Dipl.-Ing.
Erich H. Franke
DK6II
Lenaustraße 20
D-7535 Königsbach-Stein 2

# Der Weg zu Packet Radio (2)

Skriptum zum Vortrag anläßlich der 36. UKW-Tagung in Weinheim

Königsbach-Stein, im August 1991

## 1 Einführung

Als Betriebsart ist Packet Radio, wie keine andere der im Amateurfunk eingeführten Betriebsarten permanenten Fortentwicklungen unterworfen. Diese sind in hohem Maße bedingt durch den Trend zur - inzwischen praktisch weltweiten - Vernetzung.

Wir wollen uns heute mit dieser aktuellen Entwicklung beschäftigen.

## 2 Packet Radio Update

Wie sicherlich bereits bekannt, ist Packet Radio eine digitale Betriebsart zur Übertragung von Texten, Daten und digitalisierten Bildern.

Somit ist eigentlich bereits klar, daß in einer Packet Radio-Station (fast) immer ein Computer als Datenquelle bzw. Bediengerät zu finden ist.

Auf der Funkgeräteseite wird, je nach Betriebsweise, ein UHF-, VHF- oder Kurzwellengerät benutzt.

Dazwischen geschaltet ist, meistens, ein sogenannter TNC (engl. Terminal Node Controller) der die Daten- und Signalaufbereitung durchführt.

Der Name Packet Radio kommt daher, daß die vom Datenendgerät, also z.B. dem Computer, kommenden Daten in 'Pakete' verpackt werden und zusammen mit Adress- und Steuerinformationen zur Gegenstelle übertragen werden.

Dort werden sie geprüft und, wenn sie korrekt angekommen sind, durch eine Quittungssendung

bestätigt.

Vor der eigentlichen Informationsübertragung muß eine (logische) Verbindung zu der gewünschten Gegenstelle aufgebaut werden (Connect). Dies erfolgt dadurch, daß die rufende Station einen Verbindungswunsch aussendet (Connect Request), der, falls dies möglich ist, von der gerufenen Station bestätigt wird.

Der Verbindungsaufbau, die Datensendungen und die Quittungen werden in einer fest vorgegebenen Art und Weise ausgetauscht. Man nennt diese Vorgabe auch 'Protokoll'. Das im Amateurfunk weltweit benutzte Protokoll nennt sich AX.25, da es sehr stark dem CCITT X.25-Protokoll /6/ für die Datenkommunikation angepaßt ist. Die wichtigste Ausnahme ist das sogenannte Adressfeld, das für Amateurzwecke so erweitert wurde, daß es vollständige Amateurfunk-Rufzeichen aufnehmen kann. Wir werden darüber noch später zu sprechen kommen.

Näheres zum Datenaustausch kann den Literaturstellen /1/, /2/ und /3/, sowie den dort genannten weiterführenden Literaturstellen entnommen werden.

## 3 Aufbau moderner Packet Radio Stationen

Der Aufwand zum Betrieb ist an den einzelnen Amateurfunk-Stationen eigentlich recht gering, wenn man einmal davon ausgeht, daß ein geeigneter Computer bereits zur Verfügung steht. War dies im Jahre 1985 noch nicht gegeben /7/, so stellen Computer in heutigen Amateurfunkstellen keine Seltenheit mehr dar.

Somit bieten sich dem Anwender folgende Alternativen:

- Klassische Packet Radio-Station mit TNC

  Hier wird ein spezifisch für Packet Radio entwickelter "Terminal Node Controller" (TNC) /8/ zwischen Funkgerät und Computer eingefügt.
  Dies ist (1991 noch) die häufigste Variante. Es gibt TNC als lizenzierte und unlizenzierte Nachbauten des amerikanischen Originals.

- Multimode-Controller mit Packet Radio-Funktion

  Entspricht in etwa dem externen TNC. Die Soft- und Hardwarefunktionen des TNC werden durch einen kommerziellen Multimode-Controller für AMTOR, RTTY, CW etc.) mit wahrgenommen.

■ Integrierte Softwarelösung

Für Rechner wie C64 (DIGICOM) und PC (BAYCOM) gibt es sehr hübsch funktionierende Softwarelösungen für den PR-Betrieb. Zwischen Rechner und Funkgerät muß nur noch ein einfaches, preisgünstiges Modem geschaltet werden.

