

Wellenflüstern mit WSPR

Eike Barthels, DM3ML

Das von Joe, K1JT, neu geschaffene Programm WSPR wird mit etwas Phantasie englisch wie ‚whisper‘ (=Geflüster) ausgesprochen, sein richtiger Name ist Weak Signal Propagation Reporter. Mit seiner Hilfe können sehr schmalbandige Signale gesendet und durch eine hochspezialisierte Kodierung weit „unter der Grasnarbe“ nachgewiesen und entschlüsselt werden. WSPR ist primär für den Bakenbetrieb gedacht, kann aber auch zum QSO-Fahren unter WSJT eingesetzt werden.

Nobelpreisträger Joseph H. Taylor jr., kurz Joe, K1JT, hat ergänzend zu seinem Programmpaket WSJT [1], [2] eine weitere Sendart entwickelt, die im Gegensatz zu JT65 nur eine Bandbreite von 6 Hz belegt und mit vier mit einer Baudrate 1,46 Hz umgetasteten Tönen arbeitet. WSPR ist vor allem für Bakenversuche im Langwellen-, Mittelwellen- und Kurzwellenbereich gedacht und kann Signale bis zu -32 dB unter dem Rauschen in einem SSB-Kanal nachweisen. Inzwischen wurde es als Sendart in das Programmpaket WSJT ab Version 7 aufgenommen, wo es unter der gleichen Bedienoberfläche wie FSK441 und JT65 auch für QSOs einsetzbar ist. WSPR ist durchaus ein Meilenstein für den experimentellen Amateurfunk und zeigt, dass mit Hilfe der Mathematik auch noch schwächste Signal nachgewiesen und dekodiert werden können, wenn man einen frequenzstabilen Transceiver, einen guten Rechner mit Soundkarte und einige Zeit zur Verfügung hat.

Systemdaten

Zu WSPR gibt es noch kein Handbuch, aber mehrere Veröffentlichungen mit einem Überblick und einer Zusammenfassung der wichtigsten Daten [3], [4], [5] und eine sehr interessante deutsche Internet-Seite von DL5SWB [6]. Eine Übersetzung von [3] mit ergänzenden Daten ist unter [7] zu finden.

WSPR wird wie eine der üblichen Digimodi z.B. PSK31 eingesetzt, Änderungen an der Station sind nicht nötig. WSPR wird zum Senden mit einer PC-Soundkarte erzeugt und moduliert im Modus AFSK einen auf USB eingestellten Transceiver. Das empfangene NF-Signal des Transceivers wird der Rechner-Soundkarte zugeführt und dort verarbeitet. **Tabelle 1** enthält eine Zusammenfassung der technischen Daten. Zum Vergleich sind die Daten von JT65 mit aufgeführt :

Tabelle 1 Technische Daten von WSPR im Vergleich zu JT65

	WSPR	JT65
Nachrichtenlänge in Bits	50	72
FEC (Vorwärtsfehlerkorrektur)	Faltungskode, K=32 r=1/2	RS (63,12)
Kanalsymbole	162	126
Synchronvektor (Bits)	162	126
Modulation	4-FSK	65-FSK
Tastgeschwindigkeit in Baud	1,46	2,69
Länge eines Tones in s	0.6827	0,372
Länge einer Sendung in s	110,6	46,8
Belegte Bandbreite in Hz	5,9	355

Die Nennfrequenz eines WSPR-Signals liegt bei 1500 Hz. Dieser Ton wird mit einer Baudrate von 1,46 Hz in vier Lagen mit einer Differenz von 1,46 Hz umgetastet. Es entstehen diese Töne :

- 1497.803 Hz (0)
- 1499.268 Hz (1)
- 1500.732 Hz (2)
- 1502.197 Hz (3)

Die in Klammern stehende Nummer bestimmt den zu sendenden Ton bei der Kodierung des Nachrichteninhalts. Die 50 Datenbits werden um eine erhebliche Menge an Fehlersicherungs-Bits ergänzt. Jede Sendung enthält $(50+K-1)*2=162$ Kanalsymbole und jedes Symbol überträgt ein Datenbit (MSB) und ein Synchronbit (LSB). Die Übertragung des Nachrichtenpakets dauert $162*8192/12000=110,6$ s, also knapp zwei Minuten.

