

# VLF-Empfang mit dem PC

## Antenne an der Soundkarte

Zum Empfang von Längstwellen benötigte man früher einen geeigneten Empfänger oder Konverter. Heute geht es sehr viel einfacher mit nur einer handelsüblichen PC-Soundkarte und einem Haufen Draht.



Bild 1. Die Empfangsantenne für VLF.

Jeder PC (Pentium 100 ab W95) mit Soundkarte kann mit relativ geringem Aufwand an zusätzlicher Hard- und Software in einen leistungsfähigen Empfänger für Frequenzen unter 24 kHz "umgebaut" werden. Als Hardware ist lediglich eine geeignete Antenne und als Software ein im Internet kostenlos erhältliches Spektralanalyseprogramm erforderlich.

### Antenne

Wie für den Empfang von Lang- und Mittelwellen empfiehlt sich auch für den Längst-

wellenempfang eine induktive Antenne. Sie sollte aus einer Spule mit möglichst großem Querschnitt und/oder großer Windungszahl bestehen. Die elektrischen und mechanischen Eigenschaften wie Induktivität, ohmscher Widerstand, Zahl der Windungen und so weiter sind nur von geringer Bedeutung und können in einem weiten Bereich variieren. Deshalb ist ihre Anfertigung sehr einfach. Man braucht nur eine Rolle isolierten Schaltdrahts, die

mit einem mindestens zwei Meter langen beliebigen zweipoligen Kabel am LINE- oder MIC-Eingang der Soundkarte verbunden wird.

Der Abstand der Spule vom PC (und von anderen elektronischen Geräten) sollte für einen optimalen Empfang nicht zu klein sein (mindestens 2 Meter). Außerdem sollte man die Empfangsspule liegend aufstellen. In Stahlbetonbauten ist hierfür ein Ort in Fensternähe die beste Wahl.

Man kann auch mehrere Spulen in Reihe schalten, um eine höhere Empfindlichkeit zu erzielen, allerdings sollte man auf den gleichen Windungssinn achten, da sich sonst die induzierten Signale gegenseitig auslöschen.

**Bild 1** zeigt eine Empfangsantenne für VLF, bestehend aus der Reihenschaltung von vier Drahtrollen, von denen sich je zwei auf einer gemeinsamen Achse befinden. Jede Drahtrolle hat einen Durchmesser von 10,3 cm und besitzt 309 Windungen. Mit Büroklammern kann man zu Testzwecken einzelne Drahtrollen kurzschließen.

### Soundkarteneingang

Nachdem die Antenne an den Soundkarteneingang angeschlossen wurde, muss am PC der Signaleingang eingestellt werden. Dazu klickt

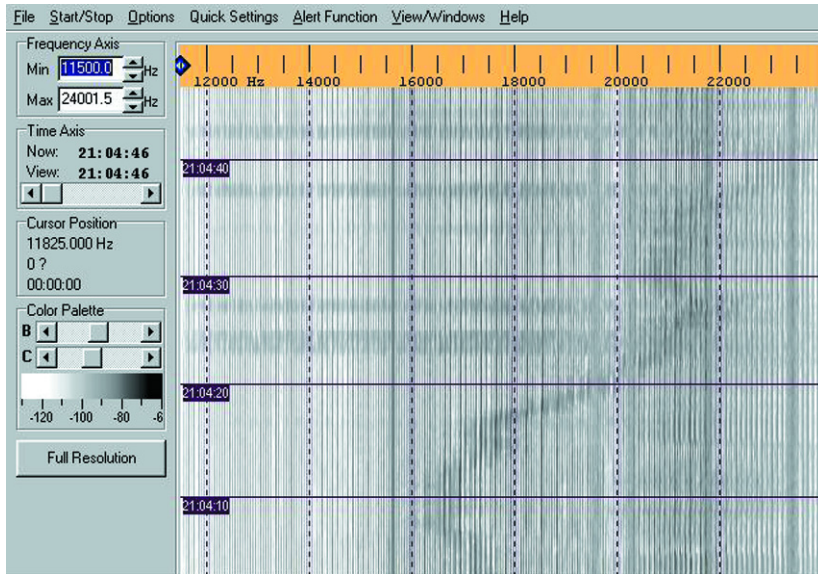


Bild 2. Hauptbildschirm des Programms SpecPlus

man mit der rechten Maustaste auf das Lautsprechersymbol am rechten Ende der Taskleiste.

