

Digitale Kommunikation mit JT65 und JT9 über Kurzwelle mit WSJT-X

Stefan Endemann, DJ2SEA
23. Januar 2015

Was ist WSJT?

- WSJT ist eine Gruppe von Übertragungsprotokollen, die von dem amerikanischen Astrophysiker und Nobelpreisträger *Joe Taylor*, K1JT, zur Kommunikation mit schwachen Signalen entwickelt wurden.
- Die erste Version von WSJT (Weak Signal by Joe Taylor) wurde bereits 2001 veröffentlicht und war ursprünglich für EME-Verbindungen auf VHF und UHF, sowie für Meteorscatter gedacht.
- Heute werden auf die meisten Meteorscatter- und geschätzt die Hälfte der EME-QSOs auf VHF in WSJT durchgeführt.



Joe in seinem Shack [1]

Was ist WSJT?

- Durch die Verwendung von speziellen Fehlerkorrekturverfahren (Reed Solomon Code) wird das Dekodieren von Signalen ermöglicht, die mit dem Ohr bereits nicht mehr wahrnehmbar sind.
- Obwohl WSJT ursprünglich für die Verwendung auf VHF entwickelt wurde, erfreut es sich heute auf LW, MW und KW zunehmender Beliebtheit.
- Unter WSJT versteht man nicht *eine* Betriebsart, sondern eine Gruppe verschiedener Übertragungsprotokolle, die sich in Modulationsart, Zeitraster und Bandbreite unterscheiden und jeweils ihre eigenen Vorteile unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen haben.

Was ist WSJT?

Protokoll	Einsatzbereich
JTMS, FSK441	Meteorscatter
ISCAT, JT6M	Meteor- und Ionoscatter (speziell im 6-Meter-Band)
JT65	EME auf VHF / UHF, sowie QRP auf MW und KW
JT 9	speziell für LW-, MW- und KW-Bänder
JT4	EME auf den Mikrowellenbändern

- Für WSJT Verbindungen auf Kurzwelle hat sich zunächst JT65 etabliert, später ist das neuere und für die unteren Bänder optimierte JT9 hinzugekommen.
- JT65 und JT9 bilden die Schwerpunkte dieses Vortrages. Zunächst wird auf JT65 als älterer der beiden Modes eingegangen, später die Unterschiede und Gemeinsamkeiten mit JT9 erläutert.