WSPR verwendet strukturierte Nachrichten mit einem hohen Kompressionsgrad, einer strengen Vorwärtsfehler-Korrektur (FEC=Forward Error Correction) und einen eingebetteten Synchronvektor, um eine genaue Zeit- und Frequenz-Abstimmung zwischen Sender und Empfänger zu erreichen. Durch die Schmalbandigkeit bei der Abtastung durch die Soundkarte und die Ausnutzung der Dekodierungsmechanismen hat WSPR gegenüber JT65 noch einmal 3...4 dB gewonnen. **Tabelle 2** zeigt einen Vergleich verschiedener Sendarten :

Tabelle 2: Angenäherter Empfindlichkeitsvergleich für CW, JT65B und WSPR

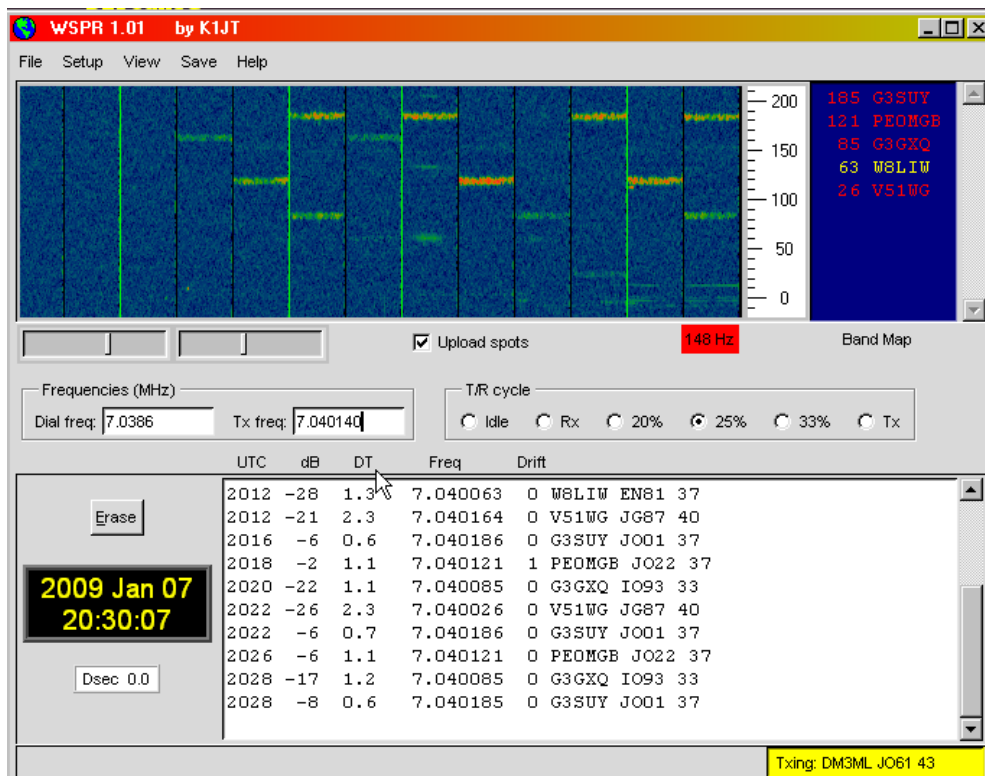
	Schwelle S/N in dB
CW (beste menschliche OPs)	-18
JT65B (KV-Dekoder)	-24
JT65B (KV-Dekoder, 3 Durchläufe)	-27
JT65B (Tiefensuche)	-28
WSPR	-29
WSPR (3 Durchläufe)	-32

Voraussetzung für diese Tabelle sind weißes Rauschen, kein Fading und eine Dopplerverschiebung von weniger als 1 Hz. Die S/N-Werte beziehen sich auf einen Standard-SSB-Kanal mit einer Bandbreite von 2500 Hz. Ausbreitungswege dieser Art sind auf LW, MW und den meisten KW-Pfaden anzutreffen, die Amateure interessieren. WSPR wurde auch auf 144 MHz erfolgreich getestet, weiter oben ist es aber wegen der deutlichen Dopplerverschiebung nicht mehr einsetzbar.

