

Marker – damit man mit Signalen rechnen kann

Seit seiner Software-Version 2.1h verfügt der Perseus über maximal acht sogenannte „Marker“, die den Pegel von Signalen in wählbaren Abständen von 0,1 bis 5 Sekunden speichern. Die hohe Präzision und Linearität der Pegelanzeige des Perseus macht damit erstmals auch im Amateurbereich eine sinnvolle Auswertung von HF-Signalen möglich. Nils Schiffhauer, DK8OK, stellt einige Beispiele aus der Praxis vor.

Ein immerwährendes Faszinosum des Kurzwellenempfangs ist, dass die Ausbreitungsbedingungen dauernd wechseln. Ganz wörtlich, von Sekunde zu Sekunde, aber auch von Tag zu Tag. Klar, das hängt mit dem Ausbreitungsmedium zusammen, der Ionosphäre. Sie ist ja kein Spiegel, sondern man kann sie sich eher vorstellen wie eine zerknitterte Aluminiumfolie, die sich im (Sonnen)wind bewegt. Das Hörbild, das sie auf diese Weise zum Sender überträgt, spiegelt daher auch den Zustand der Ionosphäre wider.

Dennoch geben Rundfunkhörer die Empfangsqualität fast immer nur auf einer Skala von 1 bis 5 wieder. Und auch bei Empfangsprognosen erhalten wir einen einzigen klaren Wert für Monat und Stunde einer Verbindung. Dabei zeigt schon – bleiben wir mal nur bei einem Wert aus dem SINPO-Code – die Signalstärke ein ziemli-

Oben links, *Abbildung 1:* Das Signal von RNZI über drei Stunden (oben) und über zwei Minuten (unten).

Oben rechts, *Abbildung 2:* Voice of Russia, zwei Stunden auf 1.431 kHz. Oben die gesamte Zeit, unten ein knapp 20minütiger Ausschnitt. In beide Diagramme wurde eine geglättete Kurve hineingelegt, um die Tendenz zu zeigen.

ches Auf und Ab. *Abbildung 1* zeigt den Pegel der DRM-Sendung von Radio New Zealand International über drei Stunden, Anfang Januar 2010, von 09:00 bis 12:00 Uhr UTC: Im oberen Teil der Überblick über die gesamten 180 Minuten, im unteren Teil einen gut zweiminütigen Ausschnitt [1]. Wir sehen hier abrupte Pegeländerungen von bis zu 30 dB. Das ist so, als würde der 100-kW-Sender aus Neuseeland mal mit 1 kW und dann mit 1.000 kW senden. Denn das ist die Spannweite von 30 dB!

Tröstlich, dass wir in der oberen Grafik von *Abbildung 1* einen Trend ausmachen können: das Signal liegt immer um -100 dBm, folgt aber einer leichten Wellenform mit einem „Berg“ gegen 10:15 UTC und einem „Tal“ gegen 11:00 Uhr UTC; hier auch eine kurzzeitige Unterbrechung des Senders, die uns nicht irritieren sollte. Diesem Bild begegnen wir so oder so ähnlich immer, wenn es um DX-Empfang geht: Um die 30 dB Pegelunterschied sind keine Seltenheit, wie *Abbildung 2* selbst für die Mittelwelle zeigt. Die Kurve, die durch den jeweiligen Pegelverlauf gelegt wurde, ist eine mathematische „Glättung“. Etwas komplizierter gebaut als ein einfacher Durchschnitt, zeigt sie die Tendenz.

Zeigen *Abbildung 1* und *2* gewisser-

maßen den DX-Normalfall, so sehen wir in *Abbildung 3* ein fade-in. Eine Station kommt also gerade herein, weil die Bedingungen es zulassen. Hier habe ich eine hohe Frequenz von 17.720 kHz am Morgen genommen, mein Sonnenaufgang lag am 8. Januar gegen 07:30 UTC. Hohe Frequenzen sind ja zur Ausbreitung auf eine starke Ionisierung der F2-Schicht angewiesen, so dass der Sender des Nachts nicht durchdringen könnte, sich aber schon vor Sonnenaufgang am Empfangsort bemerkbar macht und mit zunehmender Sonneneinstrahlung (Ionisierung) auf dem Weg zwischen Sender (hier: Kashi in Westchina) und Empfänger an Stärke gewinnt.