Funktionsweise von JT65

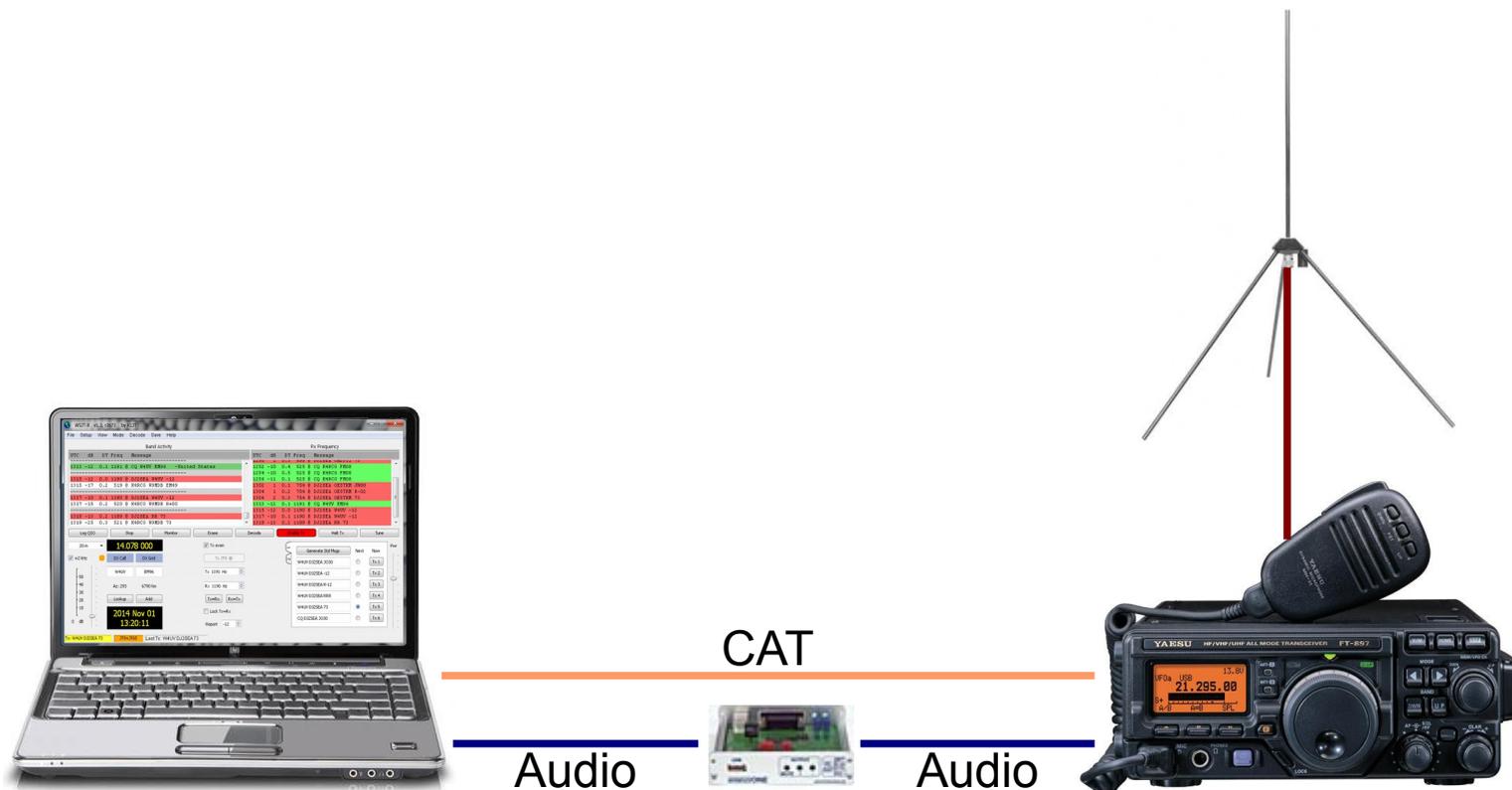
- JT65 verwendet ein 65-Ton FSK Verfahren mit konstanter Amplitude und ohne Phasensprünge.
- Es ist daher effizienter als beispielsweise CW, da eine deutlich höhere mittlere Ausgangsleistung erzielt wird.
- Durch die Verwendung einer effizienten Kodierung und Fehlerkorrektur können Signale auch dann noch korrekt dekodiert werden, wenn sie nur unvollständig, bruchstückhaft oder stark gestört empfangen wurden.
- Ferner besitzt FSK den Vorteil, dass es deutlich stabiler gegenüber Frequenzinstabilitäten als PSK ist, wie es beispielsweise bei den beliebten PSK-Betriebsarten verwendet wird.

Funktionsweise von JT65

- JT65 arbeitet in festen Zeitschlitzten mit einer Länge von einer Minute, die jeweils zur vollen Minute beginnen.
- Innerhalb dieser Minute entfallen ca. 48 Sekunden auf die Aussendung der Nachricht. Auf der Empfangsseite entfallen anschließend zunächst einige Sekunden auf das Dekodieren des empfangenen Signals und die restliche Zeit steht dem Operator zur Verfügung, zu reagieren und eine Antwort zu erstellen.
- Die Bandbreite des Signals beträgt ca. 178 Hz
- Innerhalb der NF-Bandbreite eines normalen TRX (2,5 kHz) können theoretisch mehr als 10 QSOs parallel gefahren werden, ohne sich gegenseitig zu stören.
- QSOs funktionieren häufig aber auch bei Überlappung.

Was wird für WSJT benötigt?

- Der Aufwand, um in WSJT QRV zu werden, ist vergleichsweise gering. In den meisten Fällen sind alle notwendigen Geräte bereits vorhanden.
- Wer in PSK oder RTTY QRV ist, „hat bereits alles“.



