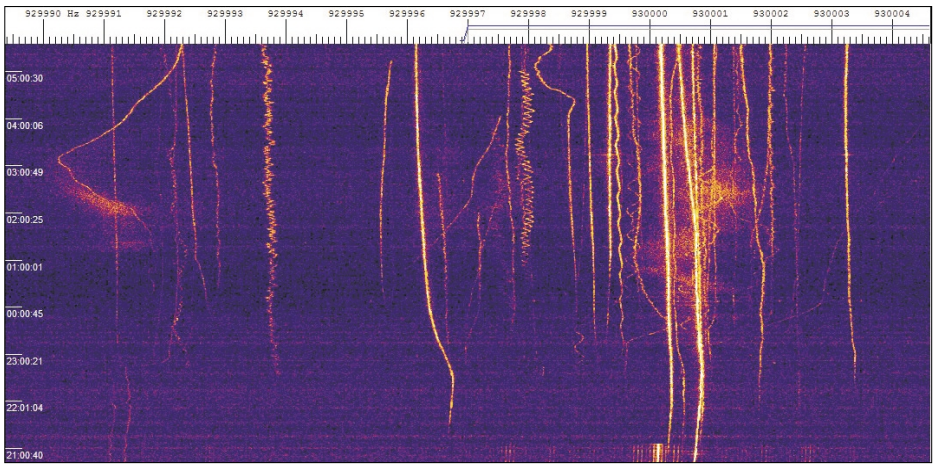


Offset DX – Tief im Unterholz der Mittelwelle

Australien am frühen Abend, kleine Senderketten aus China oder 40 Stationen auf einer einzigen MW-Frequenz aus Fernost oder Amerika – das „Offset-DX" ermöglicht den Blick auf eine Fülle von Signalen, die weit unterhalb der akustischen Wahrnehmbarkeit jede Nacht auf Mittelwelle nachweisbar sind und viel über die Ausbreitungsbedingungen verraten.

Minimale Abweichungen von der Trägerfrequenz

Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass der Träger von AM-Signalen nur selten exakt auf der Nominalfrequenz sitzt. Etwa 60% aller Sender weichen um mindestens 1 Hz ab, mehr als 90% um mindestens 0,1 Hz. Und da die meiste Leistung des AM-Signals in den Träger fließt, heben sich die Trägersignale bereits von dem Grundrauschen ab, wenn sie noch etwa 30 dB schwächer als die modulierten Seitenbänder mit dem Audio sind. Dieses Spektrum lässt sich inzwischen mit frequenzstabilen SDR-Empfängern und etwas Erfahrung am PC problemlos darstellen.

Tabelle

kHz	Station
890.9895	EBC Ethiopia (100 kW)
890.9923	R.Thailand Saraburi (1000 kW)
890.9972	Sinjah, Sudan (50 kW)
890.9986	Radio Sim, Portugal (3 kW)
890.9991	TRT Antalya
891.0000	Radio Dena, Iran
891.0002	Lesotho
891.0005	HLKB KBS 1 Korea (250 kW)
891.0015	5AN Adelaide, Australia
891.0037	AIR North Nampur (20 kW)
891.0040	Ningxia, China (200 kW)

Abbildung oben: *Eine Nacht auf der amerikanischen Frequenz 930 KHz am 27. Januar 2015.*

Stabil über Jahre

Die Abweichungen bleiben dabei häufig über Monate und Jahre gleich. Was auf einer Frequenz im Laufe eines Tages passiert, vermittelt am besten ein Wasserfalldiagramm mit einer Auflösung von mindestens 0,1 Hz pro Pixel. Ein gutes Gespann dafür ist der Perseus SDR in Kombination mit der freien Spectrum Lab Software (kurz: „Speclab"). In der Regel tauchen innerhalb von 24 Stunden etwa 20 bis 40 Signale pro Frequenz auf – sowohl im 9-kHz- wie auch im 10-kHz-Raster. Ein Vorteil ist auch, dass etwa 50 Hz rund um die Nominalfrequenz noch kein Audio moduliert ist. Die Träger haben unterschiedliche Charakteristika. Viele erscheinen als schnurgerade Linien. Andere driften ganz leicht um wenige Zehntel Hertz über Stunden, einzelne weisen ausgesprochene Zickzack-Eigenschaften auf und wandern z.B. alle 10 Minuten um ein oder zwei Hertz hin und her. Es gibt auch unsaubere Träger, Extremdrifter und vieles mehr.

