

# Digitale Sprachübertragung im Amateurfunk

Im Wesentlichen sind die drei Systeme *DSTAR*, *System Fusion* und *DMR* relevant<sup>1</sup>.

Es gibt auch einzelne Relais im 10m Band, und es gibt auch ein Gerät für das 23cm Band, aber die digitale Sprachübertragung findet im Wesentlichen im 2m und 70cm Band statt.

## Was kann digitale Sprachübertragung grundsätzlich?

Möglichkeiten	Bemerkung
Vernetzung über das Internet Konferenzräume im Internet	Erweiterte Kontaktmöglichkeiten für QSO-Partner mit VHF und UHF Geräten
Gezielte Suche (Call Sign Routing, Group Monitor)	"nice to have", aber wie oft wird es genutzt?
Sprach- und Datenübertragung kombiniert	Datenübertragung spielt eine Nebenrolle, und sie ist oft auf Textnachrichten beschränkt.
Klare Sprachqualität bis zur Empfangsgrenze. Effiziente Frequenznutzung durch Komprimierung	Wollen wir "telefonieren" oder "funken"? Die Sprachqualität ist sicher für kommerzielle und BOS Funkdienste sehr viel entscheidender.
Einrichtung der Routing-Funktionen durch einen Administrator	Für kommerzielle und BOS Funkdienste wichtig; für Amateurfunk hinderlich
Sonderfunktionen (z.B. Verschlüsselung)	Für BOS Funkdienste wichtig; für Amateurfunk nicht zulässig

## Digitale Sprachübertragung per Funk und evtl. zusätzlich Internet

Digitale Sprachübertragung kann stattfinden:

- per Funk von Funkgerät zu Funkgerät
- per Funk über einen Repeater, in dessen Einzugsbereich sich beide Geräte befinden
- per Funk zu einem Repeater, über IP zu einem zweiten Repeater, weiter per Funk
- von beiden Seiten per Funk zu unterschiedlichen Repeatern, von dort jeweils über IP zu einem Konferenzraum auf einem Rechner im Internet. Die Begriffe "Responder" (*DSTAR*), "Room" oder "Digital Group" (*System Fusion*) und "Responder" oder "Talk Group"<sup>2</sup> (*DMR*) bezeichnen den Konferenzraum. Die Verbindung zu bestimmten Konferenzräumen kann im Repeater voreingestellt sein, oder sie kann vom Benutzer temporär eingestellt werden. Automatische Schutzzeiten gewährleisten die Abwicklung eines kompletten QSOs.
- Der Repeater, der einen Zugang zum Konferenzraum herstellt, ist für diese Zeit mit diesem Konferenzraum verbunden. Um einen öffentlichen Repeater auf diese Weise nicht zu lange zu blockieren, kann man sich seinen eigenen, privaten, kleinen Repeater einrichten: einen "Hotspot". Dieser ist über das eigene WLAN mit dem eigenen Heim-Router verbunden. Von dort geht es durchs Internet über IP zum Konferenzraum.
- Außerhalb der eigenen vier Wände kann man den eigenen Funk-Hotspot über ein eigenes