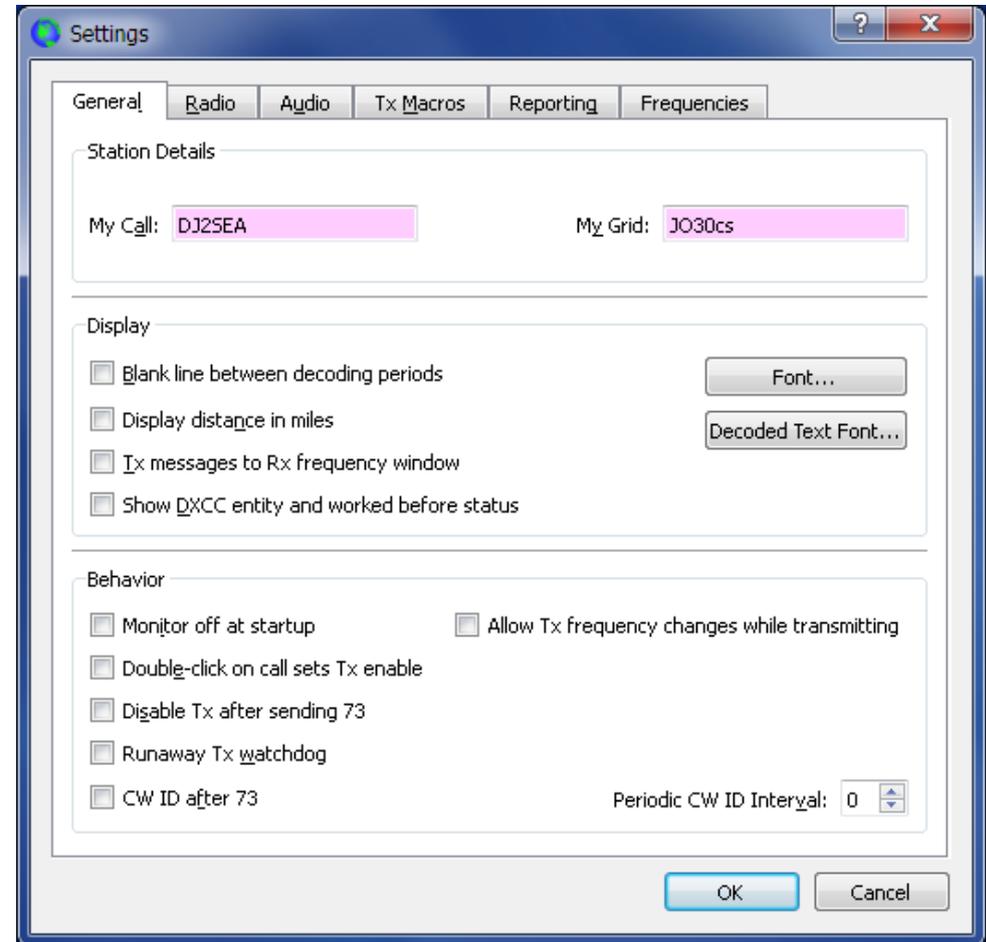
Installation der WSJT-X Software

- Die WSJT-X Software ist kostenlos als installierbares Programmpaket für Windows, Linux und für Macintosh OS X auf Joes Webseite erhältlich (siehe Links).
- Auf der gleichen Webseite ist eine englischsprachige Anleitung zu dem Programmpaket erhältlich.
- Für andere Betriebssysteme lässt sich das Programm auch aus den ebenfalls verfügbaren Quellen kompilieren.
- Bei der Installation unter Windows sollte man darauf achten, dass das Programm in einen Ordner installiert wird, an dem man Schreibrechte besitzt. Der vorgeschlagene Ordner ist sinnvoll.
- Nach Installation und Programmstart müssen zunächst einige Einstellungen vorgenommen werden.

Installation der WSJT-X Software

Konfiguration

- Das Konfigurationsmenü erreicht man über *File* → *Settings*.
- Hier sind unter *General* mindestens das eigene Rufzeichen sowie der QTH-Locator einzutragen.
- Unter *Radio* und *Audio* werden die Parameter der TRX-Schnittstelle sowie der Name der Soundkarte ausgewählt.



Bedienung der WSJT-X Software

The screenshot shows the WSJT-X v1.4.0-rc2 software interface. A callout box with a blue background and white text points to the noise floor (NF) control. The callout text reads: "NF Pegel einstellen (ohne Signal 30 dB)". The NF control is a vertical slider on the left side of the interface, with a scale from -4 dB to 50 dB. The current setting is approximately 30 dB. The interface also displays the frequency 3,576 000, the date and time 2014 Dez 23 22:35:45, and various control buttons like Monitor, Decode, and Enable Tx.

Bedienung der WSJT-X Software

The screenshot displays the WSJT-X software interface. On the left is a 'Wide Graph' showing a waterfall plot of frequency (200-3200 kHz) over time (10:45-10:56). A red box highlights a signal at approximately 800 kHz. The main window is titled 'WSJT-X v1.3, r3673 by K1JT' and contains a 'Band Activity' table and a control panel.