Es erscheint (hier im Fall von W98) die *Wiedergabesteuerung*, in der die Option *Eigenschaften* auszuwählen ist. Dort möchten wir die *Lautstärke Aufnahme* regeln. In der Liste wählt man den Eingang aus, an dem die Antenne angeschlossen ist, und bestätigt mit OK. Der diesem Eingang zugeordnete Lautstärkeregler sollte für VLF-Empfang voll aufgedreht, der Balanceregler in Mittelstellung gebracht werden. Selbstverständlich können diese Einstel-

lungen auch zu einem späteren Zeitpunkt geändert werden, falls zum Beispiel eine Spektralanalyse eines anderen Signals vorgenommen werden soll.

### Analysesoftware

Es gibt mehrere Programme zur Spektralanalyse von Signalen, die über die Soundkarte in den PC gelangen (siehe [www.vlf.it/herald/strangerec.htm](http://www.vlf.it/herald/strangerec.htm)). Der Autor verwendet hauptsächlich die äußerst mächtige Software **SpecPlus**, da sie die empfangenen Signale in Form

von Frequenz-Zeit-Intensitäts-Diagrammen (sogenannten Spektrogrammen) automatisch als jpg-Dateien platzsparend speichern kann. Das Hauptfenster ist in **Bild 2** zu sehen. Außerdem läuft dieses Programm sehr stabil unter Windows 95, Windows 98 und Windows ME. Wie gut SpecPlus unter NT oder neueren Windows-Versionen funktioniert, ist nicht bekannt, aber ganz sicher läuft es nicht unter Windows 3.x.

SpecPlus ist als Freeware auf [www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html](http://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html) erhältlich. Nach erfolgreichem Download und Entpacken mit WinZip in ein Installationsverzeichnis erfolgt die Installation der Software, die erfahrungsgemäß ohne Probleme funktioniert.

Danach sind allerdings einige Einstellungen vorzunehmen. Zuerst sollte die Farbpalette festgelegt werden. Es stehen zahlreiche Falschfarbendarstellungen zur Verfügung. Doch auch wenn Falschfarbendarstellungen recht poppig aussehen, ist eine Anzeige vorzuziehen, bei der die Signale schwarz und der Hintergrund weiß erscheint. Denn eine solche Darstellungsform ist auch ohne Kenntnis der verwendeten Farbpalette leicht interpretierbar und man kann, falls man möchte, die erhaltenen jpg - Dateien mit anderen Programmen weiter komprimieren, ohne Informationen zu verlieren oder durch falsche Darstellung der Farben das Diagramm völlig unkenntlich zu machen. Zur Einstellung der Farbpalette wird im Konfigurationsmenü (**Bild 3**) über die Menüpunkte *Option/Load Color Palette* eine Datei mit einer geeigneten Farbpalette geladen.

Nun wird die Samplingrate über die Menüpunkte *Option/Audio Settings* eingestellt. Die Samplingrate bestimmt die höchste empfangbare Frequenz. Ihr Wert beträgt  $F = \text{Samplingrate} / (2 \cdot \text{Input Sample Rate Divisor})$

Für eine maximale Empfangsfrequenz von 24 kHz (handelsübliche Soundkarten können keine Eingangssignale mit höherer Frequenz verarbeiten) muss man also die Samplingrate auf 48 kHz und den *Input Sample Rate Divisor* auf 1 setzen. Dann müssen die Eigenschaften der FFT festgelegt werden. Hierzu ist unter *Option/FFT Settings* auszuwählen. Für VLF-Empfang muss *FFT-Output* auf *Logarithmic* gesetzt und als *FFT-Typ Real Number FFT Starting at 0* gewählt werden. Zuletzt wird der Anzeigemodus eingestellt. Hierzu wird unter *Option/Display Spectrum display Settings* der anzuzeigende Amplitudenbereich für VLF-Empfang zwischen -130 dB und -60 dB zu wählen.