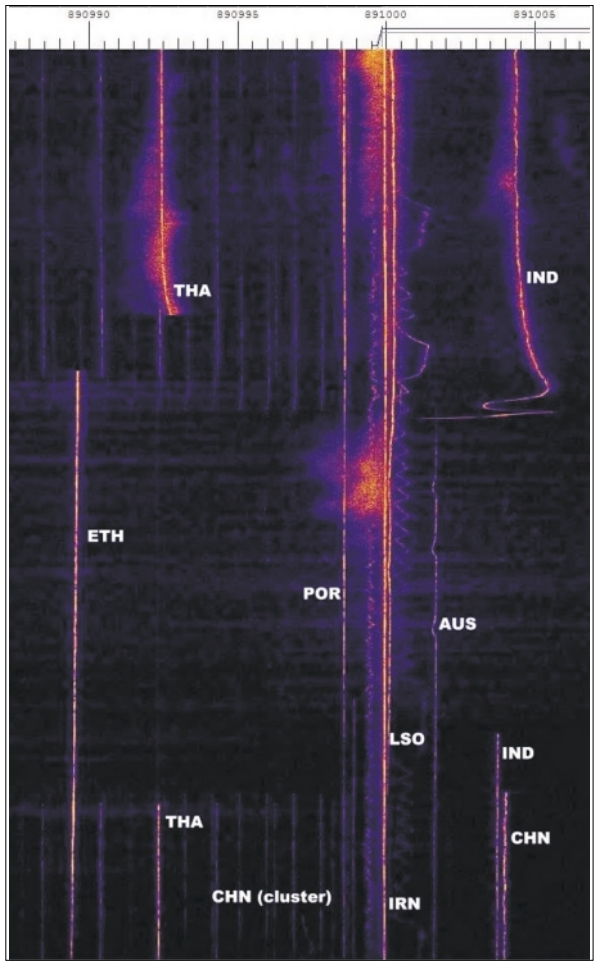
„RDS" für die Mittelwelle

Wenn Offsets einer Frequenz bekannt sind, lassen sich die Signale einer Frequenz gut identifizieren. Bisher sind rund 3.700 von 19.000 aktiven MW-Sendern auf MWLIST (http://mwlist.org) erfasst. Das hilft z.B. beim Transatlantik-DX. Hier kann jeder registrierte Nutzer seine eigenen Messungen eintragen. Dazu klickt man auf das doppelte Pfeilsymbol in MWLIST neben der Frequenz. Auf FMSCAN (http:// fmscan.org) lassen sich viele bereits registrierte Offsets abrufen, indem man „exakte Frequenz" in den Spalten aktiviert. Im Einzelfrequenzmodus lässt sich zudem ein 24-Stunden-Diagramm erstellen, das zeigt, wann welche Station welche Feldstärke erreicht. Die Prognose wurde seit Anfang 2017 durch Offset-Beobachtungen verfeinert. FMSCAN greift auf die Offsetdatanbank von MWLIST zu.

Das Offset-Symbol bei MWLIST.