Band Activity				Rx Frequency					
UTC	dB	DT	Freq	Message	UTC	dB	DT	Freq	Message
1055	-2	0.2	561	# OE5FSL RV9WF 73					
1055	-2	0.1	761	# M-XMAS TU 73					
1055	-16	-0.1	1031	# 9A6T BDOAAI -14					
1055	-1	-0.5	1273	# BD7OXR SP800U KO10					
1055	-10	0.5	1855	# CHK UR TIME					
1055	-8	0.1	2106	# CQ PE1PIN JO32 ~Netherlands					
1055	-24	-0.4	2707	@ R3ZC DO3BHW -05					
1055	-7	0.0	2848	@ LA5JK VR2XMT -13					
1055	11	0.2	3017	@ DF4LB RL6YY 73					

1056	-14	0.5	805	# G6YEK RA9YGN NO13					
1056	-8	0.3	555	# RV9WF EA7XD IM77					
1056	-7	0.6	1034	# CQ 9A6T JN75 ~Croatia					
1056	-16	-0.2	1273	# CQ BD7OXR OL62 ~China					
1056	-1	-0.1	1639	# CQ UA6XES LM23 ~European Russia					
1056	-24	0.1	2610	@ CQ OE3EPW JN88 Austria					
1056	3	0.1	2708	@ DO3BHW R3ZC R-21					
1056	3	0.0	2847	@ VR2XMT LA5JK R-13					
1056	-20	0.2	3016	@ RL6YY DF4LB 73					

The control panel includes a frequency display showing 21.076 000, a mode selector set to JT9+JT65, and a date/time display showing 2014 Dez 26 10:57:14. It also features buttons for 'Log QSO', 'Stop', 'Monitor', 'Erase', 'Decode', 'Enable Tx', 'Halt Tx', and 'Tune'. A 'Generate Std Msgs' section is visible on the right.

Ablauf eines JT65 QSO

- Im Normalfall dauert ein JT65 QSO 7 Minuten. Häufig wird es aber auf 6 Minuten verkürzt, um ohne Pause im Zeitraster zu bleiben.

Zeit	Vollständiges QSO	Verkürztes QSO
1'	CQ JG6CDH PM43	CQ BI7PFN OL62
2'	JG6CDH DJ2SEA JO30	BI7PFN DJ2SEA JO30
3'	DJ2SEA JG6CDH -21	DJ2SEA BI7PFN -20
4'	JG6CDH DJ2SEA R-17	BI7PFN DJ2SEA R-16
5'	DJ2SEA JG6CDH RRR	DJ2SEA RRR 73
6'	JG6CDH DJ2SEA 73	BI7PFN DJ2SEA 73
7'	DJ2SEA JG6CDH 73	CQ BI7PFN JO30
8'	<i>... Pause ...</i>	...
9'	CQ JG6CDH PM43	...
10'

Ablauf eines JT65 QSO (vollständig)

WSJT-X v1.3, r3673 by K1JT

File Setup View Mode Decode Save Help

Band Activity

UTC	dB	DT	Freq	Message
0940	-2	0.3	1875	# LA5JK UT7KF R-10
0941	-16	-0.1	2098	# CQ JG6CDH PM43 Japan
0941	-1	0.0	425	# CQ LB2UD DX Norway
0941	-15	0.3	1002	# CQ PA3HGE JO21 ~Netherlands
0941	-22	0.2	1274	# CQ JH1NLE QM05 Japan
0941	-5	0.3	1687	# RW9CC RU6B R-08
0941	-2	0.1	1876	# UT7KF LA5JK 73

Rx Frequency

UTC	dB	DT	Freq	Message
0933	-8	1.5	1678	# RW9CC SP1TMH JO7
0933	-16	-0.1	2099	# CQ JG6CDH PM43
0935	-17	-0.3	2098	# DJ2SEA JG6CDH -2
0937	-19	-0.1	2098	# DJ2SEA JG6CDH RR
0939	-21	-0.1	2098	# DJ2SEA JG6CDH 73
0941	-16	-0.1	2098	# CQ JG6CDH PM43

Log QSO Stop Monitor Erase Decode Enable Tx Halt Tx

17 m **18.102 000**

+2 kHz DX Call DX Grid

JG6CDH PM43

Az: 45 9122 km

Lookup Add

2014 Dez 26 09:42:01

Tx even

Tx JT65 #

Tx 2099 Hz

Rx 2098 Hz

Tx=Rx Rx=Tx

Lock Tx=Rx

Report -17

Generate Std Msgs

JG6CDH DJ2SEA JO30

JG6CDH DJ2SEA -17

JG6CDH DJ2SEA R-17

JG6CDH DJ2SEA RRR

JG6CDH DJ2SEA 73

CQ DJ2SEA JO30

Tx 4

Tx 5

Tx 6

Receiving JT9+JT65 Last Tx: JG6CDH DJ2SEA 73

Ablauf eines JT65 QSO (verkürzt)

The screenshot displays the WSJT-X v1.3, r3673 interface. The main window is divided into several sections:

