

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--------------------------|-----|
| 1. FT8 | 72 |
| 2. Benutzer:OE1VMC | 16 |
| 3. FSK441 | 30 |
| 4. FST4 | 44 |
| 5. FT4 | 58 |
| 6. JT4 | 86 |
| 7. JT65 | 100 |
| 8. JT6M | 114 |
| 9. JT9 | 128 |
| 10. MSK144 | 142 |
| 11. QRA64 | 156 |
| 12. WSPR | 170 |

FT8

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen
Visuell Wikitext

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

← Zum vorherigen Versionsunterschied

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

K (→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zum nächsten Versionsunterschied →

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .[https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

Zeile 10:

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 12:

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **
[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wshtx-doc/wshtx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wshtx-doc/wshtx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

```
{| class="wikitable"
```

|+Dial Frequency

1-

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

| style="text-align:right;" |630m

frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz

| style="text-align:right;" |160m

| style="text-align:right;" |1,840 MHz

```
| style="text-align:right;" |80m
```

| style="text-align:right;" |3,573 MHz

```
| style="text-align:right;" |60m
```

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div> freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \text{Tel:2048 / 12000}[\mathbf{2048 / 12000}] = 13.48s$. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen

Visuell Wikitext

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle: Iltext anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

← Zum vorherigen Versionsunterschied

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle: Quelltext anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

K (→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zum nächsten Versionsunterschied →

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .[https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **
[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die

Ausgabe: 05.05.2024 Dieses Dokument wurde erzeugt mit BlueSpice Seite 18 von 183

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|-----------------|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|--|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 630m |
| style="text-align:right;" | frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 160m |
| style="text-align:right;" | 1,840 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 80m |
| style="text-align:right;" | 3,573 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 60m |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ???,?? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ????,?? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ????,?? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ????,?? MHz | + | style="text-align:right;" ????,?? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

[K](#) ([→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8](#))

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

[Zum nächsten Versionsunterschied →](#)

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .<https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html> WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

Unterlagen zum Vortrag [<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|-----------------|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|--|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 630m |
| style="text-align:right;" | frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 160m |
| style="text-align:right;" | 1,840 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 80m |
| style="text-align:right;" | 3,573 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 60m |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \text{Tel:2048 / 12000}[\mathbf{2048 / 12000}] = 13.48s$. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen

Visuell Wikitext

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

← Zum vorherigen Versionsunterschied

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

K (→Digitale Betriebsarten im Detail: FT8)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zum nächsten Versionsunterschied →

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwele]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwele]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .[https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **

[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

{| class="wikitable"

{| class="wikitable"

|+Dial Frequency

|+Dial Frequency

|-

|-

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |630m

+ | style="text-align:right;" |freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |160m

+ | style="text-align:right;" |1,840 MHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |80m

+ | style="text-align:right;" |3,573 MHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |60m

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div> freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | |
|----------------------------------|---|------------------------------|
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen

Visuell Wikitext

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

← Zum vorherigen Versionsunterschied

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

K (→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zum nächsten Versionsunterschied →

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwele]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwele]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .[https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

Unterlagen zum Vortrag [<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

-

+

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

| | +Dial Frequency |
|---|--|
| - | style="text-align:right;" 2190m |
| - | style="text-align:right;" 136,130 kHz |

| | +Dial Frequency |
|---|--|
| + | style="text-align:right;" 2190m |
| + | style="text-align:right;" 136,130 kHz |
| + | style="text-align:right;" 630m |
| + | style="text-align:right;" freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| + | style="text-align:right;" 160m |
| + | style="text-align:right;" 1,840 MHz |
| + | style="text-align:right;" 80m |
| + | style="text-align:right;" 3,573 MHz |
| + | style="text-align:right;" 60m |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div> freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| – | Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . |
| | | | |
| – | Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X](#) v. 1.8.0 (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor](#), [K1JT](#) und [Steven J. Franke](#), [K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC](#) (174,91)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXPedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle: [IIText anzeigen](#))

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle: [Quelltext anzeigen](#))

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

[K](#) ([→Digitale Betriebsarten im Detail: FT8](#))

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

[Zum nächsten Versionsunterschied →](#)

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwele]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwele]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe <https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsitx-doc/wsitx-main-2.5.0.html> WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

