Klaus Jahn

ISDN4LINUX

1 Allgemeines zu ISDN

Nach einem 1987 in Mannheim und Stuttgart durchgeführten Pilotprojekt wurde ISDN ab 1989 eingeführt und steht seit 1993 flächendeckend zur Verfügung. ISDN heißt 'Integrated Services Digital Network' und bedeutet die Bereitstellung verschiedener Dienste (Services) durch eine digitale Datenübertragung.

1.1 Der ISDN-Anschluß der Telekom

Die Telekom stellt verschiedene Anschlußvarianten zur Verfügung:
Der **Basisanschluß** wird wiederum angeboten in zwei Varianten als

- Mehrgeräteanschluß (P2MP, Point to Multipoint): Anschlußmöglichkeit für mehrere Endgeräte parallel; zwei Nutzkanäle (B1, B2) a 64kBit und ein Steuerkanal (D-Kanal) mit 16kBit.
- Anlagenanschluß (P2P, Point to Point): Anschlußmöglichkeit nur für ein einziges Endgerät, typischerweise eine TK (Telekommunikations-) Anlage.

Für größeren Bandbreitenbedarf gibt es den **Primär-Multiplex-Anschluß (S2P)**: Zusammenfassung von 30 B-Kanälen a 64kBit zu insgesamt 1,92Mbit, sowie ein D-Kanal a 64kBit. Sonst wie P2P.
Die Bezeichnungen 'Einfachanschluß', 'Standardanschluß' und 'Komfortanschluß beziehen sich nur auf die von der Deutschen Telekom angebotenen unterschiedlichen 'Dienste-Pakete' und haben eher Marketing-strategische Bedeutung. Eine genauere Beschreibung ist zu finden im offiziellen Handbuch der DT [9].

1.2 Physikalische Schnittstellen und Größen

siehe Abbildung 1

1.3 Die Protokolle

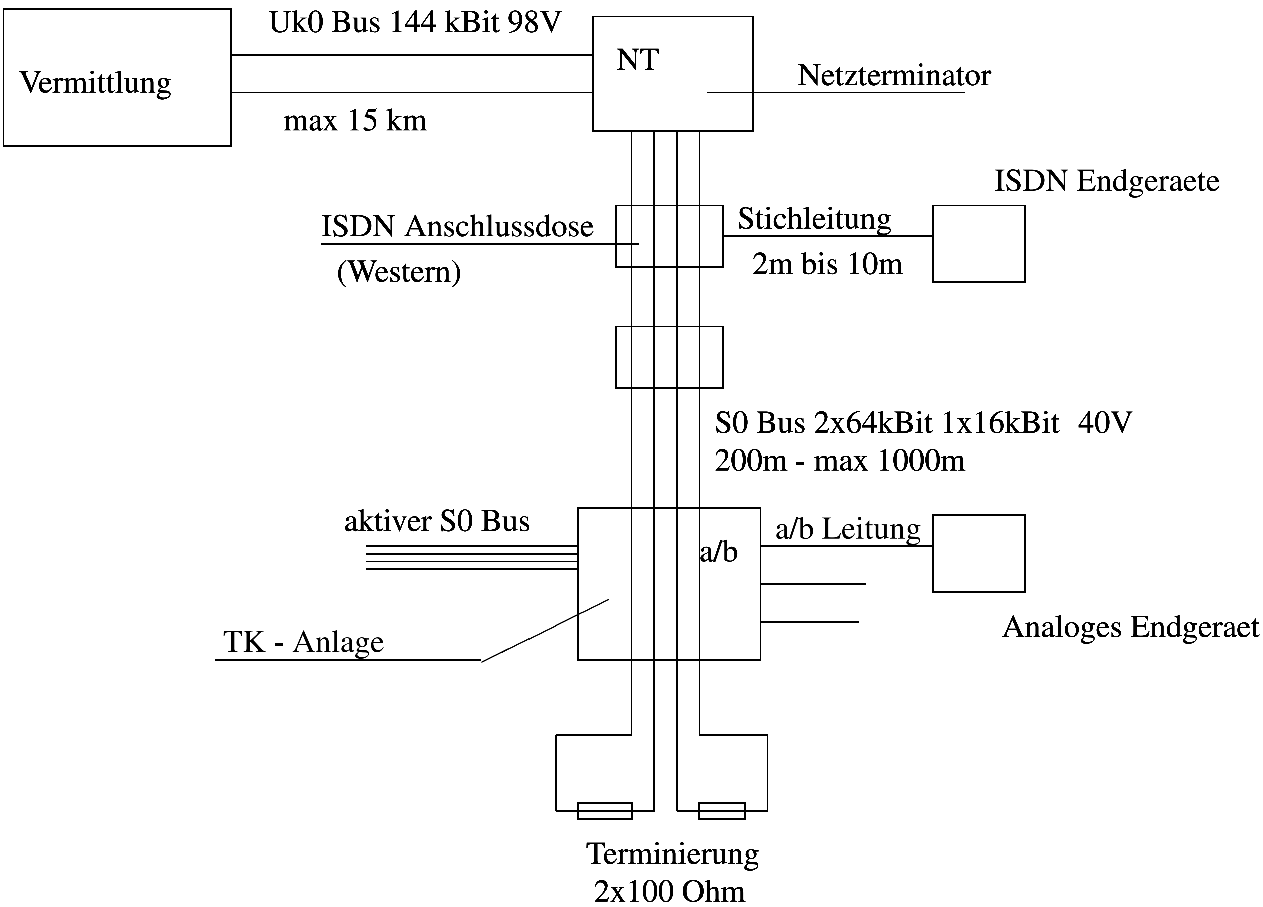
Der klassische S0-Bus besteht aus einem D-Kanal (Steuerkanal) und zwei B-Kanälen (Nutzkanäle B1 und B2, 'Bear'='Last').