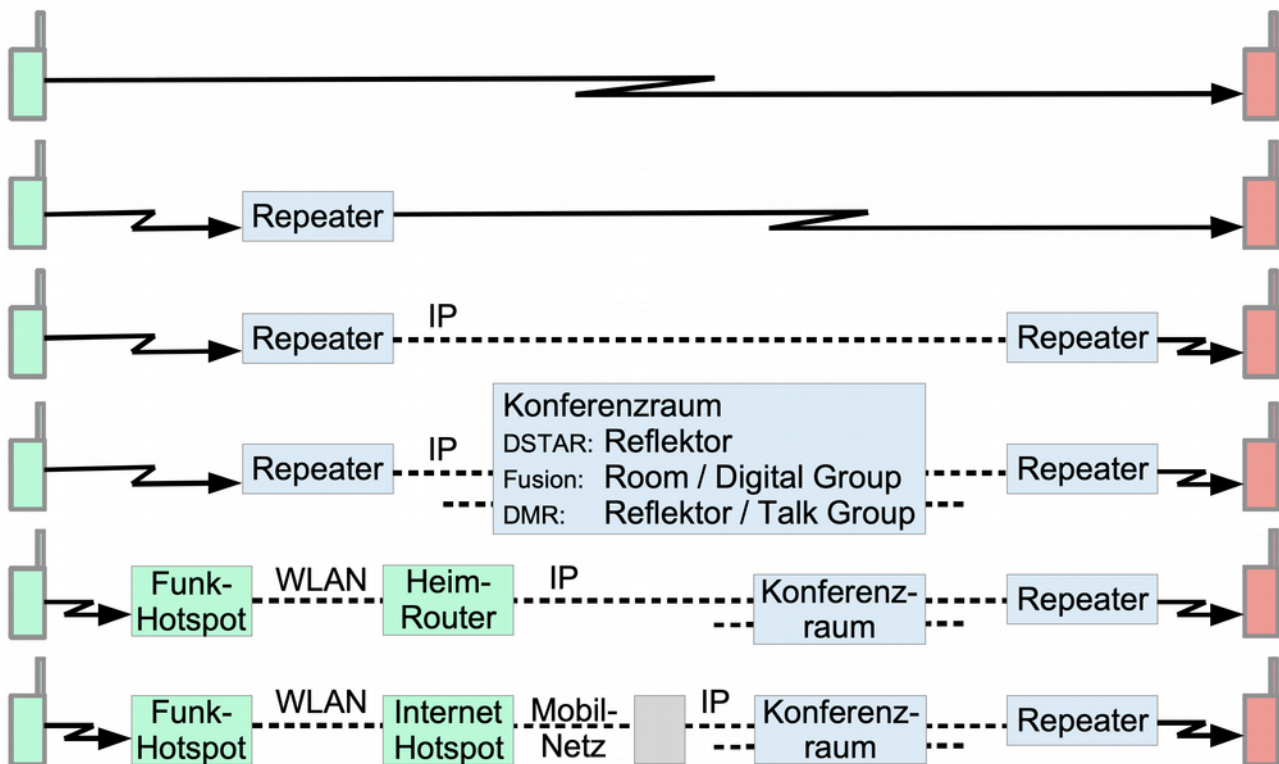
1 *DSTAR* = Digital Smart Technologies for Amateur Radio

*System Fusion*: Statt des offiziellen Namen wird sehr oft die Bezeichnung der Modulationsart verwendet: "C4FM"

*DMR* = Digital Mobile Radio

2 Responder bzw. Talk Group sind unterschiedliche technische Realisierungen; TG setzen sich in *DMR* durch.

WLAN mit dem eigenen Smartphone verbinden ("Tethering") und vom Smartphone aus über das Mobilfunknetz ins Internet zum Konferenzraum gehen.



## Systemvergleich

Es gibt in Deutschland drei relevante Systeme für digitale Sprachübertragung im Amateurfunk:

- DSTAR
- System Fusion
- DMR

DSTAR ist das älteste System. Es basiert auf einem Standard des japanischen Amateurfunkverbands. ICOM und Kenwood bieten Geräte an.

System Fusion ist das jüngste System. Yaesu hat es entwickelt, und nur Yaesu bietet Geräte an.

DMR basiert auf einem ETSI Standard, der für kommerzielle Funkdienste erstellt wurde. Der Standard besteht aus 3 Teilen, für uns relevant ist "DMR Tier II".

Auf die technischen Details der drei Verfahren sei hier nicht weiter eingegangen. Es ist allerdings sofort offensichtlich, daß die Verfahren untereinander nicht kompatibel sind.

