

# PSK 31 – der neue Fernschreibstandard im Amateurfunk?

Dr. REINHARD KRAUSE-REHBERG – DK5RK  
krause@physik.uni-halle.de

**Die neue Betriebsart PSK 31 hätte durchaus das Zeug, der neue Fernschreibstandard im Amateurfunk zu werden. Die Hardware-Voraussetzungen, PC mit Soundkarte und Kurzwellentransceiver, können sicher die meisten Funkamateure erfüllen, die sich für digitale Betriebsarten interessieren. Außerdem wartet dieser Modus mit einer wirklichen Innovation auf, flüssigem Betrieb bei einer Bandbreite von deutlich weniger als 100 Hz! Die Software stammt von Peter Martinez, G3PLX, ist Freeware und im Internet sowie in Packet-Mailboxen verfügbar. Was also, lieber OM, hindert Dich, noch heute in PSK 31 QRV zu werden?**

Als ich im Pactor-QSO mit Fred, OH/DK4ZC, von der Existenz von PSK 31 erfuhr, dachte ich so bei mir: Noch eine digitale Betriebsart – wer braucht die denn schon! Fred gab mir die Internetadresse zum Download der Software und prophezeite mir, daß ich nach einer Stunde mit ihm mein erstes QSO in PSK 31 fahren würde. Na, ich konnte es mir ja mal ansehen. Die notwendigen Kabel von und zur Soundkarte hatte ich noch von meinen SSTV-Versuchen mit W9SSSTV, und so funkte ich nach einer Stunde tatsächlich mit Fred. Und 10 min später wußte ich, daß mich dieser Modus nicht wieder loslassen würde. Die Übertragungssicherheit ist manchmal verblüffend: Im QRM kann man den PSK-31-Träger nicht mehr ausmachen, doch der QSO-Text erscheint fast ungestört auf dem Bildschirm; der digitale Signalprozessor (DSP) der Soundkarte mit seinen schmalen Softwarefiltern macht es möglich.

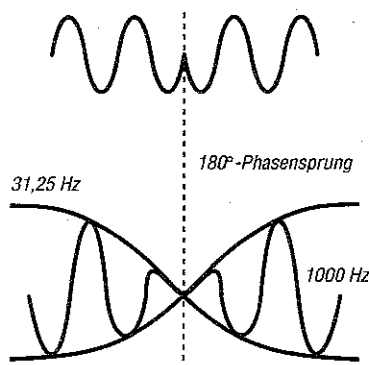
## Die Idee

PSK 31 ist eine Entwicklung von G3PLX, [1], [2], dem Erfinder von Amtor, der eine Idee von Pawel, SP9VRC, neu aufgriff. Ein 1000-Hz-Ton wird nicht in der Frequenz umgetastet wie bei RTTY oder Pactor-1, sondern phasenmoduliert. Auf diese Weise läßt sich eine extrem geringe Bandbreite erreichen. Bei der Frequenzumtastung von z.B. 170 Hz muß man zu dieser Shift, grob gerechnet, noch die Baudrate der Übertragung addieren, um die belegte Bandbreite zu erhalten. Bei der Phasenmodulation eines Tons benötigt man eine Bandbreite von nicht viel mehr als der Baudrate, bei PSK 31 sind das 31,25 Hz.

Diese geringe Bandbreite wirkt der Überbelegung der schmalen digitalen Fenster der Amateurfunkbänder wirksam entgegen und steht im Kontrast zu Entwicklungen, wie beispielsweise MT 63 von SP9VRC. Dieser Modus belegt etwa 1 kHz Bandbreite, wodurch nur wenige Stationen in einem Bandsegment Platz finden [3]. MT 63 sollte

daher gelegentlichen Experimenten vorbehalten bleiben.