Glättet man die Kurve aus *Abbildung 3* (polynomieller Fit 9. Ordnung), so zeigen sich die Phasen sehr übersichtlich, siehe *Abbildung 4*. Zudem können wir die Steigung bestimmen, die mit dem Sonnenaufgang verbunden ist: innerhalb von nur knapp zehn Minuten steigt der Pegel um 37 dB. Das ist so, als würde CRI nur mit 100 Watt

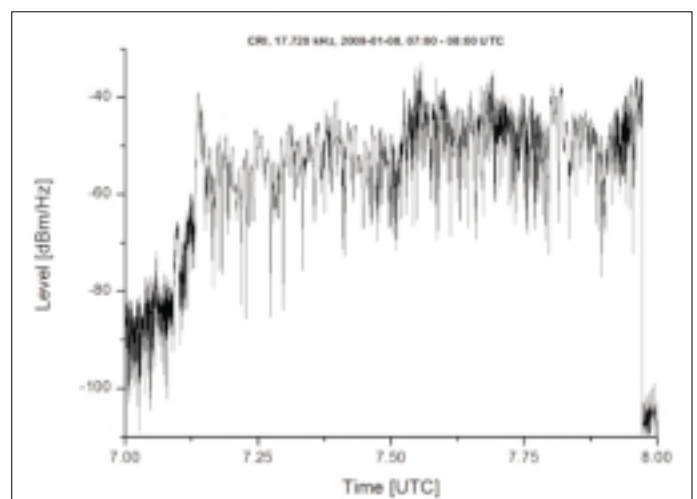
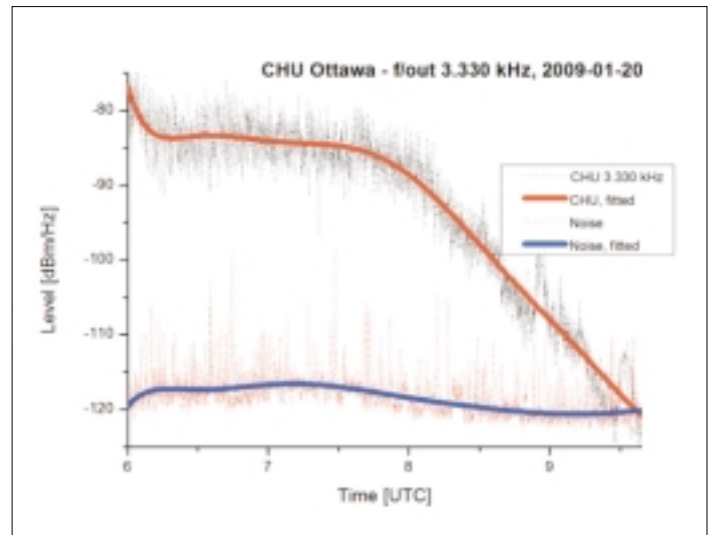
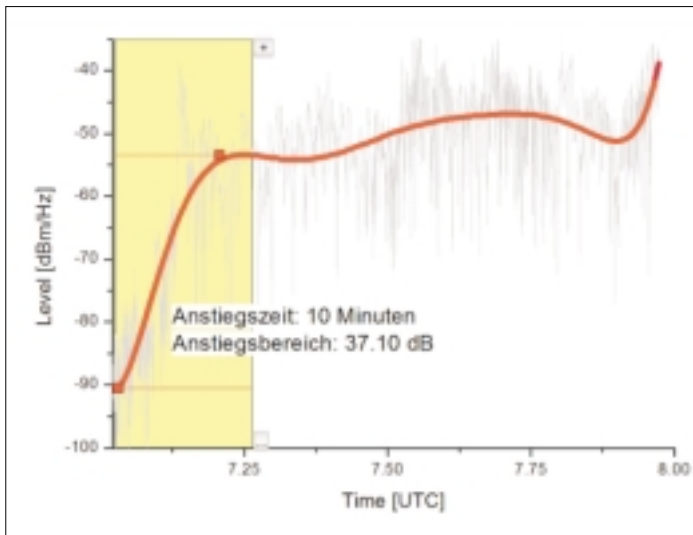


Abbildung 3: Eine Stunde CRI auf 17.720 kHz in Deutsch am 8. Januar 2010. Zehn Minuten vor Sonnenaufgang am Empfangsort schnell das Signal kurz hoch, um dann auf einem etwas niedrigeren Niveau zu verharren. Ab 07:30 Uhr und eigentlichem Sonnenaufgang stabilisiert es sich bis zum Sendeschluss kurz vor 08:00 Uhr UTC auf einem hohen Niveau [2].