DSTAR bietet die beste Unterstützung für Datenübertragung (Text und Bild). ICOM stellt hierfür auch eine App für Android Smartphones bereit. Der Benutzer muß/kann das Routing zu einem Ziel-Repeater mit 4 Parametern einstellen. Die im Gerät gespeicherte Datenbank der Repeater wird zweckmäßigerweise von Zeit zu Zeit aktualisiert.

Bei System Fusion wurde ein besonderes Augenmerk gelegt auf die Kompatibilität mit analogem FM Funk, was bei einer Migration der Repeater von analoger zur digitaler Technik hilfreich sein kann. Mit der Funktion "Group Monitor" kann man sehen, welche befreundeten Funkamateure sich auf der selben Frequenz in direkter Funkreichweite aufhalten. Die Geräte senden hierzu automatisch

periodisch eine kurze Information über das Rufzeichen und den Standort. Die Datenbank der Konferenzräume liegt auf zentralen Yaesu Servern.

DMR basiert auf einem für kommerzielle Funkdienste erstellten Standard, der von Haus aus einige Anforderungen des Amateurfunks nur schlecht berücksichtigt.

Die Station wird im DMR Netz nicht durch das Rufzeichen sondern durch eine DMR-ID (eine siebenstellige Zahl) identifiziert. Natürlich kann über eine Tabelle wieder eine Zuordnung zu Rufzeichen hergestellt werden<sup>3</sup>.

In einem kommerziellen Netz ist es unerwünscht, daß jeder Benutzer selbst an den Geräteeinstellungen herumspielt. Die mögliche Konnektivität wird durch eine von einem Administrator erstellte Konfigurationsdatei ("Codeplug") festgelegt. Für den Amateurfunk gibt es passende, geräte- und ortsspezifische Muster-Codeplugs, die man kopieren (und bei entsprechenden Kenntnissen) auch selbst weiter anpassen kann. (Bei Reisen muß man sich vorher Gedanken machen, ob der gespeicherte Codeplug die Situation am Zielort abdeckt.)

Durch die kommerzielle Verwendung der Technik gibt es große Stückzahlen von DMR Geräten, was zu niedrigeren Preisen führt. Durch die niedrigen Gerätepreise wächst die Zahl der DMR-Nutzer im Amateurfunk rasch. Die große Nutzerzahl führt wiederum zu einem hohen Innovations-tempo und zur besseren Anpassungen der DMR Netze und Geräte an den Amateurfunk.

Für die Vernetzung der Stationen gibt es im Internet mehrere Netze - zunächst einmal getrennt nach den drei Systemen, und auch innerhalb eines Systems. Zwischen den Netzen gibt es Netzübergänge (Gateway, Bridge), oder ein Repeater kann sich direkt mit verschiedenen Netzen verbinden. Zum Teil gibt es Zugangsvoraussetzungen, z.B. eine Registrierungspflicht, und Zugangsbeschränkungen.

System	DSTAR	System Fusion	DMR	NXDN
Standard	2001 (JARL)	2013 (Yaesu)	2005 Tier II (ETSI)	
Anbieter	ICOM (2004) Kenwood (2016)	Yaesu (2013)	Verschiedene Hersteller (2011)	ICOM Kenwood
Modulation / Multiplex	GMSK Gaussian Minimum Shift Keying FDMA	C4FM Continuous 4Level FM FDMA	4FSK 4Level Frequency Shift Keying TDMA (2 Slot)	4FSK FDMA
Routing	Eingabe von 4 Parametern zur Steuerung des Routing.	Routing: Einfachste Bedienung durch Auswahl aus Menü. Group Monitor.	Routing Möglich- keiten durch Codeplug festgelegt. User-ID statt Rufzeichen.	NXDN (u. andere): Für uns hier nicht relevant. (Vorsicht, die Werbeaussage „kompatibel zu ICOM/Kenwood“ heißt nicht auto- matisch „DSTAR“!)
FM im Repeater	Repeater rein digital	FM-Interworking im Repeater möglich	DMR und FM im Repeater möglich	
Netze	DCS XRF REF XLX	Wires-X ----- YSF	Brandmeister DMRplus / IPSC2 MARC	

Neben den drei Systemen DSTAR, System Fusion und DMR gibt es weitere Systeme der digitalen Sprachübertragung für kommerzielle und BOS Funkdienste. In sehr geringem Umfang wird damit auch im Amateurfunk experimentiert. Diese Nischenlösungen werden hier nicht betrachtet.