- Band Activity:** A table showing received signals. The selected entry is: UTC 1145, dB -10, DT -0.2, Freq 1517, Message # CQ OK1DCM JN69 !Czech Republic.
- Rx Frequency:** A table showing received signals. The selected entry is: UTC 1129, dB -8, DT -0.1, Freq 1272, Message # CQ BI7PFN OL62.
- Control Panel:** Includes buttons for Log QSO, Stop, Monitor (highlighted in green), Erase, Decode, Enable Tx (highlighted in red), Halt Tx, and Tune. It also features a frequency display (28.076 000), a mode selector (10 m), and various settings like Tx even, Tx JT65 #, Tx 2200 Hz, Rx 2196 Hz, Tx=Rx, Rx=Tx, Lock Tx=Rx, and Report -1.
- Message Queue:** A list of messages with 'Next' and 'Now' columns. The selected message is: BG7JD RRR 73, Tx 4.
- Status Bar:** Shows 'Receiving', 'JT9+JT65', and 'Last Tx: BG7JD RRR 73'.

JT65 – Sendebetrieb

- Vor dem Senden ist die Uhrzeit des PC zu prüfen.
- Typischerweise wird in WSJT auf Kurzwelle mit geringer Leistung gearbeitet – Ausnahmen bestätigen wie immer die Regel.
- Auf Grund des konstanten Pegel ist die Linearität der Endstufe nicht relevant. Es könnten theoretisch Class-C Endstufen verwendet werden.
- Das NF-Signal muss sauber sein und darf nicht begrenzen („clippen“). Andernfalls kommt es zu Störungen.

JT65 / JT9 - Unterschiede und Gemeinsamkeiten

- Der zeitliche Ablauf des QSO ist für JT65 und JT9 identisch.
- Es werden nur neun anstelle von 65 Tönen für FSK verwendet. Dadurch wird die Bandbreite des Signals auf 16 Hz reduziert und es können bis zu zehn mal mehr Stationen im gleichen NF Spektrum arbeiten.
- JT9 bietet eine verbesserte Großsignalfestigkeit.
- JT9 ist weniger robust gegenüber Störungen.
- Es lassen sich etwa 3 dB schwächere Signale dekodieren (Weniger Leistung oder größere Entfernung möglich).

JT65 / JT9 - Unterschiede und Gemeinsamkeiten

	JT65	JT9
Modulationsverfahren	65-PSK (64 Daten + 1 Sync → 6 Bit)	9-PSK (8 Daten + 1 Sync → 3 Bit)
Bandbreite	177,6 Hz	15,6 Hz
Rapport	-30 dB bis -1 dB (über -10 dB nicht linear)	-50 dB bis +49 dB (Bereich recht linear)
Dekodier- wahrscheinlichkeit	fast 100% bei -22 dB ca. 50% bei -24 dB	fast 100% bei -24 dB ca. 50% bei -26 dB
Funktion bei überlappenden Signalen	funktioniert häufig	schlecht
Robustheit gegenüber starken Signalen (QRO)	mäßig	gut
Robustheit gegenüber Störungen (QRM)	mittel	gering
Angebot an aktiven Stationen	mittel	mäßig, aber stetig wachsend (häufig USA)

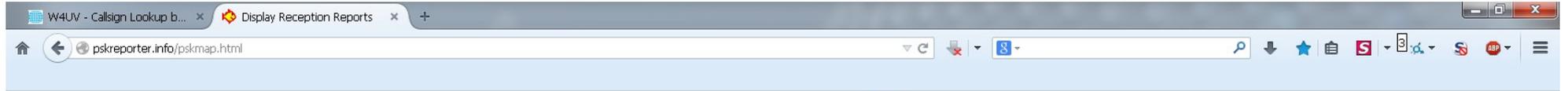
WSJT – Frequenzen

Band	Frequenz
LW	136,13 kHz
MW	474,2 kHz
160 m	1,838 MHz
80 m	3,576 MHz
60 m	5,357 MHz
40 m	7,076 MHz
30 m	10,138 MHz
20 m	14,076 MHz

Band	Frequenz
17 m	18,102 MHz
15 m	21,076 MHz
12 m	24,917 MHz
10 m	28,076 MHz
6 m	50,276 MHz
4 m	70,091 MHz
2 m	144,489 MHz

- JT9 findet üblicherweise 2 kHz oberhalb von JT65 statt.
- Die Frequenzen kollidieren teilweise mit den in DL gültigen Bandplänen.
- In DL ist nicht auf allen Bändern Sendebetrieb gestattet.

