

PSK31 – Der neue Fernschreibstandard im Amateurfunk?

Dr. Reinhard Krause-Rehberg -DK5RK- (krause@physik.uni-halle.de)

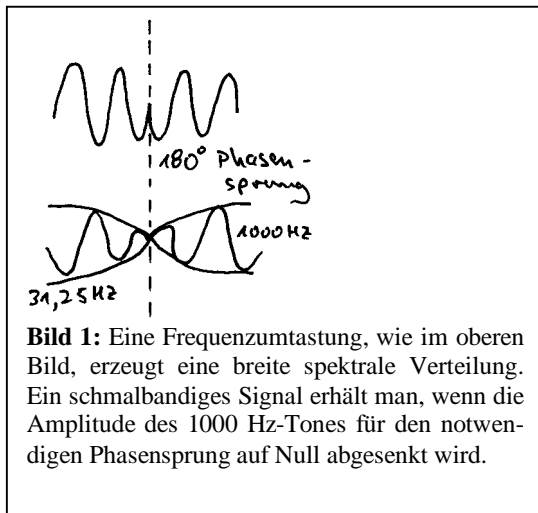
Das Zeug dazu hätte diese neue Betriebsart: Die Hardware-Voraussetzungen, PC mit Soundkarte und Kurzwellentransceiver, sind sicher bei allen OM's erfüllt, die sich für digitale Betriebsarten interessieren. Außerdem wartet dieser Mode mit einer wirklichen Innovation auf, denn welche andere Betriebsart kann schon bei flüssigem Betrieb mit einer Bandbreite von deutlich weniger als 100 Hz auskommen? Die Software stammt von Peter, G3PLX. Sie ist Freeware und ist im Internet und in Packet-Mailboxen verfügbar. Also lieber OM, was hindert Dich, noch heute QRV zu werden?

Als ich im Pactor-QSO mit Fred, OH/DK4ZC, von der Existenz von PSK31 erstmals erfuhr, dachte ich mir so: Noch eine digitale Betriebsart, wer braucht die denn noch! Fred gab mir die Internetadresse zum Download der Software und prophezeite mir, daß ich nach einer Stunde mit ihm mein erstes QSO in PSK31 fahren würde. Ich dachte, na ich kann es mir mal ansehen. Die notwendigen Kabel von und zur Soundkarte hatte ich noch von meinen SSTV-Versuchen mit W95SSTV und so hatte ich ihn nach einer Stunde tatsächlich dran. Und 10 Minuten später wußte ich, daß mich dieser Mode nicht wieder loslassen würde. Die Übertragungssicherheit ist manchmal verblüffend: Im QRM kann man den PSK31-Träger nicht mehr ausmachen, aber der QSO-Text erscheint fast ungestört auf dem Bildschirm, der digitale Signalprozessor (DSP) der Soundkarte mit seinen schmalen Softwarefiltern macht es möglich.

■ Die Idee

PSK31 ist eine Entwicklung von G3PLX [1, 2], dem Erfinder von Amtor, der eine Idee von SP9VRC neu aufgegriffen hat. Ein 1000 Hz Ton wird nicht in der Frequenz umgetastet, wie bei RTTY oder Pactor-1, sondern er wird phasenmoduliert. Auf diese Weise kann eine extrem geringe Bandbreite erreicht werden. Bei der Frequenzumtastung von bspw. 170 Hz muß zu diesem Betrag, grob gerechnet, noch die Baudrate der Übertragung hinzuaddiert werden, um die notwendige Bandbreite zu erhalten. Bei einer Phasenmodulation eines Tones benötigt man eine Bandbreite von nicht viel mehr als der Baudrate, bei PSK31 sind das 31,25 Hz. Diese geringe Bandbreite kommt der Überbelegung der schmalen digitalen Fenster auf den Amateurfunkbändern sehr entgegen. Das steht im Gegensatz zu Entwicklungen, wie bspw. MT63 von Pawel, SP9VRC. Dieser Mode belegt ca. 1 kHz, womit nur wenige Stationen auf einem Band Platz haben [3]. Er sollte daher nur gelegentlichen Experimenten vorbehalten bleiben.