1.3.1 Der D-Kanal

Der D-Kanal dient vor allem der Übertragung von Wähl-, Verbindungs- und Gebühreninformationen, also der Steuerung der Verbindung. Als D-Kanal Protokoll hat sich zunächst in Deutschland und den Niederlanden der Poststandard 1TR6 durchgesetzt, da internationale Normen sehr viele Freiräume lassen. Die europäischen Länder haben sich dann auf das Protokoll DSS1 (Euro-ISDN) geeinigt. 1TR6 wird nur noch bis zum Jahr 2000 garantiert unterstützt.
Die Adressierung der Endgeräte erfolgt beim DSS1 durch ganze MSN's ('Multiple Subscriber Number'='Telefonnummer'), die in den Endgeräten einprogrammiert werden können (oft auch mehrere Nummern gleichzeitig).
Der D-Kanal kann bedingt auch zur Datenübertragung benutzt werden:

- X31: DATEX-P Zugang über den D-Kanal, kompatibel mit dem dort verwendeten X25
- UUS-1 (User-User Signaling): Anzeige von Zusatzinformationen auf dem Telefondisplay
- AO/DI (Always on/Dynamic ISDN): Standleitung, ersetzt durch T-DSL

Abbildung 1: Physikalische Schnittstellen und Größen



1.3.2 Die B-Kanäle

Die B-Kanäle bieten Übertragungen von jeweils maximal 64kBit, in den USA 56kBit. Sprache wird durch eine logarithmische Codierung (A-Law in Europa) A/D-Wandler erzeugten 12bit-Werten in 8bit Werte übertragen ('PCM'='Puls-Code-Modulation').
Die Protokolle zur Datenübertragung halten sich eng an die entsprechenden Schichten des ISO-OSI-Referenzmodells. Die Layer 1 bis 3 entsprechen hier den Schichten B1 bis B3[6]:

Die B1-Schicht sorgt für die physikalische, noch ungesicherte Übertragung von Sprache oder Daten

- -¿ **Bittransparent:** Sprach- oder sonstige Daten für analoge Gegenstellen werden ohne Paketierung (Framing) als konstanter Datenstrom übertragen.
- -¿ **V.110:** Durch gezieltes Einfügen von Füllbits künstlich verlangsamte Datenübertragung, z..B. zur Geschwindigkeits-Reduktion auf 9600 Bit/s bei einer Verbindung mit einem GSM-Handy.

