

Homemade DSL

... meine Abenteuer mit einem DSLAM

Wer bin ich?

- Fuxle
- 20 Jahre alt
- beruflich Anwendungsentwickler
- ... viel technikinteressiert und wissensdurstig
- Fediverse: @morihofi@furry.engineer
- Matrix: @fuxle:matrix.fuxle.net



DSL - Was'n das?

- Übertragungsverfahren für einen Breitband-Internetanschluss über eine 2-adrige Telefonleitung
- ziemlich weite Kabellängen >100m bis mehrere Kilometer
- Beschrieben in der G.992 und G.993-Serie der ITU
- Telefonie mittels Analog/ISDN parallel über gleiche Leitung möglich

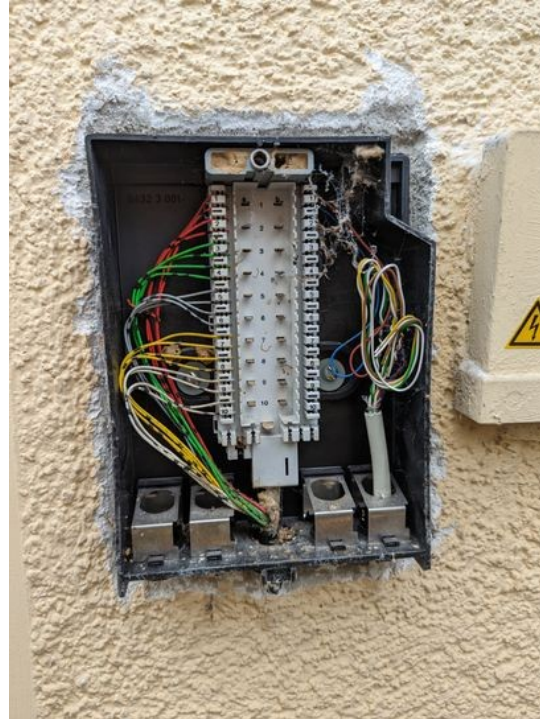
→ nur mit passendem Annex



https://bilder.obl.at/c67dde17-4c06-4e7c-9726-4959dfda2d46/prZZO/1759018_picture_1.jpg

Der APL

- „Abschlusspunkt Linientechnik“
→ Hausübergabepunkt
- Ende der „letzten Meile“



https://static.mydealz.de/comments/raw/UKZHc/40951161_1/fs/1090x545/qt/80/40951161_1.jpg



https://images.gutefrage.net/media/fragen/bilder/hausanschlussapl-fuer-dsl-internet/0_full.webp

... wo endet das „DSL-Kabel“ ?

- ... in 'nem DSLAM!
→ „Digital Subscriber Line Access Multiplexer“
- Ab hier beginnt die „letzte Meile“
- Outdoor-DSLAMs in den weißen Kästen



Von FEXX - Eigenes Werk, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=402741>

