

Linux und Amateurfunk

Digitale Übertragungsverfahren
im Amateurfunk
unter linux

../linuxworks 21. Januar 2010

Thomas Osterried DL9SAU
dl9sau@darc.de

Lizenz: CC-BY-SA

Einführung..

■ Was ist Amateurfunk

Amateurfunk Gesetz, zuletzt geändert 1997

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieses Gesetzes ist

1. Funkamateurler Inhaber eines Amateurfunkzeugnisses oder einer harmonisierten Amateurfunk-Prüfungsbescheinigung auf Grund der Verfügung 9/1995 des Bundesministeriums für Post und Telekommunikation vom 11. Januar 1995 (Amtsblatt S. 21), der sich mit dem Amateurfunkdienst aus **persönlicher Neigung** und **nicht aus gewerblich-wirtschaftlichem Interesse** befaßt,

2. Amateurfunk**dienst** ein Funkdienst, der von **Funkamateuren untereinander**, zu experimentellen und technisch-wissenschaftlichen Studien, zur eigenen Weiterbildung, zur Völkerverständigung und zur Unterstützung von Hilfsaktionen in Not- und Katastrophenfällen wahrgenommen wird; der Amateurfunkdienst schließt die Benutzung von Weltraumfunkstellen ein. [..]

3. eine Amateurfunkstelle eine Funkstelle, die aus einer oder mehreren Sendefunkanlagen und Empfangsfunkanlagen einschließlich der Antennenanlagen und der zu ihrem Betrieb erforderlichen Zusatzeinrichtungen besteht und die auf mindestens einer der im Frequenznutzungsplan für den Amateurfunkdienst **ausgewiesenen Frequenzen** betrieben werden kann.

..Einführung

- Voraussetzung ist Prüfung bei der BNetzA
- Rufzeichenzuteilung (weltweit eindeutig) durch die Behörde
- Frequenzen sind dem Amateurfunk auf primärer oder sekundärer Basis zugewiesen
 - Betriebsmodi und Modulationsarten sind nicht festgelegt. Wichtig: "offene Sprache"
- Recht auf Selberbau von Sendern, Empfängern, Leistungsverstärkern, Antennen,..
 - Keine Abnahme der Technik nötig
 - Keine Prüfkennzeichen (CE o.ä.)
- Der Amateurfunkdienst ist **öffentlich**. **Jeder** Mensch kann und **darf mithören** und auch die Tatsache des Empfangs und Inhalt verbreiten.

Zahlen

- Weltweit etwa 3 Millionen Funkamateure
- In DL etwa 60.000
- In Berlin weit mehr als 1.500 (geschätzt 2-2.5k)
- Verband
 - Deutscher Amateur-Radio-Club e.V. (gemeinnütziger Verein)
 - DARC ist Mitglied i.d. InternationalAmateurRadioUnion IARU
 - DARC gliedert sich in Distrikte
 - Ortsverbände bilden Distrikt
 - 26 Ortsverbände in Berlin

DARC e.V.

- Interessensvertretung / Lobbyarbeit gegenüber Politik, Gesetzgebungsverfahren, Behörde BNetzA und EU / ETSI, ..
- Koordination mit der IARU
- Leistungen wie QSL-Vermittlung, Antennenversicherung, Mitgliederzeitschrift
- Vereinsleben (Ortsverband)
- Jugend-, Ausbildungs- und Weiterbildungsarbeit (z.B. Vorbereitungskurse für die Amateurfunkprüfung)
- Funksportliche Aktivitäten
- uvam..

Frequenzen / Sendeleistung..

- KW
 - 160m, 80m, 40m, 20m, 15m, 10m und andere. Klassische Definition: bis 10m (30MHz).
 - Sendeleistung: bis zu 750W PEP
 - Eigenschaften: Antennen sind groß. Mit ein paar Watt um die Welt. Reflexion an Ionosphäre der Erde. Abhängig auch vom Sonnenfleckenzyklus. Tag / Nachtzeit. Jahreszeit.
 - Selberbau: sehr preiswert, einfach, Messmittel erschwinglich

..Frequenzen / Sendeleistung..