Für die darüberliegende B2-Schicht, die (außer bei bittransparenter Übertragung) die Korrektheit der Daten durch automatische Blockwiederholungen im Fehlerfall gewährleistet, gibt es folgende Möglichkeiten:

- -¿ **X.75 (CCITT-Standard):** Gesichertes B2-Protokoll, üblich z.B. bei Mailbox-Diensten, meist mit 2 KByte Paketlänge, optional mit V.42bis-Datenkompression.
- -¿ **HDLC (High-Performance Data Link Control):** Von Internet-Providern für PPP-Zugänge (Point-to-Point Protocol) benutztes B2-Protokoll, meist mit 512 Byte Paketlänge.
- -¿ **V.120:** Anpassung an asynchrone Daten mit Flußkontrolle für Verbindungen zwischen Endgeräten unterschiedlicher Geschwindigkeit.
- -¿ **Bittransparent:** Sprache oder sonstige Analogdaten im B-Kanal als Puls-Code-Modulation, ungesicherte Übertragung.

Für die B3-Schicht bieten die Treiber von ISDN-Adaptern gewöhnlich folgende Verfahren an:

-¿ **Transparent:** Meistbenutztes Verfahren zur Datenübertragung, wenn eine Applikation den ISDN-Kanal exklusiv benutzt, da die Fehlerfreiheit ja bereits von der B2-Schicht gewährleistet wird.
-¿ **T.70, T.90:** Mit zusätzlichen Steuer-Bytes am Paketanfang ist eine Zuordnung der Pakete zu unterschiedlichen Applikationen möglich.
-¿ **ISO 8208:** Wird für den sogenannten Euro-Filetransfer benutzt; entsprechende Dateitransfer-Software wird mit den meisten ISDN-Karten mitgeliefert.

2 ISDN4LINUX - Kernel Space

Der Kernel-Teil von isdn4linux besteht aus zwei Modulen, dem Linklevel Modul isdn.o und dem Lowlevel Modul, welches dem jeweiligen ISDN-Karten Treiber entspricht. Diese Module können natürlich auch fest in den Kernel einkompiliert werden, manche Lowlevel Module funktionieren für bestimmte Karten jedoch nur als Modul.

2.1 Die Funktionsweise der Module

Ist das Linklevel Modul geladen, unterstützt es eine bestimmte Anzahl von Lowlevel Modulen und ISDN-Kanälen (definiert in isdn.h). So steht nun für jeden Kanal ein

- Kontroll-Device (*/dev/isdnctrlXX*),
- ein 'Raw-Data-Device' für die B-Kanäle (nur für debugging),
- sowie systemweit ein Device zur Kontrolle des Leitungsstatus' (*/dev/isdninfo*) bereit

Zusätzlich gibt es noch die tty-Devices ttyIXX und cuiXX (traditionell nur für ausgehende Rufe) mit integriertem Modem-Emulator. Diese können ohne zusätzliche Maßnahmen sofort nach dem Einfügen der Module genutzt werden. Zur Ansteuerung steht ein erweiterter AT-Befehlssatz zur Verfügung (siehe *'man ttyI'*[5]), der alle Funktionen eines herkömmlichen Modems erlaubt (mgetty, Terminalprogramm z.B. minicom, asyncrones PPP, SLIP usw...), bei Auswahl der Kerneloption 'Support audio via ISDN' auch die Funktion als Voice Modem. Einzig das Versenden und Empfangen von Faxen funktioniert bei passiven ISDN-Karten nur bedingt [1].
Von jedem Low-Level Modul können bisher maximal zwei physikalische Kanäle bereitgestellt bzw überwacht werden. Dennoch kann eine gößere Anzahl der vom Linklevel Modul bereitgestellten Kanäle konfiguriert werden. Es besteht intern aber noch keine Verbindung zwischen Lowlevel und Linklevel Modul! Wird vom Lowlevel Modul nun ein einkommender Anruf entdeckt, so wird zuerst nach einem entsprechend konfigurierten 'internen' tty oder Netzwerkdevice gesucht, welches (in dieser Reihenfolge) die gleiche MSN, die gleichen B-Kanal Einstellungen, die richtige Anrufer-Nummer (bei Netzwerkdevices mit Security Option on) und die richtige (oder keine) Kanalbindung (bei Netzwerkdevices) hat. Erst wenn dieses gefunden wird, wird eine Verbindung zwischen Lowlevel und Linklevel Modul hergestellt.
Wird kein richtiges Device gefunden, kann isdn4linux so konfiguriert werden, daß entweder nichts passiert, oder daß der Anruf sofort zurückgewiesen wird (mittels '*'isdnctrl busreject ¡driverID¿ [on—off]'* – nicht immer sinnvoll ;-)).