Bei PSK31 handelt es sich um einen unprotokollierten Mode, d.h. es gibt keine Fehlererkennung und -korrektur, wie bspw. bei Pactor. Dies ist also keine Betriebsart für den Betrieb mit Mailboxen oder die Übertragung von binären Files. Man kann damit "nur" QSO's fahren, was ja eigentlich das Hauptanliegen des Amateurfunks ist. Die niedrige Baudrate reicht für die übliche Tastaturschwindigkeit von „Otto-normal-OM“ aber wirklich aus. Außerdem haben die übertragenen Zeichen eine variable Länge, wobei die häufig vorkommenden Zeichen kurz sind. Damit ergibt sich eine effektive Übertragungsrate von ca. 50 Baud, was etwa RTTY entspricht.



Bei der Änderung der Phase um 180° muß man im allgemeinen mit der Erzeugung eines breiten Frequenzspektrums rechnen (Bild 1). Aus diesem Grund wird der 1000 Hz-Ton mit einer Frequenz von 31,25 Hz amplitudenmoduliert. In den Nulldurchgängen kann die Phase ohne die Erzeugung von Oberwellen umgeschaltet werden, ähnlich wie man das von nullspannungsgeschalteten Triacs kennt. Da die Umschaltung nur in diesen Nulldurchgängen erfolgen kann, ergibt sich eine Baudrate von eben 31,25 Baud. Es stehen dann in einer Halbwelle der 31 Hz-Schwingung (ein Bit) 32 Halbwellen der 1000 Hz-Schwingung zur Detektion des Phasenzustandes durch den DSP zur Verfügung.

gung.

Die Fehlersicherheit der Übertragung wird durch eine spezielle Kodierung auf der Senderseite und die sogenannte Viterbi-Dekodierung auf der Empfängerseite verbessert. Durch eine spezielle logische Verknüpfung von 20 aufeinanderfolgenden Bits wird eine Redundanz der Information erzeugt. Damit können beim Empfänger evtl. Übertragungsfehler eliminiert werden. Dafür müssen beim Empfänger aber 20 Bit zunächst zwischengespeichert werden, was zu einer Verzögerung der Darstellung auf dem Bildschirm von ca. 0,6 s führt. Das stellt beim praktischen Betrieb aber kein Problem dar. Allerdings ist das nicht mit der Fehlerkorrektur der protokollierten Modes, wie Pactor, zu vergleichen. Es entstehen vor allem dann Übertragungsfehler, wenn eine Störung in das schmale DSP-Filter fällt. Dann muß die Fehlerkorrektur im Kopf des empfangenden OM's stattfinden, so gut das dann noch geht.

Peter, G3PLX, hat neben der binären Phasenumtastung um 180° (BPSK) einen weiteren Mode mit verbesserter Redundanz entwickelt: QPSK. Hier werden vier Phasenzustände zur Informationsübertragung benutzt. Bei meinen eigenen Tests konnte ich jedoch keine deutliche Verbesserung der Übertragungssicherheit bemerken. Diesen Mode trifft man auch selten auf den Bändern an. Weitere Details zur Kodierung und zum Übertragungsprotokoll findet man in [1].

Bild 2 zeigt den Vergleich eines Pactor-1-Signals (erzeugt durch PTC-2) mit dem Signal des Soundchips eines Notebooks. Der Doppelpeak des Pactorsignals entsteht durch Frequenzumtastung. Auch die Phasenumtastung verbunden mit der Amplitudenmodulation des PSK-Trägertons führt zu einem Doppelpeak im Spektrogramm, allerdings mit erheblich geringerer Bandbreite. Dieser Vorteil wird mit der deutlich kleineren Übertragungsrate erkauft, was aber für „live-QSO's“ praktisch keine Rolle spielt. Außerdem erkennt man im Bild den deutlich geringeren Störabstand des Notebooks verglichen