- Einordnung: Über dem Mittelwellenbereich. Bis 30MHz; 6m (50 MHz hat interessante Zwischeneigenschaften zwischen KW und UKW).
30 MHz – ein riesiges Band mit unterschiedlichsten Eigenschaften. 20m ist tags offen und nachts „tot“; 80m ist nachts in den späten Abendstunden offen und tags „tot“ (nur Störungen mit hohem Pegel hörbar).
- Andere Funkdienste:
Je höher die Frequenz desto geringer werden die kurzwellenreflektierenden Eigenschaften der Ionosphäre).
Deshalb v.a. in den unteren Bändern: KW-Radiosender, Botschaften, Flug- und Schiffsfunk (s.a. DWD Wetteraussendungen in RTTY und FAX), Militär, Hilfsdienste, Nachrichtenagenturen, RFID (u.a. 13,56 MHz!).
11m: CB Funk und ISM.

..Frequenzen / Sendeleistung..

- VHF / UHF („UKW“)
 - 2m: Primär Exklusiv. 70m Primär, teils exklusiv.
 - Sendeleistung: bis zu 750W PEP
 - Eigenschaften: Handhabbare Antennengröße. Abdeckung größerer Regionen (je nach Höhe). Besondere Eigenschaften: manchmal Troposcatter (Inversionsschichten), Nordlichter, oder auch Meteorscatter, ..
 - Verwendung: v.a. FM Sprache, Sprachumsetzer (Relais), Datenfunk
 - Einordnung: Unter 2m FM Rundfunksender und Flugfunk. Über 2m nicht-öffentliche Funkdienste / Betriebsfunk / See- und Schifffahrtssicherheitsfunk, terrestr. Fernsehen, PMR, SRD/RFID, DAB, uvam.

..Frequenzen / Sendeleistung..

■ SHF

- 23cm; 13cm; ... 3cm; uvam. Meist sekundär.
- Sendeleistung: bis zu 75W PEP
- Eigenschaften: Antennen sind klein (Helix, Quad, Spiegel) und haben großen Gewinn. Sichtverbindung besser (23cm) / zwingend nötig (3cm)
- Selberbau: teuer, braucht Erfahrung, Messmittel kaum bezahlbar (look@e-bay)..
- Einordnung: GSM / DECT / GPS im 900, 1800, 2100 MHz

..Frequenzen / Sendelseitung

- vgl. Bandbreite: bei WLAN 20 oder 40 MHz. Das ist mehr als das gesamte KW Band(!)
- Allgemeinzuteilung für öffentliches WLAN 2.4 und 5 GHz: Der Bereich ist auch dem Amateurfunk auf sekundärer Basis zugewiesen. WLAN Zuweisung ist „sonstige/tertiär“. Im 2.4 GHz Bereich gibt es z.B. Betrieb über Amateurfunksatelliten und ATV (Amateurfunkfernsehen).

Zum „Glück“ wird bei diesen hohen Frequenzen das Signal stark durch Wände oder z.B. Glasscheiben gedämpft. (Kennt man vielleicht aus eigener Erfahrung mit schlechtem Handy-Empfang in manchen Bürogebäuden mit bedampften Scheiben).

Frequenzen / Störungen

- Funkdienste haben einen gesetzlichen Anspruch auf Schutz vor Störungen gem. ihrem Status im Band (Primär / Sekundär / Rest). Sicherheitsfunkdienste werden besonders geschützt.

Anzeigen verfolgt die Bundesnetzagentur.

Frequenzen / PEP

PEP ist das hinter an der Sender-Endstufe / dem Leistungsverstärker „raus kommt“. Unterschied zu ERP: Gesamtstrahlungsleistung (PEP+Antennengewinn)

- **VHF/UHF/SHF**
 - Gestockte Antennensysteme mit viel Gewinn
→ Mond als Reflektor nutzen (EME); so sind Verbindungen zur Südhalbkugel der Erde möglich
 - Betrieb über Amateurfunksatelliten.
Beachte: je höher die Frequenz desto größer der Dopplereffekt (= Frequenzverschiebung) - s.a. später beim Thema „Digital Modes“ den Punkt Tuning / AFC.

Frequenznutzung / Bandplan

- Wie wir unsere Frequenzen nutzen ist selbst-reguliert (IARU Bandplan).
 - Bereiche für CW, SSB, Digital Modes (Schmalband / Breitband, ATV, FM) sind ausgewiesen.
 - Verhindert ungewollte gegenseitige Störungen und hilft zur Orientierung, um seinen Gesprächspartner erfolgreich zu finden.
- Wir erahnen schon: das Hobby ist derart facettenreich – man schafft es nicht, alles zu machen, aber man darf es ;)

Technik / Theorie / FM AM SSB

- FM (man kennt es von Radio, PMR, CB-Funk) auf UKW
- AM (MW / KW Rundfunksender). 2 Seitenbänder + Träger (s.a.: Mischen von Freq)
- SSB: Nur ein Seitenband
- Vergleich AM zu SSB: Seitenbänder enthalten redundante Information. Trägersignal in Mittenfrequenz nicht nötig.
 - Leistungersparnis bzw. -Gewinn $> 50\%$
 - Allerdings: Komplexere Empfänger nötig

Technik / Theorie / Digital..