Dem Fading auf der Spur

Beim Beobachten eines Spektrums um den Träger stellt man auch schnell fest, dass es zwei Arten von Fading gibt. Zum einen ausbreitungsbedingt, zum anderen durch Schwebungen, die etwa gleichstarke Träger



891 KHz von am 20. Januar 2017 von 16 Uhr UTC (unten) bis 20 Uhr.

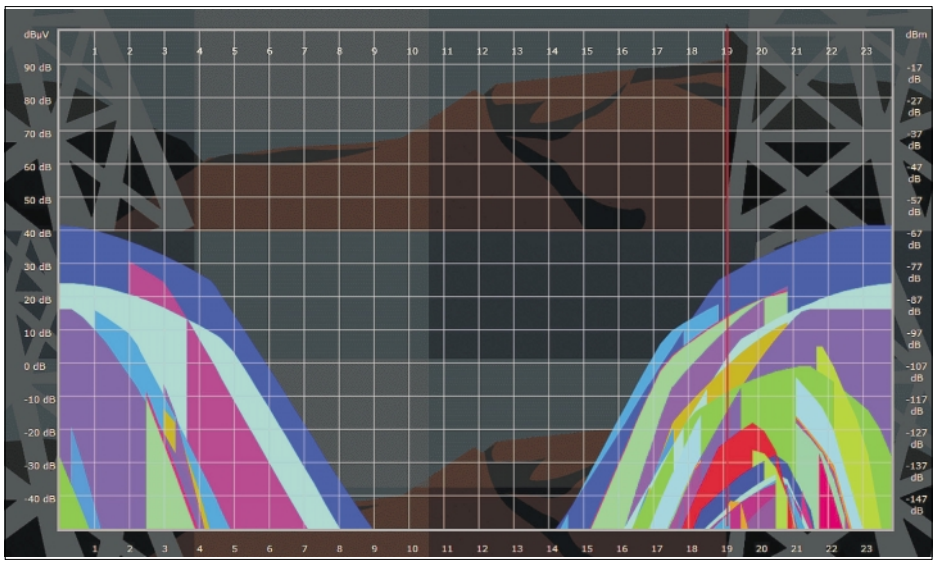
untereinander verursachen. Wenn z.B. zwei Standorte von *BBC Radio Wales* auf 882 um 0,1 Hz voneinander abweichen, erlebt die Amplitude des Gesamtsignals phasenbedingt alle 10 Sekunden einen Nulldurchlauf.

Nationale Eigenheiten

Einige Stationen lassen sich gut zuordnen, wenn die Sendezeiten bekannt sind. Alleinstellungsmerkmal einiger indische *AIR*-Sender sind z.B. Zeiten von 00.05 bis 17.40 Uhr UTC. In China laufen viele Networks von 21.50 bis 17.05 Uhr UTC. Doch hier wird es schon schwieriger, da viele Stationen in Fernost ähnliche Zeiten haben. Typisch ist ein Einschwingen beim Einschalten: Der Sender driftet dann in kurzer Zeit um ein paar Hertz, bevor er stabiler wird. Es gibt noch weitere Unterschiede zwischen den Ländern. Japan, Russland und Großbritannien gehören zu den Ländern mit recht vielen Stationen ohne messbare Abweichung. In Spanien schwanken die Offsets meistens um wenige Hertz. Wenn abends ein stärkeres Signal um 10 bis 20 Hz abweicht, kommt es nicht selten aus dem Iran. Gelegentlich fabrizieren Sender aus China ein Cluster von parallelen Spektrallinien. Die Großsender aus Albanien lagen mit oft mehr als 100 Hz völlig neben der Spur. Die Dritte Welt fällt aber im Allgemeinen nicht durch billige Sendertechnik auf. In Deutschland waren vor der Einstellung der Mittelwelle *DLF* (549), *SWR* (576), *HR* (594), *BR* (801) und *NDR* (972) exakt auf ihrer Frequenz. In Nord- und Südamerika haben fast alle Stationen ihren individuellen Offset. Nur die Sender mit zusätzlichen digitalen IBOC-Signalen legen Wert auf Genauigkeit und sind meist im Bereich von +/- 0,1 Hz zu finden.