NXDN sei aber in diesem Zusammenhang aus folgendem Grund erwähnt: Es gibt z.B. Hotspot-Geräte, die damit werben, daß sie C4FM und DMR unterstützen und außerdem auch kompatibel zu

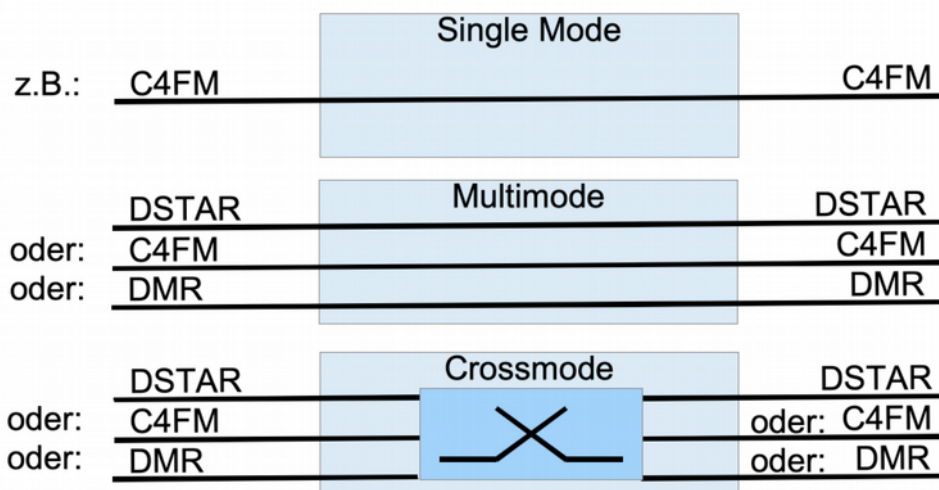
<sup>3</sup> Gute Geräte können 200000 Einträge speichern, also praktisch alle Teilnehmer am DMR Verfahren.

ICOM/Kenwood sind. Wenn ein Funkamateurl "ICOM/Kenwood" im Zusammenhang mit digitaler Sprache h6rt, denkt er an DSTAR. Das ist aber manchmal gar nicht gemeint. ICOM und Kenwood untersttzen auch NXDN. Also: "Nur wo DSTAR drauf steht, ist auch DSTAR drin."

## Interworking der digitalen Systeme

Die Systeme DSTAR, System Fusion und DMR sind technisch nicht zueinander kompatibel. F6r Netzkomponenten gibt es drei M6glichkeiten, damit umzugehen:

- Single Mode  
Das Netzelement kann nur mit einem der drei Verfahren umgehen.
- Multimode  
Das Netzelement kann mit zwei oder drei der Verfahren umgehen. Das Verfahren des eintreffenden Signals wird allerdings auch so zum Ausgang durchgeleitet.
- Crossmode  
Das Netzelement kann mit zwei oder drei der Verfahren umgehen. Das Verfahren des eingehenden Signals kann vom Netzelement in ein anderes Verfahren umgewandelt werden.