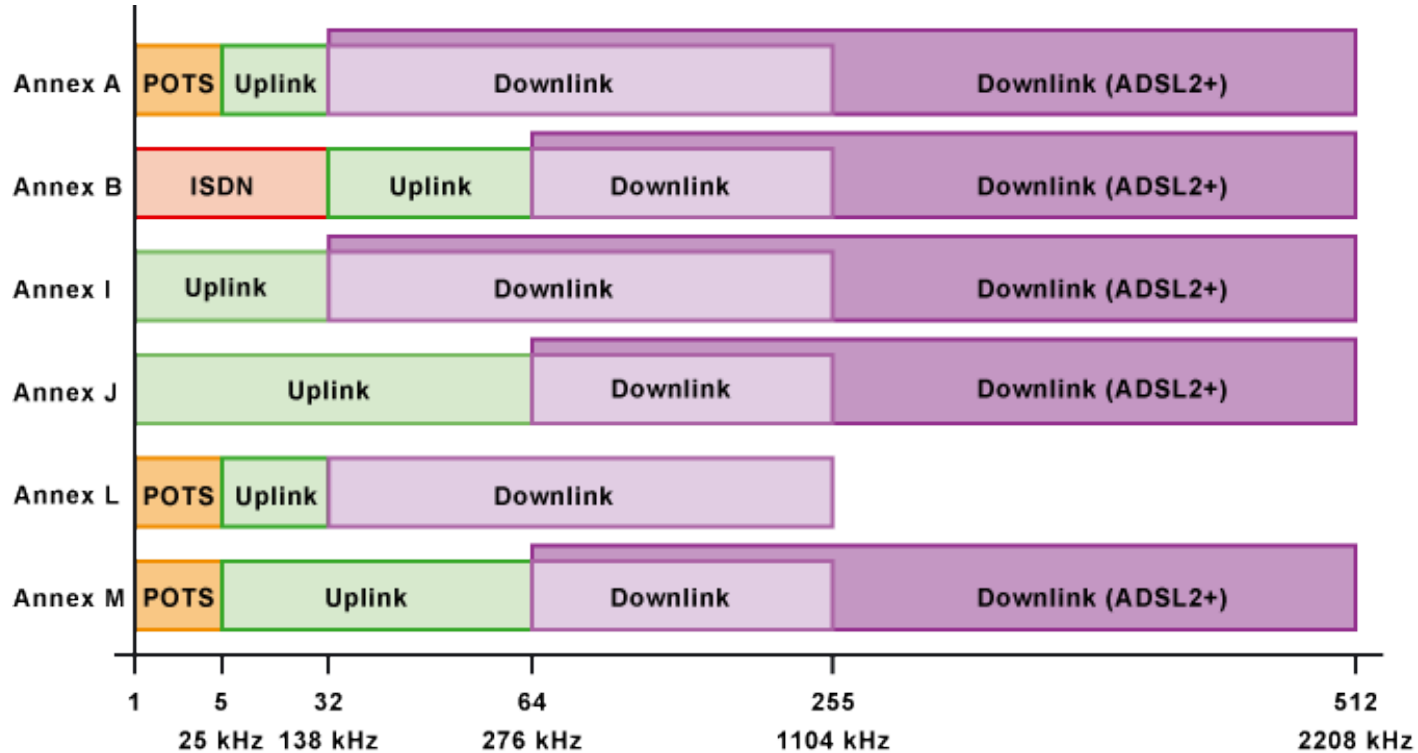
DSL Standards im Vergleich

Ersch.- Jahr	Technologie	ITU-T Standard	Bandbreite in MHz	Max. Datenrate (Down/Up) in MBit/s
1999	ADSL	G.992.1	1,1	8 / 1
2002	ADSL2	G.992.3	1,1	12 / 1,5
2003	ADSL2+	G.992.5	2,2	24 / 1,5 - 3,5
2004	VDSL	G.993.1	12	55 / 3
2006	VDSL2	G.933.2	8 - 35	100 - 300 / 10 - 50

Annex

- bestimmt die Frequenzaufteilung
- Telefonie mittels Analog/ISDN parallel möglich
→ nur bei Annex A, B, L oder M
- Heute bei All-IP-Anschlüssen häufig Annex J (splitterlos)

DSL Annex-Varianten



<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/diagramm/03052351.gif>

Hat da jemand „Splitter“ gesagt?

- Trennt DSL Signal von Analog-/ISDN-Telefonie
- Hierzulande Annex B historisch verbreitet
 - Quasi jeder deutsche DSL Splitter ist ein Annex B Splitter



CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10595478>

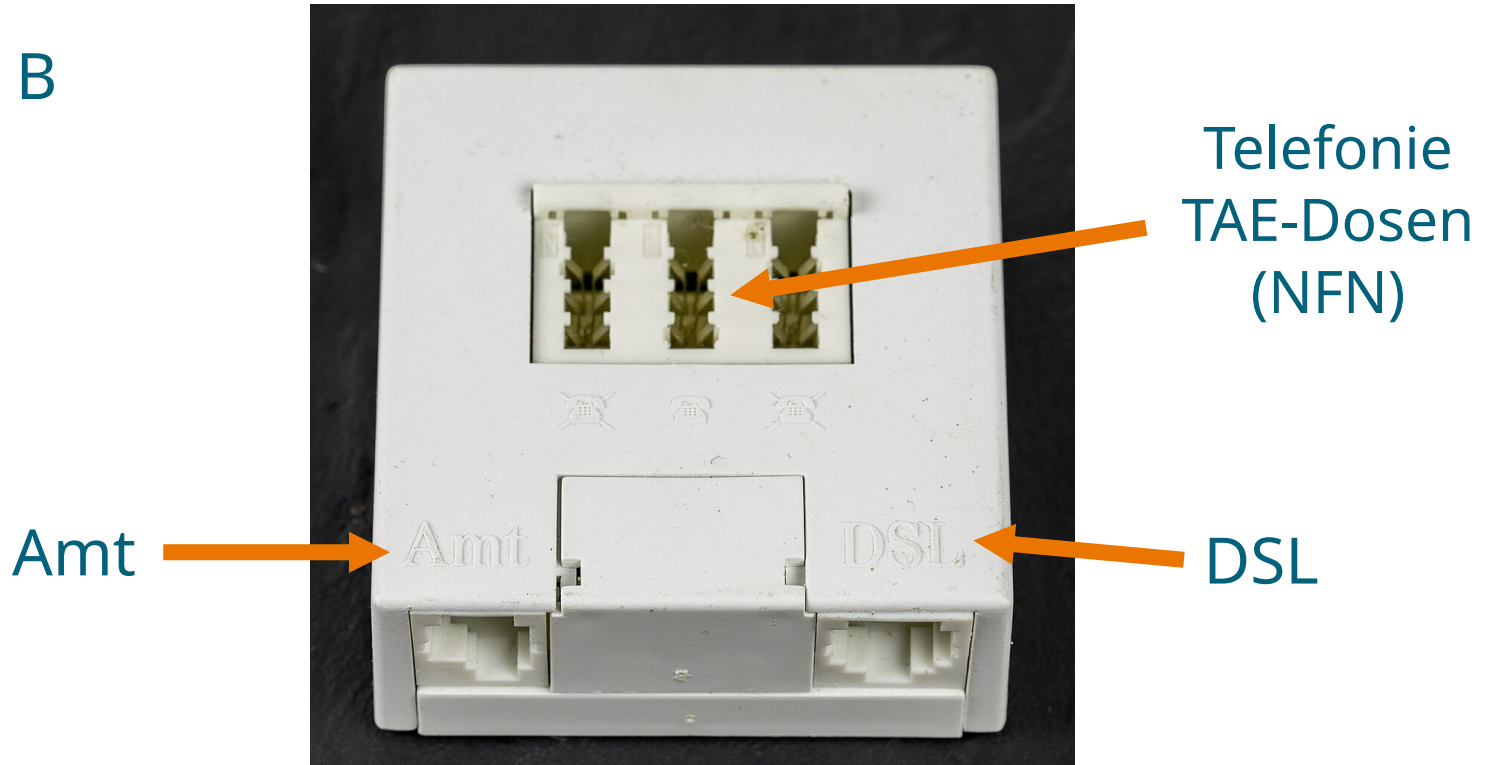
Gibt's auch in umschaltbar



Von me - Eigenes Werk, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9659798>

DSL-Splitter

→ Annex B



By © Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=92135250>

DSL-Splitter Funktionsblöcke

Analog/ISDN
Tiefpass

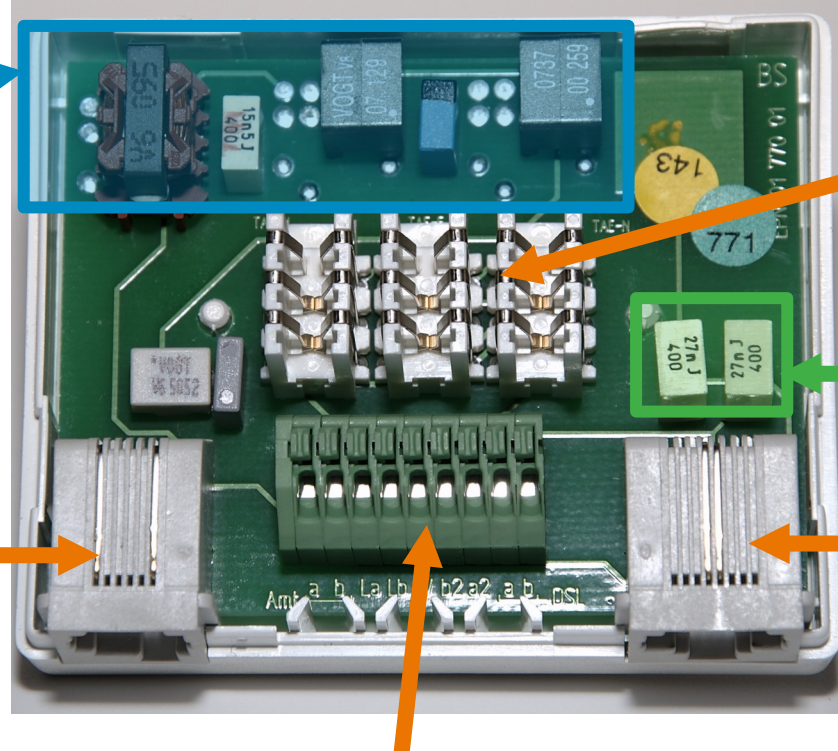
Telefonie-TAE
(NFN)