Links, *Abbildung 4:* Innerhalb von nur zehn Minuten schnell durch die ionisierende Kraft der Sonne das CRI-Signal um 37 dB hoch. **Rechts,** *Abbildung 5:* Rohdaten und geglättete Kurven für Signal und Rauschen zeigen das fade-out von CHU auf 3.330 kHz, das sich nach dem Sonnenaufgang am Empfangsort gegen 07:30 UTC beschleunigt.

senden, und die Sonne knipste den Sender auf die nominelle Ausgangsleistung von 500 kW!

Für das fade-out habe ich mir das Träger-signal des Zeitzeichensenders CHU im Osten Kanadas auf 3.330 kHz mit seiner Sendeleistung von 3 kW ausgesucht. Sonnenaufgang am Empfangstag war bei mir 07:18 Uhr UTC und beim Sender bei Ottawa 12:26 Uhr. *Abbildung 5* zeigt die auf dBm/Hz normalisierten Werte für Rauschen und Trägerleistung: hier schiebt sich bald nach meinem Sonnenaufgang schon die dämpfende D-Schicht vor die höher liegende F-Schicht und deckt sie ab. Was im Winter auf der Nordhalbkugel sich schon ziehen kann - in der ersten Stunde sinkt der Pegel um nur etwa 20 dB. Gegen 10 Uhr UTC aber war das CHU-Signal vom Rauschen kaum noch zu unterscheiden. Für diese Messung wurde ein Marker auf den Träger des H3E-Signals gesetzt, der andere knapp 3 kHz darunter, auf ein möglichst freies Feld (*Abbildung 6*).

So schön die Marker sind, dennoch ist einiges zu beachten, um ihren Wert richtig abschätzen zu können. Das betrifft hauptsächlich die Reaktionsschnelligkeit, mit der sie den tatsächlichen Änderungen des Signals folgen. Eine ausführliche Betrachtung dieser Dinge würde hier zu weit führen, weshalb ich sie an anderer Stelle geleistet habe, wo sie kostenlos und diskriminierungsfrei nachzulesen ist. [3]

Auf zwei „Fallen“ aber möchte ich auch an dieser Stelle noch eingehen. Bei Rundfunksendern wird man immer den Träger messen, der ja mindestens 50% der Energie des maximalen Gesamtsignals enthält. Sein Pegel ist groß gegenüber dem Pegel der Seitenbänder. Der Perseus setzt sich bei „Peak



Abbildung 6: Marker 1 erfasst den Pegel des Trägers, Marker 2 den Rauschpegel, der später noch um +8,83 dB zu korrigieren ist- entsprechend 7,63 Hz Auflösungsbandbreite. Datensignal rechts außen sowie Zeitansage wurden ebenso wenig berücksichtigt wie die eigentlichen Zeitzeichen dazwischen. Eine Glättungsfunktion (AVG) macht die Anzeige ruhiger.

SRC“ automatisch auf das stärkste Signal innerhalb der Marker-Bandbreite, die wieder der Auflösungsbandbreite (RBW) entspricht und links im Fenster „Span (kHz)/RBW (Hz)“ unter RBW wie „resolution bandwidth“ angezeigt wird. Sie beträgt bei Trägermessung von AM-Sendern automatisch 1 Hz, unabhängig von der tatsächlichen Anzeige! Das führt dazu, dass selektives Fading dann zu besonders starken Schwankungen des aufgezeichneten Pegels führt, wenn es direkt „durch den Träger“ geht. Mehr dazu weiter unten. Zu diesem Zeitpunkt soll dieses Phänomen nur das Bild eines DRM-Signals illustrieren, das von selektivem Fading gebeutelt wird, das in *Abbildung 7* [4] wie ein Kamm mit fünf Zinken dynamisch durch das 10 kHz breite Signal wandert.