- Übertragung digitaler Daten
 - Einspeisung über Mikrofon oder in Modulator (an Filtern oder Verstärkern vorbei) oder direkt in die ZF
 - Bei z.B. RTTY (Funkfernschreiben): ggf. Eingang für Mark/Space (2 Frequenzen; Frequenzumtastung; 2-FSK)
- Varianten
 - Umtastung zwischen zwei oder mehreren Tönen: FSK (eine Art FM)
 - Frequenz wird in Phase moduliert. Phasensprünge modulieren ein Bit.

..Technik / Theorie / Digital..

■ BPSK / QPSK / n-PSK

(z.B. 0 / 180 = BPSK (bi phase shift keying); 0 / 90 / 180 / 270 Grad = QPSK (quad ...))

- Auch NF-Pegelspannung muß stimmen
 - Zu hoch: Signal wird zu breit, ggf. Harmonische; oder ist noch auf der 3-fachen, 5-fachen, 7-fachen Frequenz sichtbar; ist dann oft nicht mehr dekodierbar.
 - Zu niedrig: kein Effekt, außer dass Sendeleistung geringer als ggf, gewünscht.
- Je mehr Informationen codiert werden (z.B. 64-PSK (= Sprünge innerhalb von $360/64 = 5.625$ Grad)) desto störanfälliger ist das System.
 - Erfordert hohen SN/R (Signal/Rausch-Abstand) und kommt, da es Störungen immer gibt, ohne Fehlerkorrekturverfahren nicht aus.
Wenn Phasensprung nicht eindeutig → 64 verschiedene Möglichkeiten was codiert wurde..

..Technik / Theorie / Digital..

- **QAM: x-PSK plus Pegel moduliert**

QAM = Quadratur-Amplituden-Modulation

Lautstärkeänderung → Spannungsänderung → codiertes Bit)

Hohe Anforderungen an der Linearität der Endstufen:

Amplituden+Phasenmodulierter Träger macht „Verzerrungen“ (kennt man von Stereoanlagen mit schlechten Lautsprecherkabeln); diese müssen vor Verstärken gefiltert werden.

- **OFDM setzt mehrere QAM modulierte Träger „geschickt“ nebeneinander.**

OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplex

- Hoher SN/R nötig
- OFDM findet sich bei WLAN, DVB-T, DSL, usw.
- Nicht geeignet bei hohen Geschwindigkeiten (Zug ICE), auch wegen Dopplereffekt

.. Technik / Theorie / Digital

- Überlegung zur Sendeleistung
 - 2-PSK vs. 4-PSK
 - höhere Symbolrate
 - etwas höhere Bandbreite
 - gleiche Sendeleistung
 - 2 2-PSK-Träger in gebührendem Abstand nebeneinander vs. 4-PSK. Für 2x2-PSK gilt:
 - kleinere Symbolrate pro Träger
 - gleiche effektive Bitrate
 - höhere Signalbandbreite
 - Leistung verteilt sich auf beide Träger
→ systemischer Verlust etwa 3dB

Akkustische Beispiele

- FSK

- LÜ lö lö LÜ lö LÜ LÜ – Frequenzumtastung hörbar
- RTTY Beispiel (mit fldigi, ggf. am KW RX zeigen)
- AFSK1k2 PR / APRS Beispiel 144.800 MHz (quäkt)
- FSK 9K6 PR (Rauschen) 438.300 MHz (rauscht)
- Funkruf Beispiel FSK 1k2 439.9875 MHz (brummt)

- BPSK

- Man hört einen Ton; irgendwas kommt einem "seltsam" vor (Wimmern)

„new modes“ (psk31, mfsk16, ..) ..

- Wir konzentrieren uns im Vortrag auf eine spezielle Form der Datenübertragung (keyboard-zu-keyboard), die sogenannten „new modes“.
- Motivation
 - Entwicklung macht Spaß („nerd“).
Software, FFT, I/Q De-/Modulator, ..
 - Experimentieren ebenso (Experimentalfunktienst)
z.B. „bringt es FEC wirklich“? Bei welchen Funkstörungen mehr, bei welchen weniger? Wieviele Faltungscodierschritte sind noch sinnvoll
Bei DVB-T kann man nicht rumschrauben, bei GSM auch nicht. Hier schon..
 - Arbeit der Entwickler bedeutet Bereicherung unseres Hobbies für alle
 - offener Standard, keine Lizenzgebühren, keine Patente

„new modes“ / Design..