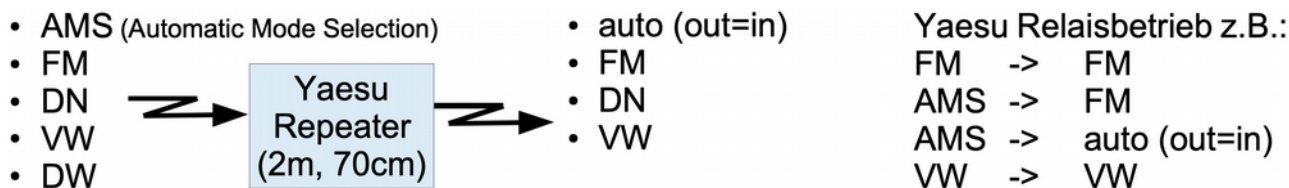
Nicht zu vergessen ist, daB es auch noch die analoge FM Technik gibt.

Ein Funkgerat, das mit mehreren digitalen Verfahren umgehen kann, ist nicht mehr zu erwarten. SDR-basierte Empfanger k6nnen jedoch Multimode Empfang bieten. Hotspots und Repeater k6nnen Multimode und Crossmode Betrieb bieten.

DSTAR Repeater arbeiten ausschlieBlich mit DSTAR, sie k6nnen analoge FM nicht verarbeiten.

DMR Repeater k6nnen z.T. (wenn sie so konfiguriert sind) mit DMR und mit analoger FM im Multimode Betrieb arbeiten.

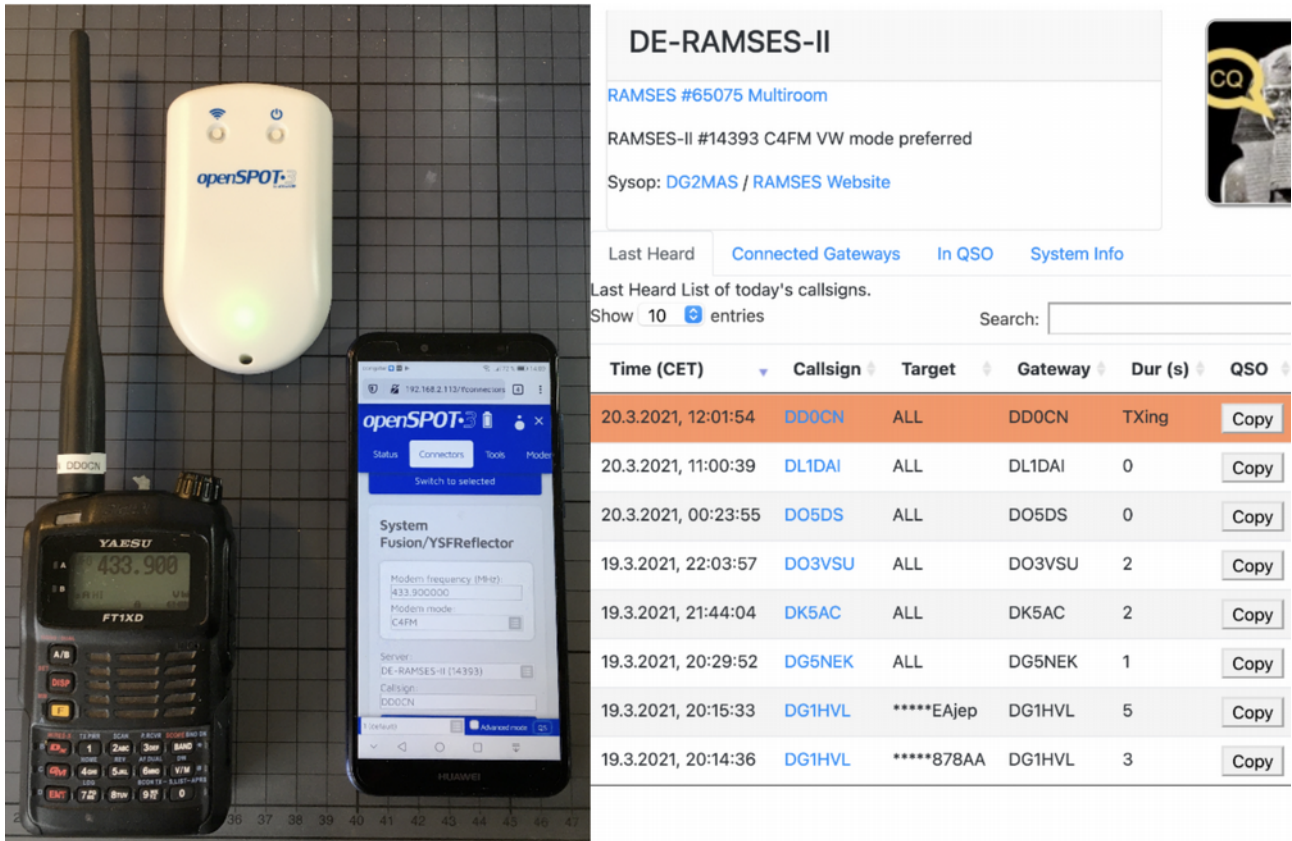
Yaesu Repeater k6nnen (wenn sie so konfiguriert sind) im Crossmode Betrieb besonders gut mit C4FM und mit analoger FM umgehen. Man kann fest einstellen, welches ankommende Signal der Repeater annehmen soll, und welches er ausgeben soll. (FM = analog FM, DN = Data + Voice