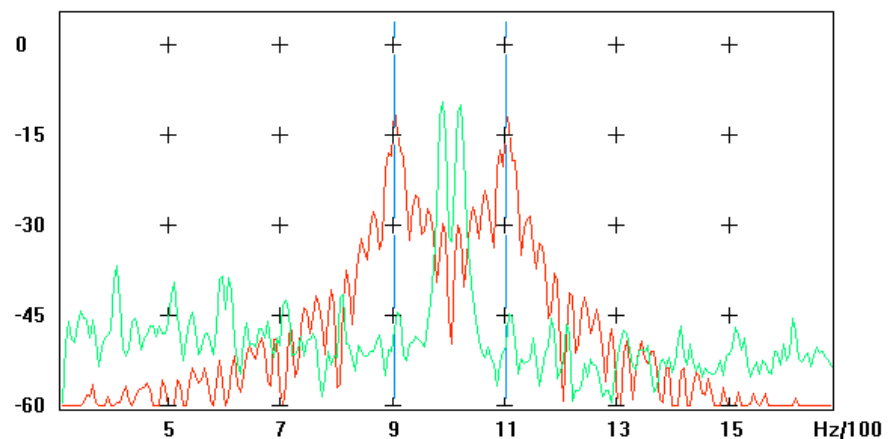


Bild 2: Vergleich der spektralen Verteilung eines Pactor-1-Signals (rot) mit dem PSK31-Signals (grün). Die NF-Signale wurden am Ausgang der Soundkarte bzw. am PTC-2 analysiert. Die beiden Frequenzmarker haben einen Abstand von 200 Hz. Die deutlich geringere Bandbreite des PSK31-Signals ist gut zu erkennen.

dem deutlich geringeren Störabstand des Notebooks verglichen

zum PTC-2. Zur besseren Vergleichbarkeit der beiden Signale wurden die Mark- und Space-Frequenzen des PTC-2 jeweils um 300 Hz verringert.

An den Transceiver werden keine besonderen Ansprüche gestellt. Er darf durch das NF-Signal nicht übersteuert werden und sollte ein möglichst schmales ZF-Filter besitzen. Trotz der Forderung, die Gegenstation bis auf 1 Hz genau abzustimmen, reicht die Frequenzkonstanz der meisten Transceiver aus (s. unten).

■ Wie wird man QRV?

Das ist sehr einfach: Das Programm PSK31SB findet man in Packet-Radio-Mailboxen und auf der (inoffiziellen) PSK31-Homepage, die von EA2BAJ im Internet unter <http://bipt106.bi.ehu.es/psk31.html> betreut wird. Dort findet man auch Soundbeispiele für PSK31 und weitere Artikel über diesen Mode. Wer beide Möglichkeiten nicht nutzen kann, schicke mir eine Diskette mit Rückumschlag (Seebener Str. 70, 06118 Halle). Nach dem Entpacken des ZIP-Files kann es schon los gehen, eine eigentliche Installation ist nicht erforderlich. Nach dem ersten Programmstart trägt man sein Rufzeichen und die Sample-Rate der Soundkarte (z.B. 11025) in das Setup-Menü ein. Jetzt verbindet man Aus- und Eingang der Soundkarte mit dem Transceiver. Am besten nutzt man dafür die Datenbuchse, denn dort passen die auftretenden Pegel gut zueinander. Bei einigen Transceivern kann die VOX aber nicht mit dem NF-Signal an dieser Buchse aktiviert werden. Man muß dann entweder den Sender bei jedem Durchgang von Hand schalten, oder kann die PTT über einen Schalttransistor von einer COM-Schnittstelle bedienen.

Wenn man die NF der Soundkarte in den Mikrofoneingang einspeisen möchte, empfiehlt es sich, einen Teiler von ca. 1:50 in den Mikrofonstecker einzulöten, um einen genügend hohen Signal-Rausch-Abstand der Soundkarte zu gewährleisten. Der Sender darf auf keinen Fall übersteuert werden, da sonst der Intermodulationsabstand stark abnimmt (Bild 3). In dem Fall verschwendet man unnötig HF-Energie und außerdem erzeugt man Nachbarkanalstörungen. Leider trifft man viele solche Signale auf dem Band an. Man sollte deshalb einen befreundeten OM bitten, das Programm „Spectrogram“ (Analyse von NF-Signalen mit der