Bei PSK 31 handelt es sich um einen unprotokollierten Mode, d.h., er verfügt nicht über eine Fehlererkennung und -korrektur wie z.B. Pactor. Es ist also keine Betriebsart für den Betrieb mit Mailboxen oder die Übertragung von binären Files. Man kann damit „nur“ QSOs fahren, was ja eigentlich das Hauptanliegen des Amateurfunks sein sollte. Die niedrige Baudrate reicht für die übliche Tastaturgeschwindigkeit von „Ottonormal-OM“ jedoch wirklich aus. Außerdem haben die übertragenen Zeichen eine variable Länge, wobei die häufig vorkommenden Zeichen kurz sind. So ergibt sich eine effektive Übertragungsrate von etwa 50 Baud, was ungefähr RTTY entspricht.



**Bild 1: Eine Frequenzumtastung, wie im oberen Bild, erzeugt eine breite spektrale Verteilung. Ein schmalbandiges Signal erhält man, wenn die Amplitude des 1000-Hz-Tons für den notwendigen Phasensprung auf Null abgesenkt wird.**

Bei der Änderung der Phase um 180° entsteht im allgemeinen ein breites Frequenzspektrum (Bild 1). Deshalb wird die Amplitude des 1000-Hz-Tones immer dann allmählich auf Null abgesenkt, wenn eine Phasenumtastung erfolgen soll (bei aufeinanderfolgenden identischen Bits nicht). So kann die Phase ohne die Erzeugung von Oberwellen umgeschaltet werden. Diese mögliche Am-

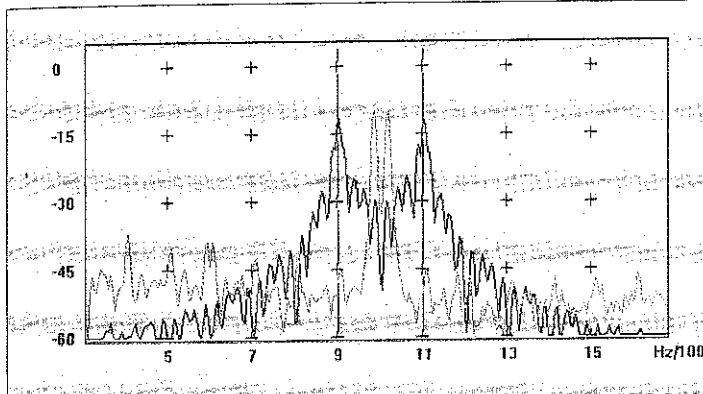
plitudenabsenkung steht aber nur alle 32 ms zur Verfügung (entspricht einem Bit), so daß sich eine Baudrate von 31,25 ergibt. Damit stehen 64 Halbwellen der 1000-Hz-Schwingung zur Detektion des Phasenzustands durch den DSP zur Verfügung.

Die Fehlersicherheit der Übertragung wird durch eine spezielle Kodierung auf der Senderseite und die sogenannte Viterbi-Dekodierung auf der Empfängerseite verbessert. Eine spezielle logische Verknüpfung von 20 aufeinanderfolgenden Bits erzeugt eine Redundanz der Information. Damit lassen sich beim Empfänger evtl. Übertragungsfehler eliminieren. Dafür muß die Empfangsapparatur aber zunächst 20 Bit zwischenspeichern, was zu einer Verzögerung der Darstellung auf dem Bildschirm von etwa 0,6 s führt. Die stellen beim praktischen Betrieb aber kein Problem dar. Allerdings ist dieses System nicht etwa mit der Fehlerkorrektur der protokollierten Modes, wie Pactor, zu vergleichen. So entstehen vor allem dann Übertragungsfehler, wenn eine Störung in das schmale DSP-Filter fällt. Dann muß die Fehlerkorrektur im Kopf des empfangenden OMs stattfinden, so gut das dann noch geht.

Peter, G3PLX, hat neben der binären Phasenumtastung um 180° (BPSK) einen weiteren Modus mit verbesserter Redundanz entwickelt: Bei QPSK werden vier Phasenzustände zur Informationsübertragung benutzt. Bei eigenen Tests konnte ich jedoch keine deutliche Verbesserung der Übertragungssicherheit bemerken. Diesen Modus trifft man auch nur 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 Spektrum, allerdings mit erheblich geringerer Bandbreite. Dieser Vorteil wird mit der deutlich geringeren Übertragungsrate erkauft, was aber bei Live-QSOs praktisch keine Rolle spielt. Außerdem erkennt man, verglichen mit dem PTC-2, im Bild den deutlich geringeren Störabstand des Notebooks. Zur besseren Vergleichbarkeit der beiden Signale wurden die Mark- und Spacefrequenzen des PTC-2 jeweils um 300 Hz verringert.