Narrow, VW = Voice Wide, DW= Data Wide). Dazwischen kann der Yaesu Repeater umsetzen, soweit dies sinnvoll ist.

Mit AMS (Automatic Mode Selection) können Yaesu Repeater und Yaesu Funkgeräte sich empfangsseitig automatisch auf den empfangenen Signaltyp einstellen

### Beispiel: Eigener Hotspot



Das Bild zeigt ein Funkgerät Yaesu FT-1, den Hotspot "openSPOT3" der Firma SharkRF und ein Android Smartphone mit einem geöffneten Internet Browser für die Administration des Hotspots.

Dieser Hotspot ist kleiner und flacher als eine Zigarettenschachtel. Er kann im Crossmode Betrieb zwischen DSTAR, System Fusion und DMR umsetzen.

Der Hotspot kann mit dem internen Akku oder mit dem Netzteil betrieben werden.

Abgehend sendet das Funkgerät auf einer Frequenz mit kleinstmöglicher Leistung auf einer Simplex-Frequenz im 70cm Band zum Hotspot. Der Hotspot ist über das eigene WLAN mit dem eigenen Heim-Router und weiter im Internet über IP zu einem Konferenzraum verbunden.

Ankommend führt die Verbindung vom Konferenzraum durch das Internet zum eigenen Heim-Router und über das eigene WLAN zum Hotspot. Der Hotspot sendet auf der selben Simplex-Frequenz im 70cm Band mit 10 mW Leistung zurück zum Funkgerät.

Die Einstellungen des Hotspots werden im Fenster eines Internet Browsers vorgenommen - an einem PC, Tablet oder Smartphone, welches sich bei Bedarf im gleichen WLAN wie der Hotspot befindet.

Rechts im Bild sieht man einen Screenshot des "Dashboard" des Konferenzraums, mit dem der Hotspot verbunden ist. Alle digitalen Netze stellen im Internet umfangreiche Echtzeit-Informationen bereit. In dem farblich hervorgehobenen Balken wird hier in Echtzeit gezeigt, daß eine Station gerade sendet.

## Beispiel: Datenübertragung

In DMR können Textnachrichten gesendet werden.

In System Fusion können Textnachrichten gesendet werden. Mit einem optional erhältlichen Kameramikrofon können auch Fotos aufgenommen werden, und diese Fotos können dann vom Funkgerät aus gesendet werden. Die Fotoaufnahmen werden im Funkgerät zusammen mit einigen Metadaten auf einer Micro-SD Karte gespeichert. Da die Einzelheiten von Yaesu nicht offengelegt wurden, ist es nicht möglich, Bilder zu versenden, die nicht mit dem Kameramikrofon aufgenommen wurden.