Zu TNC gibt es auf dem Markt sowohl Fertiggeräte als auch Bausätze unterschiedlichster Qualität. Der Zusammenbau stellt dabei lediglich handwerkliche Ansprüche, da die Geräte firmwaremäßig fast immer gleich bestückt sind.

Auch für die Modems, die zu den 'reinen' Softwarelösungen à la BAYCOM und DIGICOM notwendig sind, gibt es genügend viele Bauvorschläge und Bausätze.

Der 'echte' Selbstbau und die Selbstprogrammierung von Packet-Radio Software spielt im Amateurfunk auf Grund der technische Komplexität kaum eine Rolle.

Die Funkgeräteseite stellt ebenfalls keine besonderen Ansprüche an die technischen Fähigkeiten des an Packet Radio Interessierten. Heute sind vor allem folgende Betriebsmöglichkeiten geboten:

■ PR-Betrieb über Netzwerke

Häufigster Betriebsfall. Der Anwender benötigt ein 70cm-(UHF-)Funkgerät für FM-Betrieb, möglichst mit Relais-Ablagemöglichkeit (siehe unten). Ein schneller Squelch sowie eine schnelle Sende-/Empfangsumschaltung sind sehr hilfreich.
Außerhalb von Ballungsgebieten bzw. in geographisch ungünstigen Regionen wird zudem eine Richtantenne benötigt. Diese kann - Amateur-unüblich - fest ausgerichtet sein und zum nächstbesten Einstiegs-Digipeater zeigen. Wir kommen darauf noch eingehend zu sprechen.

■ PR-Betrieb über Kurzwelle

Man benötigt hierzu ein SSB-taugliches Kurzwellengerät. Die Seitenbandlage ist dabei gleichgültig(!), das Gerät sollte über eine schnelle Sende-/Empfangsumschaltung verfügen.

■ VHF-Punkt-zu-Punkt-Betrieb

Es mag ketzerisch erscheinen, jedoch gegenüber dem Betrieb über Netzwerke ist der Direktbetrieb im 2m-(VHF-)Band sehr gering geworden. Zum Betrieb benötigt man ein einfaches 2m-FM-Simplex-Funkgerät.

- Satelliten-Betrieb

  Je nach benutztem Satelliten ist der Transponder- bzw. Direktbetrieb möglich. Die Stationsausstattung muß jedoch spezifisch angepaßt werden (Digitales PSK-Modem für RUDAK etc.)

Kommen wir abschließend noch zum Datenendgerät. Wie bereits gesagt finden wir in Packet Radio-Stationen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit den einen oder anderen Computer als Datenendgerät.

'Echte' Datensichtgeräte oder gar Fernschreiber sind nur noch sehr selten zu finden.

Zu praktisch allen Rechnern gibt es Terminal-Programme mehr oder minder hoher Qualität, sowohl als kommerzielle Produkte oder als Shareware oder Public-Domain-Programme. Manche Computerhersteller bauen einfache Terminal-Emulationen gleich mit ein oder liefern sie zum Betriebssystem gleich mit (z.B. ATARI).

Nicht alle Terminal-Programme sind gleich gut geeignet. Folgende Funktionen werden für den Packet-Radio-Betrieb benötigt:

- Drucken während des Empfangs
- Speichern während des Empfanges auf Dateien
- Senden von Texten aus Dateien

Hilfreich sind weiterhin folgende Sonderfunktionen, die von kommerziellen Terminal-Emulationen nur selten geliefert werden:

- Abbruch automatischer Sendungen bei DCD-inaktiv (Connect-Verlust)
- Scroll-Back letztgemachter Eingaben (Eingabe-Wiederholung)
- Abschaltbare Terminal-Emulation (Steuerzeichen-Unterdrückung)
- Automatischer Wort- und Zeilenumbruch bei Sendung und Empfang

## 4 Packet Radio Betriebstechnik

Wir haben bereits gehört, daß sich die Betriebstechnik in Packet Radio seit den Anfängen in 1980 stark gewandelt hat.

Stand bis ca. 1985 der Punkt-zu-Punkt-Betrieb und der Betrieb über die in die TNC-Software fest eingebaute Digipeater-Funktion[1] im Vordergrund /7/, so wird heute, d.h. 1991, der Betrieb vorwiegend über Netzwerke abgewickelt. Hieraus ergeben sich für die Praxis z.T. erhebliche Unterschiede.