DSL-Hochpass

DSL-Ausgang

Amt

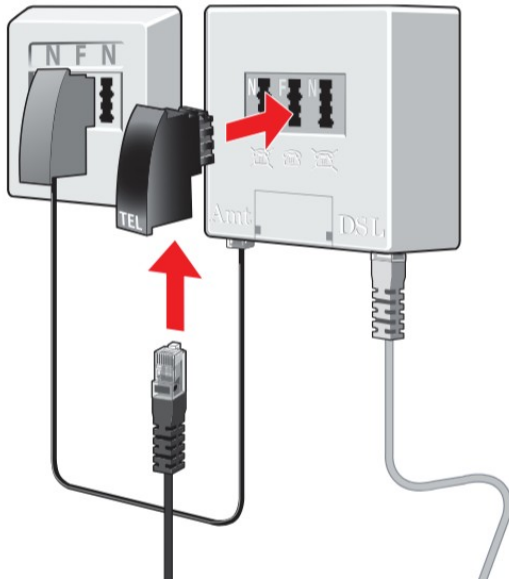
Klemmen



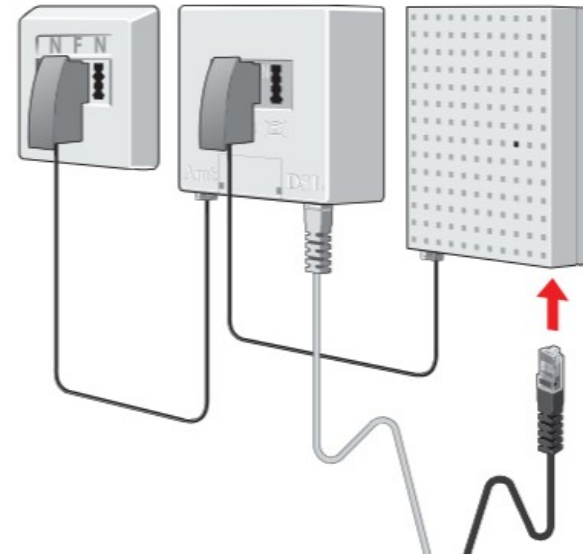
By Marc Werner - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6961479>

Anschließen des DSL-Splitters

Analog



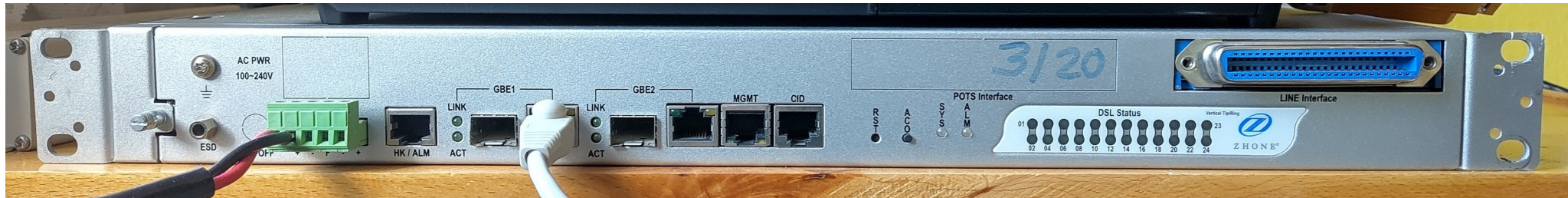
ISDN



FRITZ!Box 7490 Handbuch

Mein DSLAM

- Zhone Bitstorm HP-150 VDSL2 IP-DSLAM mit 24 Ports
- wenig/keine Doku online verfügbar
- deckt alles zwischen ADSL2+ und VDSL2 ab
→ leider aktuell nur ADSL lauffähig bekommen