Unterlagen zum Vortrag [<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[<http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf> The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [<http://www.arrl.org/qex> QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8_DXPedition_Mode.pdf FT8 DXPedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[<http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf> The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [<http://www.arrl.org/qex> QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

-

+

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|-----------------|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|--|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 630m |
| style="text-align:right;" | frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 160m |
| style="text-align:right;" | 1,840 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 80m |
| style="text-align:right;" | 3,573 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 60m |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? , ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ???? , ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ???? , ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ???? , ??? MHz | + | style="text-align:right;" ???? , ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X](#) v. 1.8.0 (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor](#), [K1JT](#) und [Steven J. Franke](#), [K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC](#) (174,91)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen

VisuellWikitext

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

← Zum vorherigen Versionsunterschied

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

K (→Digitale Betriebsarten im Detail: FT8)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zum nächsten Versionsunterschied →

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .[https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **
[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|-----------------|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|--|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 630m |
| style="text-align:right;" | frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 160m |
| style="text-align:right;" | 1,840 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 80m |
| style="text-align:right;" | 3,573 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 60m |

| | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|
| | | | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m | | |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m | | |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m | | |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m | | |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m | | |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m | | |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m | | |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m | | |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz | | |
| | - | | | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" | | |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | |
|----------------------------------|---|------------------------------|
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| – | Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . |
| | | | |
| – | Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle: [IIText anzeigen](#))

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle: [Quelltext anzeigen](#))

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

[K](#) ([→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8](#))

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

[Zum nächsten Versionsunterschied →](#)

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe <https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsitx-doc/wsitx-main-2.5.0.html> WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **

[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

```
{| class="wikitable"
```

|+Dial Frequency

1-

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

| style="text-align:right;" |630m

frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz

| style="text-align:right;" |160m

| style="text-align:right;" |1,840 MHz

```
| style="text-align:right;" |80m
```

| style="text-align:right;" |3,573 MHz

```
| style="text-align:right;" |60m
```

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;" </div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |

Zeile 103:

| | |
|---|------------------------------|
| | |
| | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 |

Zeile 124:

| | |
|---|------------------------------|
| | |
| | { class="wikitable" |
| + | style="text-align:right;" 0 |
| + | style="text-align:right;" 0 |
| + | style="text-align:right;" X |
| + | style="text-align:right;" 0 |
| + | style="text-align:right;" 0 |

| | | |
|----------------------------------|---|------------------------------|
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | | - |
| – style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen

VisuellWikitext

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

← Zum vorherigen Versionsunterschied

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC (Diskussion | Beiträge)

K (→Digitale Betriebsarten im Detail: FT8)

Markierung: Visuelle Bearbeitung

Zum nächsten Versionsunterschied →

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .[https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **
[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wshtx-doc/wshtx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wshtx-doc/wshtx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|-----------------|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |

| | +Dial Frequency |
|---------------------------|--|
| | - |
| style="text-align:right;" | 2190m |
| style="text-align:right;" | 136,130 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 630m |
| style="text-align:right;" | frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 160m |
| style="text-align:right;" | 1,840 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 80m |
| style="text-align:right;" | 3,573 MHz |
| | - |
| style="text-align:right;" | 60m |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;" </div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |

Zeile 103:

| | |
|---|------------------------------|
| | |
| | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 |

Zeile 124:

| | |
|---|------------------------------|
| | |
| | { class="wikitable" |
| + | style="text-align:right;" 0 |
| + | style="text-align:right;" 0 |
| + | style="text-align:right;" X |
| + | style="text-align:right;" 0 |
| + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

[K](#) ([→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8](#))

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

[Zum nächsten Versionsunterschied →](#)

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .<https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsitx-doc/wsitx-main-2.5.0.html> WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **
[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> **ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis**] von **Norbert Autengruber** [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> **OE4NAU**] und **Andreas Karner** [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> **OE3ANU**], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> **K1JT**]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> **K9AN**].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> **K1JT**] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> **K9AN**].

