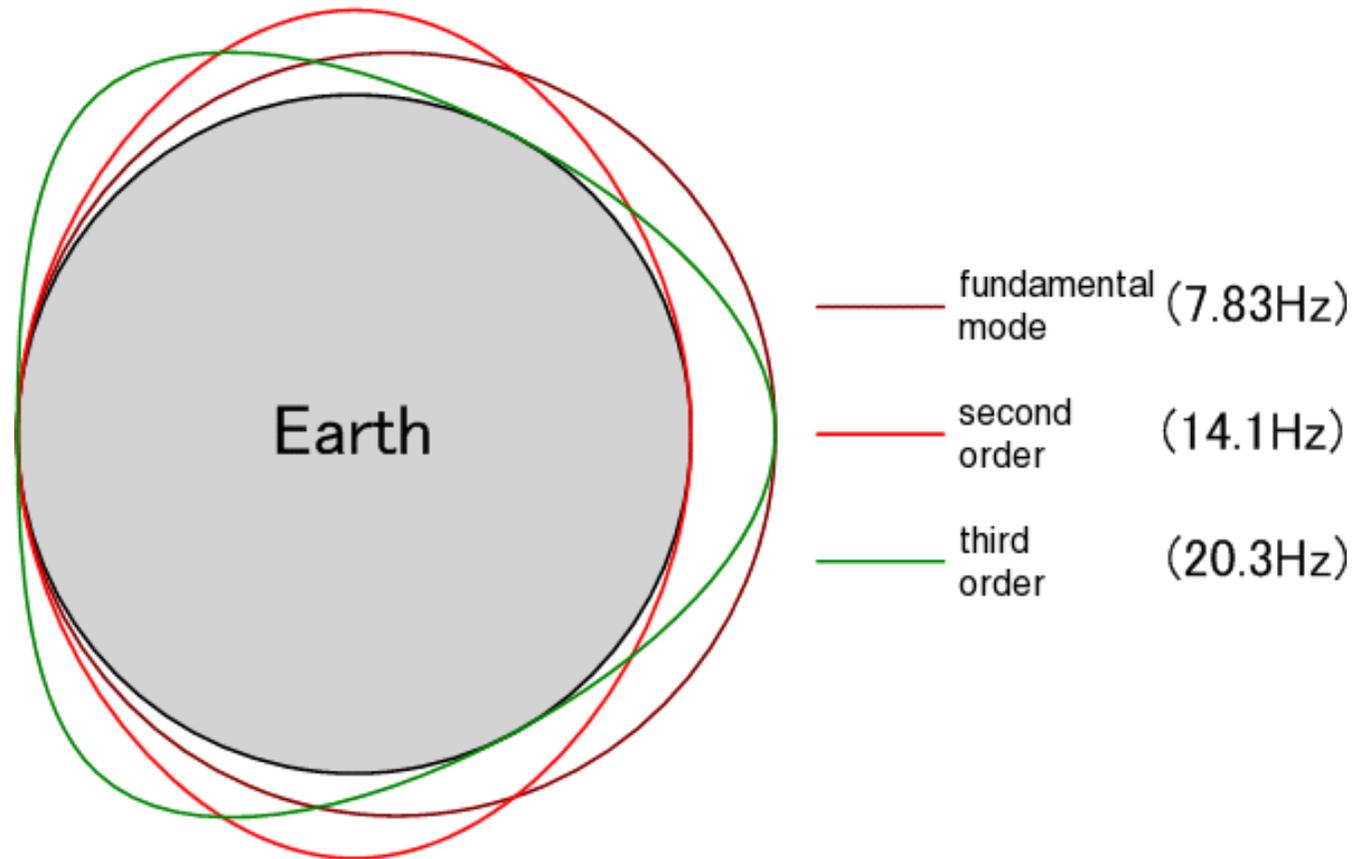
Whistler wurden auch vom Jupiter empfangen, was die dortige Existenz von Gewittern nachweist.