Ausbreitung bis ans Limit

Auf diese Weise bekommt man ein neues Gefühl für die Mittelwelle. Es gilt die einfache Regel: Signale kommen von überall durch, wo es es dämmert oder dunkel ist – weltweit. Im Winter öffnet sich das Band nach Fernost bereits am frühen Nachmittag. Stationen aus Australien zeichnen zwischen ca. 15 und 20 Uhr UTC schwache Linien. Der Longpath am Morgen über Südamerika ist schon schwieriger. Richtung Amerika tauchen die ersten Signale aus Neufundland bereits zuverlässig um 18 Uhr UTC auf und halten sich bis zum Mittag des folgenden Tages. Sonnenauf- und -untergänge sind ein Kriterium für die Zuordnung. Das gilt für den Zeitpunkt von Fade-In oder -Out und auch für die Schnelligkeit: Fällt das Signal innerhalb weniger Minuten in sich zusammen, deutet das auf einen Sender nahe des



24 Stunden Prognose für 891 kHz auf fmscan.org.

Äquators hin. Wenn z.B. nach Mitternacht etwa 40 Stationen auf 930 KHz zu sehen sind, müssen rein rechnerisch auch viele Sender mit nur 1 KW und weniger dabei sein. Für die 10-W-Servicesender oberhalb 1600 kHz in den USA reicht es eher nicht, obwohl 1-kW-Stationen wie *WGIT* mehr als 40dB aus dem Grundrauschern herausragen. Die Standorte haben offenbar keine gute Performance. Insbesondere auf den oberen MW-Frequenzen tauchen in der späteren Nacht Schleier um die Träger auf, die auch auf Kurzwelle zu beobachten sind. Hier scheinen Dopplereffekte durch Mehrwegeausbreitung in den verschiedenen Schichten der Ionosphäre zu entstehen.

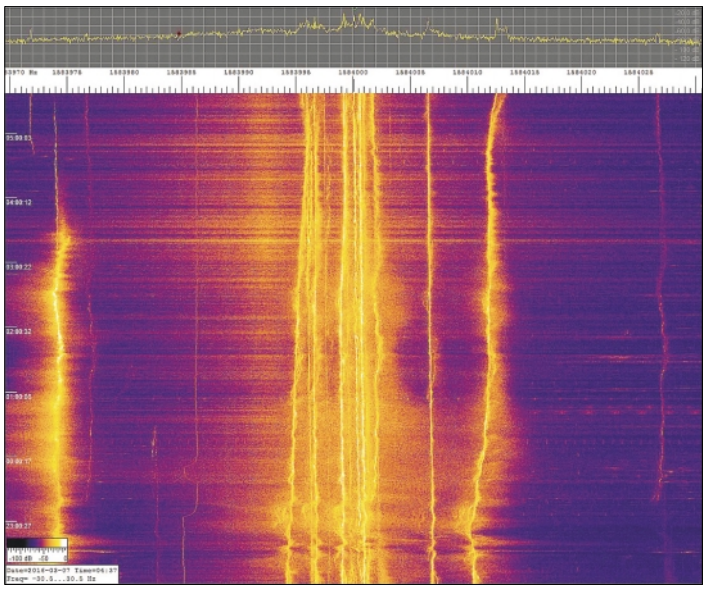
SDR oder Soundkarte

Natürlich ist ein SDR nicht unbedingt notwendig. Man kann auch die Soundkarte des PC mit dem SSB-Audiosignal eines stabilen Empfängers speisen, den VFO leicht neben die Frequenz einstellen bzw. im CW-Modus operieren und dann den Frequenzbereich rund um die erzeugten Sinustöne analysieren. Jedoch besteht hier eine stärkere Gefahr von Verzerrungen, die zu Geistersignalen im Spektrum führen können. Deshalb ist ein niedriger Audiopegel zu empfehlen.

Remote-Empfänger in aller Welt

Eine große Hilfe sind dabei Remote-Receiver in aller Welt, die allerdings nicht jede Region abdecken. Für Perseus gibt es ein eigenes Netzwerk. Die Receiver auf http://sdr.hu (KiwiSDR) und http://globaltuners.com (Icom PCR u.a.) laufen als Browser-Anwendungen. Auch hier kommt die Soundkarte ins Spiel. Wenn man bei http://sdr.hu auf CW umschaltet, landet die Trägerfrequenz z.B. auf 500 Hz. Wählt man bei Spectrum Lab als Eingang die Quelle „Stereomix“, lässt sich auch das auswerten.