2.2 Kerneloptionen

Erläuterung der anwählbaren Kerneloptionen am Beispiel Kernel 2.2.16:

'ISDN Support': Auswahl der isdn4linux Unterstützung (auswählen)
'Support Syncronous PPP': Syncrones PPP ist für den Internetzugang per ISDN gegenüber asyncronem PPP (mittels tty Devices) sehr zu empfehlen
'Use VJ-compression with synchronous PPP': Van Jacobsen Kompression, auch empfehlenswert
'Support generic MP (RFC 1717)´: Kanalbündelung
'Support audio via ISDN': Das tty-Device bietet die volle Voice-Modem Funktionalität

'Support AT-Fax Class 2 commands': Das ttx-Device bietet die Funktionen eines Faxmodems (wird nicht von allen Lowlevel-Treibermodulen unterstützt)
'X.25 PLP on top of ISDN': Unterstützung des X25 Protokolls über ISDN
'ISDN feature submodules': Submenü
'isdnloop support': mit dem Tool *'loopctrl'* kann eine virtuelle ISDN Karte konfiguriert werden
'Support isdn diversion services': Zusammen mit dem HiSax Lowlevel Treiber werden verschiedene Rufweiterleitungsvarianten von Euro ISDN (DSS1) unterstützt
´Passive ISDN cards': Submenü, Auswahl der Lowlevel Treiber für passive ISDN Karten
'HiSax SiemensChipSet driver support': Der Chipsatz auf den meisten (und allen von isdn4linux unterstützten) passiven ISDN Karten
'HiSax Support for EURO/DSS1': Das Euro-ISDN/DSS1 Protokoll
'Support for german chargeinfo': Gebühreninformation der Deutschen Telekom wird erkannt
'Disable sending complete': nur Empfangen, nicht Senden!
'Disable sending low layer compatibility':s.o.
'Disable keypad protocol option': Schaltet das Kexpad Protokoll aus (um z.B. oder ohne das Keypad Protokoll zu senden)
'HiSax Support for german 1TR6': Das alte 1TR6 Protokoll
'HiSax supported cards': Auswahl der richtigen ISDN-Karte
'Active ISDN cards': Submenü, Auswahl der Lowlevel Treiber für aktive ISDN Karten
...
Besonderheit:
'AVM CAPI2.0 support': Die Lowlevel-Unterstützung der AVM B1/T1 ISDN Karte bietet eine komplette CAPI 2.0 Schnittstalle!
Achtung: Bei manchen aktiven ISDN Karten, sowie bei der passiven Karte 'Sedlbauer speed fax +' muß zusätzliche Firmware geladen werden!

Ein anschließendes 'make clean&&make dep&&make zImage' und evtl. 'make modules&&make modules_install' sollte den Rest erledigen. Zur Übergabe verschiedener Parameter an den Kernel mittels Lilo bzw an die Module mittels i*'modprobe'* ist das entsprechende Readme des Lowlevel-Treibers im Unterverzeichnis des Kernel Quellcodes sehr hilfreich[1]. Für ISDN Karten, die den Plug&Play Standard unterstützen werden zusätzlich die 'pnptools' für Linux benötigt. Die Treiber für diese Karten lassen sich auch nur als Module verwenden.
Ist eine ISDN Kare richtig erkannt, so sollten mit dem Befehl *'dmesg'* ungefähr folgende Meldungen angezeigt werden:

```
ISDN subsystem Rev: 1.100/1.84/1.114/1.63/1.17/1.4 loaded
HiSax: Linux Driver for passive ISDN cards
HiSax: Version 3.3e (module)
HiSax: Layer1 Revision 2.37
HiSax: Layer2 Revision 2.20
HiSax: TeiMgr Revision 2.13
HiSax: Layer3 Revision 2.10
HiSax: LinkLayer Revision 2.40
HiSax: Approval certification valid
HiSax: Approved with ELSA Quickstep series cards
HiSax: Approval registration numbers:
HiSax: German D133361J CETECOM ICT Services GmbH
HiSax: EU (D133362J) CETECOM ICT Services GmbH
HiSax: Approved with Eicon Technology Diva 2.01 PCI cards
HiSax: Total 1 card defined
HiSax: Card 1 Protocol EDSS1 Id=HiSax (0)
HiSax: Teles IO driver Rev. 2.15
HiSax: Teles 16.3 config irq:9 isac:0xA80  cfg:0xE80
HiSax: hscx A:0x280  hscx B:0x680
Teles3: ISAC version (0): 2086/2186 V1.1
Teles3: HSCX version A: V2.1  B: V2.1
Teles 16.3: IRQ 9 count 35598
Teles 16.3: IRQ 9 count 35602
HiSax: DSS1 Rev. 2.23
```

```
HiSax: 2 channels added
HiSax: MAX_WAITING_CALLS added
```

Wie oben erwähnt kann nun der Modememulator (ttyXX und cuiXX) ohne weitere Einstellungen benutzt werden.