Für DSTAR gibt es von ICOM eine Android App. Das Android Smartphone wird mit dem Funkgerät über Bluetooth (oder USB) gekoppelt, Textnachrichten oder Bilder können auf dem Smartphone gesendet und empfangen werden. Dies funktioniert nicht nur mit ICOM Funkgeräten, sondern auch mit dem DSTAR-fähigen Kenwood Gerät TH-D74. (Bei ICOM Funkgeräten kann man von der App aus noch zusätzliche Einstellungen vornehmen.) Man kann auswählen, in welcher Auflösung das Bild gesendet werden soll. Das Bild wird in ein Raster unterteilt. Von links oben nach rechts unten wird die Bildinformation der Reihe nach für jedes Rasterquadrat übertragen. Ein farbiges Rasterquadrat zeigt den Fortschritt der Übertragung an.



## Braucht man digitale Sprachübertragung? Wenn ja, welches System?

Man kann als Funkamateurl sicher auch ohne digitale Sprachübertragung auskommen. Es gibt zwei Hauptargumente für ein digitales System:

1. Die Erhöhung der 'Reichweite' eines VHF/UHF Gerät. Je nach den verwendeten Konferenzräumen kann man die Reichweite von lokal bis weltweit einstellen.

2. Wenn man einen Bergsteiger fragt, was der Sinn und Zweck eines Berges ist, dann wird er antworten: "Der Berg ist dazu da, bestiegen zu werden". Auf uns übertragen kann man sagen: "Die Technik ist dazu da, um ausprobiert zu werden.

Für die Wahl eines der drei digitalen System kann eine Rolle spielen: Welches System verwenden meine Freunde und Bekannten? Welche Art von Repeatern gibt es in meinem Umfeld? Gibt es jemand, der mich bei auftretenden Fragen unterstützen kann?

*Meine persönliche Meinung zu den Systemen:*

*Die große Stärke von DMR ist die große Teilnehmerbasis, verbunden auch mit einer großen Zahl von vorhandenen Repeatern und einer hohen Innovation, die mit der Zeit bei den Geräten und den Netzen für eine bessere Anpassung an Amateurfunk-Belange sorgt. Eine Schwäche von DMR ist, daß es ursprünglich nicht mit dem Amateurfunk im Blick entwickelt wurde und daß die Einrichtung der Geräte nicht trivial ist.*

*Bei DSTAR ist die Programmierung des Routings mit vier Parametern nicht zu kompliziert, andererseits vermittelt sie das Gefühl in die digitale Vernetzung noch selbst eingreifen zu können. Als ältestes System hat DSTAR über die Zeit eine gewisse Anhängerschaft aufgebaut, die nach der Einarbeitung in das System und nach der Anschaffung der eher höherpreisigen Geräte dem System wohl treu bleiben.*

*System Fusion ist von der Bedienung her einfach und von der Kompatibilität mit FM gut durchdacht. Andererseits hat das System vielleicht eine eher weniger ausgeprägte eigene Identität und wird bei Yaesu Geräten vielleicht eher "mitgekauft". Die Verbreitung wurde wohl vor allem durch die Vermarktung der Yaesu Repeater vorangetrieben.*

## **Was ist bei einem Gerätekauf zu beachten?**

Man kann mit einem billigen Gebrauchtgerät oder einem günstigen Neugerät in die neue Technik einsteigen. Das kann aber auch schnell zur Frustration oder zur Anschaffung weiterer Geräts führen.

### **DSTAR**

- Bei den ersten Geräten der neuen Technik gab es Klagen über die Sprachqualität. Moderne Geräte sind subjektiv mit den beiden anderen digitalen Verfahren vergleichbar.

### **System Fusion**

- Das Handfunkgerät FT-70 enthielt zwar C4FM, aber keine Unterstützung für das digitale Yaesu Netz Wires-X. (Mit einem Firmware Update kann dies nachinstalliert werden.)