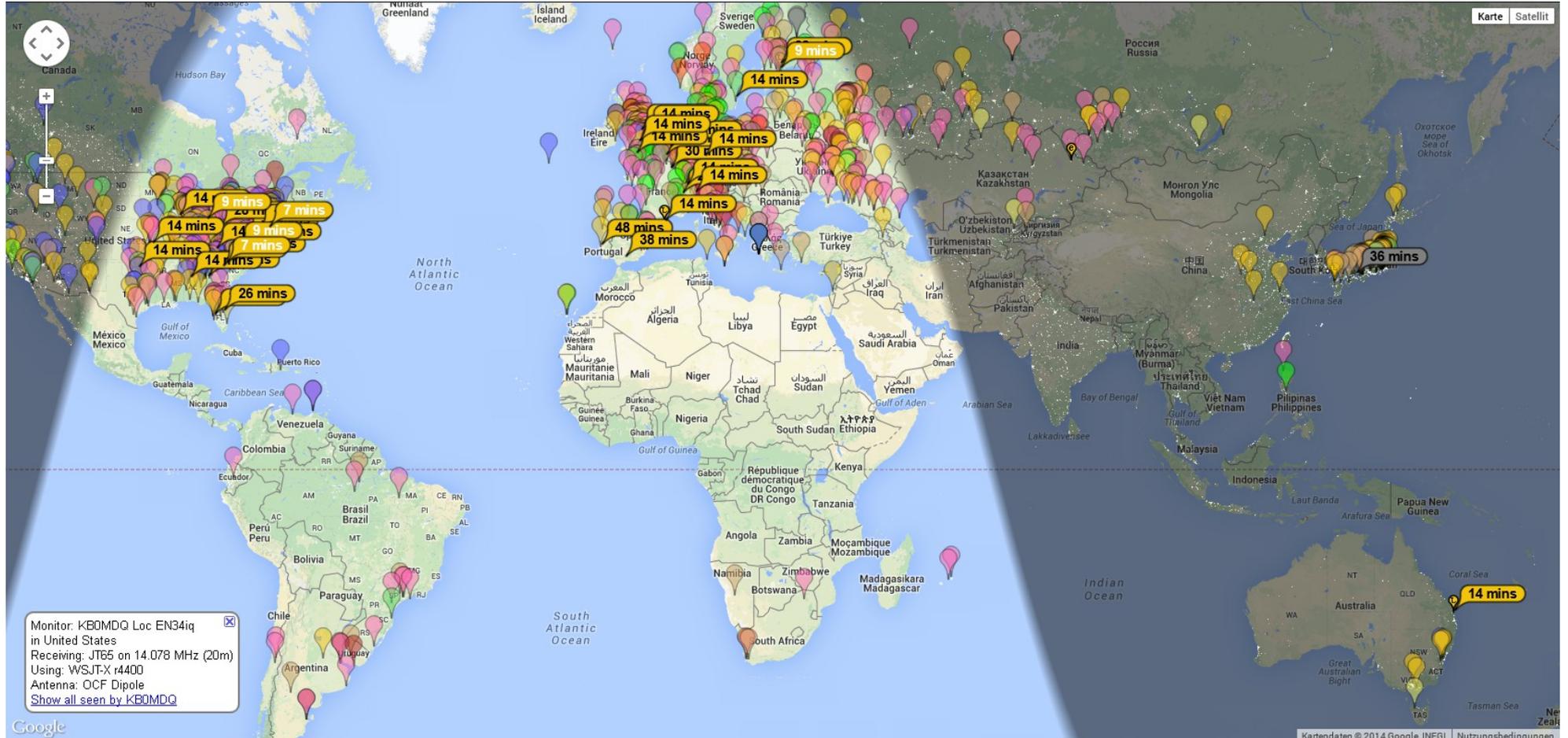
PSK Reporter



On **all bands** show **signals** sent/rcvd by **the callsign** **DJ2SEA** using **all modes** over the last **1 hour** [Go!](#) [Display options](#) [Permalink](#)

Monitoring DJ2SEA (last heard 7 mins ago). Automatic refresh in 5 minutes. Small markers are the 50 transmitters ([show logbook](#)) heard ([distance chart](#)) at DJ2SEA (241 reports, 40 countries last 24 hours; 299 reports, [42 countries](#) last week).

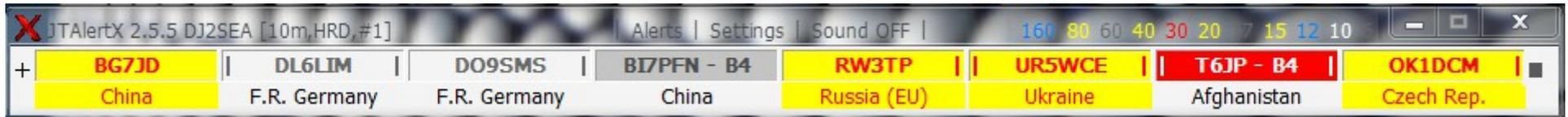
There are [972 active monitors](#): [324 on 10m](#), [263 on 20m](#), [109 on 15m](#), [77 on 40m](#), [39 on 11m](#), [33 on 30m](#), [22 on 12m](#), [19 on 17m](#), 15 on unknown, [15 on 2200m](#), [5 on 2m](#), [3 on 80m](#), [3 on 160m](#), [2 on 600m](#). [Legend](#)