Dieser Bereich hat sich erfahrungsgemäß als der sinnvollste zur Darstellung von VLF-Signalen erwiesen, denn einerseits sind stärkere

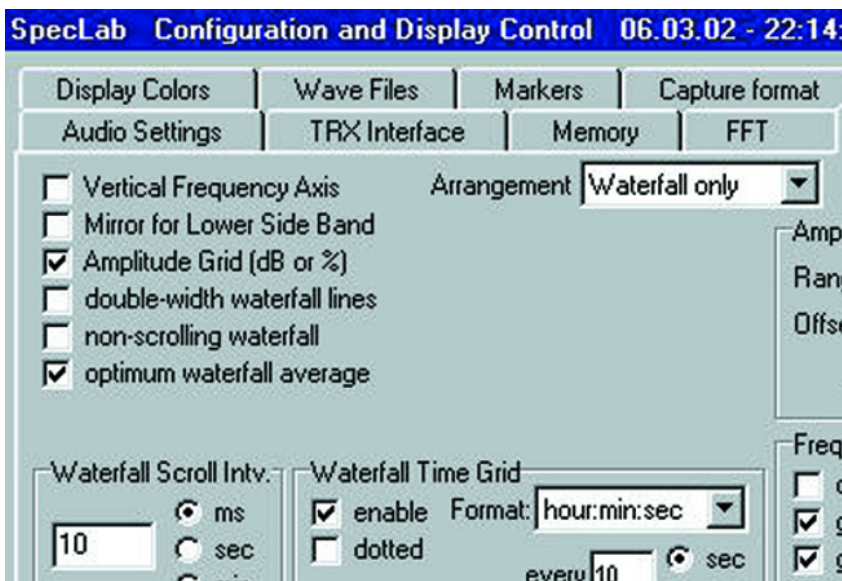


Bild 3. Konfigurationsbildschirm des Spektrumanalysators.

Signale nicht zu erwarten und andererseits liegt das Rauschen der Soundkarte bei -110...-120 dB. In diesem Fenster können noch weitere Einstellungen bezüglich der Anzeige getroffen werden (siehe Bild).

Zum Schluss ist noch im Hauptfenster mit den beiden Schieberegler B (Brightness) und C (Contrast) die optimale Empfindlichkeit einzustellen. Hierzu wird die Empfangsantenne abgesteckt oder kurzgeschlossen und der Regler B so lange verschoben, bis gerade noch ein weißer Hintergrund zu sehen ist. Mit dem Regler C wird der Kontrast der Anzeige so eingestellt, dass man feine Intensitätsunterschiede wahrnehmen kann. Zur Feineinstellung sollte die Antenne wieder in Betrieb genommen werden. Da sich die beiden Einstellungen gegenseitig beeinflussen, sind die hier beschriebenen Schritte unter Umständen mehrfach zu wiederholen, bis man mit der Anzeige zufrieden ist. Der PC ist jetzt als Längstwellenempfänger betriebsbereit.

PC-Monitore erzeugen starke Störsignale im VLF-Bereich. Aus diesem Grund ist es sehr sinnvoll, die Spektrogramme nicht direkt am Monitor zu betrachten, sondern als Grafikdatei auf Festplatte zu speichern und erst zu einem späteren Zeitpunkt anzuschauen. Daher ist zeitgesteuerter automatischer Betrieb mit ausgeschalteten Monitor die beste Betriebsart. Zwischen 0:00Uhr und 6:00Uhr ist erfahrungsgemäß die beste Zeit für VLF-Empfang, da zu dieser Zeit die meisten Elektrogeräte ausgeschaltet sind und der Störpegel in diesem Frequenzbereich dann auch am geringsten ist.