WSPR als Bakenprogramm

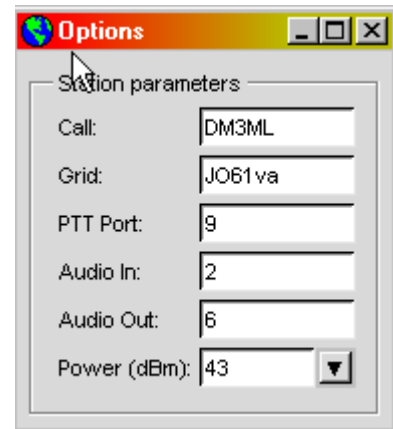
WSPR wurde von K1JT im Mai 2008 zuerst als Linux-Programm angeboten, das man über eine Reihe von Kommandozeilen steuern und zum Leben erwecken konnte. Inzwischen hat es eine solide Bedienoberfläche erhalten und ist problemlos auf Windows-Rechnern zum Laufen zu bringen. Die Version 1.01 von WSPR ist aktuell als WSPR101r1023.EXE bei [8] abholbar. Wie bei allen Programmen von Joe, K1JT, ist der Programmcode eine ‚offene Quelle‘ (open source) und alle Interessenten sind eingeladen, ihre eigenen Ideen und Verbesserungen einzubringen.

Wird WSPR gestartet, öffnet sich dieses Fenster (**Bild 1**) (WSPR_Main) :



Vor den ersten Versuchen müssen über den Menüpunkt Setup (Bild 2) (WSPR-Options) die eigenen Daten, die für den RX- und den TX-Kanal zu verwendende Soundkarte und die Schnittstelle für die PTT-Steuerung eingestellt werden .

Bild 3 (WSPR-Soundkarten) liefert die Daten für die Kennziffer der Soundkartenkanäle (hier 2 (RX) und 6 (TX)) verwendeten microHAM-Digikeyers (USB-Audio-Codec). Der PTT-Port steht für die CAT-Schnittstelle und ihrem Signal RTS, mit dem unter WSJT/WSPR die PTT geschaltet wird. Unter Power wird die am Transceiver eingestellte Sendeleistung für den Bakenbetrieb ausgewählt. Übliche Werte liegen zwischen 100 mW (=20 dBm) und 10 W (=40 dBm) in Stufen von 1, 2 und 5 (0 dB, +3 dB, +7dB).



des

```

WSPR
*****
WSPR Version 1.01_r1023 , by K1JT
Run date:   Wed Jan 07 19:45:16 2009 UTC

Audio      Input      Output      Device Name
Device     Channels  Channels
-----
0          2          0          Microsoft Soundmapper - Input
1          2          0          Realtek HD Audio Input
2          2          0          USB Audio CODEC
3          0          2          Microsoft Soundmapper - Output
4          0          2          USB Audio
5          0          2          Realtek HD Audio output
6          0          2          USB Audio CODEC

User requested devices:  Input = 2   Output = 6
Default devices:       Input = 0   Output = 3
Will open devices:     Input = 2   Output = 6
*****

```

Für die Bakenfrequenzen werden in [5] diese Werte angegeben :

- 1,8366 MHz
- 3,5926 MHz
- 7,0746 bzw. 7,0386 MHz
- 10,1387 MHz
- 14,0956 MHz
- 18,1046 MHz
- 21,0946 MHz
- 24,9246 MHz
- 28,1246 MHz
- 50,293 MHz

Nach eigenen Beobachtungen ist die Hauptaktivität tagsüber auf 30m und abends/nachts auf 40m zu finden. Der Bakenbetrieb auf den oberen Bändern ist wegen der NCDXF-Baken nicht so interessant. Baken auf 137 kHz und 500 kHz dürften sicher ihre Zuhörer finden.

Die in der Aufstellung genannte Frequenz ist am Transceiver (USB) einzustellen und im Feld ‚Dial freq‘ einzutragen. Die eigentliche Sendefrequenz steht dann im Feld ‚Tx freq‘ und ergibt sich aus dem am VFO eingestellten Wert + 1500 Hz (Kennfrequenz von WSPR) + gewählte Ablage zwischen -100 Hz und +100 Hz. Entsprechend der nach eigener Wahl eingestellten Ablage wird die WSPR-Tonfrequenz entsprechend korrigiert. Sie sollten die Frequenz am Transceiver aufs Hz genau einstellen und die Uhr Ihres PC mit einer Atomzeit-Uhr aus dem Internet synchronisieren.