---

[1] Digipeater: Kunstwort aus engl. Digital Repeater

Wir haben gesehen, daß vor der Datenübertragung eine logische Verbindung zu einem Partner aufgebaut werden muß. Zu diesem Zweck wird ein Datentelegramm ausgesendet, das einen Verbindungswunsch (SABM) sowie als Adresse das Rufzeichen der Zielstation enthält.

In der Anfangszeit von Packet Radio wurde vorwiegend auf VHF (2m, 144.625 MHz) gearbeitet. Echter Weitverkehr nur dadurch möglich, daß man eine andere Station als Digitale Relaisstelle (Digipeater) benutzte. Dies funktionierte folgendermaßen.

Gegeben seien drei Packet-Radio-Stationen, nämlich DF6IV in Pforzheim, DD0KG in Mannheim und DL2FCQ in Frankfurt. Dabei kann DD0KG sowohl DF6IV als auch DL2FCQ arbeiten, letzterer hört DF6IV jedoch nicht.

DF6IV will nun eine Verbindung zu DL2FCQ herstellen:

**MYCALL** DF6IV
**CONNECT** DL2FCQ **VIA** DD0KG

Mit dem Wissen über die Topologie dieser einfachen Verbindung benutzt DF6IV die Station DD0KG als Gleichkanal-Relais. Dieser speichert alle Datenpakete und sendet sie auf der gleichen Frequenz wieder aus.

Sofern die Frequenz vollständig frei ist, klappt das sehr gut. Rein theoretisch könnte man bis zu acht VIA-Rufzeichen eingeben, d.h. über bis zu acht Digipeater arbeiten, wie schon gesagt, rein theoretisch.

Praktisch gesehen funktioniert, wie man sich leicht vorstellen kann, die Übertragung über mehrere solcher 'wilden'[2] Digipeater unter realen Bedingungen nicht zuverlässig:

- Alle "Digipeater" müssen permanent und zuverlässig arbeiten
- Die "Digipeater" und die Teilnehmer arbeiten alle auf der gleichen Frequenz. Diese wird zudem noch von anderen Stationen als QSO-Frequenz benutzt. Diese QSO 'stören' die Verbindung (Link) zwischen den Digipeatern.
- Die Digipeater arbeiten wie die Endteilnehmer nur mit einer Funkbitrate von 1200 Bit/sec.
- Alle Pakete werden End-zu-End-bestätigt. Hierdurch wird die über-alles-Übertragungswahrscheinlichkeit stark reduziert.
- Kein Schutz gegen Kollisionen von Paketen der Endteilnehmer

[2] Der Begriff 'wild' stellt keine Wertung dar. Er soll die hier beschriebenen TNC-Digipeater von den 'festen' Interlink-Digipeatern unterscheiden helfen.

All diese Punkte, vornehmlich aber die hohe Kanalbelastung machte rasch deutlich, daß Einkanal-Verbindungen über 'wilde' Digipeater keine Lösung für ein sicher funktionierendes Paket-Radio-System darstellte.

Als Lösung wurden an verschiedenen Stellen Versuche mit Netzwerken gemacht. Die RMPRG in Frankfurt, insbesondere DK7WJ und DF4OR entwickelten FLEXNET, basierend auf einer spezifischen Hardware, genannt RMNC (Rhein-Main Net Controller). Weitere Netzwerk-Versuchssysteme waren Nord><link und SEPRAN /4/.

Alle Ansätze hatten folgendes gemeinsames Ziel:

- Einrichten fest installierter Digipeater mit einem sog. Benutzerzugang
- Verbindung der Digipeater untereinander auf einer vom Benutzerzugang getrennten Frequenz
- Transparente Benutzung des Netzwerkes
- Gutes Lastverhalten, geringe Kollisionswahrscheinlichkeit

Im letzteren Punkt ist das Hauptanliegen versteckt, nämlich einer großen Anzahl von Benutzer den Betrieb über das Netzwerk zu ermöglichen, ohne daß ihre Pakete miteinander kollidieren.

Von einer Kollision spricht man, wenn gleichzeitig zwei oder mehrere Stationen, die sich gegenseitig nicht hören, auf dem Benutzerzugang ein Datenpaket an den Digipeater senden.

Was hat es damit auf sich? Wir wollen diese Frage an Hand des in DL weit verbreiteten FLEXNET und dem in DL weitgehend eingeführten Frequenzschema beantworten.