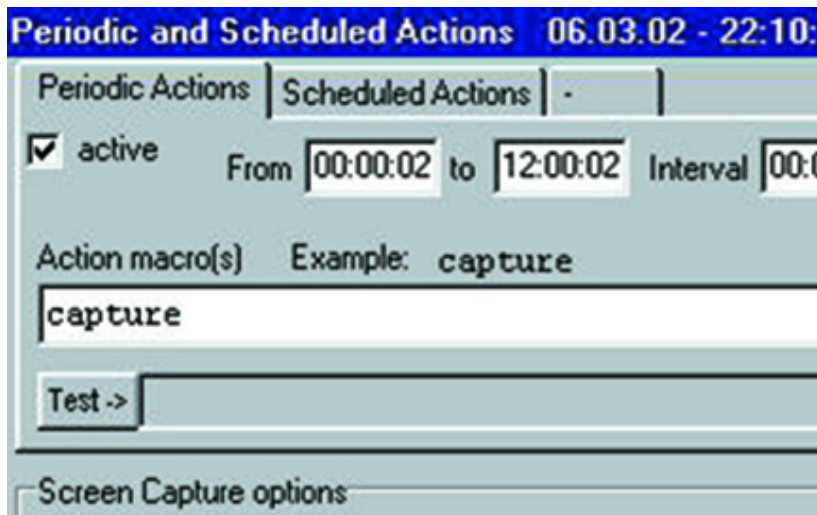


Bild 4. Automatisierung von Speclab

Um einen automatischen Betrieb durchzuführen, ist *File/Periodic Actions* (Bild 4) auszuwählen. Mit dem hier gezeigten Einstellungen wird alle 40 s ein Spektrogramm Grafikdatei mit dem Namen *ns + fortlaufende Nummer + ".jpg"* zwischen 00:00:02Uhr und 12:00:02Uhr im Verzeichnis *g:\vlf07032002* erstellt. Die beiden Anfangsbuchstaben der Datei deuten auf die Richtung der Achse der Empfangsspule hin: *ns* steht für Nord-Süd, *ow* für Ost-West. Dies ist sehr sinnvoll, da die verwendete

Antenne wie jede andere induktive Antenne auch eine ausgeprägte Richtcharakteristik besitzt. Zu beachten ist, dass das aufgeführte Verzeichnis existiert und dass das Häkchen bei *active* nicht fehlt, da sonst keine Aufzeichnungen durchgeführt werden.

## Empfangene Signale

Im Längstwellenbereich empfängt man zahlreiche Signale unterschiedlichen Ursprungs. Manche stammen von riesigen Sendeanlagen und

Rufzeichen	Frequenz	Standort	Bemerkungen
-	11,905 kHz	Russland (verschiedene Standorte)	ALPHA-Navigation
-	12,649 kHz	Russland (verschiedene Standorte)	ALPHA-Navigation
-	14,881 kHz	Russland (verschiedene Standorte)	ALPHA-Navigation
?	15,8 kHz	?	
GBR	16,0 kHz	Rugby (Großbritannien)	
JXN	16,4 kHz	Helgeland (Norwegen)	
SAQ	17,2 kHz	Grimeton (Schweden)	Nur zu besonderen Anlässen aktiv
?	17,8 kHz	?	
RDL/UPD/UFQE/UPP/UPD8	18,1 kHz	Russland (verschiedene Standorte)	
HWU	18,3 kHz	Le Blanc (Frankreich)	Häufig längere Zeit inaktiv
RKS	18,9 kHz	Russland	Selten und nur kurzzeitig aktiv
GBZ	19,6 kHz	Criggion (Großbritannien)	Großes Repertoire an Betriebsarten
ICV	20,27 kHz	Tavolara (Italien)	
RJH63/RJH77/RJH99 u.a.	20,5 kHz	Russland (verschiedene Standorte)	Zeitzeichen
ICV	20,76 kHz	Tavolara (Italien)	
HWU	20,9 kHz	Le Blanc (Frankreich)	
RDL	21,1 kHz	Russland (verschiedene Standorte)	Selten und nur kurzzeitig aktiv
HWU	21,75 kHz	Le Blanc (Frankreich)	
RJH63/RJH77/RJH99, u.a.	23,0 kHz	Russland (verschiedene Standorte)	Zeitzeichen
DHO38	23,4 kHz	West-Rhauderfehn (Deutschland)	
NAA	24,0 kHz	Cutler (USA)	