Das führt zu der zweiten „Falle“: zwar lässt sich oft vom Signalpegel auf die Empfangsqualität schließen, das aber eben nicht immer. Wenn nämlich selektives Fading das Gleichgewicht eines Detektors – egal, ob ein Diodendemodulator oder einer für digitale Sendungen – durcheinanderbringt, kann selbst bei starkem Signal die Empfangsqualität in den Keller rauschen. Wie wortwörtlich dieser Satz zu nehmen ist, zeigt *Abbildung 8*. Auf ihr finden sich zwei Kurven, die unterschiedlich skaliert sind: grau der Pegelverlauf des DRM-Senders RNZI, wie wir ihn schon aus *Abbildung 1* kennen – Skalierung rechte Y-Achse. Schwarz dann der SNR-Wert, wie die DRM-Dekodier-Software DREAM das Audiosignal „sieht“ – Skalierung linke Y-Achse. Bis hinunter zu einem Wert von etwa 14 dB kann man Neuseeland noch hören. Obwohl das Signal

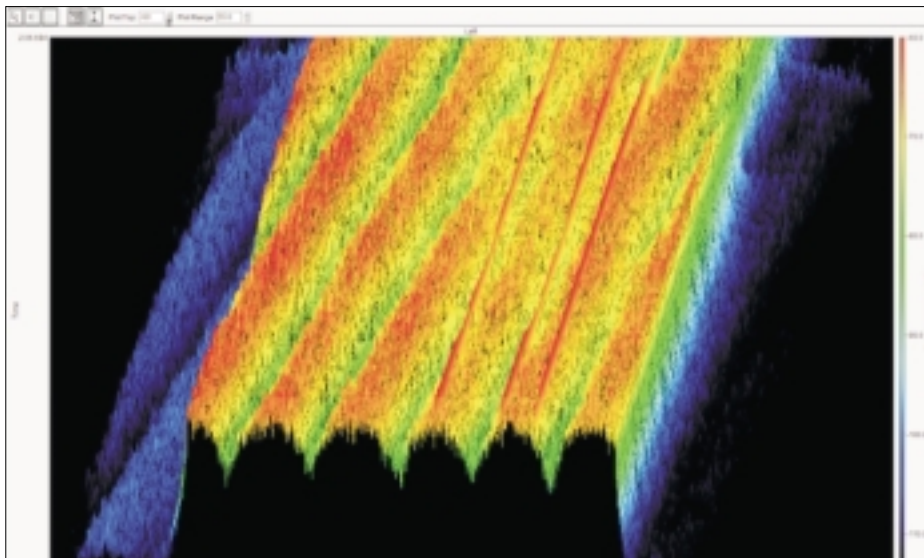


Abbildung 7: BBC/DW 3995 kHz in den Abendstunden – Mehrwegausbreitung führt zu ausgeprägtem selektiven Fading des Senders im portugiesischen Sines am Empfangsort bei Hannover. Was wie ein Tonnengewölbe aussieht, müsste eigentlich flach wie ein Bungalowdach sein [5].

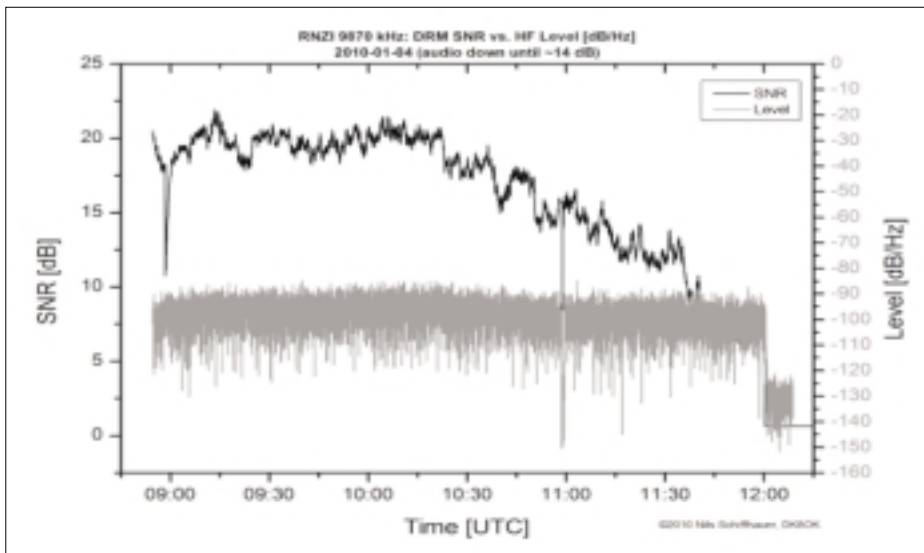
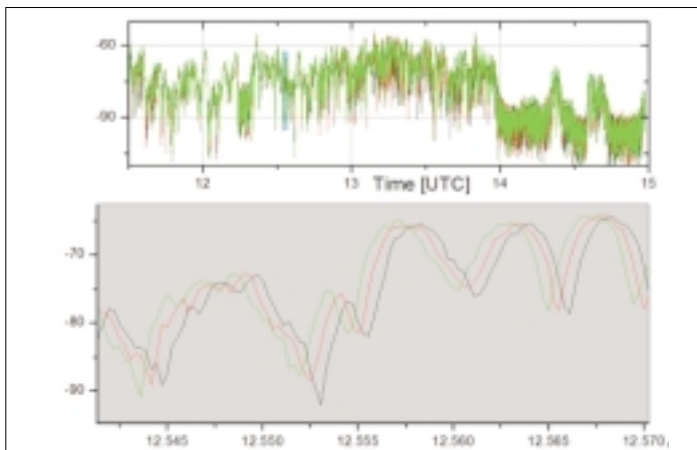