### **DMR**

- Die Geräte müssen DMR Tier II mit Zeitmultiplex unterstützen und den AMBE2+ Audio Codec verwenden (was nicht immer bei allen Billigherstellern selbstverständlich war).
- Normalerweise sind im VHF/UHF Amateurfunkbereich Duoband Geräte üblich. Abgeleitet aus dem Betriebsfunk waren zunächst nur Monoband DMR Geräte erhältlich (hauptsächlich 70cm).
- Neben einem digitalen Verfahren ist im Amateurfunk die analoge FM nach wie vor unverzichtbar. Manche DMR Geräte hatten hierin Schwächen, da dies im digitalen Betriebsfunk nicht erforderlich war.
- Es gibt Hersteller, die Geräte mit guter Qualität liefern, und es gibt "andere". Die Tatsache, daß man gute Kundenbewertungen von zufriedenen Gerätebesitzern lesen kann, schließt

nicht aus, daß ein Gerät nicht vielleicht an anderer Stelle des Frequenzbandes stört<sup>4</sup>.

- Um die Konfigurationsdatei, den Codeplug, in das Funkgerät zu laden, braucht man (neben einem Windows Computer) ein Datenkabel und ein Softwareprogramm. Das Kabel kann im Lieferumfang des Funkgerätes enthalten sein, und die Software kann kostenlos sein - beides kann aber auch mit zusätzlichen Kosten verbunden sein.
- Als Basis für die Gerätekonfiguration nimmt man einen Muster-Codeplug. Man muß also darauf achten, daß ein Muster Codeplug für das eigene Gerät und die eigene Region verfügbar ist. (Vor einer Reise muß man evtl. einen Codeplug für das Zielgebiet erstellen.)

### **Alle digitale Verfahren**

- Will man auch einen integrierten GPS Empfänger zur Positionsbestimmung?
- Will man auch APRS<sup>5</sup>? (klassisches APRS, voller Leistungsumfang, mit AX.25 Paketdaten auf 144,800 MHz - oder mit im Repeater aus DSTAR/C4FM/DMR extrahierten Daten?)

### **Fazit**

- Der große Vorteil der digitalen Systeme ist, daß man mit einem VHF/UHF Gerät durch die Vernetzung über das Internet mehr und weiter entfernte QSO Partner erreichen kann.
- Es gibt drei große digitale Systeme, die untereinander nicht kompatibel sind. Innerhalb der Systeme gibt es zusätzlich eine Aufspaltung in unterschiedliche digitale Netze. Brücken (Bridges) stellen jedoch Verbindungen her. Persönliche Funkgeräte sind außerdem auch durch einen persönlichen Crossmode Hotspot universell nutzbar.
- Solange in absehbarer Zeit keines der digitalen Systeme die anderen digitalen Systeme vollständig verdrängt und die analoge FM nicht vollständig ersetzt, ist und bleibt der kleinste gemeinsame Nenner für eine gemeinsame Kommunikation bei einer direkten Funkverbindung im VHF/UHF Bereich nach wie vor die analoge FM.

### **Weitere Informationen**

Im Internet findet man viele Informationen. Aufgrund des Innovationstempos ist es jedoch nicht immer leicht, aktuelle von veralteten Informationen zu unterscheiden.

Zu den drei digitalen Systemen enthalten die Webseiten von OE8VIK / HB3YZE Informationen, die alle in einem einheitlichen Stil von einem OM erstellt wurden:

<http://ham-dstar.at>

<http://ham-c4fm.at>

<http://ham-dmr.at>

[www.digitaleramateurfunk.net](http://www.digitaleramateurfunk.net)

---

4 Zum Hersteller Baofeng siehe unter anderem:

- ARRL QST November 2015 S. 74ff

- ARRL QST Januar 2020 S. 60ff

- <https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/suche.html?query=baofeng#baofeng>

5 Automatic Packet Reporting System; in Europa: 144,800 MHz; [www.aprs.org](http://www.aprs.org)