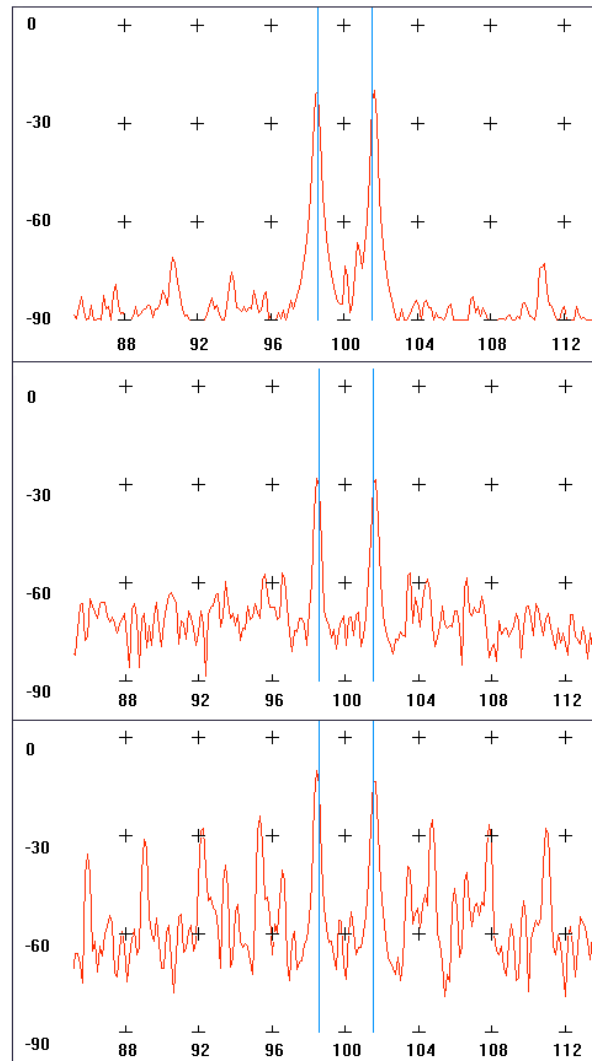


Bild 3: Spektraler Vergleich des PSK31-Signals. Die Frequenzmarker haben einen Abstand von 30 Hz. Am Line-Ausgang der Soundkarte (oberes Bild) sind die Intermodulationsprodukte ca. 50 dB unterdrückt. Nach der Übertragung auf Kurzwellen (mittleres Bild) erreicht man noch ca. 30 dB Störabstand. Bei Übersteuerung des Senders (unteres Bild) verringert sich der Intermodulationsabstand erheblich. Eine solche Aussendung muß unbedingt vermieden werden!

Soundkarte) zu installieren und das Sendesignal zu beobachten. Das Programm ist ebenfalls Freeware und auf der Seite <http://www.monumental.com/rshorne/gram.html> (oder von mir, s. oben) zu erhalten. Die in Bild 2 und 3 gezeigten Spektrogramme wurden mit diesem Programm gemessen. Einen Störabstand von > 25 dB bei der Gegenstelle sollte so in jedem Fall zu erzielen sein.

■ Das Programm PSK31SB

Die erste Version des Programmes für den Betrieb mit der Soundkarte erschien am 26.12.1998. In der Folgezeit nahm die Zahl der Stationen täglich zu, so daß man den typischen PSK31-Sound nun regelmäßig auf den Bändern antrifft. Die Bedienung des Programmes ist denkbar einfach. Um auf Sendebetrieb umzuschalten, gibt man Text in das Sendefenster ein (Bild 4). nach Beendigung des Durchganges schaltet man

manuell auf Empfang (F5 oder Mausclick). Vorbereitete ASCII-Texte kann man ebenfalls senden; ein CQ-Ruf wird mit dem in das Setup eingetragene Rufzeichen generiert. Eine CW-Kennung wird mit F6 abgestrahlt. Ein 1000 Hz-Ton läßt sich erzeugen. Damit kann bereits grob kontrolliert werden, ob der Sender übersteuert ist: Wenn man bei der Aussendung dieses Tones auf das PSK-Signal umschaltet (z.B. Leertaste drücken) sollte sich die Ausgangsleistung etwa halbieren. Ist der Abfall geringer, wird der Sender wahrscheinlich übersteuert. Ein NF-Clipper ist natürlich in jedem Fall abzuschalten.