[System statistics](#). Comments, problems etc to [Philip Gladstone](#). [Online discussion](#) of problems/issues. Last modified: 12.8.2014 04:21:28 Reception records: 546,628,922 [3+1](#) [306](#)

PSKREPORTER.INFO

JTAlert – Ein nützliches Hilfsprogramm



- JTAlert ist ein Hilfsprogramm für WSJT-X
- Signalisiert optisch und akustisch die Aktivität ausgewählter Stationen (DXCC, CQ-Zone, WAS, etc.).
- Zeit vorangegangene QSO und Bandaktivitäten an.
- Bindet WSJT-X an die Datenbanken gängiger Logbuchprogramme an (z.B. DXLab, Log4OM, HRD, MixW oder Ausgabe aus Standard-ADIF)
- Anbindung an Rufzeichen- und Onlinedatenbanken (QRZ.com, HamQTH, ClubLog.org oder HRDLog.net).
- Ermöglicht das Versenden von kurzen Textnachrichten.

Integration von JTAlert

The screenshot displays a Windows desktop environment with several software applications open. The primary application is WSJT-X v1.3, r3673 by K1JT, which is used for digital radio communication. The interface is divided into several sections:

- Wide Graph:** A waterfall plot showing signal activity across a frequency range from 200 to 3200 kHz. The plot shows several distinct signals, with a prominent one around 2500 kHz.
- JTAlertX 2.5.5 DJ2SEA [80m,HRD, #1]:** A window showing a list of active stations. The list includes call signs, names, and locations:

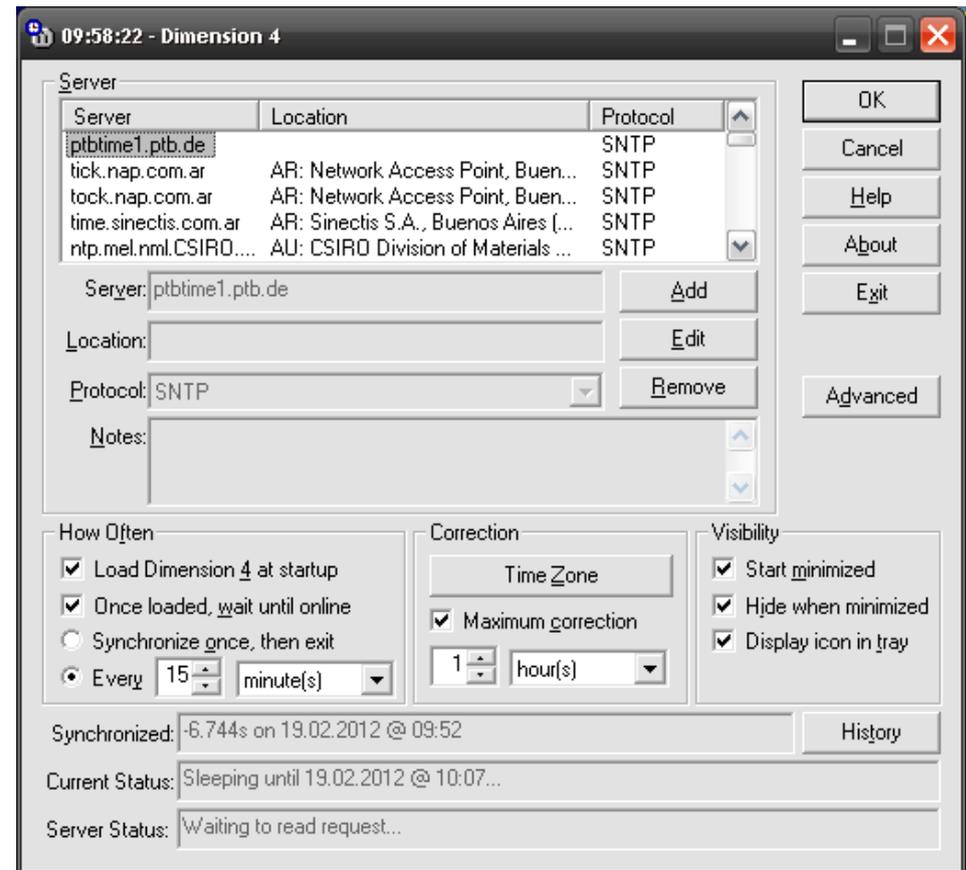
Call Sign	Name	Location
HA1AD		Hungary
G3VIR		England
W2GHD - NY		U.S.A.
N2DP - B4		U.S.A. - NJ
IK2DZN		Italy
- WSJT-X v1.3, r3673 by K1JT:** The main interface for the software. It features a 'Band Activity' table and a 'Rx Frequency' table.