An den Transceiver gibt es keine besonderen Anforderungen. Er darf durch das NF-Signal nicht übersteuert werden und sollte über ein möglichst schmales ZF-Filter verfügen. Trotz der Forderung, die Gegenstation bis auf 1 Hz genau abzustim-



men, reicht die Frequenzkonstanz der meisten Transceiver aus, s.u.

### ■ Wie wird man QRV?

Das ist sehr einfach: Das Programm PSK 31 SB findet man als P31SBW104.ZIP in Packet-Radio-Mailboxen sowie zusammen mit einigen Varianten für andere DSPs in der FA-Telefonmailbox und auf der PSK-31-Homepage, die EA2BAJ im Internet unter <http://bipt106.bi.ehu.es/psk31.html> betreut. In letzterer findet man auch Soundbeispiele für PSK 31 und weitere Beiträge über diesen Modus. Wer keine der Möglichkeiten nutzen kann, schicke mir eine Diskette mit Rückumschlag (Seebener Str. 70, 06118 Halle).

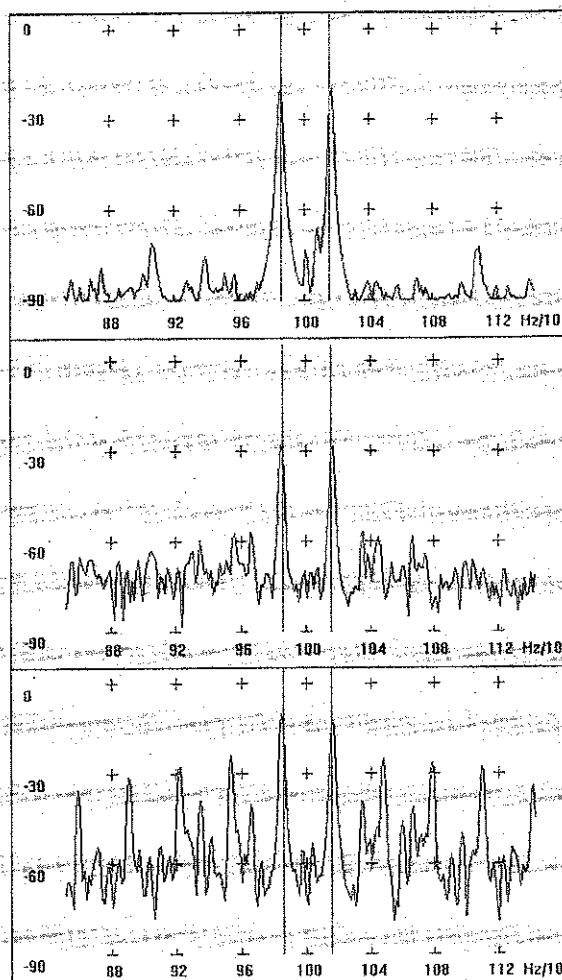
Nach dem Entpacken des ZIP-Files kann es schon losgehen; eine eigentliche Installation ist nicht erforderlich. Nach dem ersten Programmstart trägt man sein Rufzeichen und die Sample-Rate der Soundkarte (z.B. 11025) in das Setupmenü ein und verbindet Aus- und Eingang der Soundkarte mit dem Transceiver. Am besten eignet sich dafür die Datenbuchse, denn dort passen die Pegel gut zueinander. Man kann die PTT über die VOX auslösen oder sie über einen Schalttransistor von einer COM-Schnittstelle her bedienen.

Wenn man die NF der Soundkarte in den Mikrofoneingang einspeisen möchte, empfiehlt es sich, einen Teiler von etwa 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 diesem Fall verschwendet man unnötig HF-Energie und erzeugt außerdem Nachbarkanalstörungen (leider trifft man auf dem Band viele solche Signale an).