+ **FT8 verwendet denselben** [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> **LDPC**] (**174,91**)-Code wie **[[FT4]]**. Die Modulation ist eine **8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]])** bei **12000/1920 = 6,25 Baud**. Die

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

{| class="wikitable"

{| class="wikitable"

|+Dial Frequency

|+Dial Frequency

|-

|-

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |630m

+ | style="text-align:right;" |freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |160m

+ | style="text-align:right;" |1,840 MHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |80m

+ | style="text-align:right;" |3,573 MHz

+ |-

+ | style="text-align:right;" |60m

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div> freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| – | Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . |
| | | | |
| – | Siehe auch: [JT65], [JT4], [JT9], [JT6M], [QRA64], [MSK144], [FSK441] und [WSPR]. | + | Siehe auch: [FT4], [JT65], [JT4], [JT9], [JT6M], [QRA64], [MSK144], [FSK441], [FST4] und [WSPR]. |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

[K](#) ([→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8](#))

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

[Zum nächsten Versionsunterschied →](#)

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe <https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsitx-doc/wsitx-main-2.5.0.html> WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

**Unterlagen zum Vortrag **

[<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

```
{| class="wikitable"
```

|+Dial Frequency

1-

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

| style="text-align:right;" |630m

frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz

| style="text-align:right;" |160m

| style="text-align:right;" |1,840 MHz

```
| style="text-align:right;" |80m
```

| style="text-align:right;" |3,573 MHz

```
| style="text-align:right;" |60m
```

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;" </div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [JT65], [JT4], [JT9], [JT6M], [QRA64], [MSK144], [FSK441] und [WSPR]. | + | Siehe auch: [FT4], [JT65], [JT4], [JT9], [JT6M], [QRA64], [MSK144], [FSK441], [FST4] und [WSPR]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X](#) v. 1.8.0 (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor](#), [K1JT](#) und [Steven J. Franke](#), [K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC](#) (174,91)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

[Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen](#)

[Visuell Wikitext](#)

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

[← Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

[OE1VMC](#) ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

[K](#) ([→ Digitale Betriebsarten im Detail: FT8](#))

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

[Zum nächsten Versionsunterschied →](#)

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .<https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsitx-doc/wsitx-main-2.5.0.html> WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

Unterlagen zum Vortrag [<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx-doc/wsjtx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx-doc/wsjtx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8 DXpedition Mode.pdf FT8 DXpedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [http://www.arrl.org/qex QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2017**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

```
{| class="wikitable"
```

```
{| class="wikitable"
```

```
|+Dial Frequency
```

```
|+Dial Frequency
```

```
|-
```

```
|-
```

```
| style="text-align:right;" |2190m
```

```
| style="text-align:right;" |2190m
```

```
| style="text-align:right;" |136,130 kHz
```

```
| style="text-align:right;" |136,130 kHz
```

```
+ |-
```

```
+ | style="text-align:right;" |630m
```

```
+ | style="text-align:right;" |freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz
```

```
+ |-
```

```
+ | style="text-align:right;" |160m
```

```
+ | style="text-align:right;" |1,840 MHz
```

```
+ |-
```

```
+ | style="text-align:right;" |80m
```

```
+ | style="text-align:right;" |3,573 MHz
```

```
+ |-
```

```
+ | style="text-align:right;" |60m
```

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;" </div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" ?,??? MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ???,?? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ????,?? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ????,?? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ????,?? MHz | + | style="text-align:right;" ????,?? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-diql.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] und [[WSPR]]. | + | Siehe auch: [[FT4]] , [[JT65]], [[JT4]], [[JT9]], [[JT6M]], [[QRA64]], [[MSK144]], [[FSK441]] , [[FST4]] und [[WSPR]]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke](#), [K9AN](#), und [Joseph H. Taylor](#), [K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).

FT8: Unterschied zwischen den Versionen

Versionsgeschichte interaktiv durchsuchen

Visuell Wikitext

Version vom 8. Mai 2018, 10:00 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

(Link auf Vortrag "FT8 in Theorie und Praxis" von OE4NAU und OE3ANU eingefügt.)

← [Zum vorherigen Versionsunterschied](#)

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr (Quelle anzeigen)

OE1VMC ([Diskussion](#) | [Beiträge](#))

K (→ [Digitale Betriebsarten im Detail: FT8](#))

Markierung: [Visuelle Bearbeitung](#)

[Zum nächsten Versionsunterschied](#) →

(44 dazwischenliegende Versionen von 2 Benutzern werden nicht angezeigt)

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

–

== Digitale Betriebsarten im Detail: FT8 ==

–

FT8 ist eine **ganz neue** digitale Betriebsart (**beta release** seit Juli 2017), die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten.