Der SDR-Empfänger Perseus. Foto: Harald Kuhl.



Ausbreitungsbedingte Schleiereffekte um die Träger nachts auf 1584 KHz. Hier setzen bereits KW-Effekte ein.

Kalibrieren

Allerdings steht vor dem Messen eine unverzichtbare Hürde: Das Kalibrieren des Empfängers. Denn die meisten SDR haben eine Abweichung, die proportional zur Frequenz steigt. Wenn der Empfänger auf 1 MHz um 1 Hz (1 ppm) abweicht, sind es z.B. bei 10 MHz 10 Hz. Als Referenz empfehlen sich die Zeitzeichen auf 5, 10 und 15 MHz u.a. aus den USA und China. Theoretisch gilt: Je höher die Referenz desto besser, denn dadurch lassen sich die Abweichungen auch besser erfassen. Doch leider ist es nicht so einfach. Das Signal auf 5 MHz ist tagsüber zu schwach. Auf 10 und 15 MHz fällt in Europa recht stark das Signal der *Associazione Amici del Marconi* aus Italien ein, das leider ein paar Hertz neben der Frequenz liegt. Auf 20 MHz kommt *WWV* nur gelegentlich durch. Außerdem ist weltweit ein instabiles Signalcluster unbekannten Ursprungs rund um 20 MHz zu empfangen.

Einige Empfänger produzieren auf vollen MHz und anderswo auch Geistersignale und gaukeln einem einen bereits kalibrierten Empfänger vor. Und natürlich sorgen auch lokale Störquellen für Verwirrung. Eine Alternative ist der russische Zeitzeichensender *RWM* auf 4996, 9996 und 14996 KHz, der allerdings meist nur kurze Trägerimpulse aussendet, die eine Art Ziehharmonikaspektrum produzieren. Sinnvoll sind deshalb Checks mehrerer Frequenzen. Auf MW eignen sich in Mitteleuropa 900 / 1575 kHz (*RAI*). Die britischen Gleichwellen 693 / 909 / 1053 /1089 und 1215 kHz eignen sich nur bedingt, da einzelne Sender hier nicht ganz genau arbeiten (s.u.), darunter sogar einige der Leistungsstarken. Wer die Zeitzeichensender *DCF77* und *MSF* auf 60 kHz nutzt, sollte sehr genau messen, da sich Abweichungen auf höheren Frequenzen vervielfachen. Vor jeder Messreihe muss der Empfänger kalibriert werden. Geringe Temperaturunterschiede verursachen bereits sichtbare Abweichungen. Und das Gerät muss sich auch erstmal warmlaufen. In der ersten Stunde driftet der Perseus z.B. noch so stark, dass man jede Minute nachkalibrieren müsste. Bei Einbindung der Soundkarte, muss auch diese kalibriert sein. Hier kann man z.B. mit zwei Messpunkten und einem einfachen Dreisatz arbeiten: Wenn das Referenzsignal auf 10 MHz bei einem Empfänger auf http://sdr.hu im CW-Modus einen 515 Hz-Ton ergibt und auf 5 MHz ein 510 Hz-Ton erzeugt wird, müsste ein Signal auf genau 1 MHz einen Sinuston von 506 Hz ergeben.

FFT Einstellungen

FFT steht für Fast-Fourier-Transform und beschreibt den Algoritmus, der das Signalspektrum auswertet. Grundsätzlich gilt: Je höher die Auflösung des Spektrums, umso besser treten die Signale aus dem Grundrauschen heraus. Diesen schönen Effekt bezahlt man allerdings mit Langsamkeit. Ein auf 0,1 Hz aufgelöstes Spektrum braucht bei den gängigen Einstellungen ca. 2 Sekunden. Hier gilt es, in Speclab geeignete Parameter zu finden. Zunächst kann das Eingangsspektrum aufgeteilt werden (Divisor). Über „FFT Size“ wird dann die Auflösung bestimmt. Hier eine Übersicht der drei Parameter und der Auswirkungen.