Das Netzwerk besteht zunächst einmal aus einer Reihe von Knoten, also 'festen' Digipeatern, die untereinander über Richtfunkstrecken, zumeist im 23-cm-Band miteinander verknüpft sind. Diese Strecken dienen als sogenannte Interlinks und dürfen von Benutzern oder anderen Stationen nicht zu QSO-Zwecken benutzt werden. Als Transceiver sind handelsübliche 23-cm-Funkgeräte nicht geeignet, da schließlich eine möglichst hohe Funkbitrate auf den Links angestrebt wird um so den Durchsatz zu erhöhen. Es finden meistens spezifisch dafür entwickelte Geräte (z.B. Link-Transceiver von DF6IC) Verwendung. Die Interlink-Strecken sind räumlich und frequenzmäßig so entkoppelt, daß wir hier von echten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen sprechen können.

Die Knoten-Digipeater können (müssen nicht unbedingt) mit sogenannten Benutzerzugängen ausgestattet sein. Die Zugangsfrequenzen liegen (meistens) im 70cm-Band, also klar getrennt von den Interlinks.

Als Benutzerzugang können handelsübliche UHF-Funkgeräte verwendet werden. Besser geeignet sind jedoch echte Vollduplex-Funkgeräte. Warum?

Um dies zu erklären, müssen wir uns nochmal einem Beispiel mit drei Stationen DF6IV, DB0IE und DL2FCQ zuwenden. DB0IE sei hier ein 'fester' Digipeater, zum Beispiel mit Zugang zum Netz.
DF6IV und DL2FCQ hören zwar den Digipeater, gegenseitig jedoch nicht.

Da sich die beiden 'Benutzer' DF6IV und DL2FCQ zwar den Digipeater DB0IE, sich gegenseitig jedoch nicht hören, würden zwar Kollisionen zu Sendungen des Digipeaters vermieden. Da die Benutzer-TNC jedoch asynchron zueinander senden, würden Datensendungen jedoch miteinander kollidieren.

Die Lösung hierzu sind sogenannte Vollduplex-Digipeater. Diese belegen, ähnlich wie ein FM-Sprachrelais, zwei getrennte Kanäle, die den Standard-Shift-Abstand voneinander besitzen. Der Sender des Relais strahlt alle auf der Eingabefrequenz empfangenen Daten gleichzeitig wieder ab. Hierdurch werden alle TNC, die den Digipeater hören, 'ruhig gestellt'. Kollisionen werden somit sicher vermieden. Die ausgesendeten Daten sind dabei unerheblich, wichtig ist einzig und alleine die Frequenzbelegung. Es genügt beispielsweise, daß der Digipeater-Sender während jedem Empfang Flags aussendet.

Für Benutzer eines Vollduplex-Digipeaters sind folgende Punkte wichtig:

- Funkgerät auf Relaisbetrieb (7.6 MHz Shift) schalten
- nach Möglichkeit eine 'digitale Rauschsperre' benutzen
- den TNC **NICHT** auf FULLDUPLEX schalten (Das ist 'was anderes)

Die Frequenzen der Benutzerzugänge für die Digipeater können diversen Unterlagen entnommen werden /10/.

Insgesamt befinden sich Digipeater-Benutzerzugänge in folgenden Bereichen:

Duplex

| Kanal | Frequenzen | |
|---|---|---|
| R56 | 430.700 | 438.300 |
| R57 | 430.725 | 438.325 |
| R58 | 430.750 | 438.350 |
| R59 | 430.775 | 438.375 |
| R60 | 430.800 | 438.400 |
| R61 | 430.825 | 438.425 |
| R62 | 430.850 | 438.450 |
| R63 | 430.875 | 438.475 |
| R64 | 430.900 | 438.500 |
| R65 | 430.925 | 438.525 |

Simplex

| Kanal | Frequenz |
|---|---|
| S52 | 430.600 |
| S53 | 430.625 |
| S54 | 430.650 |
| S55 | 430.675 |
| | |
| | 438.025 |
| | 438.050 |
| | 438.075 |
| | 438.100 |
| | 438.125 |
| | 438.150 |
| | 438.175 |

Auf 2m stehen Frequenzen im Bereich 144.625 bis 144.675 zur Verfügung. In einzelnen Bereichen gibt es auch Benutzerzugänge auf diesen Frequenzen.

Auf Kurzwelle werden derzeit Frequenzen im RTTY-Bereich für PR-Betrieb benutzt. Gerade auf den überfüllten Kurzwellenbändern ist gegenseitige Rücksichtnahme oberstes Gebot.