Abbildung 8: Unten der Signalverlauf von RNZI (Skalierung rechts), oben der SNR-Wert der mit DREAM dekodierten DRM-Sendung. Bis hinunter zu etwa 14 dB kann man noch mithören, also bis etwa 11:30 UTC. Danach ist nur noch die Anzeige ('Label') zu sehen, obwohl die Signalstärke sich nicht signifikant ändert.



Links, Abbildung 9: Oben der Verlauf der drei Pilotträger der BBC auf 9.545 kHz zwischen 11:30 und 15:00 Uhr UTC. Unten ein einminütiger Verlauf, herausvergrößert. Er zeigt, wie das selektive Fading jeden Träger mit gleichem Muster trifft, jedoch zeitverzögert.

Rechts, Abbildung 10: Oben wiederum derselbe Verlauf wie aus Abbildung 9. Unten jedoch eine andere Minute, die einen (scheinbar) völlig irregulären Pegelverlauf der drei Pilotträger zeigt.

über die dargestellten drei Stunden relativ stabil bleibt, tritt nach Höhenflügen von fast 25 dB die DRM-Dekodierung ab 10:15 Uhr UTC den Rückzug an. Das ist an diesem Tag hauptsächlich dem selektiven Fading des Signals aus Neuseeland zuzuschreiben, denn Indien störte an diesem Tag fast gar nicht, wie eine spätere Analyse ergab.

Den Verlauf des selektiven Fadings nach Zeit und Tiefe kann man dank der Marker ebenfalls numerisch erfassen. Die Ergebnisse überraschen, wie die *Abbildungen 9* und *10* gerade im Vergleich zeigen: Dargestellt ist jeweils oben der Signalverlauf der drei Pilotträger des DRM-Signals der BBC Woofferton auf 9.545 kHz zwischen 11:30 UTC bis zum Sendeschluss um 15:00 UTC auf dieser Frequenz. Jeweils unten zwei Ein-Minuten-Ausschnitte, die einmal die allgemein übliche und zeitversetzte Beeinträchtigung durch selektives Fading („Durchlaufen“) zeigen, zum andern aber auch ein Bild scheinbar völlig unabhängigen Verlaufs der drei Träger liefert, die ja auch nur +750 Hz, +2250 Hz und +3000 Hz von der Mittenfrequenz des DRM-Signals entfernt sind.

Der Vorteil numerischer Verfahren jedoch ist, dass wir die Statistik darauf anwenden können. Das besonders in *Abbildung 10* wirre Bild klärt sich, wenn man sich folgende Frage stellt: Wie eigentlich ist die Häufigkeit der einzelnen Pegel verteilt? *Abbildung 11* gibt die manchen überraschende Antwort durch die jeweiligen so genannten Histogramme: ziemlich gleich.