Man sollte deshalb einen befreundeten OM bitten, das Programm Spectrogram (Analyse von NF-Signalen mit der Soundkarte) zu installieren und das Sendesignal zu beobachten. Spectrogram ist ebenfalls Freeware und auf der Seite <http://www.monumental.com/rshome/gram.html> (oder von mir, s.o.) zu erhalten. Die in Bild 2 und 3 gezeigten

**Bild 2: Vergleich der spektralen Verteilung eines Pactor-1-Signals (schwarz) mit dem PSK-31-Signal (blau). Die beiden Frequenzmarker haben einen Abstand von 200 Hz. Die erheblich geringere Bandbreite des PSK-31-Signals ist deutlich zu erkennen.**

**Bild 3: Spektraler Vergleich des PSK-31-Signals. Die Frequenzmarker haben einen Abstand von 30 Hz. Am Line-Ausgang der Soundkarte (oberes Bild) sind die Intermodulationsprodukte um etwa 50 dB unterdrückt. Nach der KW-Übertragung (mittleres Bild) erreicht man noch ungefähr 30 dB Störabstand. Bei Übersteuerung des Senders (unteres Bild) verringert sich der Intermodulationsabstand erheblich.**



Spektrogramme habe ich mit diesem Programm gemessen. Ein Störabstand über 25 dB bei der Gegenstelle sollte so in jedem Fall zu erzielen sein.

### ■ Das Programm PSK 31 SB

Die erste Version des Programms für den Betrieb mit der Soundkarte erschien am 26.12.98. In der Folgezeit nahm die Zahl der Stationen täglich zu, so daß man den typischen PSK-31-Sound nun regelmäßig auf den Bändern antrifft.

Die Bedienung des Programms ist denkbar einfach: Um auf Sendebetrieb umzuschalten, gibt man Text in das Sendefenster ein (Bild 4) und schaltet nach Beendigung des Durchgangs manuell auf Empfang (F5 oder Mausclick). Vorbereitete ASCII-Texte lassen sich ebenfalls senden; ein CQ-Ruf wird mit dem in das Setup eingetragene Rufzeichen generiert. Eine CW-Kennung kommt durch Drücken von F6 zustande.

Ein 1000-Hz-Ton für Eintonaussteuerung läßt sich ebenfalls erzeugen (F8). Bei einer Anzeige von 1000 Hz in der „TX Freq“-Schaltfläche kann man diese Frequenz mit Hilfe eines Zählers am Ausgang der Karte durch geringfügiges Verstellen der Sample-Rate der Soundkarte im Setup-Menü auf

mindestens 1 Hz genau abgleichen. Das Einphasen von empfangenen Stationen wird dadurch wesentlich erleichtert. Außerdem eignet der Ton sich dazu, grob zu kontrollieren, ob der Sender übersteuert ist: Wenn man bei der Aussendung dieses Tons auf das PSK-Signal umschaltet (z.B. Leertaste drücken), sollte sich die Ausgangsleistung etwa halbieren. Bei geringerem Abfall ist der Sender wahrscheinlich übersteuert. Ein NF-Clipper ist selbstverständlich in jedem Fall abzuschalten.

Das Setup erlaubt auch die Wahl der Breite des Software-Filters. Das Standardfilter hat eine Bandbreite von  $\pm 46$  Hz bei einer Dämpfung von  $-50$  dB, das schmalere Filter nur  $\pm 31$  Hz bei  $-60$  dB. Für leistungsschwächere PCs ist der Rechenaufwand für das schmale Filter möglicherweise zu hoch. Abhilfe schafft ggf. eine Verringerung der Sample-Rate der Soundkarte.