Von Drdan14 at the English Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6747688>

Als **Schumann-Resonanz** (benannt nach dem deutschen Physiker und Elektroingenieur Winfried Otto Schumann) bezeichnet man das Phänomen, dass elektromagnetische Wellen bestimmter Frequenzen entlang des Umfangs der Erde stehende Wellen bilden. Die ausreichend leitfähige Erdoberfläche (größtenteils Salzwasser) und die gut leitfähige Ionosphäre darüber begrenzen einen kugelschalenförmigen Hohlraumresonator, aus dessen

Abmessungen sich mögliche Resonanzfrequenzen berechnen lassen. Diese können durch Blitze angeregt werden, sind aber von so geringer Amplitude, dass sie nur mit sehr empfindlichen Instrumenten nachgewiesen werden können.



Weitere Radio Signale:

Whistler: Pure Note Whistler; Diffuse Whistler; Two-Hop-Whistler; Whistler Echo Train; Echo Chain Whistler

Chorus

Triggered Emissions

Man-Made VLF-Radio Waves:

50/60Hz Hum (Netz)

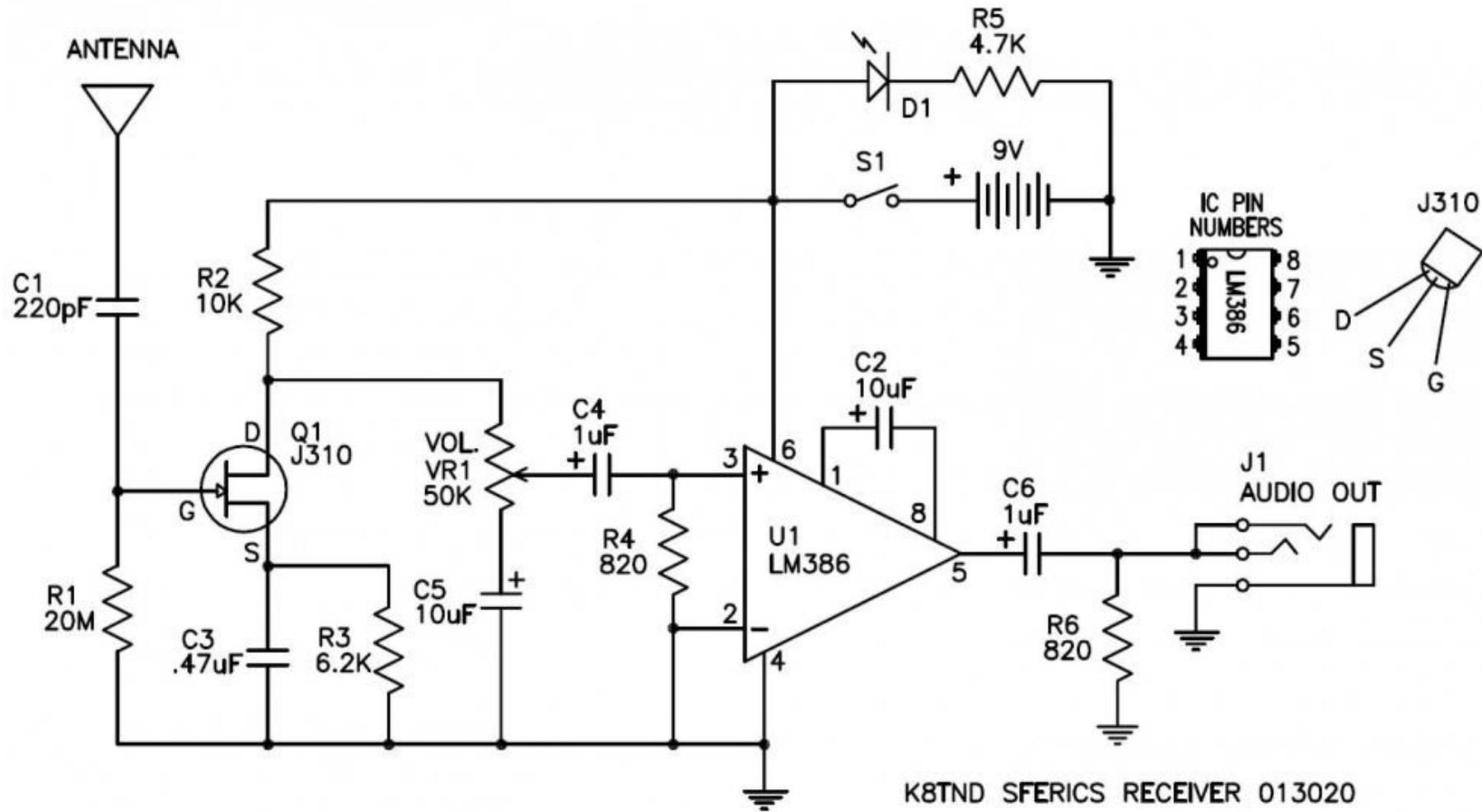
LORAN (Nav.)