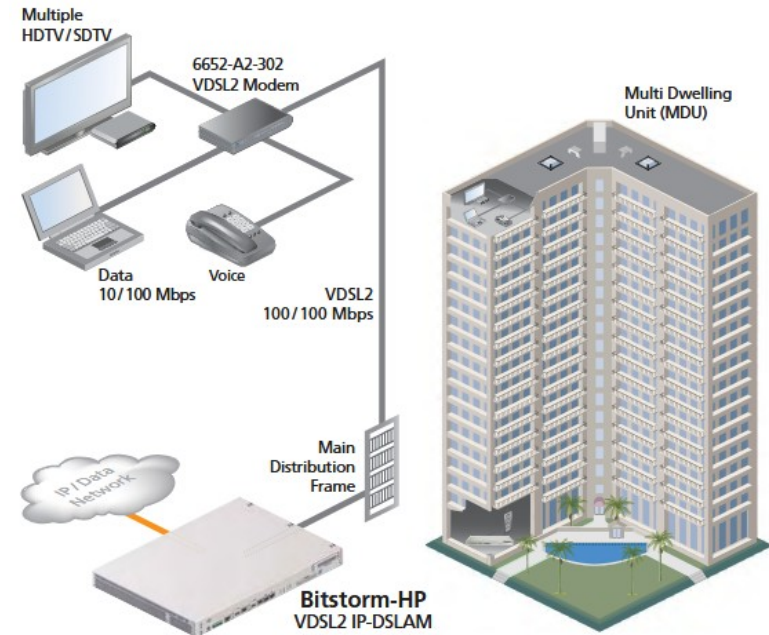


Was kann so ein Ding denn?

- Web UI / Telnet (Management)
- VLANs
- SNMP
- Spanning Tree
- ...

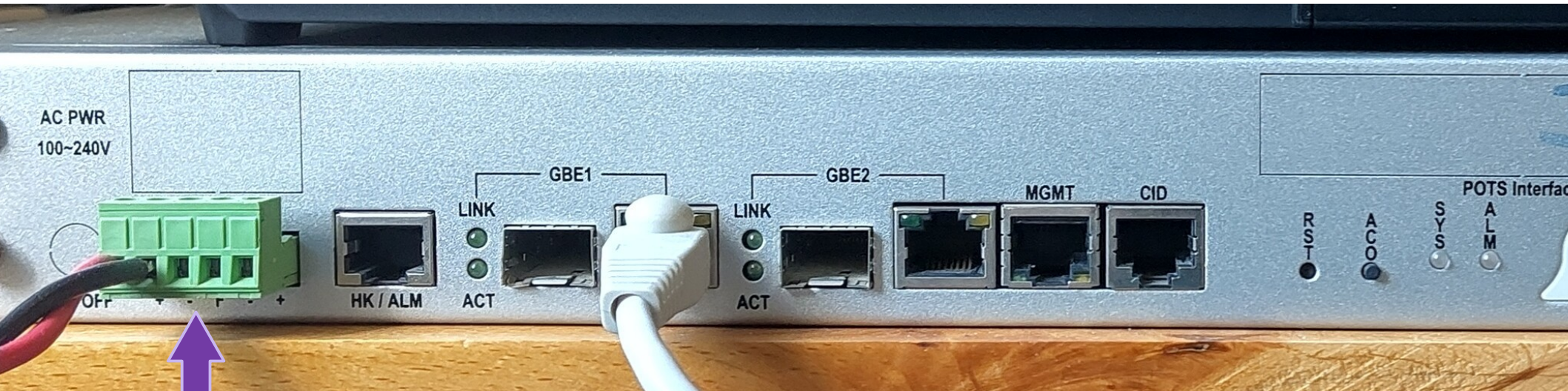
Was kann so ein Ding denn?