Mit zwei Abstimmtools (links unten in Bild 4) läßt sich die Gegenstation bis auf 1 Hz genau feineinstellen. Der Balken ganz links stellt einen 500 Hz breiten Spektralanalysator dar, der die ankommende NF ähnlich wie ein Wasserfall für 3 s anzeigt. Da das unmodulierte PSK-Signal (Idle-Zustand, d.h. Sendepuffer ist leer) ein Zwei-

tonsignal mit etwa 984 und 1016 Hz darstellt (vgl. Bild 2), erhält man im Spektrogramm zwei helle Streifen nebeneinander, die mit den Marken ober- und unterhalb in Deckung zu bringen sind. Der Feinabgleich erfolgt dann mit der „Frequenzuhr“, die sich über dem Balken befindet (unbedingt in der Hilfe die Details dazu nachlesen).

Wenn die VFO-Schrittweite des Transceivers nicht gering 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, ändert sich die Sendefrequenz entsprechend. Nach exakter Abstimmung markiert man die Schaltfläche AFC, und die Empfangsfrequenz folgt automatisch evtl. auftretenden Frequenzänderungen der beiden Transceiver. Auf die Weise genügen Geräte mit durchschnittlicher Frequenzkonstanz.

laubt sogar die Anpassung der Redundanz an die Ausbreitungsbedingungen. Üblich ist das aber nicht, wogegen man bei PSK 31 leicht schon einmal vier und mehr Gegenstationen haben kann. In solch einem Fall ist es (wie bei Telefonierunden) unabdingbar, bei jeder Übergabe die Gegenstelle, die nun senden soll, zu benennen. Man kann hier nicht, wie bei SSB-Betrieb, mal eben kurz die PTT-Taste loslassen, um festzustellen, ob man allein sendet.

Gearbeitet wird, wie auch bei anderen digitalen Modes üblich, auf allen Bändern im oberen Seitenband. Auf den meisten Bändern gibt es Aktivitätsfrequenzen: 3579,15 kHz, 7034,15 kHz, 10139,15 kHz, 14069,15 kHz, 21079,15 kHz und 28079,15 kHz. Die Angaben sind die Display-Anzeigen des Transceivers. Die Mark-Frequenzen liegen entsprechend 1 kHz höher. Auf diesen Frequenzen sind bereits regelmäßig Stationen aus allen Erdteilen aufzunehmen, wobei die Hauptaktivitäten im 80- und 20-m-Band liegen.

Sollte das auch über Menü nicht gelingen, bleibt noch Splitbetrieb auf einer Frequenz; d.h., man empfängt im CW-Modus und sendet im oberen Seitenband. Dabei muß jedoch die Frequenzablage sorgfältig kompensiert werden (s.o.).

## ■ Verbesserungen der Hardware

Wirklich ausreizen kann man den neuen Modus bei stark belegtem Band nur mit einem sehr schmalen ZF-Filter. Also wünscht man sich, daß die Hersteller von Amateurfunktransceivern in Zukunft auch PSK-31-Filter mit Bandbreiten von 100 Hz optional bereithalten. 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 Modus in ihre Geräte integrieren, wie beispielsweise die Fa. RBW Elektronik bei ihrem DSPCOM. Peter, DL6MAA, von SCS hat bereits mit der Implementierung von PSK 31 in den legendären PTC-2 begonnen und ist damit bereits QRV. Mit dem Update der Firmware dürfen wir in der nächsten Zeit rechnen.

Der Eigenbau von QRP-Geräten für PSK 31 wird durch die Forderung nach sehr guter Frequenzkonstanz erschwert. Für einfache Lösungen bietet sich jedoch ein VXO an, da sich das Geschehen auf wenige Kilohertz beschränkt.