Um eine Nacht auf den Bildschirm zu bekommen, eignen sich z.B. die Parameter: 125 KS/s Samplerate, Divisor 128, FFT Size 131072. Dann bekommt man alle drei Minuten eine neu ausgewertete Zeile mit 9 Millihertz Auflösung und immerhin 375 Hz Bandbreite. Durch Überlappung enstehen je nach Einstellung auch mehr Zeilen auf dem Schirm. Um die Spektren darzustellen und zu speichern, sind hohe Bildschirmauflösungen zu empfehlen. Speclab ermöglicht auch das automatische Abspeichern der Grafik in beliebigen Intervallen.

Die Grenzen der Genauigkeit

Das Steigern jedes einzelnen der Parameter führt zu einer höheren benötigten Rechenleistung. Für moderne PC ist das meist kein Problem. Eine Alternative ist, das Audiosignal direkt vom internen Stereomix abzugreifen. Ein Trick ermöglicht hier extreme Einstellungen: Man stellt den kalibrierten SDR z.B. im USB-Modus auf 5 Hertz neben der Nominalfrequenz ein. Bei einer Samplerate von 48 KHz, einem Divisor von 1024 und einer FFT Size von 32768 ergibt sich dann eine theoretische Genauigkeit von einem Millihertz. Man muss 11 Minuten auf das Spektrum warten, das dann knapp 12 Hertz Bandbreite hat. Theoretisch könnte man bei begrenzter Bandbreite auch noch in den Mikrohertz-Bereich kommen. Hier würde sich dann offenbaren, welche Sender tatsächlich völlig frequenzstabil sind. Jedoch kommt hier die Empfängerseite nicht mit: Bereits kleine Temperaturschwankungen wirken sich auf die Kalibrierung aus. Somit verwischt das Spektrum. Unter 10 ppb effektiver Auflösung wird man in einem normalen Haushalt schwer kommen. Das entspricht einer Genauigkeit von 10 Millihertz auf 1 MHz.

Trotzdem sind die Ergebnisse interessant: So offenbart sich z.B. auf 693 kHz, dass die *BBC*-Gleichwelle mit acht Senderstandorten doch nicht so exakt ist, wie vermutet: Es sind vier Spektrallinien zu erkennen: bei 693.00000, 693.00002, 693.00010, 693.00012 und 693.000050 kHz, die vom zeitlichen Verlauf her alle aus Großbritannien kommen müssten. Bei solch genauen Messungen ist bei Soundkartenbetrieb die AGC übrigens meist von Nachteil, da das Audiosignal infolge der Bearbeitung an Ge-

	Bandbreite	Auflösung und Empfindlichkeit	Schnelligkeit	
divisor	-	+	=	steigert die Auflösung ohne Geschwindigkeitsverlust bei Verlust der Bandbreite, führt aber zu größerem Überlappen, weniger Speicherbedarf
FFT Input Size	=	+	-	bessere Auflösung auf Kosten von Geschwindigkeit
Samplerate	+	=	=	eine höhere Samplerate in Kombination mit einem hohen Divisor ermöglicht genaue Sprektren in kurzer Zeit

Welche Auflösung erreicht wird, zeigt Spectrum Lab in den FFT-Einstellungen an.

Welche Auflösung erreicht wird, zeigt Spectrum Lab in den FFT-Einstellungen an.

nauigkeit verliert. Man sollte AGC abschalten und die Lautstärke entsprechend herunterregeln.