Zeile 2:

[[Kategorie:Kurzwelle]]

+

==Digitale Betriebsarten im Detail: FT8==

+

FT8 ist eine digitale Betriebsart, **die** seit Juli 2017 **existiert und** die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. **Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.**

+

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe .[<https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsidx-doc/wsidx-main-2.5.0.html>] WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch]

+

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

FT8 wurde entworfen für multi-hop [<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Sporadic-E> sporadic E], wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten.

Zeile 10:

Zeile 12:

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

– [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage].

Einige Infos finden sich [<http://www.arrl.org/news/new-ft8-mode-included-in-wsjt-x-beta-release> hier] und [<http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> hier bei ARRL] sowie als Screenshots

+ [<http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/ft8.png> hier auf der K1JT homepage] **und in den**

Unterlagen zum Vortrag [<http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis> ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von Norbert Autengruber [<http://www.qrz.com/db/OE4NAU> OE4NAU] und Andreas Karner [<http://www.qrz.com/db/OE3ANU> OE3ANU], November 2017

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

– Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor] ([<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT]) und **von** [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC.

+ Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [[http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_\(Amateur_radio_software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT_(Amateur_radio_software)) **WSJT-X**] v. 1.8.0 (siehe [https://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.8.0_de.pdf deutschsprachiges Benutzerhandbuch]) durch [http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor,_Jr._Joe_Taylor], [<http://www.qrz.com/db/K1JT> K1JT] und [<https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke> Steven J. Franke], [<https://www.qrz.com/db/K9AN> K9AN].

+ **FT8 verwendet denselben [<https://de.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code> LDPC] (174,91)-Code wie [[FT4]]. Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[[GFSK]]) bei 12000/1920 = 6,25 Baud. Die**

+

Synchronisation verwendet 7×7 [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Costas_array Costas-Arrays] am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **ist aktuell noch undefiniert (Einladung: „Your considered suggestions for use of these bits are very welcome!“)**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[<http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf> The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [<http://www.arrl.org/qex> QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [[JT65]], [[JT9]] und [[JT4]], aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer.

Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden.

Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits **wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/FT8_DXPedition_Mode.pdf FT8 DXPedition Mode], auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb).**

Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[<http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf> The JT65 Communications Protocol]", der in der Zeitschrift [<http://www.arrl.org/qex> QEX] während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auszuwählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand **2018**). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

```
{| class="wikitable"
```

|+Dial Frequency

1-

| style="text-align:right;" |2190m

| style="text-align:right;" |136,130 kHz

| style="text-align:right;" |630m

frei gegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz

| style="text-align:right;" |160m

| style="text-align:right;" |1,840 MHz

```
| style="text-align:right;" |80m
```

| style="text-align:right;" |3,573 MHz

```
| style="text-align:right;" |60m
```

| | | | |
|---|---|---|--|
| | | | <div> <div> style="text-align:right;"</div> <div>freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz</div> </div> |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 630m | + | style="text-align:right;" 40m |
| - | style="text-align:right;" 474,200 kHz | + | style="text-align:right;" 7,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 160m | + | style="text-align:right;" 30m |
| - | style="text-align:right;" 1,840 MHz | + | style="text-align:right;" 10,136 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 80m | + | style="text-align:right;" 20m |
| - | style="text-align:right;" 3,573 MHz | + | style="text-align:right;" 14,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 60m | + | style="text-align:right;" 17m |
| - | style="text-align:right;" 7,777 MHz | + | style="text-align:right;" 18,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 40m | + | style="text-align:right;" 15m |
| - | style="text-align:right;" 7,074 MHz | + | style="text-align:right;" 21,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 30m | + | style="text-align:right;" 12m |
| - | style="text-align:right;" 10,136 MHz | + | style="text-align:right;" 24,915 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 20m | + | style="text-align:right;" 10m |
| - | style="text-align:right;" 14,074 MHz | + | style="text-align:right;" 28,074 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 17m | + | style="text-align:right;" 6m |
| - | style="text-align:right;" 18,100 MHz | + | style="text-align:right;" 50,313 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 15m | + | style="text-align:right;" |
| | style="text-align:right;" 21,074 MHz | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| - | | + | style="text-align:right;" interkontinentale QSO: [http://uksmq.org/ft8-code-of-practice.php 50,323 MHz] |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 12m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 24,915 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 10m | + | style="text-align:right;" 4m |
| - | style="text-align:right;" 28,074 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6m | + | style="text-align:right;" 2m |
| - | style="text-align:right;" 50,313 MHz | + | style="text-align:right;" 144,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 4m | + | style="text-align:right;" 1.25m |
| - | style="text-align:right;" 70,100 MHz | + | style="text-align:right;" in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 70cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 23cm | + | style="text-align:right;" 70cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 432,500 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 13cm | + | style="text-align:right;" 23cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" 1296,174 MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 6cm | + | style="text-align:right;" 13cm |
| - | style="text-align:right;" ??? MHz | + | style="text-align:right;" ??? MHz |
| | - | | - |