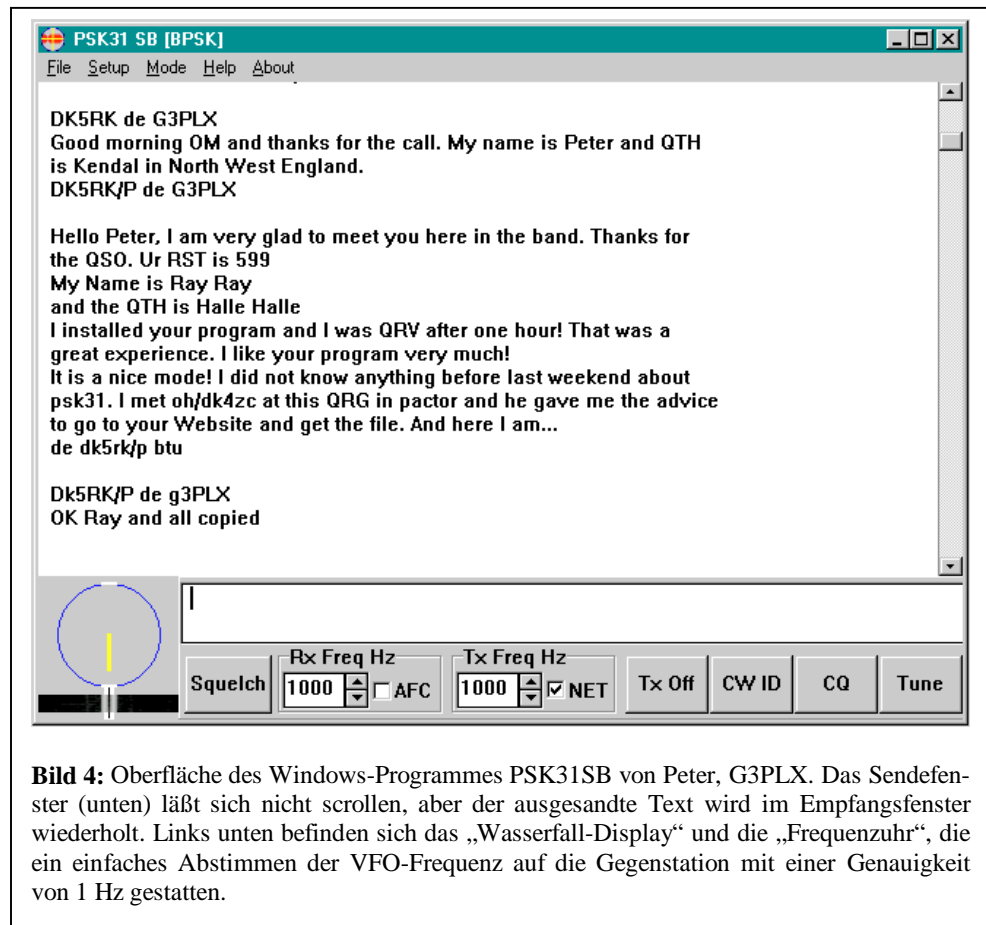


Bild 4: Oberfläche des Windows-Programmes PSK31SB von Peter, G3PLX. Das Sendefenster (unten) läßt sich nicht scrollen, aber der ausgesandte Text wird im Empfangsfenster wiederholt. Links unten befinden sich das „Wasserfall-Display“ und die „Frequenzuhr“, die ein einfaches Abstimmen der VFO-Frequenz auf die Gegenstation mit einer Genauigkeit von 1 Hz gestatten.

Im Setup kann auch die Breite des Software-Filters gewählt werden. Das Standardfilter hat eine Bandbreite von ± 46 Hz bei einer Dämpfung von -50 dB, das schmalere Filter nur ± 31 Hz bei -60 dB. Bei leistungsschwächeren PC's kann der Rechenaufwand für das schmale Filter zu hoch sein. Man kann dann aber versuchen, die Sample-Rate der Soundkarte zu verringern. Sollte sich nach der Anwahl des schmalen Filters der Rechner „aufhängen“, löscht man nach Neustart zunächst das File „psk31.ini“. Damit wird wieder das breitere Filter wirksam, allerdings müssen die Setup-Einstellungen erneut vorgenommen werden.