- Designkriterien
 - „New Modes“ sollen mit PC und **Soundkarte** via Lautsprecher/Mikrofon des Funkgerätes ohne weitere Umbauten und ohne große weitere Anschaffungskosten nutzbar sein sein
→ Signal soll in NF-Spektrum (0-3.6kHz passen)
 - hörbares Alleinstellungsmerkmal. Man kann nur verstehen wenn man die „Sprache“ kennt (und wahrnimmt daß da jemand sendet.. ;)
 - **Leicht zu tunen** (→ frequenz nicht auf's Hertz genau treffen). Fehltuning automatisch korrigierbar („AFC“)

..”new modes” / Design..

- Möglichst konstanter Leistungspegel in Summe über das Spektrum (→ weniger große Anforderungen an Linearität der PA; weniger unerwünschte Störungen)
- IdR. n-PSK oder Mehrton-FSK (Umtastung vs. parallel)
- Möglichst schmales Signal (31.5Hz bei psk31), damit viele QSOs (Funkgespräche) nebeneinander Platz haben (vgl. dazu RTTY, bei vergleichbarer Störanfälligkeit). Frequenzökonomie.

PSK31 hat 31.5 Hz. In ein NF-Spektrum passen einige Hundert Gespräche gleichzeitig!

..”new modes” / Design..

- Keyboard-zu-Keyboard Mode

- Tippgeschwindigkeit (effizientere Codierung oft genutzter Zeichen ”varicode”).

Z.B: e, i, .. in weniger Bit codiert als §, ä. → je weniger Bits desto geringer die Chance der Störung (zeitlicher Aspekt)

- Tippdatenstrom; nicht: paketorientiert.
Halbduplex. Erst sendet der eine, dann der andere.

→ Vorher nicht bekannte Länge der Aussendung macht Zwischensynchronisation erforderlich

Vergleich zu paketorientiertem Packet-Radio: z.B. 100ms Synchronisations-Flags, damit Sender einschwingen kann und Empfänger auf Signal synchronisieren kann. Paketgröße 256 Bytes, weil sonst Gefahr daß sie aus dem „Tritt“ geraten.

..”new modes” / Design..

- Möglichst schnelle Synchronisation bei Empfang damit man schnell den Text sieht (z.B. zu Beginn der Aussendung, beim Einstellen auf die Frequenz einer laufenden Aussendung, oder nach sync-loss durch Störungen)
- Möglichst schnelle Sende/Empfangsumschaltung
- Eigenschaften des Übertragungsmediums Funk berücksichtigende Designkriterien
 - Signale können auf dem Weg über den Äther gestört werden. → Beim Design auf Störuneempfindlichkeit achten.
Auf KW sind Störungen immanent

..”new modes” / Design..

- Fading (Pegelschwankung)
 - Verfahren die durch Amplitudenänderung codieren nicht sinnvoll
 - Synchronisationsverlust häufig
- Mehrwegausbreitung
(kurzer / langer Weg; Boden- / Raumwelle)
- Frequenzänderung
(Doppler, Sender oder Empfänger nicht frequenzstabil, ..)
- Effekte in der Ionosphäre (Strahlung / solare Flares) bewirken Phasenänderung; Kurzzeitionosierungen, Scatter; andere Effekte (es ist „Natur“ - noch vieles unerforscht)
- Impulsartige Störungen bei Gewitter

..”new modes” / Design..

- Störung durch andere
 - Andere Funkamateure, weil nicht gehört daß Frequenz belegt; Eigenschaft der Ausbreitung von KW-Funkwellen (s. z.B. Boden/Raumwelle)
 - Andere Funkdienste (Radio (Hallo China..), Militär – wenn Sender falsch eingestellt) bzw. vorsätzlich ”egal”
 - Im Nahfeld durch PLC (Computervernetzung über Stromnetz), Plasma-TV, defekte Netzgeräte, Leuchtstoffröhren, Autos, Industrie, uvam. („Zivilisation“)
- Technisch/mathematische Maßnahmen
 - Niedrige Baudrate des/der Träger → o.g. Störungen bekommen weniger Einfluß

”new modes” / Design / how..