Nach Einstellung aller benötigten Daten wird WSPR mit einem Klick in das Feld RX gestartet. Im Feld rechts unten erscheint vor einem rosa Hintergrund die Information : Waiting for start (Warten auf den Start). Das Zeitraster von WSPR läuft in Zwei-Minuten-Schritten, also 00, 02, 04 ..Erreicht die Uhr den nächsten Slot (Zeitschlitz) wird das Feld grün und meldet ‚Receiving‘. Kurz vor Ende des 2-Minutenabschnitts schaltet WSPR wieder auf ‚Waiting for start‘ und dekodiert den eingelaufenen Datenstrom von knapp 111 s Länge. WSPR tastet einen 200 Hz breiten Frequenzbereich nach Signalen ab. In Bild 1 liegt dieser bei 7038600 Hz (am Tcwr eingestellt) +1500 Hz (WSPR-

Kennfrequenz= (7040100 +/- 100)Hz , also zwischen 7.0400 und 7.0420 MHz. Nach der Dekodierung erscheint das erste hellblaue Feld rechts im Wasserfall links von der von 0..100..200 laufenden Frequenzskala und rechts in Bandmap (Bandskala) erscheinen die Rufzeichen der gehörten Stationen mit ihrer zur Skala passenden Frequenzangabe. Mit der Farbcodierung eines Rufzeichens in der Bandskala wird angezeigt, wie lange eine Station nicht mehr gehört worden ist . Die Stationen der letzten 15 Minuten sind rot, Stationen von vor 15...30 Minuten werden gelb, von vor 30..45 Minuten hellgrau und von vor 45-60 Minuten dunkelgrau. Ältere Rufzeichen werden aus der Liste entfernt.

Die Dicke des Strichs im Wasserfall lässt einen Schluss auf die Signalstärke der gehörten Station zu. Genauere Angaben liefert das Berichtsfenster unter dem Wasserfall. Hier werden die Uhrzeit in UTC, Signalstärke in dB, Zeitabstand DT in Sekunden, Empfangsfrequenz, Frequenzdrift in Hz, Rufzeichen, Lokator und Sendeleistung der empfangenen Bake angezeigt.

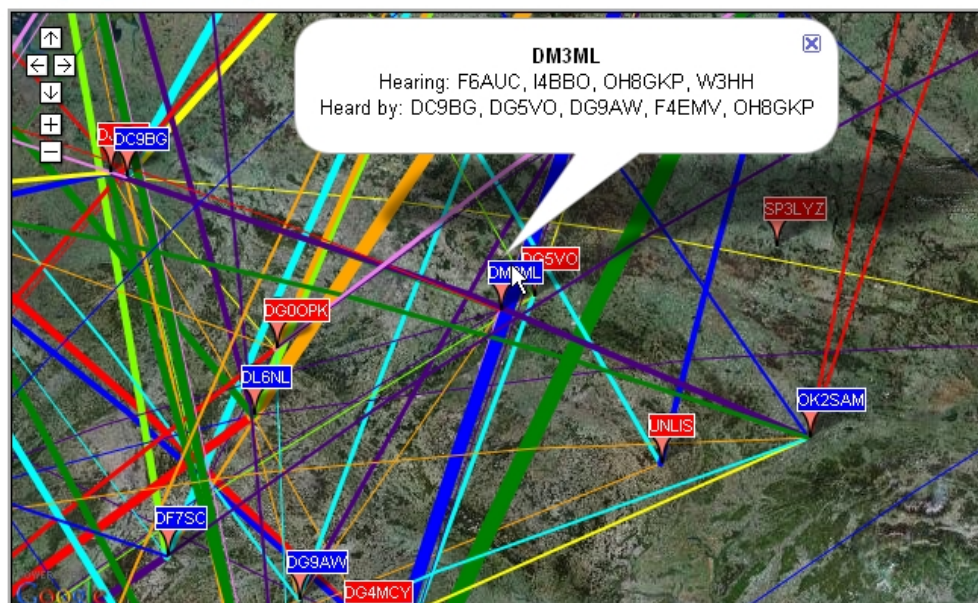
Wenn im Feld ‚Upload spots‘ ein Haken gemacht wurde, wird die Sache richtig spannend. Die aktiven Baken hören nicht nur mit (RX markiert), sondern haben einen Haken bei 20/25/33% gemacht. Sie senden dann alle 10/8/6 Minuten einen 2-Minuten-Durchgang. Im Rest der Zeit werden die empfangenen 2-Minuten-Durchgänge jeweils ausgewertet, dekodiert und über einen Internetlink an das WSPR-Netz [9] gemeldet. Loggt man sich als Bakensender gleichzeitig beim WSPR-Netz ein, kann man schon nach dem ersten eigenen Sendedurchgang das Ergebnis sehen und kommt ins Staunen ((Bild 4)(WSPR_09Jan09_30m_4.bmp). Im Menü der WSPR-Datenbank kann man sich das Band, das gemeldete (eigene) Rufzeichen oder das Rufzeichen des Melders herausuchen.