Mit den beiden Tools links unten (Bild 4) läßt sich die Gegenstation bis auf 1 Hz genau abstimmen. Der Balken stellt einen 500 Hz breiten Spektralanalysator dar, der ähnlich wie ein Wasserfall die ankommende NF für 3 Sekunden anzeigt. Da das unmodulierte PSK-Signal (Idle-Zustand,

d.h. Sendepuffer ist leer) ein Zweitonsignal mit ca. 984 und 1016 Hz darstellt (Vergleiche Bild 2), erhält man im Spektrogramm zwei helle Streifen nebeneinander, die mit den Marken oberhalb und unterhalb in Deckung gebracht werden müssen. Der Feinabgleich erfolgt dann mit der „Frequenzuhr“, die sich über dem Balken befindet (unbedingt die Details dazu in der Hilfe nachlesen). Wenn die VFO-Schrittweite des Transceiver nicht fein genug ist, kann man die Links- bzw. Rechts-Taste benutzen, um die zu analysierende Frequenz in 1 Hz-Schritten zu verändern. Damit ist die Abstimmung nicht viel schwieriger, als das „Einfangen“ einer Pactor-Station.

Geht man dann auf Sendung und das Feld „NET“ ist aktiviert, so ändert sich die Sendefrequenz entsprechend. Wenn man die Gegenstation exakt abgestimmt hat, markiert man die Schaltfläche „AFC“, und die Empfangsfrequenz folgt automatisch evtl. auftretenden Frequenzänderungen der beiden Transceiver. Auf die Weise genügen Geräte mit durchschnittlicher Frequenzkonstanz. Aber Achtung: Wenn eine der Stationen nicht exakt transceive sendet, „rutschen“ beide Stationen von Durchgang zu Durchgang über das Band. Daher sollte die CQ-rufende Station das Feld „NET“ deaktivieren und die anrufende Station diese Funktion aber einschalten.

Das Hilfefile (in englischer Sprache) stellt das Handbuch für das Programm dar, wo neben der Bedienung des Programmes auch Details der Kodierung und des Übertragungsprotokolles erläutert werden. Man muß die Hilfe im Menü aufrufen, denn abweichend von der Windows-Konvention ist die Taste F1 mit der Umschaltung BPSK/QPSK belegt.

■ Besonderheiten im Betriebsdienst

Im Unterschied zum Pactor- oder Amtor-QSO können sich bei PSK31 auch Runden von mehreren Stationen bilden. Das wäre auch in Pactor möglich, denn der FEC-Mode, der für den CQ-Ruf benutzt wird, erlaubt sogar die Anpassung der Redundanz an die Ausbreitungsbedingungen. Üblich ist das aber dort nicht, wogegen man bei PSK31 leicht schon mal 4 und mehr Gegenstationen haben kann. In so einem Fall ist es unbedingt nötig, bei der Übergabe die Gegenstelle, die senden soll, jedes mal genau anzugeben. Man kann schließlich nicht, wie beim SSB-Betrieb, mal kurz die PTT-Taste loslassen, um zu sehen, ob man "alleine" ist.

Gearbeitet wird, wie auch bei anderen digitalen Modes üblich, auf allen Bändern im oberen Seitenband. Es gibt Aktivitätsfrequenzen auf den meisten Bändern: 3579.15, 7034.15, 10139.15, 14069.15, 21079.15 und 28079.15 kHz. Dabei handelt es sich um die Display-Anzeige des Transceivers. Die Mark-Frequenzen sind entsprechend 1 kHz höher. Hier sind regelmäßig Stationen aus allen Erdteilen aufzunehmen, wobei die Hauptaktivitäten im 80 und 20 m-Band liegen.

Ansonsten ist der Betrieb mit dem RTTY-Mode vergleichbar. Da die Übertragung nicht fehlerfrei ist, sollten je nach Ausbreitungsbedingungen wichtige Informationen wiederholt ausgesendet werden. Es werden nicht nur 255 ANSI-Zeichen übertragen, darunter die deutschen Sonderzeichen, sondern auch rückwärts löschen ist bis zum Zeilenanfang möglich.