- Forward Error Correction (FEC) y/n
 - Macht die Übertragung langsamer; und zusätzliche Latenz
- Spreading der Bits über die Frequenz und / oder Zeit.
 - Jedoch: Verursacht breiteres Signal bzw. höhere Latenz
- Schnelle Taktrückgewinnung → Takt **nicht nur** zu Beginn einer Aussendung; vgl. auch mit PacketRadio/APRS

Nach einigen Sekunden geraten typischerweise Sende- und Empfangstaktgeber aus dem Tritt. Automatische Resynchronisationsmöglichkeit durch Design ist also wichtig.

..”new modes” / Design / how

- Hohe Dekodier-Empfindlichkeit erwünscht
 - Empfang soll noch möglich selbst bei geringem SN/R (oder gar: nn dB unter Rauschen). WSPR z.B. dekodiert Signale die man selbst nicht mehr akkustisch wahrnehmen kann, weil sie bis zu 28 dB unter dem Rauschen liegen(!).
- CRC (Prüfsummen): hier nicht von Interesse.
 - Sprachlich/textuelle Redundanz hilft:
 - Sprache ist in sich redundant. Wenn ein Buchstabe fehlt ist ein Wort zumeist verständlich
 - Einfach selbst mehrfach wiederholen was einem wichtig ist
- Leitsatz:

Es ist wichtiger, daß ich überhaupt etwas empfange, als daß die Daten 100%ig stimmen. [Vgl. dazu Stichwort Integrität bei Internet Beispiel Internetbanking ;-]

„new modes“ / Beispiele

- Bpsk31,
- MFSK16
- „Extremsportarten“
 - Olivia (belegt 1kHz – 1/3 NF Spektrum)
 - WSJT für Meteorscatter
 - WSPR
- SSTV (kein „new Mode“; sogar „analog“
Nachleuchtröhre alter Radarmonitore)
- Die alten Verfahren: RTTY, FAX

Paketorientiert / ARQ

- KW
 - Amtor, Pactor, GTOR, SITOR, ..
 - Q15X25
 - Pactor III (kommerzielles Gerät, guter Mode, nicht frei, teuer (1k €))
 - RFSM, ALE und andere militärische Standards
- UKW
 - PacketRadio mit AFSK (1k2), FSK (9k6, 19k2, ..)
 - APRS (PR 1k2 kompatibel)
 - Funkruf
 - D-ATV (DVB-S)

Linux

- Disclaimer

Die Einführung war lang. Man kann Software aber nur einsetzen wenn man weiß was man braucht und was für was da ist. Diesen Hintergrund haben wir uns jetzt erarbeitet.

- Amateurfunkprogramme

- Vieles ist per apt-get install installierbar
- Linux Kernel hat nativ AX.25 im Netzwerk-Stack
→ AF_AX25 Socket; klassisch bedienbar über die sysctl's
bind(), connect(), listen()
- Webseite radio.linux.org.au

Linux AFU Software Kategorien

- Digital Modes haben wir ausführlich behandelt
fldigi, hamfax, qsstv, hfterm, wsjt, wspr, usw..
- AX.25: ax25-apps und -tools. LinKT. WAMPES.
- APRS: xastir
- Weltweites KW Bakenprojekt (GPS-Zeit-synchron): ibp
- AFU-Satelliten: predict / gpredict; wine orbitron
- Logging, z.B. Xlog
- Entfernung / Antennenrichtung berechnen: qth.
Siehe Maidenhead Grid Locator
- SHF Links berechnen: RadioMobile, splat
 - RadioMobile nutzt Höhenmessung aus Spaceshuttleprojekt. Daten sind frei. Sehr interessant auch für WLAN Projekte..
- KW Ausbreitungsbedingungen: wine voaprop
- uvam.

Links

- Linux und Amateurfunk

- <http://radio.linux.org.au/>
- <http://linux-ax25.org/>
- <http://www.w1hkj.com/Fldigi.html>
- <http://www.physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/wspr.html>
- <http://www.cplus.org/rmw/>

- Digital Modes

- <http://www.qsl.net/zl1bpu/>
- Viele andere mehr

- Amateurfunk

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Amateurfunk>
- http://www.bundesnetzagentur.de/enid/Frequenzordnung/Amateurfunk_gu.htm
- DARC <http://www.darc.de/> und DARC Distrikt Berlin <http://www.darc.de/d/>
- Berlin-Brandenburg-Rundspruch (live, auch im Internet) <http://www.bb-rundspruch.de/>

EOF

Vielen Dank für Euer Interesse.

Jetzt beginnt der praktische Teil.

vy 73 de Thomas dl9sau

...-.-