WSPR Spot Database												
Date	Call	Frequency	SNR	Drift	Grid	Power		Reported		Distance		
						dBm	W	by	loc	km	mi	
2009-01-09 10:40	DM3ML	10.140228	-23	0	JO61va	+40	10.000	7L1RLL	EM95so	9024	5607	
2009-01-09 10:40	DM3ML	10.140213	+3	0	JO61va	+40	10.000	G8EUX	IO92md	1025	637	
2009-01-09 10:40	DM3ML	10.140245	-17	-1	JO61va	+40	10.000	ZL2FT	RF70mb	18113	11255	
2009-01-09 10:40	DM3ML	10.140220	+0	0	JO61va	+40	10.000	TF3HZ	HP94ad	2530	1572	
2009-01-09 10:40	DM3ML	10.140218	-5	0	JO61va	+40	10.000	OH3QN	KP20tx	1325	823	
2009-01-09 10:40	DM3ML	10.140231	+3	0	JO61va	+40	10.000	OH8GKP	KP24qt	1673	1040	
2009-01-09 10:40	DM3ML	10.140111	-26	0	JO61va	+40	10.000	G0CBM	IM57xd	2312	1437	

Bei diesem Test hat DM3ML auf 30m mit 10W (+40dBm) an einer AV-640-Vertikal gesendet. Spitzenergebnis waren 16 Meldungen bei einem ersten Durchgang. Verringert man die Leistung der Bake oder verwendet man eine andere Antenne, kann man in der Spalte SNR den Pegel bei der Gegenstation verfolgen, wird bei QRP sicher auch eine Abnahme der Zahl der Meldungen registrieren, sich aber doch über die meldenden Rufzeichen freuen.

Das WSPR-Netz hat ein weiteres interessantes Spielzeug. Es zeigt auf einer zoom-baren Google-Weltkarte die verschiedenen Baken an und wer wen auf welchem Band gehört hat (hier für einen Test auf 40m). (Bild 5) (MapMitDM3ML_1.bmp) :

Propagation Map



FSK441	F7
JT6M	Shift+F7
JT65A	F8
JT65B	Shift+F8
JT65C	Ctrl+F8
CW	Shift+Ctrl+F8
JT2	
JT4A	
JT4B	
JT4C	
JT4D	
JT4E	
JT4F	
JT4G	
✓ WSPR	
JT64A	

QSO-Betrieb mit WSPR unter WSJT7

Mit Version 7 wurde WSPR als Sendart in das Programmpaket von WSJT7 aufgenommen und ist damit gleichwertig mit den anderen Modi auswählbar ([Bild 6](#)) (WSJT_Modi.bmp).

Wer bereits QSOs mit JT65 gefahren hat, muss nicht umlernen, sondern nur diese Punkte beachten :

- Periodendauer

Die Dauer einer Sende- bzw. Empfangsperiode hat sich von 1 min auf 2 min geändert. Ein WSPR-QSO dauert mindestens doppelt solange wie ein JT65-QSO. Wird mit QRO gefahren, muss die arme Endstufe jetzt 2 min Dauerstrich am Stück aushalten.

- Kodierung

Pro Durchgang kann nur ein Rufzeichen voll kodiert werden. Dafür sind 28 Bit reserviert. Das zweite Rufzeichen wird in einem sogenannten Hash-Code verpackt. Dafür sind 15 Bit vorgesehen. In Hash-Code kodierte

Nachrichten werden in <...> gesetzt. Der Hash-Code ist nicht so robust wie der sonst von WSPR verwendete Code. Ist aber ein voll kodierte Rufzeichen beim Anruf zweifelsfrei erkannt worden, sorgt das Ablaufschema beim QSO dafür, dass das später im Hash-Code gesendete Rufzeichen richtig zugeordnet wird. Schwierigkeiten haben nur dritte Stationen, die das Mithören erst während eines QSOs starten. Sie erhalten u.U. nur die Meldung <...> und müssen das Rufzeichen mehrmals mitschreiben, ehe es richtig dekodiert wird.