Die schmalen DSP-Filter erlauben erstaunlich störungsfreien Empfang, auch bei starkem QRM. Aus dem Grund sind die meisten Stationen mit Leistungen von weniger als 50 W QRV. Wenn allerdings starke Signale in der ZF-Bandbreite den Empfänger zuregeln, kommt das PSK-Signal unter Umständen nicht mehr an der Soundkarte an. Es empfiehlt sich daher, ein möglichst schmales CW-Filter bei Empfang einzuschalten. Das ist bei modernen Transceivern auch im USB-Betrieb möglich. Sollte dies auch über Menüs nicht einzurichten sein, kann man Split-Betrieb auf einer Frequenz machen, d.h. man empfängt im CW-Mode und sendet im USB-Mode. Dabei muß aber die Frequenzablage sorgfältig kompensiert werden (s. oben).

■ Verbesserungen der Hardware

Wirklich ausreizen kann man den neuen Mode bei stark belegtem Band nur mit einem sehr schmalen ZF-Filter. Also wünscht man sich, daß die Hersteller von Amateurfunktransceivern in Zukunft auch PSK31-Filter mit Bandbreiten von 100 Hz optional anbieten. Bis dahin könnten ja Anbieter von selbst hergestellten Quarzfiltern, z.B. Garant-Funk, ein um so besseres Geschäft damit machen.

Außerdem werden die Hersteller von DSP-Modems sicher auch bald diesen neuen Mode in Ihre Geräte integrieren, so wie bspw. die Firma RBW Elektronik mit ihrem DSPCOM. Auch bei SCS wird gegenwärtig darüber nachgedacht, PSK31 in die Firmware des legendären PTC-2 zu implementieren (tnx Peter, DL6MAA).

Der Eigenbau von QRP-Geräten für PSK31 wird durch die Forderung nach sehr guter Frequenzkonstanz erschwert. Für einfache Lösungen bietet sich aber ein VXO an, da sich das Geschehen auf wenige kHz beschränkt.

Apropos, ich empfinde es schon seit langem als Mißverhältnis zur immer größer werdenden Zahl der am digitalen Amateurfunk interessierten OM's, daß diese Betriebsarten auf wenige kHz pro Band beschränkt sind. Hallo IARU: Hier muß sich in der Zukunft etwas ändern!

Man könnte auch darüber nachdenken, ob nicht der Mailbox-Betrieb auf bestimmte Frequenzbereiche beschränkt werden sollte. Es macht nicht sehr viel Sinn, daß manche automatischen Mailbox-Stationen 5 oder mehr Frequenzen allein in einem Band scannen und damit praktisch den ganzen digitalen Bandanteil belegen. Leider sind die dort anrufenden Stationen oftmals wenig rücksichtsvoll gegenüber „echten“ QSO's.

■ Fazit

PSK31 stellt eine Brücke vom konventionellen RTTY-Mode zu den protokollierenden Modes Pactor und Amtor dar. Die enorme Schmalbandigkeit und die relativ gute Störsicherheit ermöglichen einen Betrieb auch mit kleinen Leistungen, was gerade TVI-geplagten OM's sehr zu Gute kommt. Das Vorhandensein der notwendigen Hardware (PC mit Soundkarte) in den meisten Shacks, die freie Verfügbarkeit der Software und deren einfache Bedienung sind die Voraussetzung für die schnelle Verbreitung dieser Betriebsart. Und, lieber OM, was spricht eigentlich dagegen, daß Du's selbst mal probierst?

Ich möchte mich bei G3PLX, DK4ZC, DL5SA, DL6MAA, und DL1ZAM herzlich für die Hilfe an diesem Beitrag bedanken.

Literatur:

- [1] P. Martin•ez (G3PLX): „PSK31 Fundamentals“, <http://aintel.bi.ehu.es/psk31theory.html> und „A new radio-teletype mode with a traditional philosophy“, <http://det.bi.ehu.es/~jtpjatae/pdf/p31g3plx.pdf> und Hilfe-File des Programmes „PSK31SB“
- [2] M. Salzwedel (DK4ZC): „PSK31, eine schmalbandige Betriebsart“, CQ DL 6/98, S. 474 und http://det.bi.ehu.es/~jtpjatae/psk31_deu.html
- [3] Dr. A. Gawron (DF7YC): „MT63 - ein digitales Übertragungsverfahren“, CQ DL 12/98, S. 951