3 ISDN4LINUX - User Space

Wer allerdings mehr als 'nur' den Modememulator von isdn4linux benutzen will benötigt einige zusätzliche Tools, die isdn4kutils. Diese sollten auf jeder neueren Linux Distribution zu finden sein. Die neuesten Quellen sind zu finden unter **'ftp://ftp.isdn4linux.de/pub/isdn4linux'**. Eine Liste von Mirrors gibt es unter **'http://www.isdn4linux.org'**. Die aktuelle Version ist *'isdn4k-utils.v3.1pre1.tar.gz'*. Nach dem Entpacken mittels *'tar xvfz isdn4k-utils.v3.1pre1.tar.gz'* im '/usr/src/'- Verzeichnis führt man im 'isdn4k-utils'-Verzeichnis den Befehl *'make menuconfig'* aus und erhält ein der Kernelkonfiguration ähnliches Menü:

'Code maturity level options': Hier kann ausgewählt werden, ob auch nach unvollständigen oder in der Entwicklung befindlichen Optionen gefragt werden soll

'General configuration': Einige allgemeine Angaben über Pfade, Lock- und Logdateien, Konfigdateien etc. Hier sollte nur der eigene Areacode (z.B. 821) richtig eingestellt werden.

Runtime configuration tools': Angaben zur Erzeugung von einigen zur Konfiguration notwendigen Programmen:

- -¿ isdnctrl: wichtiges Tool! s.u.
- -¿ iprofd: speichert ständig die Einstellungen des Modememulators in ein File, die dann mit dem Befeht AT&W0 jederzeit übernommen werden können (siehe *'man iprofd'*)
- -¿ divertctrl: dient zur Konfiguration der Rufumleitungsfunktionen des HiSax Treibers

'Card configuration tools': Unerläßliche Tools für den jeweiligen Lowlevel Treiber der ISDN Karte.

- -¿ **loopctrl:** dient zur Konfiguration der virtuellen ISDN Karte.
- -¿ **hisaxctrl:** dient z.B. zur Einstellung der Hardware, dem Upload der Firmware für bestimmte Karten und der Angabe der anzuzeigenden Log- und Debugausgabe an *'/dev/isdnctrl'* (siehe *'man hisaxctrl'* und [1]).

'Tools for monitoring activity': Einige Tools zur Kontrolle des Leitungsstatus', Überwachen und Auslesen des D-Kanals (isdnlog, s.u.), Anzeige der Übertragungsraten etc...

'Applications': Nützliche Programme:

- -¿ vbox: der digitale Anrufbeantworter
- -¿ ipppd: der PPP-Deamon für das syncrone PPP
- -¿ capifax: nur für aktive AVM B1! Faxprogramm
- -¿ rcapid: nur für aktive AVM B1! Stellt die CAPI Schnittstelle des ISDN Treibers im Netzwerk zur Verfügung
- -¿ eurofile: das Eurofile Transfer Protokoll

'Documentation': Einige Einstellungen zur isdn4linux-Dokumentation

Das Beenden des Konfigurationsmenüs startet automatisch den 'make configure' Befehl. Ein anschließendes 'make' und 'make install' tut sein übriges.

3.1 'Ins Internet' mit syncronem PPP

Im Gegensatz zum Charakter-basierten asyncronen PPP ist das syncrone PPP bitbasiert. PPP Packete werden hier im Data-Link-Layer (Layer 2 des ISO-OSI-Referenzmodells) als HDLC-Frames übertragen. IP-Packete werden vom PPP-Treiber in isdn4linux (im Linklevel Modul isdn.o) direkt an den Network-Layer (Layer 3) weitergeleitet, wogegen protokollspezifische Packete an das Device */dev/ipppXX* geleitet werden, wo sie vom ipppd ausgelesen und ausgewertet werden. Dieser stellt auch das Netzwerkdevice *ipppXX* zur Verfügung (nicht verwechseln mit *'/dev/ipppXX'*).