Die Interlinkstrecken arbeiten gewöhnlich im Bereich 1240 MHz bis 1241 MHz (bzw. 1299 MHz bis 1300 MHz, 59 MHz Shift). Auf den Interlinkstrecken sollte keinerlei Betrieb gemacht werden, um den laufenden Verkehr nicht zu stören.

Ein Hauptvorteil des Netzwerks mit 'festen' Digipeatern ist die automatische Wegesuche zum gewünschten QSO-Partner. Im Gegensatz zum früheren Digipeating über explizit benannte Knoten genügt bei der moderneren Netzwerk-Software die Angabe des Endknotens auch für eine längere Verbindung.

Ein Verbindungswunsch eines Benutzers, der sich im Bereich des Digipeaters DB0EQ (Brackenheim) aufhält und eine Verbindung zu DL6TU wünscht, der DB0KT (Vogelsberg) hört, könnte wie folgt aussehen:

**CONNECT** DL6TU **VIA** DB0EQ,DB0KT

Dabei hören sich DB0EQ und DB0KT gegenseitig aufgrund der geographischen Lage nicht direkt. Das Netz insgesamt 'weiß' jedoch, wie eine Verbindung zwischen diesen beiden Digipeatern zu vermitteln[3] ist. Wie funktioniert das?

Eigentlich ganz einfach! Alle Digipeater tauschen mit ihrem jeweiligen Nachbarn Prüfmeldungen aus, an Hand derer sie feststellen können, wie gut die Verbindung jeweils funktioniert. Sie brauchen dazu nur die Zeit zu messen, die für die Übertragung notwendig war. Ist die Verbindungsstrecke[4] gestört oder überlastet, so wird für Bestätigung und Wiederholung mehr Zeit benötigt als bei ungestörten Links. Die Zeit ist somit ein Maß für die Link-Qualität.

Die Verbindungsmöglichkeit zum unmittelbaren Nachbarknoten hat der Sysop[5] beim Einrichten des Knotens manuell eingestellt.

Jeder Knoten tauscht nun mit seinem Nachbarn die Qualitätsangabe für den jeweiligen Zielknoten aus.

Wenn ein Knoten eine Verbindung aufbaut, so wählt er jeweils die Strecke aus, die die geringste

---

[3] engl. routing

[4] engl. Link

[5] Kunstwort für engl. System Operator, d.h. Systembediener

Zeit (und damit höchste Qualität) bietet.

Somit kann DB0EQ entscheiden, ob er o.g. Verbindungswunsch in Richtung DB0ID (Stuttgart) oder DB0IE (Karlsruhe) abwickelt. Nehmen wir für unser Beispiel den Weg nach DB0ID an, so gehts von dort weiter über DB0ODW nach DB0KT, oder, je nach Link-Qualität von DB0ID nach DB0DA und von dort nach 'KT. Benutzer können übrigens die jeweiligen Qualitätszahlen an ihrem Digipeater abrufen.

Noch etwas hat das Netz mit den 'festen' Digipeatern zu bieten. Das Stichwort heißt 'Hop-by-hop[6]'-Bestätigung.

Sie erinnern sich, im Beispiel mit den 'wilden' Digipeatern wurde ein Datenpaket durch die gesamte Kette geschickt und erst vom Endteilnehmer bestätigt. Die Bestätigung 'reiste' dann wieder über die gesamte Kette an den Ausgangspunkt zurück. Somit hatte die gesamte Digipeaterkette inklusive der Endteilnehmer nur insgesamt zehn Versuche, die durch den Wiederholungszähler[7] vorbestimmt war.

In Flexnet (Stand 1991) ist dies anders. Alle Datenpakete (d.h. <I>-Frames) werden dem Benutzer lokal von seinem Digipeater direkt bestätigt. Nach dieser Bestätigung steht es unter der Verantwortung des Netzes selbst. Eventuelle Wiederholungen (Retries) zählen nicht mehr für die Gesamtverbindung. Jeder Knoten auf dem Weg bestätigt nun, Hop für Hop seinem jeweiligen Nachbarn den korrekten Empfang. Ebenso verfährt der Endknoten mit dem fernen Teilnehmer. Die Wahrscheinlichkeit für einen Verbindungsabbruch bei großen Strecken wird hierdurch minimiert.