Band Activity					Rx Frequency				
UTC	dB	DT	Freq	Message	UTC	dB	DT	Freq	Message
0444	-20	0.3	2518	@ DJ2SEA N2DP R-08	0436	-10	0.3	2519	@ DJ2SEA W4UEF FM15
0444	13	0.2	2943	@ CQ IK2DZN JN45 !Italy	0438	-11	0.2	2519	@ DJ2SEA W4UEF R-09
0444	-21	0.8	1309	# NQ4A YV5KAJ RRR	0440	-10	0.3	2519	@ DJ2SEA W4UEF 73
0444	-1	0.2	1802	# CQ G3VIR JO01 ~England	0442	-17	0.1	2518	@ DJ2SEA N2DP FN20
0444	-7	0.4	2023	# ACOLP W2GHD R-10	0444	-20	-0.3	2518	@ DJ2SEA N2DP R-08
-----					0446	-19	-0.1	2518	@ DJ2SEA N2DP 73
0446	-19	-0.1	2518	@ DJ2SEA N2DP 73	0446	-19	-0.1	2518	@ DJ2SEA N2DP 73
0446	12	0.3	2943	@ CQ IK2DZN JN45 !Italy					
0446	-1	0.2	1109	# CQ HA1AD JN87 ~Hungary					
0446	-1	0.3	1802	# CQ G3VIR JO01 ~England					
0446	-4	0.5	2023	# ACOLP W2GHD 73					
- Control Panel:** The bottom section of the WSJT-X window contains various controls, including a frequency display (3.576 000), a power meter, and a list of messages to be transmitted. The 'Generate Std Msgs' window shows a list of messages:

Message	Next	Now	Pwr
N2DP DJ2SEA JO30		Tx 1	
N2DP DJ2SEA -17		Tx 2	
N2DP DJ2SEA R-17		Tx 3	
N2DP RRR 73		Tx 4	
N2DP DJ2SEA 73		Tx 5	
CQ DJ2SEA JO30		Tx 6	

Synchronisation mit Zeitserver

- WSJT funktioniert nur dann, wenn die Zeitschlitzte exakt eingehalten werden.
- Der Rechner sollte daher mit einem Zeitserver im Internet synchronisiert werden.
- Programme (Beispiele):
 - Dimension 4 (Windows)
 - NTPD (Linux, Unix)
- Alternativ kann die Zeit auch manuell nach einer DCF77 Funkuhr eingestellt werden.



Dimension 4 (<http://www.thinkman.com/dimension4/>)

Warum sollte ich WSJT nutzen?

- Auch mit einfachsten Anlagen sind DX QSOs möglich.
- WSJT funktioniert auch dann noch, wenn andere Betriebsarten bereits versagen.
- WSJT ist sehr gut für den Portabelbetrieb mit einfachen Antennen und geringer Leistung geeignet.
- Weil es einfach Spaß macht!

Warum sollte ich WSJT nutzen?

Eine kleine Statistik über die letzten ~ 500 QSOs

- Dipolantennen
- Leistung typisch 10 W

Band	Anzahl QSOs	Mittlere Distanz	ODX
80 m	78	3656 km	VK6XT, 14.241 km
40 m	56	6204 km	VK7BO, 16.866 km
30 m	19	6249 km	VK7TR, 16.866 km
20 m	90	5595 km	VK2AJF, 16.602 km
17 m	67	7153 km	ZL2JBK, 18.508 km
15 m	119	7151 km	VK3SIM, 16.469 km
12 m	26	5813 km	PY2CX, 9.762 km
10 m	46	6734 km	ZL2JBK, 18.508 km
Summe	501	6080 km	ZL2JBK, 18.508 km

Quellenverzeichnis und Links

Quellen

- **[1] Foto K1JT:** http://www.arrl.org/images/view/News/K1JT_in_Shack.JPG

Links

- **WSJT Homepage:** <http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/>
- **WSJT-X Software:** <http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html>
- **PSK Reporter:** <http://pskreporter.info/>
- **Hamspots:** <http://hamspots.net/>
- **JT65 Kommunikationsprotokoll:** <http://www.arrl.org/files/file/18JT65.pdf>
- **JTAlert:** <http://hamapps.com/>
- **Dimension 4:** <http://www.thinkman.com/dimension4/d4time50.msi>