| | | | |
|-------------------|---|-------------------|--|
| - | style="text-align:right;" 3cm | + | style="text-align:right;" 6cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | - | | - |
| - | style="text-align:right;" 1,25cm | + | style="text-align:right;" 3cm |
| - | style="text-align:right;" ????,??? MHz | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | | + | - |
| | | + | style="text-align:right;" 1,25cm |
| | | + | style="text-align:right;" ????,??? MHz |
| | } | | } |
| | | | |
| - | Die PC-Uhr muss auf 2 Sekunden genau sein (diese Angabe muss noch überprüft werden). | + | Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit https://time.is/ |
| | | + | |
| | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. | | In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. |
| | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). | | Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen). |
| Zeile 103: | | Zeile 124: | |
| | | | |
| | { class="wikitable" | | { class="wikitable" |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| - | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | - | | - |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" X | + | style="text-align:right;" X |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| – | style="text-align:right;" 0 | + | style="text-align:right;" 0 |
| | } | | } |
| | | | |
| | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. | | Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65. |
| | | | |
| – | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * 2048 / 12000 = 13.48s$. | + | Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * \mathbf{[Tel:2048 / 12000 2048 / 12000]}$ = 13.48 s. |

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 173:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Vortrag [http://www.mafc.at/veranstaltungen-Dateien/FT8%20in%20Theorie%20und%20Praxis ANU NAU V3.pdf FT8 in Theorie und Praxis] von **Norbert Autengruber** [http://www.qrz.com/db/OE4NAU OE4NAU] und **Andreas Karner** [http://www.qrz.com/db/OE3ANU OE3ANU] (**Nov. 2017**)

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Low-Density-Parity-Check-Code Low Density Parity Check], LDPC(174,87), Code zur Anwendung.

Dieser wird mit dem neuen soft-output <i>Franke-Taylor</i> Algorithmus dekodiert, der von [https://www.ece.illinois.edu/directory/profile/s-franke Steven J. Franke], [https://www.qrz.com/db/K9AN K9AN], und [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Hooton_Taylor_Jr. Joseph H. Taylor], [https://www.qrz.com/db/K1JT K1JT] in [http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/FrankeTaylor_QEX_2016.pdf QEX-2016] veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden.

Zeile 194:

Still to come, not yet implemented: We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx.html

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | WSJT-X [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. |
| | | | |
| Weitere Informationen: [http://en.wikipedia.org/wiki/WSJT (Amateur radio software) WSJT (Wikipedia)], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjt.html WSJT], [http://ac4m.us/it65.html AC4M Digital Radio Site], [http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjtx.html WSJT-X] [https://www.facebook.com/groups/FT8.Digital.Mode/about/ FT8 Facebook Gruppe] und [http://www.sigidwiki.com/wiki/FT8 Signal Identification Wiki]. | + | FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [https://www-digi.com World Wide Digi DX Contest ("WW Digi")] 2019 . | |
| | | | |
| Siehe auch: [JT65], [JT4], [JT9], [JT6M], [QRA64], [MSK144], [FSK441] und [WSPR]. | + | Siehe auch: [FT4], [JT65], [JT4], [JT9], [JT6M], [QRA64], [MSK144], [FSK441], [FST4] und [WSPR]. | |

Version vom 29. Januar 2022, 15:26 Uhr

Digitale Betriebsarten im Detail\; FT8

FT8 ist eine digitale Betriebsart, die seit Juli 2017 existiert und die sehr geeignet ist für niedrige Sendeleistung ("QRP-Betrieb") und für Stationen mit Antennendefiziten. Diese Betriebsart wurde sehr rasch populär.