- PPPoE Intermediate Agent (DSL-Forum)
- DHCP (Option 82)
- IGMP Snooping/Proxy
→ Multicast IPTV



<https://archive.org/details/manualsbase-id-240324>

Anschlüsse



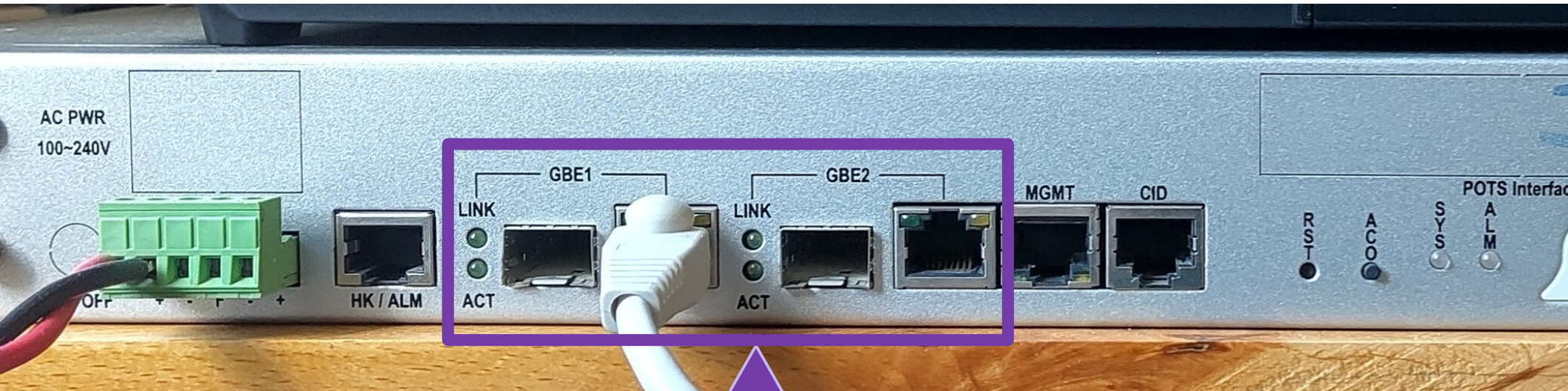
48 V / 2 A
DC Input

Anschlüsse



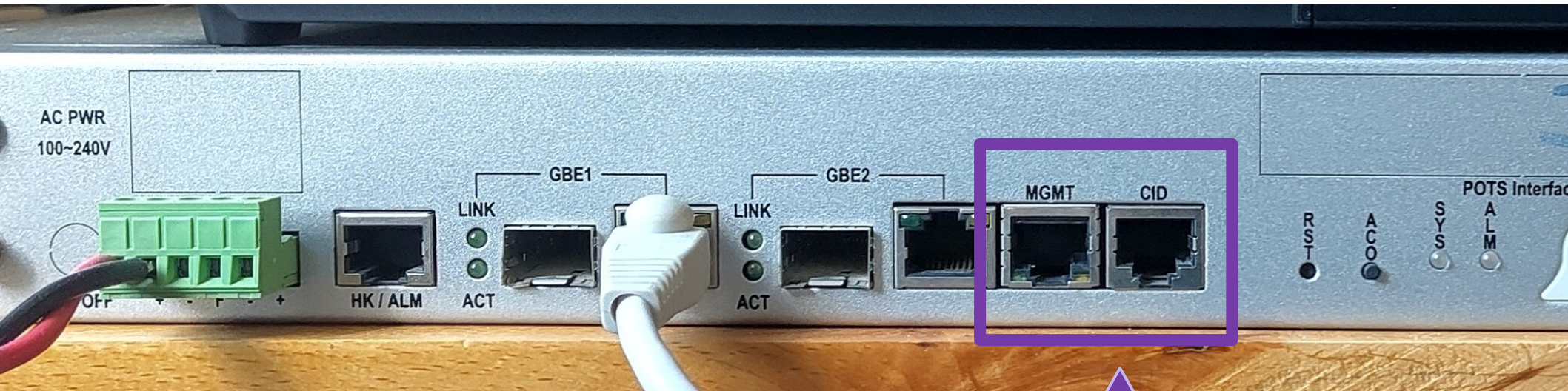
Alarmport für externes System (?)