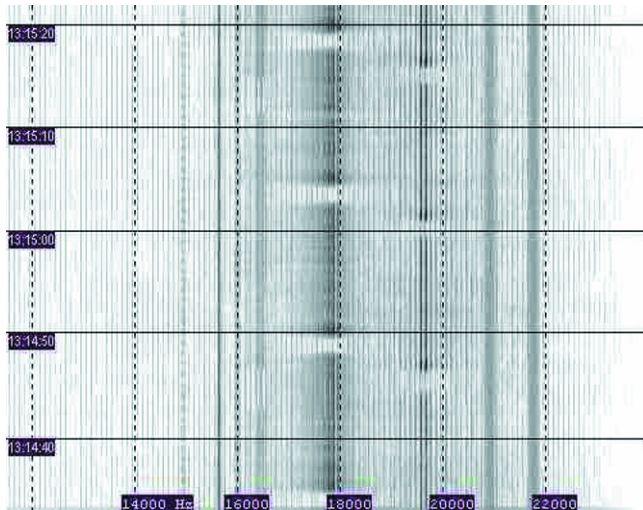


Bild 5. Spektrum mit mehreren VLF-Signalen und einigen Störungen

haben einen weiten Weg zum Empfänger zurückgelegt. Andere haben ihren Ursprung im Umfeld der eigenen Wohnung und der näheren Umgebung. Die **Tabelle** zeigt eine Übersicht über die am besten empfangbaren Sender im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 24 kHz. In diesem Frequenzbereich arbeiten hauptsächlich Sender, mit denen die Seestreitkräfte einfache Befehle an ihre getauchten U-Boote schicken, denn elektromagnetische Wellen in diesem Frequenzbereich können je nach Salzgehalt und Wassertemperatur bis zu einigen Dutzend Metern tief ins Wasser dringen. Daneben sind auch einige Navigationssender und Zeitzeichendienst in diesem Frequenzbereich zu finden. Für rein zivile Anwendungen wird dieser Frequenzbereich wegen der erforderlichen riesigen Sendeantennen, die zum Teil mehr Platz als das Fürstentum Monaco benötigen und der geringen Übertragungsbandbreite (höchstens einige 100 Hz) trotz der sehr guten Ausbreitungsbedingungen, die permanenten weltweiten Funkverkehr ermöglichen, heutzutage praktisch nicht mehr genutzt. Da die Sendungen der militärischen Dienststellen durch ausgeklügelte Kodierungsverfahren (wer hätte auch etwas anderes erwartet?) verschlüsselt sind, dürfte es wohl kaum gelingen, sie zu dekodieren (was bekanntlich auch verboten ist). Es bleibt deshalb im Regelfall nur die Möglichkeit, die Betriebszeiten der Sender (vom ALPHA-Navigati-