- Festtexte (Macros)

WSPR hat mit seinen 162 möglichen Symbolen größere Möglichkeiten nicht nur Rufzeichen, Rapport und RRR oder 73 zu übermitteln. Diese neuen Nachrichtentypen können Sie der [Tabelle 3](#) entnehmen, die die Möglichkeiten und Beispiele dafür wiedergibt.

Vorlage	Mögliche Nutzung
CQ call grid	CQ DM3ML JO61
CQ p/call	CQ OK/DM3ML
<call 1> call 2	<K1JT> DM3ML
DE call grid	DE DM3ML JO61
DE p/call	DE OK/DM3ML
call 1 <call 2> rpt	K1JT <DM3ML> S4
QRZ call	QRZ DM3ML
p/call rpt	OK/DM3ML S3
call 1 <call 2> R rpt	K1JT <DM3ML> R S4
p/call R rpt	OK/DM3ML R S3
<call 1> call 2 RRR	<DM3ML> K1JT RRR
call 1 <call 2> RRR	DM3ML <K1JT> RRR
DE p/call RRR	DE OK/DM3ML RRR
73 DE call grid	73 DE DM3ML JO61
73 DE p/call	73 DE OK/DM3ML
TNX name 73 GL	TNX WILLIAM 73 GL
OP name 73 GL	OP EIKE 73 GL
pwr W DIPOLE	5 W DIPOLE
pwr W VERTICAL	10 W VERTICAL
pwr W gain DBD	1 W 0 DBD
pwr W gain DBD	1500 W 21 DBD
PSE QSY freq KHZ	PSE QSY 1811 KHZ
WX wx temp F/C wind	WX SNOW -5 C CALM
freetext	CUL JACK

Alle in Großbuchstaben geschriebenen Zeichenketten erscheinen so wie in der Vorlagenspalte. Alle in Kleinbuchstaben geschriebenen Zeichenketten können durch eigene Daten ersetzt werden, z.B. call=DM3ML, grid=JO61, rpt=S1 bis S9, name=WILLIAM, wx=SNOW, freetext=CUL JACK und so weiter.

Der Platzhalter **p/** steht für ein zusätzliches Prefix oder Suffix wie ZB2/DF2ZC oder DH7FB/p. Diese Zusatzinformation nimmt den Platz für den sonst gesendeten WW-Lokator oder ein Rufzeichen im Hash-Kode ein.

Die in Kleinbuchstaben geschriebenen Zeichenketten **pwr**, **gain**, **temp** und **freq** stehen für Zahlen. Für Wetterberichte stehen für **wx** die Zeichenketten **CLEAR**, **CLOUDY**, **RAIN** oder **SNOW** zur Verfügung. Der Platzhalter **temp** kann durch Angaben wie **76 F** oder **-5 C** ersetzt werden, für **wind** kann **CALM**, **BREEZES** oder **WINDY** verwendet werden. Namen können bis zu neun Buchstaben lang sein, der Freitext (**freetext**) kann jede Kombination von maximal acht Zeichen enthalten. Erlaubt sind Buchstaben, Ziffern, Leerzeichen und **. / ?**

Aus der Beschreibung [3] geht nicht hervor, ob die genannten Begriffe z.B. beim Wetter vorkodiert sind oder ob dafür beliebige Worte verwendet werden können. Sie sollten daher am genannten Schema festhalten. Die genannten Texte werden in der Zeile Tx6 mit einem Rechtsklick aufgerufen und editiert und von dort auch gesendet.

- Rapporte

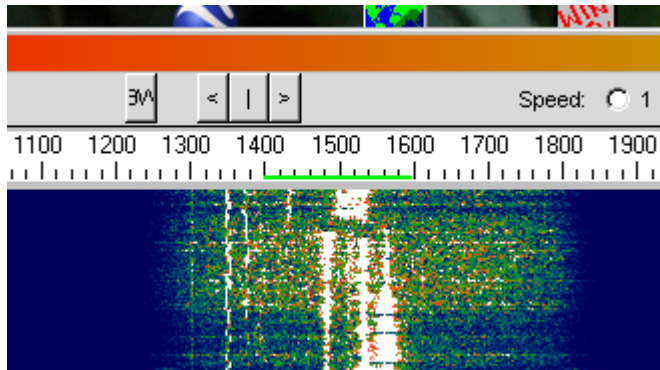
Die Signalrapporte werden aus dem protokollierten Signal/Rausch-Verhältnis abgeleitet. S1 steht für -30dB, S2 für -27dB, S3 für -24dB bis zu S9=-6dB. Hörbar werden die Signale etwa ab S5 bis S6.