Offsets auf Kurzwelle

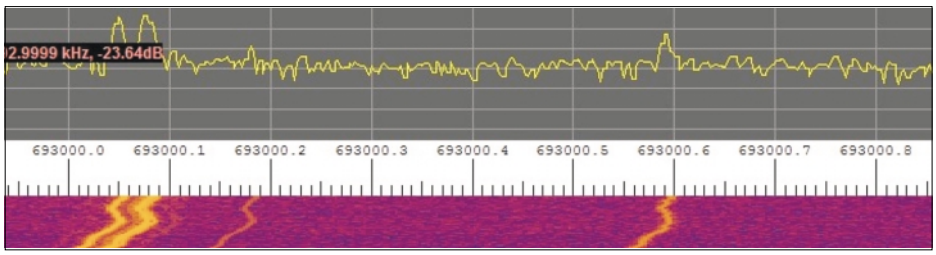
Auch Kurzwellensender haben typische Abweichungen. Im Tropenband (3.2 bis 3.4 und 4.7 bis 5.1 MHz) kann die Beobachtung einer Frequenz Aufschluss darüber geben, ob ein akustisch nicht wahrnehmbarer Sender noch aktiv oder ob sich ein zweites oder drittes Signal unter einer kräftigen Station verbirgt. Allerdings sind die Spekrallinien der Träger ausbreitungsbedingt nicht so scharf wie auf Mittelwelle. Mehrweg-Effekte verschleiern das Spektrum. Ist die Frequenz für eine Verbindung zu hoch, hilft auch eine empfindliche Analyse nichts.

Offsets auf UKW

Nur wenn gerade absolute Stille im Programm herrscht, ruht ein FM-Träger auf der Nominalfrequenz. Das macht Offset- bzw. Träger-DX auf UKW schwierig, aber nicht unmöglich. Einige Lokalradios in Europa haben z.B. nachts kein Programm. Sie lassen sich im Spektrum bei Überreichweiten gut nachweisen. Auch der 19 kHz-MPX-Träger lässt sich analysieren, der jedes Stereosignal begleitet. Hierzu muss das bereits demodulierte FM-Signal der Soundkarte zugeführt werden. Auch hier weicht die exakte Frequenz meist um ein paar Hertz ab und bleibt über Jahre konstant, so dass man hiermit ein schnelles Identifikationskriterium bekommt – vorausgesetzt die MPX-Frequenz ist bekannt. Dies lässt auch Rückschlüsse über Ballempfang bei der Signalzuführung zu: Repeater eines Hauptsenders weisen exakt dieselbe MPX-Abweichung auf.

Offsets von Fernsehsendern

Die Zahl der analogen TV-Sender schrumpft, aber es gibt noch einige. Auch Fernsehsender strahlen einen Träger aus, der lange vor dem Bildsignal nachzuweisen ist. Vor einigen Jahren waren VHF und UHF noch voll von Trägern. Hierzu muss man wissen, dass TV-Sender zur Minimierung von Interferenzen bereits eine offizielle Abweichung von der Kanalfrequenz haben. Hierfür gibt es ein Raster, das von der Norm abhängig ist. Die Abstände betragen 1/12 der Zeilenfrequenz, in Europa sind es also meist 625 Zeilen x 25 Bilder pro Sekunde / 12 = 1302 Hz. Die Abweichungen von diesem Nominaloffset sind bzw. waren aber beachtlich, auch aufgrund der höheren Frequenzen. Auf jedem Kanal war unter Normalbedingungen im Umkreis von etwa 500 km fast jedes Signal ab etwa 1 kW auszumachen. Bei Überreichweiten wurde es unübersichtlich. Ständig waren Dopplereffekte durch Flugzeuge deutlich zu sehen. Inzwischen beschränkt sich das Offset-DX auf die Sporadic-E-Öffnungen nach Russland und seltene Übersee-Öffnungen im Band I. Auf den Kanälen R1 und R2 tauchen von Mai bis September fast täglich etwa 10 bis 20 Signale auf. Auf R1 ist in Norddeutschland weiterhin durchgehend eine schwache Meteorscatter-Aktivität vom Sender in St.Petersburg nachweisbar. Hobbykollege Jurgen Bartels pflegt eine Liste der noch aktiven Sender im Band I.