## ■ Mehr Platz für Digimodes!

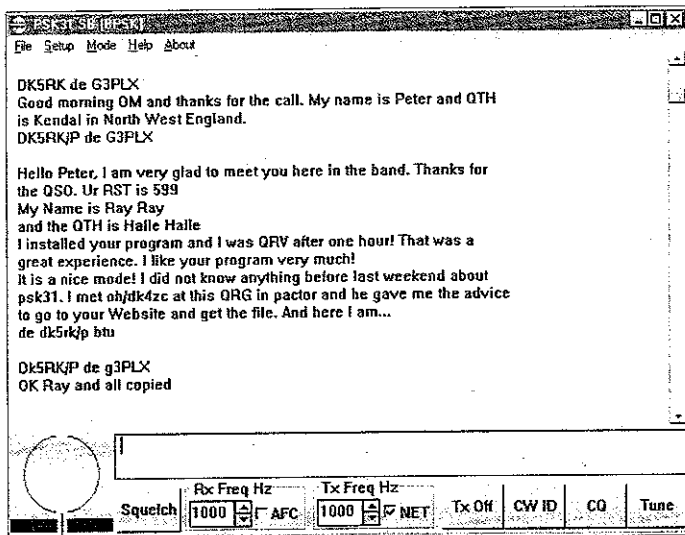
Apropos, ich empfinde es schon seit langem als Mißverhältnis zur immer größer werdenden Zahl der am digitalen Amateurfunk interessierten OMs, daß diese Betriebsarten auf ein paar Kilohertz pro Band beschränkt sind. Hallo IARU: Hier muß sich in der Zukunft etwas ändern!

Man könnte auch darüber nachdenken, ob nicht der Mailbox-Betrieb auf bestimmte Frequenzbereiche beschränkt werden sollte. Es macht nicht viel Sinn, daß manche automatischen Mailboxstationen fünf oder mehr Frequenzen in einem Band scannen. Leider sind die dort anrufenden Stationen gegenüber „echten“ QSOs oftmals wenig rücksichtsvoll.

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

## Literatur

- [1] Martinez, P., G3PLX: PSK 31 Fundamentals, <http://aintel.bi.ehu.es/psk31theory.html>
- [2] Martinez, P., G3PLX: A new radio-teletype mode with a traditional philosophy, <http://det.bi.ehu.es/~jtpjatae/pdf/p31g3plx.pdf>
- [3] Hilfe-File des Programms PSK 31 SB
- [4] Salzwedel, M., DK4ZC: PSK31, eine schmalbandige Betriebsart, CQ DL 69 (1998), H. 6, S. 474, und [http://det.bi.ehu.es/~jtpjatae/psk31\\_deu.html](http://det.bi.ehu.es/~jtpjatae/psk31_deu.html)
- [5] Gawron, A., DF7YC: MT 63 – ein digitales Übertragungsverfahren, CQ DL 69 (1998), H. 12, S. 951



**Bild 4:** Oberfläche des Windows-Programms PSK 31 SB von Peter, G3PLX. Das Sendefenster (unten) läßt sich nicht scrolen, doch wird der ausgesandte Text 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.

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, die anrufende Station diese Funktion dagegen einschalten.

Das (englischsprachige) Hilfe-File stellt das Handbuch für das Programm dar; es erläutert neben seiner Bedienung auch Details der Kodierung und des Übertragungsprotokolls. Man muß die Hilfe vom Menü her aufrufen, denn abweichend von den Windows-Konventionen ist die F1-Taste der Umschaltung BPSK/QPSK belegt.

## ■ Besonderheiten im Betriebsdienst

Im Unterschied zum Pactor- oder Amtor-QSO können sich bei PSK 31 auch Runden von mehreren Stationen bilden. Das wäre eigentlich auch in Pactor möglich, denn der für den CQ-Ruf benutzte FEC-Modus er-

Darüber hinaus ist der Betrieb mit dem regulären RTTY-Modus vergleichbar. Da die Übertragung nicht fehlerfrei ist, sollte man je nach Ausbreitungsbedingungen wichtige Informationen wiederholt aussenden. Die Übertragung umfaßt nicht nur die 255 ANSI-, darunter die deutschen Sonderzeichen, auch rückwärts löschen bis zum Zeilenanfang ist möglich.

Die schmalen DSP-Filter erlauben selbst bei starkem QRM erstaunlich störungsfreien Empfang. Deshalb arbeiten die meisten Stationen mit Leistungen unter 50 W. Wenn allerdings starke Signale in der ZF-Lage den Empfänger zuregeln, gelangt das PSK-Signal ggf. nicht mehr mit einem ausreichenden Pegel zur Soundkarte. Vor allem deshalb empfiehlt sich das Einschalten eines möglichst schmalen CW-Empfangsfilters, was bei modernen Transceivern auch im USB-Betrieb möglich ist.