3.1.1 Das Netzwerkdevice

Die Konfiguration eines Netzwerkdevices erfolgt bei isdn4linux ausschließlich mit dem Programm 'isdnctrl'. Eine gute und vollständige Erklärung der Funktionen ist in der Manpage (*'man isdnctrl'*) zu finden. Die wichtigsten zur Konfiguration eines PPP Netzwerkdevices sollen hier erklärt werden (Syntax: *'isdnctrl ...'*):

-¿ **addif ¡name¿:** erzeugt das Netzwerkdevice **¡name¿**

-¿ **dialmode ¡name¿ [off—manual—auto]:** stellt für das Netzwerkdevice den gewünschten Dialmode ein:
off: keine Verbindung kann aufgebaut werden, sowohl ausgehende als auch einkommende; bestehende Verbindung wird unterbrochen
manual: Verbindung kann nur explizit 'von Hand' aufgebaut werden (s.u.),kein Callback möglich, eigehende Verbindung möglich
auto: Verbindung wird automatisch aufgebaut, sobald ein Datenpacket über das Netzwerkdevice rausgeschickt wird; Callback möglich

-¿ **addphone ¡name¿ out ¡num¿:** Übergabe der anzuwählenden Telefonnummer(n) an das Netzwerkdevice **¡name¿**. Durch wiederholte Anwendung des Befehls kann man mehrere Telefonnummern übergeben, die dann der Reihe nach angewählt werden

-¿ **addphone ¡name¿ in ¡num¿:** Übergabe der Telefonnummer(n), die sich einwählen darf (siehe *'secure'*-Option)

-¿ **eaz ¡name¿ [num]:** setzen der eigenen MSN/EAZ des Netzwerkdevices **¡name¿**

-¿ **huptimeout ¡name¿ [sec]:** setzen des Zeitintervalls in Sekunden, nach dem bei Inaktivität der Verbindung diese beendet wird.

-¿ **dialmax ¡name¿ [num]:** maximale Wählversuche

-¿ **ihup ¡name¿ [on—off]:** Ein- oder Ausschalten des Hangup-Timeouts für eingehende Verbindungen

-¿ **secure ¡name¿ [on—off]:** Secure-Option. Nur Anrufer mit der durch *'addphone .. in'* angegebenen Nummern dürfen eine Verbindung aufbauen

-¿ **encap ¡name¿ [encapsulation]:** Angabe der Encapsulation für das Netzwerkdevice **¡name¿**. Für syncrones PPP hier unbedingt **'syncppp'** angeben.
Eine Interessante Art der Verbindung ist die Encapsulation **'rawip'**, bei der zwei Rechner ohne zusätzliches Einwahl- und Einlogprotokoll 'direkt' über ISDN wie in einem Netzwerk verbunden werden können (kein Nullmodem!).

-¿ **l2_prot ¡name¿ [protocol]:** Das Layer 2 Protokoll, für syncrones PPP **'hdlc'**

-¿ **l3_prot ¡name¿ [protocol]:** Das Layer 3 Protokoll, nur **'trans'** möglich

-¿ **chargehup ¡name¿ [on—off]:** Wenn 'on', dann wird die Verbindung bei Inaktivität vor dem nächsten Gebührenimpuls geschlossen. Funktioniert nur, wenn der Telefonprovider den Gebührenimpuls während der Verbindung überträgt, sonst kann man mit

-¿ **chargeint ¡name¿ [sec]** die Länge der Einheit in Sekunden angeben. Die Verbindung wird dann ca. 2 Sekunden vor dem errechneten nächsten Impuls geschlossen.