Hohe Auflösung von 2 Millihertz über Stereomix mit Soundkarte. Wenn sich alle Spektrallinien parallel bewegen, driftet der Empfänger.

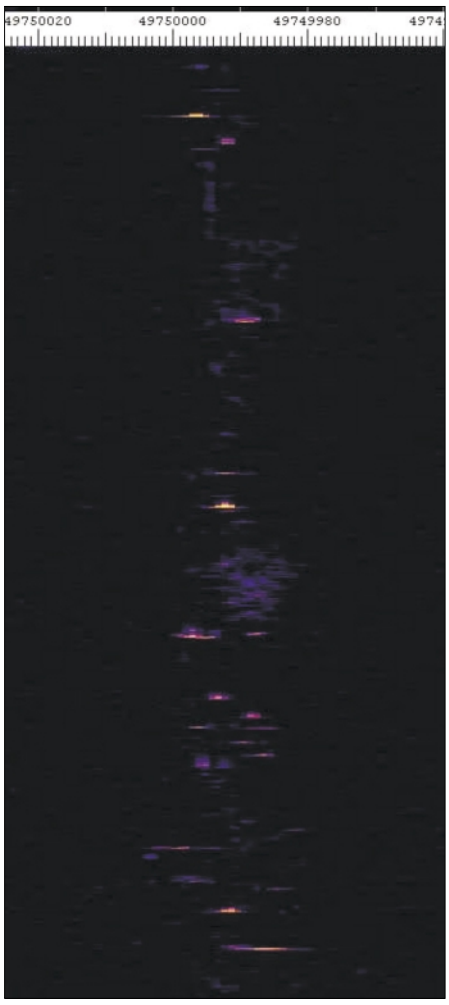
Erde-Mond-Erde

Ein Spezialgebiet auf UHF sind Reflexionen am Mond (EME). Einigen Wellenjägern soll bereits der Empfang von Trägern im 1000 KW-ERP-Bereich gelungen sein. Dabei ist aber zu bedenken, dass solche Sender ihre Leistung stark bündeln. Der hohe Antennengewinn führt dazu, dass sich die Signale wie eine Scheibe rund um den Mast ausbreiten. Somit bleiben durch die Rotation der Erde jeweils nur wenige Minuten, in denen die volle Leistung auf die Mondoberfläche trifft. Die genaue Frequenz kann hier nur ein grober Anhaltspunkt sein, zumal Doppler-Effekte das Ergebnis verfälschen. Listen gibt es kaum. Eher lässt das Zeitfenster des Empfangs Rückschlüsse über dessen Herkunft zu.

DX ohne Sound?

Zum Abschluss noch ein paar grundsätzliche Gedanken. Für die Programmhörer unter den Hobbyfreunden mag diese Art des DX zu abstrakt sein. Andererseits stellt sich die Frage, was unser Hobby noch ausmacht, wenn man auch vieles über das Internet hören kann. Die Beschäftigung mit der Wellenausbreitung war immer ein wichtiger Teilaspekt des Hobbys, für den das Offset-DX eine neue Dimension öffnet.

Peer-Axel Kroeske, DL2LBP



Sechs ganz normale Minuten auf Kanal R1 (Videoträger 49.75 MHz). 2008 kamen hier u.a. Minsk und St.Petersburg ständig über Meteor-Scatter durch.

Links

⇒ Wasserfalldiagramme vieler MW-Frequenzen:
http://radiovibrations.com/dx/offset

⇒ MWLIST enthält knapp 4000 Offsets von Hörfunksendern und Baken:
http://mwlist.org/mwoffset.php

⇒ TV Band I Offsets Liste von Jurgen Bartels:
http://dx.3sdesign.de/Band1-Offsets.htm

⇒ MPX-DX auf UKW:
http://radiovibrations.com/dx/offset/mpx-dx.htm