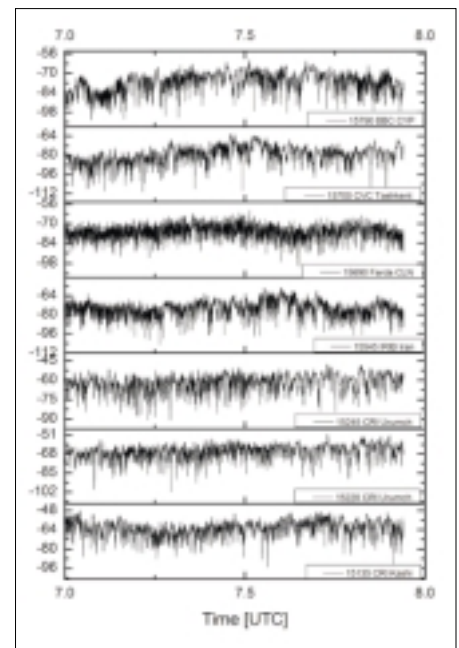
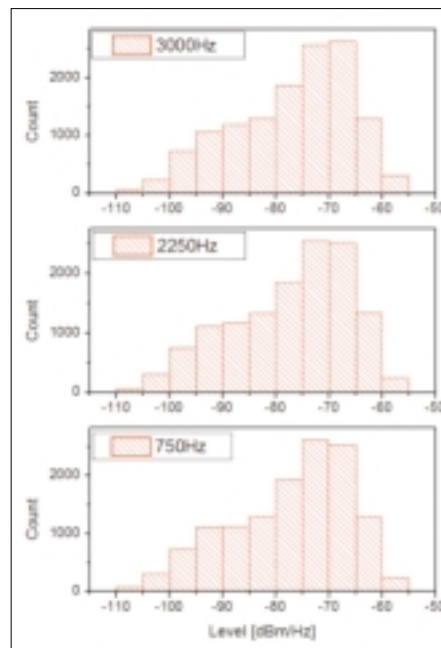
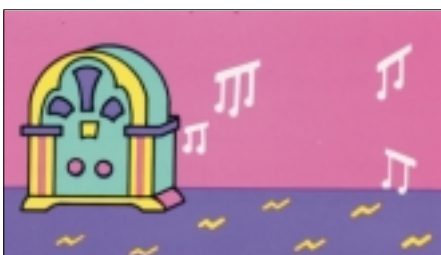
Der aufmerksame Betrachter von *Abbildung 11* wird sich nun fragen: Warum sind die jeweiligen Histogrammkurven nicht symmetrisch um einen zentralen Wert verteilt? Warum haben sie in Richtung schwächerer Pegel eine flachere Flanke und fallen in Richtung stärkerer Pegel steil ab? Die

Antwort dieser Kurzwellen-typischen Form liegt wiederum in der Mehrwegausbreitung begründet. Addieren sich zwei Wege, so kann die das Signal maximal verdoppeln (+6 dB), mehr nicht. Das ist die „harte Grenze“ in Richtung höherer Pegelwerte. Es ist jedoch genauso selten, dass zwei Wege mit demselben Pegel und mit derselben Phase beim Empfänger eintreffen und sich verdoppeln, als dass sie mit zwar selben Pegeln, aber entgegengesetzter Phase empfangen werden und sich also auslöschen. Der Weg zu diesem Null-Pegel hat gewissermaßen unendlich viele Stationen, der Weg zu den +6 dB ist kurz. „Rayleigh-Fading“ nennt man diese Art der Verteilung, die überall zu finden ist, wo es um Mehrwegausbreitung geht.

Für Empfangsberichte und -vergleiche bieten nun die Marker des Perseus hochpräzise Möglichkeiten, die Signalstärke und ihre Änderungen professionell darzustellen. In *Abbildung 12* habe ich die Diagramme von sieben Sendern im 19 mB umgesetzt – 21. Januar 2009, 07:00-08:00 Uhr UTC. Man beachte den im Prinzip unterschiedlichen Verlauf, wobei sich allerdings die beiden Urumchi-Frequenzen ähneln. Recht wacklig ist der Empfang der BBC Zypern: die Arabisch-Sendung wird nicht Richtung Europa ausgestrahlt, und es wird eine für diese Zeit und diese Strecke sehr hohe Frequenz eingesetzt.

Den bündigsten Eindruck von dieser einen Stunde des Empfanges aber liefert die statistische Auswertung in so genannten „Box Diagrammen“, *Abbildung 13*. Sie zeigen verschiedene statistische Werte in einem Kasten („Box“), der vom unteren und oberen Quartil (25%, 75%) begrenzt wird und in der relativen Mitte den Mittelwert („Median“) markiert. Die vertikalen und „Katzenhaare“ (Whiskers) genannten Ausläufer zeigen die Perzentile 1 bzw. 99. Im äußeren Abstand dazu die jeweiligen Extremwerte der einen Stunde. Nur mit derartigen Auswertungsmethoden lassen sich, im Übrigen, die Vorhersagen von Ausbreitungsprognosen überprüfen; wovon ein andermal.