Russ. Alpha Navigation

OMEGA (Nav.)

SEPAC

Ein einfacher Sferics-Receiver:



Anhang:

Google-Übersetzung aus:

<https://theinspireproject.org/default.asp?contentID=17>

ARTEN VON VLF-FUNKSIGNALEN

Natürliche VLF-Funksignale

SFERIK

Sferics, kurz für "Atmosphären", sind die impulsiven Signale, die von Blitzen ausgesandt werden. Der Frequenzbereich reicht von wenigen Hertz bis zu Millionen Hertz. Der Teil dieses Bereichs, den wir hören können (der Audibereich), hat Frequenzen bis zu etwa 15.000 Hertz (15 kHz). Die Spektrogramme von Sferics sind durch vertikale Linien auf dem Frequenz-Zeit-Diagramm gekennzeichnet, die das gleichzeitige Eintreffen aller Audiofrequenzen anzeigen. Das Geräusch von Sferics besteht aus scharfen Knistergeräuschen wie dem Knacken von Zweigen oder brutzelnden Geräuschen wie dem Braten von Speck. Sferics werden durch Blitzeinschläge im Umkreis von einigen tausend Kilometern um den Empfänger verursacht. Das VLF-Funksignal wird zwischen der Erdoberfläche und Schichten in der Ionosphäre, die Funkwellen reflektieren, zum Empfänger geleitet. Dieser Pfad wird als Erd-Ionosphären-Wellenleiter bezeichnet.

Hinweis: Radiowellen können wir nicht wirklich „hören“. Die Audioreichweite bezieht sich auf die Radiowellen, die gehört werden können, wenn sie direkt in einen Lautsprecher eingespeist werden.

TWEEDS

Zwei Wochen ergeben sich, wenn Sferics in den Wellenleitern der Erde und der Ionosphäre über Entfernungen geleitet werden, die viel größer als ein paar tausend Kilometer sind. Die Entfernung kann bis zur halben Erdumrundung (20.000 Kilometer) betragen. Wenn die VLF-Funkwellen über große Entfernungen geleitet werden, durchlaufen sie einen Prozess, der als Dispersion bezeichnet wird – das heißt, die höheren Frequenzen bewegen sich etwas schneller als die niedrigeren Frequenzen. Dies gilt insbesondere für die Frequenzen zwischen 3 und 2 Kilohertz. Tweeds klingen ganz anders als Sferics. Anstelle des scharfen Knisterns haben Tweeds einen schnellen musikalischen Klang, ähnlich wie die Abprallgeräusche von Kugeln (zumindest in Filmen). Das Spektrogramm einer tweek zeigt eine vertikale Linie bei den höheren Frequenzen mit einem gekrümmten Abschnitt (als "Haken" bezeichnet), der bei einer Frequenz von etwa 2 Kilohertz erscheint.

WHISTLER (Pfeifer)