- Betriebstechnik

Wenn Sie links doppelt auf ein empfangenes Rufzeichen klicken (Bild 7) (WSJT7_WSPR_10Jan09_30m_1.bmp), wird das Call in das Feld ‚To Radio‘ übernommen, die Festtexte Tx1 bis Tx 6 werden erzeugt und aus der protokollierten Feldstärke auch gleich der Signalrapport im Fenster Rpt (hier S8) abgeleitet.

The screenshot shows the WSJT7 software interface. At the top, there's a menu bar with options like File, Setup, View, Mode, Decode, Save, Band, and Help. Below the menu is a spectrum plot showing signal activity. To the right of the plot, a cyan box displays moon phase information: Moon, Az: 337.95, El: -11.31, Dop: -100, Dgrd: -2.8. Below the plot is a table of received signals with columns for FileID, Sync, dB, DT, DF, and Drift. The table contains several entries, including calls like IKLJWS, OZ1PIF, DL3YDY, HB9TJM, and I4BB0. Below the table is a control panel with buttons for Log QSO, Stop, Monitor, Save, Decode, Erase, Clear Avg, Include, Exclude, and TxStp. The Monitor button is highlighted in green. Below the control panel is a section for 'To radio:' with a text field containing 'IW2GOB' and a 'Lookup' button. There are also checkboxes for 'Zap', 'NB', 'Ereze', and 'AFC'. To the right of this section is a list of transmission templates (Tx1 to Tx6) with radio call signs and report codes. At the bottom of the interface, there's a status bar showing '1.0000 1.0067 WSPR Freeze DF: 0 Rx noise: 5 dB TR Period: 120 s' and a green 'Receiving' button.

FileID	Sync	dB	DT	DF	Drift
084000	9	-3	0.9	-3	-1
084000	4	-22	0.7	75	0
084200	6	-20	1.2	-4	0
084200	9	-4	1.1	12	0
084200	8	-10	-0.1	33	0
084400	7	-15	-0.7	33	0
084600	5	-6	1.2	12	0
084600	6	-14	-0.8	33	0



Klicken Sie doppelt mit der rechten Maustaste auf ein Rufzeichen wird zusätzlich die ‚Auto Tx‘ -Funktion aktiviert, die richtige Zeitlage ‚Tx first‘ (an oder aus) gewählt und die Station mit dem Festtext Tx1 im nächsten Zeitschlitz (Slot) angerufen. Wollen Sie eine Station auf Schwebungs-Null anrufen, identifizieren Sie deren Signal im WSJT-Wasserfall (Bild 8) (WSJT7_WSPR..Spektrum_1.bmp), setzen den Kreuz-Cursor darauf (Anzeige DF beachten) und klicken links. Die grüne Skala

springt ein Stück entsprechend der gewählten Ablage. Anschliessend übernehmen Sie die Ablage mit einem Klick auf die Taste TxDF auch für das Sendesignal. Das gleiche Verfahren verwenden Sie beim eigenen CQ-Ruf, wenn Sie Ihr Signal auf eine freie Stelle im 200Hz-breiten Bereich setzen wollen.

Eigene Erfahrungen

Der Bakenbetrieb mit WSPR klappte auf Anhieb und macht großen Spaß. Trotz einiges zeitlichen Aufwands ist es mir aber bisher aus Mangel an einem Partner nicht gelungen, ein WSPR-QSO unter WSJT zustande zu bringen. Rufen Sie mit WSJT selbst CQ oder beobachten Sie unter WSPR die Bakenmeldungen. Wenn anstelle der Zeichenfolge <call> <grid> <pwr> die Folge CQ <call> <grid> erscheint, lohnt es sich, das Programm WSJT anzuwerfen.

Bitte halten Sie den von WSJT vorgegebenen Ablauf für MS- und EME-QSOs auch bei QSOs mit WSPR ein. Senden Sie erst ein R, wenn Sie beide Rufzeichen und den Rapport empfangen haben und erst dann ein RRR, wenn auch das R der Gegenstation angekommen ist. Erst danach ist das QSO gültig !

Viel Spass mit der Suche nach Signalen „unter der Grasnarbe !“

Eike, DM3ML (www.mydarc.de/dm3ml)