Die aktuelle Programmversion ist WSJT-X Version 2.5.4 (Stand: 29. Jan. 2022), siehe [.WSJT-X 2.5.0 Benutzerhandbuch](#)

FT8 wurde entworfen für multi-hop [sporadic E](#), wenn die empfangenen Signale schwach sind und unter Schwund (engl.: fading) leiden, bzw. die Bandöffnungen nur kurzzeitig auftreten. In diesen Situationen wünscht man sich ein schnelles QSO, das die minimal notwendigen QSO-Details für ein QSL austauscht.

Einige Infos finden sich [hier](#) und [hier bei ARRL](#) sowie als Screenshots [hier auf der K1JT homepage](#) und in den Unterlagen zum Vortrag **FT8 in Theorie und Praxis** von Norbert Autengruber [OE4NAU](#) und Andreas Karner [OE3ANU](#), November 2017.

Implementiert wird diese digitale Betriebsart über die Soundkarte eines PC. Zuerst eingeführt wurde FT8 mit Hilfe der Implementierung als Open Source Software [WSJT-X v. 1.8.0](#) (siehe [deutschsprachiges Benutzerhandbuch](#)) durch [Joe Taylor, K1JT](#) und [Steven J. Franke, K9AN](#).

FT8 verwendet denselben [LDPC \(174,91\)](#)-Code wie [FT4](#). Die Modulation ist eine 8-Ton-Frequenzumtastung (8-[GFSK](#)) bei $12000/1920 = 6,25$ Baud. Die Synchronisation verwendet 7×7 [Costas-Arrays](#) am Anfang, in der Mitte und am Ende jeder Übertragung (siehe weiter unten). Übertragene Symbole tragen drei Bits, so dass die Gesamtzahl der Kanalsymbole $174/3 + 21 = 79$ beträgt. Die insgesamt belegte Bandbreite beträgt $8 \times 6,25 = 50$ Hz.

FT8 hat viele Gemeinsamkeiten mit [JT65](#), [JT9](#) und [JT4](#), aber der zeitliche Ablauf ist organisiert in Durchgängen von 15s Dauer. Deshalb können QSOs in FT8 viermal schneller als in JT65 und JT9 gefahren werden. Diese digitalen Modi verwenden fast identische Nachrichtenstruktur und Quellencodierung: JT65 und JT9 verwenden 72 Informationsbits pro Durchgang, während FT8 drei Informationsbits zusätzlich pro Durchgang definiert ($72+3=75$). Die Verwendung (Bedeutung) der drei zusätzlichen Informationsbits wurde in WSJT-X Version 1.9 (Mai 2018) definiert ([FT8 DXpedition Mode](#), auch bekannt als "Fox and Hound" oder "F/H" Betrieb). Details zur JT65 und JT9 Quellencodierung wurden veröffentlicht im Artikel "[The JT65 Communications Protocol](#)", der in der Zeitschrift [QEX](#) während 2005 veröffentlicht wurde.

Die Software bietet die Möglichkeit an, die Auswahl der jeweils folgenden Nachricht im FT8 QSO automatisch zu auswählen und zu senden. Das ist kein Luxus, weil man nur maximal 1,5s Zeit hat, für einen Mausklick nach der Dekodierung der vorigen Nachricht.

Die folgende Tabelle listet die üblichen Frequenzbereiche für FT8 (Stand 2018). Die "Dial Frequency" gibt dabei die Frequenz des (unterdrückten) Trägers an. Dies ist also die angezeigte Frequenz am Funkgerät. Das Funkgerät moduliert das obere Seitenband (USB-Modulation).

Dial Frequency

| | |
|-------|---|
| 2190m | 136,130 kHz |
| 630m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 474,200 kHz |
| 160m | 1,840 MHz |
| 80m | 3,573 MHz |
| 60m | freigegeben in Österreich seit Dez. 2020: 5,357 MHz |
| 40m | 7,074 MHz |
| 30m | 10,136 MHz |
| 20m | 14,074 MHz |
| 17m | 18,100 MHz |
| 15m | 21,074 MHz |
| 12m | 24,915 MHz |
| 10m | 28,074 MHz |
| 6m | 50,313 MHz |
| | interkontinentale QSO: 50,323 MHz |
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,100 MHz |

| | |
|------------|--|
| 4m | in Österreich nicht freigegeben: 70,154 MHz |
| 2m | 144,174 MHz |
| 1.25m | in Österreich nicht freigegeben: 222,174 MHz |
| 70cm | 432,174 MHz |
| 70cm | 432,500 MHz |
| 23cm | 1296,174 MHz |
| 13cm | ????,??? MHz |
| 6cm | ????,??? MHz |
| 3cm | ?????,??? MHz |
| 1,25 cm | ?????,??? MHz |