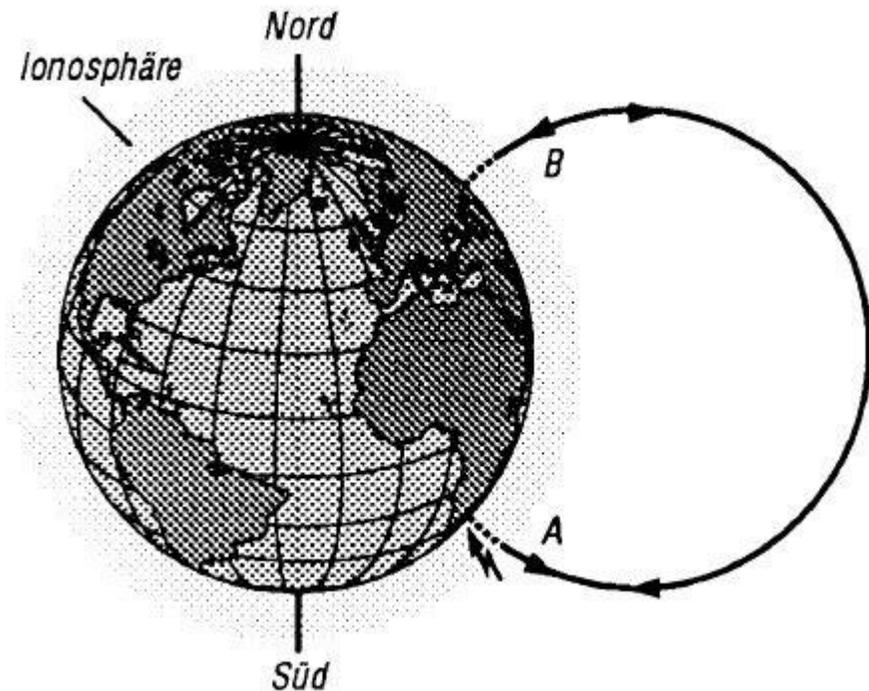
Unter den richtigen Bedingungen bewegt sich das VLF-Signal von der Erde weg und kehrt zurück, indem es entlang einer Magnetfeldlinie wandert. Auf diesem langen Weg ist die Streuung viel größer als bei Tweeks. Während Tweeks sich über einige Tausendstelsekunden um einige hundert Kilohertz verteilen können, zeigen Whistler eine Streuung von einer Sekunde oder mehr über mehrere tausend Kilohertz. Der Klang einer Pfeife ist ein musikalisch absteigender Ton, der eine Sekunde oder länger anhält. Auf dem Spektrogramm erscheinen Whistler als lang gezogene Bögen, die das sequentielle Eintreffen der Frequenzen zeigen. Es ist wichtig, sich daran zu erinnern, dass alle Frequenzen gleichzeitig beginnen (eine Sferik), aber der Weg, den ein Whistler zurücklegt, ist so lang, dass die Streuung der Frequenzen ziemlich ausgeprägt ist.

Pure Note Whistler

Ein „reiner Notenpfeifer“ ist entlang einer magnetischen Signallinie gewandert. Es ist als deutliches Pfeifen zu hören und erscheint im Spektrogramm als starke Einzelkurve. Das Folgende zeigt zwei Pfeifer: einen bei :09 Sekunden und einen stärkeren bei :13 Sekunden. Die horizontalen Striche sind OMEGA-Signale. Im Tonbeispiel sind noch einige andere leise Pfeifgeräusche hörbar.

Diffuse Whistler

Diffuse Pfeifer sind entlang einer Reihe von Magnetfeldlinien gereist, die nicht alle gleich lang sind. Der Sound ist "breathy" oder "swooshy". Das Spektrogramm zeigt den Pfeifer als breiten Bereich und nicht als schmale gekrümmte Linie.



Two-Hop-Pfeifer

Two-Hop-Whistler haben ihren Ursprung in der Nähe des Empfängerstandorts. Das Signal, das sich entlang der Magnetfeldlinie ausbreitet, prallt von der Ionosphäre in der anderen magnetischen Hemisphäre ab und kehrt zurück, und ist als Whistler in der Nähe des ursprünglichen Blitzeinschlags zu hören. Zwei-Hop-Pfeifer können durch das Vorhandensein einer starken "lokalen" Sferik zwischen einer und zwei Sekunden, bevor der Pfeifer gehört wird, identifiziert werden. Denken Sie daran, dass sich lokale Blitze in einem Umkreis von etwa 2000 Kilometern um den Beobachtungsort befinden.

Whistler Echo-Train

Echozüge entstehen, wenn die Funkwelle zwischen magnetisch konjugierten Punkten hin und her springt. Jedes Mal, wenn das Signal von der Ionosphäre abprallt, entweicht ein Teil der Energie in die untere Atmosphäre und ist als Pfeifen zu hören. Alle Pfeifen im Zug sind das Ergebnis eines einzigen Blitzeinschlags. Aufeinanderfolgende "Hüpfer" des Pfeifers sind mit zunehmender Dispersionszeit zu sehen, da die zurückgelegte Entfernung mit jedem Aufprall zunimmt.

Chorus

Gelegentlich, besonders in den ruhigen Morgenstunden, ist ein Chor zu hören. Chorus klingt wie viele Vögel, die der Reihe nach rufen. Chorus scheint das Ergebnis vieler kurzer, fast zeitgleich auftretender, kurzwegiger pfeifender Emissionen zu sein.