onssystem abgesehen ist kein VLF-Sender permanent in Betrieb) zu ermitteln, die Intensität und Signalform der Signale zu untersuchen und gegebenenfalls durch Peilung die Richtung zu bestimmen, aus der das Signal kommt. Die Peilung der Signalquelle erfolgt nach dem altbekannten Prinzip der Minimumpeilung mit einer Ferrit- oder Rahmenantenne. Die auffälligsten Signale im VLF-Bereich stammen von den Marinesendern. Sie arbeiten meist in einem verschlüsselten MSK-Modus mit Bandbreiten von 100...200 Hz. Auf den Spektrogrammen erkennt man ihre Signale als entsprechend dicke Linien. In **Bild 5** sind frequenzmodulierte Burstsignale im VLF-Bereich von JXN, GBZ und einem unidentifizierten Sender auf 17,8 kHz zu erkennen. Daneben sieht man MSK-Signale von HWU auf 20,9 kHz und 21,7 kHz sowie von GBR auf 16 kHz. Die Linie auf 15,625 kHz ist die horizontale Zeilenablenkfrequenz eines in der Nähe befindlichen Fernsehgeräts, das Signal auf 14,8 kHz stammt vom PC. Manchmal kommen auch andere Modulationsarten zum Einsatz: So beobachtet man bei russischen Sendern gelegentlich Dauerträger und Abstrahlungen im F1B-Modus, während die Sender JXN auf 16,4 kHz und GBZ auf 19,6 kHz gelegentlich frequenzmodulierte Burstsignale aussenden, die unidentifizierten Stationen auf 15,8 kHz und 17,8 kHz scheinen nur derartige Signale aus-

zustrahlen. Das größte Repertoire an Betriebsarten kennt GBZ: Neben MSK und frequenzmodulierten Burstsignalen erscheinen manchmal Impulsfolgen, die an Fische oder Girlanden erinnern!

In den GUS-Staaten werden zu bestimmten Zeiten Zeitzeichen auf mehreren Frequenzen zwischen 20 kHz und 26 kHz ausgestrahlt. Diese Sendungen erfolgen nach einem etwas verwickelten Sendeschema von mehreren Stationen, von denen RJH69, RJH77 und RJH63, am leichtesten zu empfangen sind. Auf den mit einer handelsüblichen PC-Soundkarte empfangbaren Frequenzen (20,5 kHz und 23 kHz) werden – von RJH63 abgesehen – nur Dauerträger ausgestrahlt.

Seit der Abschaltung des OMEGA- ist das russische ALPHA- Navigationssystem auf den Frequenzen 11,905 kHz, 12,649 kHz und 14,881 kHz das einzige aktive Navigationssystem im VLF-Bereich. Es werden 3,6 s lange Träger ausgesandt, die auf den Spektrogrammen weit weniger markant sind als die anderen Sender.

## Störungen

Im VLF-Bereich treten sehr viele Störsignale von elektrischen Geräten wie Schaltnetzteilen, Computermonitoren, Fernsehgeräten, Elektromotoren, Gasentladungslampen und PCs auf. Das bekannteste Störsignal ist die horizontale Elektronenstrahlableitfrequenz von eingeschalteten Fernsehgeräten auf 15,625 kHz. Elektromotoren erzeugen Störsignale mit veränderlicher Frequenz. Schaltheilungen im Hochspannungsnetz sind vermutlich die Ursache für die (am Empfangsort des Autors) immer wieder beobachteten Burst-Impulse auf Frequenzen zwischen 17 kHz und 18 kHz. Sie treten in verschiedenen Intensitäten auf und dauern stets 20 s. Auch der zum Empfang verwendete PC erzeugt Störsignale (das auf den abgebildeten Spektrogrammen vorhandene Signal auf 14,9 kHz stammt von den verwendeten PC), die sehr gerätespezifisch sind. Sie zu identifizieren ist am besten möglich, in dem man die Antenne absteckt. Alle Signale, die dann noch auf den Spektrogrammen erscheinen, stammen vom Empfangs-PC.

(02011)jrg

### Weiterführende Literatur:

Gerd Klawitter  
Langwellen- und Längstwellenempfang  
Internet: [www.vlf.it](http://www.vlf.it) und [www.lwca.org](http://www.lwca.org)