-¿ **dial ¡name¿:** Verbindung wird manuell aufgebaut

-¿ **hangup ¡name¿:** Verbindung wird manuell abgebaut

Mit *'writeconf [file]'* und *'readconf [file]'* können die Konfigurationsdaten in eine Datei geschhrieben bzw aus dieser gelesen werden. Wird keine spezielle Datei angegeben, schreibt *'isdnctrl'* die Konfiguration in die globale Konfigurationsdatei *'isdn.conf'* unter der Sektion [ISDNCTRL].
Beispiel:

```
INTERFACES = {
  [INTERFACE]
  NAME = ippp0
  EAZ = 22
  PHONE_OUT = 008215600290
  SECURE = on
  DIALMODE = off
  DIALMAX = 3
  HUPTIMEOUT = 120
```

```
  IHUP = off
  CHARGEHUP = off
  L2_PROT = hdlc
  L3_PROT = trans
  ENCAP = syncppp
  PPPBIND = 0
}
```

Nützliche Funktionen sind auch die bind-Funktionen *'bind'* und *'pppbind'*.
Mit **'bind ¡name¿ ¡driverID,Channel¿ [exclusive]'** wird ein Netzwerkdevice fest an einen physikalische Kanal gebunden, welcher über den **driverID** und die Kanalnummer (0 oder 1) identifiziert wird.
'pppbind ¡name¿ [n]' bindet ein Netzwerkdevice **¡name¿** an das ippp-Device *'/dev/ippp[n]'*. Das ist von Nutzen, da der ipppd immer das erste Netzwerkinterface benutzt, das frei ist. Will man aber gleichzeitig mehrere ipppd's mit unterschiedlichen Konfigurationen für verschieden eigestellte Netzwerkdevices verwenden, so muß der ipppd fest an das Netzwerkevice gebunden werden.
Weitere Funktionen zur Verwendung von Callback, Kanalbündelung – sowohl raw (RFC 1717), als auch per MPPP –, Verwendung von Dynamic Timeout Rules und Budgets sind der Manpage von *'isdnctrl'* zu entnehmen. Nach dem Erzeugen des Netzwerkdevices muß dieses noch – wie ein 'normales' PPP-Device – per *'ifconfig'* und *'route'* konfiguriert werden. Bei der Verwendung der *'defaultroute'*-Option des ipppd und der Einstellung des Dialmodes mittels *'isdnctrl'* (s.o.) gibt es verschiedene Strategien, wie ein PPP-Verbindungsaufbau ausgelöst werden kann.

3.1.2 Der ipppd

Ist das Netzwerkdevice so vollständig konfiguriert, muß noch der ipppd gestartet werden. Die verfügbaren Optionen sind größtenteils identisch mit denen eines 'normalen' pppd's und können detailliert in der Manpage (*'man ipppd'*) nachgelesen werden. Ein systemweites Option File ist *'/etc/ppp/ioptions'*, weitere Option Files, z.B. bei verwendung mehrerer ipppd's mit unterschiedlicher Konfiguration können explizit mit dem Parameter *'file'* angegeben werden.
Beispiel:

```
# /etc/ppp/ioptions
#
# for isdn4linux/syncPPP and dynamic IP-numbers
#
#
# Klaus Franken, kfr@suse.de
# Version: 27.08.97 (5.1)
#
# This file is copy by YaST from /etc/ppp/ioptions.YaST
#   to options.<device>

# The device(s)
# for more than one device try:
/dev/ippp0 /dev/ippp1 ...

# The IP addresses: <local>:<remote>
# just "0.0.0.0:" or nothing for dynamic IP


# my user name
user "net$user"

# accept IP addresses from peer
# use with dynamic IP
ipcp-accept-local
ipcp-accept-remote
noipdefault
```

```
defaultroute
debug

# max receive unit
mru 1524
# max transmit unit
mtu 1500
```

Bei dem oben angegebenem Beispiel kann der ipppd nun ohne zusätzliche Optionen gestartet werden.

4 Was fehlt?

- kisdn: nur für KDE-User, gut dokumentiert
- Installation mit dem YaST: nur für SuSE User, gute Dokumentation im Handbuch
- die CAPI-Schnittstelle: erst seit Kurzem für passive AVM Karten verfügbar
- Eurofile Transfer
- vbox
- isdnlog

Literatur

[1] '/usr/src/linux/Documentation/isdn/'

[2] '/usr/doc/faq/isdn4linux'

[3] 'man isdnctrl'

[4] 'man ipppd'

[5] 'man ttyI'

[6] http://www.shamrock.de/dfu/index.htm

[7] http://www.lrz-muenchen.de/services/netzdienste/modem-isdn/isdn/

[8] http://www.ralphb.net/ISDN/

[9] Das offizielle ISDN-Handbuch der Deutschen Telekom (http://www.t-versand.de/isroot/tversand/Service/download/isdn-hdb.pdf)