Text und Abbildungen:
Nils Schiffhauer, DK8OK



Links, *Abbildung 11*: Teilt man die Pegel in elf Gruppen und stellt ihre Häufigkeit dar, so ist das Muster aller drei Pilotöne über dreieinhalb Stunden fast völlig gleich.

Rechts, *Abbildung 12*: Finde die Unterschiede! Sieben Sender über eine Stunde im 19 mB.

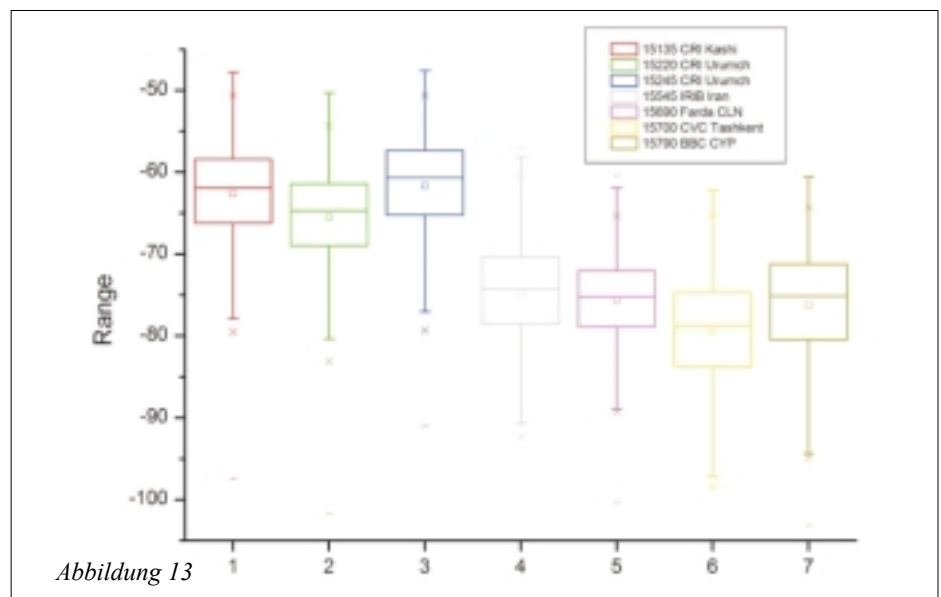


Abbildung 13

Verweise

- ⇒ [1] Visualisierung der Daten mit OriginPro 8.1: <http://www.additive-net.de/software/origin/pro/index.shtml> Auch andere Software ist geeignet, besonders das kostenlose SciDAVis mit ebenfalls einigen statistischen Funktionen und leichter Bedienung: <http://scidavis.sourceforge.net/> Und Excel? Ja, auch Excel geht.
- ⇒ [2] Ja, die Zeitskala ist dezimal: 15 Minuten sind 0,25 Stunden, 30 Minuten 0,5 Stunden. Noch notiert Perseus keine absolute Zeit, sondern die seit Start der Markeraufzeichnung abgelaufenen Sekunden. Erst ab Version 2.1i (1.2.10) notiert Perseus die Zeit absolut im Format HH:mm:ss.###
- ⇒ [3] Eintrag „Marker beim Perseus“ auf meiner privaten Website: <http://web.me.com/nils.schiffhauer/Website/Monitoring/Monitoring.html> Eine erweiterte und von Guy Atkins übersetzte Fassung in seinem Blog (Eintrag: „Eight Markers in Perseus which will change DXing“): <http://fivebelow.squarespace.com/>
- ⇒ [4] Erstellt mit Spectraplus: <http://www.spectraplus.com/index.html> (Demoversion für 30 Tage kostenlos und diskriminierungsfrei)
- ⇒ [5] Sehr ausführlich und praxisnah beschreibe ich dieses Phänomen am Beispiel von DRM-Sendern in einem PDF mit vielen Abbildungen auf meiner Website im Eintrag „DRM - SoDiRa zeigt Ionosphäre“: http://web.me.com/nils.schiffhauer/Website/Monitoring/Einträge/2009/3/20_DRM_-_SoDiRa_%E2%80%9Ezeigt%E2%80%9C Ionosph%C3%A4re.html