Dies gilt jedoch nur für Pakete unter Kontrolle des Protokolls. Das Verhalten bei den UNPROTO-Frames, wie auch Verbindungsauf- und Abbau-Pakete wird zunächst nicht verbessert.

Deshalb ist es ein gutes Mittel, nicht die Verbindung zum Endteilnehmer direkt, sondern zunächst lokal seinen eigenen Digipeater zu 'connecten'. Meistens ist diese Verbindung gut, d.h. mit geringer Fehlerrate behaftet, so daß der Verbindungswunsch sicher verarbeitet wird.

Besteht eine Verbindung zum lokalen Digipeater, so besitzt dieser eine Reihe von Befehlen, darunter auch ein **CONNECT**-Befehl. Dieser ist - von der bereits bestehenden Verbindung aus gesehen - in ein normales Datenpaket (<I>-Frame) verpackt und unterliegt der Hop-to-Hop-Bestätigung. Einmal im Netz, kann man sich nun mittels dieses CONNECT-Befehls logisch mit dem Endknoten verbinden. Alle Übertragungen erfolgen dabei in <I>-Frames, also gesichert und dem Hop-by-Hop-Acknowledge unterworfen.

Am Endknoten angelangt benutzt man wieder das (dortige) CONNECT-Kommando, nun

---

[6] Jede Verbindung über ein Link wird anschaulich auch als Sprung (engl. Hop) bezeichnet.

[7] engl. retry counter

allerdings mit dem Rufzeichen des Zielteilnehmers. Der Knoten 'weiß' aus seiner Digipeaterliste, daß das Rufzeichen keinem angemeldeten Digipeater im Netz gehört und schickt es folgedessen den Verbindungswunsch auf dem Benutzerausgang hinaus.

Kann der Zielteilnehmer angesprochen werden, so meldet sich dessen TNC. Die Verbindung ist aufgebaut. Kann die Verbindung nicht hergestellt werden, so läuft im fernen Digipeater der Wiederholungszähler ab. Die Verbindung fällt wieder eine Stufe zurück.

Dasselbe geschieht beim Ausfall einer der Interlinkstrecken. Auch in diesem Fall wird zum letzten noch erreichbaren Knoten zurückverbunden.

Das Verfahren des stufenweisen 'Connects' ist im übrigen auch angenehm nervenschonend. Beim Direkten Connect kennt man zu keinem Zeitpunkt den Verbindungsstatus und weiß beispielsweise nach einem Fehlversuch nicht, ob der Verbindungswusch an einer der Interlink-Strecken oder am fernen Benutzerausgang gescheitert ist.

Beim stufenweisen 'connecten' kann man zumindest sicherstellen, daß die Verbindung bis zum Ziel-Digipeater klappt.

## 5 Literatur


| | | |
|---|---|---|
| /1/ | Fox, Terry L., WB4JFI | "AX.25 Amateur Packet Radio Link Layer Protocol, Version 2.0"; ARRL, Oct. 1984 |
| /2/ | Friedrich, K.D., DL2FCQ | "Das AX.25-Protokoll"; Skriptum zum PR-Treffen der RMNC, Frankfurt, Okt. 1990 |
| /3/ | Franke, Erich H., DK6II | "Der Weg zu Packet Radio (Teil 1)"; Skriptum der 34. UKW-Tagung, Weinheim; August 1989 |
| /4/ | SWISS-ARTG | "PACKET RADIO, Handbuch für den praktischen Einsatz"; Swiss Amateur Radio Teleprint Group, 1991; ISBN 3-926710-13-6; In DL: Vlg. AFUSOFT |
| /5/ | DARC | "Packet Radio Handbuch"; DARC-Verlag |
| /6/ | CCITT | "Interface between Data Terminal Equipment and Data Circuit Terminating Equipment for terminals operating the Packet Mode in Public Data Networks"; Recommendation X.25; Genf 1976 |
| /7/ | Franke, Erich H., DK6II | "PACKET RADIO, Theorie und Praxis im Amateurfunk"; Skriptum der Vorträge der 30. UKW-Tagung, Weinheim, 1985 |
| /8/ | TAPR | "Packet Radio Terminal Node Controller", System Manual 11/83; Tuscon Amateur Packet Radio Group (TAPR); Tuscon AZ, USA |
| /9/ | Grubbs, Jim, K9EI | "Get *** CONNECTED to Packet Radio"; Sky Publishing; ISBN 0-931387-22-1 |
| /10/ | Diehl, K.H. DD8FN | Karte der Digipeater in DL |