Anschlüsse



Upstream Ethernet/SFP

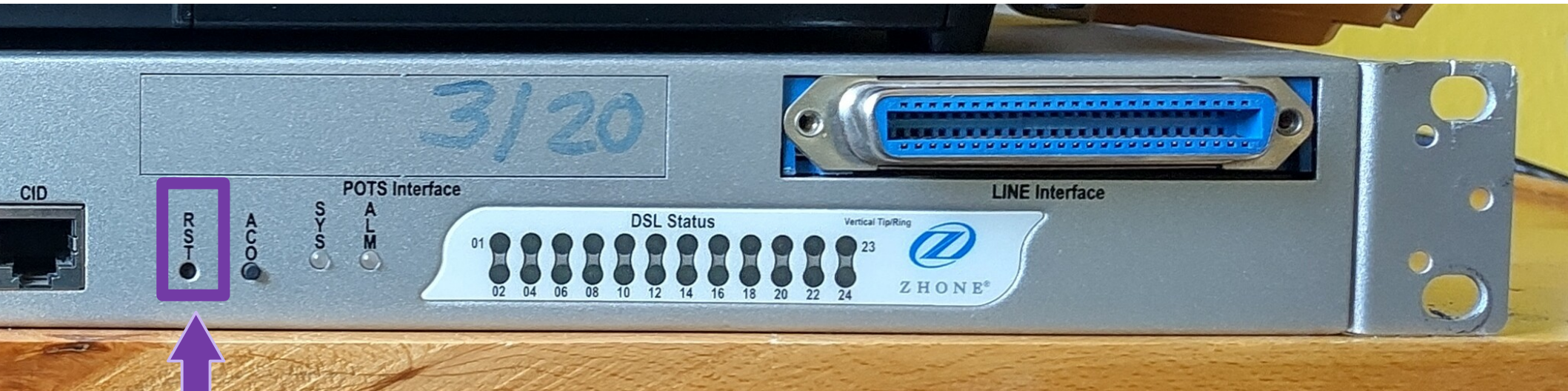
Anschlüsse



Management Ports
(Ethernet und seriell)