Die PC-Uhr sollte auf <0,5 Sekunden genau sein. Zu beachten ist die Gesamt-Schaltzeit zwischen Senden und Empfangen, die auch von der Umschaltzeit einer Endstufe, auch der der Gegenstation, abhängt. Bei WSJT-X wird dir die DT (Differenz Time) zu empfangenen Stationen angezeigt. PC Zeit Einstellung z.B. mit Network Time, Kontrolle z.B. mit <https://time.is/>

In einer Aussendung werden maximal 13 ASCII Zeichen übertragen. Es werden nur folgende Informationen übertragen: Rufzeichen, Rapport in dB und LOC (4 Stellen).

Der FT8 Signalrapport für das S/N ist (wie der JT9 Signalrapport) beschränkt auf den Bereich zwischen -50 und +49 dB (diese Angabe muss noch überprüft werden!). In aktuellen FT8 Dekodern (Stand: WSJT-X 1.8.0) ist die S/N Skala in guter Näherung linear, stellt aber keineswegs eine Präzisionsmessung dar.

Moduliert wird mit einer achtstufigen Frequenzumtastung (8-FSK), die Symbolrate entspricht dem Tonabstand von 5.86 Hz. Die Wellenform hat stetige Phasenübergänge und eine konstante Einhüllende, was die Verwendung von nichtlinearen HF-Endstufen erlaubt. Die belegte Bandbreite beträgt 47 Hz. Damit ist die belegte Bandbreite größer als jene für JT9 bzw. etwa 1/4 der Bandbreite von JT65A oder weniger als die Hälfte von QRA64.

Die zeitliche Synchronisierung wird mittels dreier 7×7 [Costas Arrays](#) (zu Beginn, in der Mitte, und am Ende) erreicht. Es gibt 200 verschiedene Costas Arrays der Ordnung 7. Das für FT8 verwendete Costas Array ist die Permutation (2,5,6,0,4,1,3). Die folgende Graphik veranschaulicht die zeitliche Abfolge der 7 Synchronisierungstöne:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

Daher sieht man im FT8 Signal keinen auffälligen Synchronisierungston bei der niedrigsten belegten Frequenz. Diese Neuerung bringt weitere 1,9 dB Vorteil gegenüber JT65.

Die Dauer eines Tx Durchgangs ist $79 * [/ 12000 | 2048 / 12000] = 13.48s$.

Zur Vorwärtskorrektur der Übertragungsfehler kommt ein [Low Density Parity Check](#), LDPC (174,87), Code zur Anwendung. Dieser wird mit dem neuen soft-output *Franke-Taylor* Algorithmus dekodiert, der von [Steven J. Franke, K9AN](#), und [Joseph H. Taylor, K1JT](#) in [QEX-2016](#) veröffentlicht wurde. Dieser Dekoder ist besser als der frühere und wurde nicht patentiert.

Die FT8 Empfangssignale sind erfolgreich dekodierbar bei Signal- zu Rauschverhältnissen bis ca. -20 dB. Dies erlaubt das Arbeiten von Stationen, deren Signale mit dem menschlichen Ohr kaum mehr wahrgenommen werden. Vielleicht kann die Dekodierungsgrenze mittels a posteriori Dekodierung auf -24 dB gedrückt werden (Das ist noch unbekannt).

- Still to come, not yet implemented:* We plan to implement signal subtraction, two-pass decoding, and use of "a priori" (already known) information as it accumulates during a QSO.

Weitere Informationen: [WSJT \(Wikipedia\)](#), [WSJT](#), [AC4M Digital Radio Site](#), [WSJT-X FT8 Facebook Gruppe](#) und [Signal Identification Wiki](#).

FT8 und FT4 sind die Betriebsmodi des allerersten [[World Wide Digi DX Contest \("WW Digi"\)](#)] 2019.

Siehe auch: [FT4](#), [JT65](#), [JT4](#), [JT9](#), [JT6M](#), [QRA64](#), [MSK144](#), [FSK441](#), [FST4](#) und [WSPR](#).