Künstliche VLF-Funkwellen

50Hz/60 Hz Summen

Das Stromnetz strahlt VLF-Funkwellen mit Frequenzen von 60 Hertz und den harmonischen Vielfachen dieser Zahl aus. Der Ton ist ein Hintergrundbrummen, das stärker ist, je näher der Empfänger an den Leitungen ist, und auch stärker, wenn die Leitungsspannung höher ist. Auf dem Spektrogramm erscheint 60-Hz-Brummen als Linie oder Reihe von Linien, die horizontal nahe dem unteren Rand des Spektrogramms verlaufen.

LORAN

LORAN-Navigationssignale sind im VLF-Bereich zu hören. Das Geräusch ist das eines schnellen Klickens. Auf dem Spektrogramm erscheint eine Reihe eng beabstandeter Punkte in gleichmäßig beabstandeten horizontalen Reihen.

Russische Alpha-Navigationssignale

Die drei russischen ALPHA-Navigationssender senden jeweils einen bestimmten Tonsatz, der sich wiederholt. Die Frequenz der Übertragungen liegt zwischen 13 kHz und 15 kHz, aber manchmal sind sie bei niedrigeren Frequenzen zu hören. Auf dem Spektrogramm erscheinen ALPHA-Signale als eine Reihe horizontaler Striche.

OMEGA

OMEGA war ein Navigationssignal, das von der US-Küstenwache (in den Vereinigten Staaten) und anderen Ländern auf der ganzen Welt betrieben wurde. Im Frequenzbereich über 10 Kilohertz war das Signal als sich wiederholende Tonfolge zu hören. Auf dem Spektrogramm erscheint OMEGA als eine Reihe horizontaler Striche von etwa einer Sekunde Dauer. Jede der sieben OMEGA-Stationen sendete ein einzigartiges Muster aus vier Tönen, die sich alle zehn Sekunden wiederholten. OMEGA stellte den Betrieb im September 1997 ein, was durch das Aufkommen der Global Positioning System (GPS)-Technologie geschehen war. Diejenigen von uns, die VLF studiert haben, vermissen OMEGA-Signale.

SEPAC

Im Frühjahr 1992 beteiligte sich INSPIRE an dem Experiment SEPAC (Space Experiments with Particle Accelerators), das an Bord des Shuttle Atlantis als Teil der Mission ATLAS 1 (STS-45) durchgeführt wurde. SEPAC bestand aus einer Elektronenkanone, die auf einer Palette in der Nutzlastbucht montiert war und einen modulierten Elektronenstrahl in den Weltraum schießen konnte. INSPIRE versuchte, die resultierenden VLF-Wellen aufzuzeichnen, die durch Ein- und Ausschalten der Elektronenkanone bei verschiedenen Frequenzen erzeugt wurden. Die Tondateien sind simulierte Beispiele der erwarteten SEPAC-Funksignale. Während der Missionen wurden die Signale auf der Erdoberfläche nicht erfasst, obwohl sie von einem Empfänger auf Atlantis erfasst wurden. Es wurde vorläufig festgestellt, dass die Ausgangsleistung des SEPAC-Instruments möglicherweise nicht ausreichend war, um auf der Erde entdeckt zu werden.

Quellen:

https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Datei:Atmosph%C3%A4re_Stockwerke_sm.jpg

https://www.hzdr.de/FWR/DOCS/Archiv/USE_2007_3.pdf

<https://qrpguys.com/k8tnd-sferics-receiver>

<http://techlib.com/Electronics/spherics.htm>

<https://portia.astrophysik.uni-kiel.de/~koeppen/VLF/Tweeks.html>

<https://www.spaceweather.com/glossary/inspire.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Schumann-Resonanz>

Abb.: Von derivative work: Stw (talk)Schumann_resonance_01.png: Der ursprünglich hochladende Benutzer war Neotesla in der Wikipedia auf Japanisch - Schumann_resonance_01.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5025580>

<https://theinspireproject.org/default.asp?contentID=17>

Weitere interessante Links:

<http://www.vlf.it/obs1/monitoringstation.html>

<https://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html#download>

https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Extremely_Low_Frequency

<https://www.viehl-radio.de/homeda/vlf.html>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0032063371900080>

http://www.uni-bremen2.de/RDF_project.html#How_to_get_started