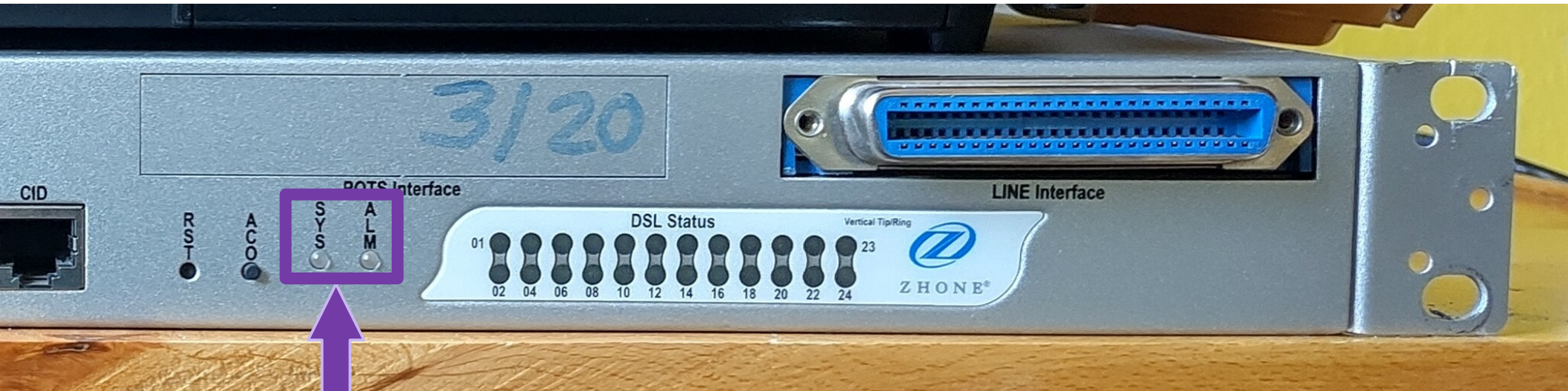


Anschlüsse



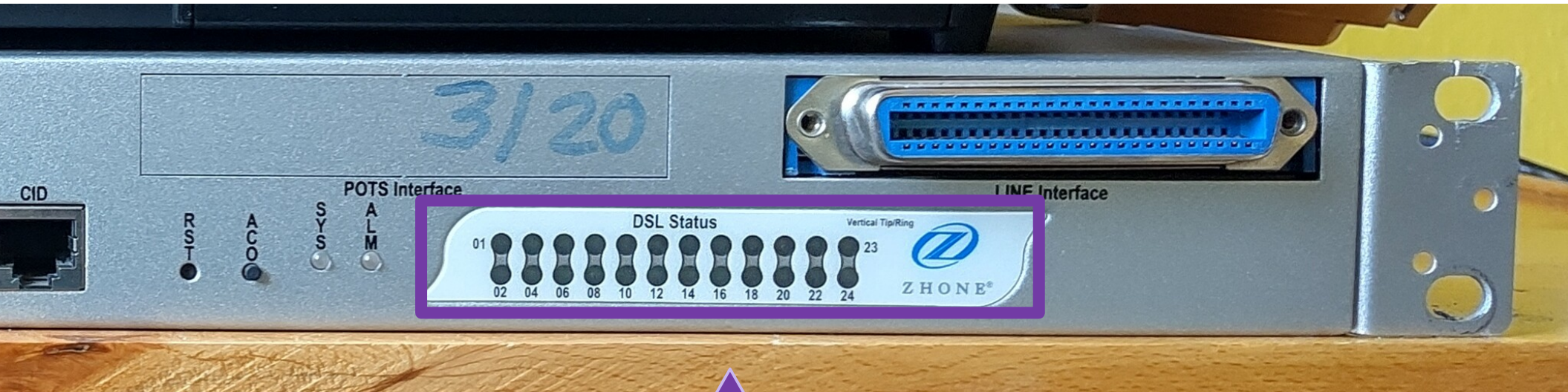
Reset / Werkseinstellungen

Anschlüsse



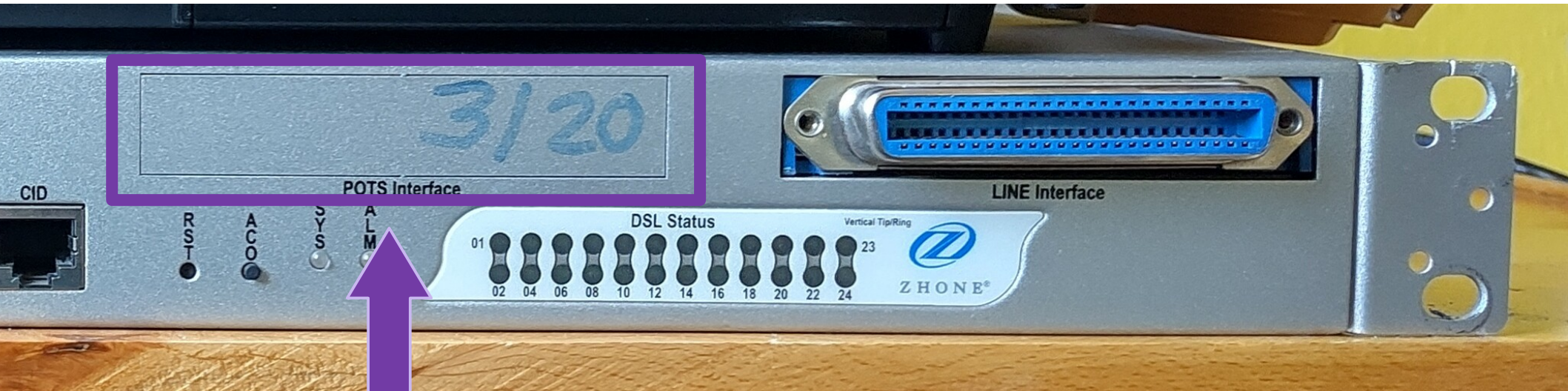
System- und Alarm-LED

Anschlüsse



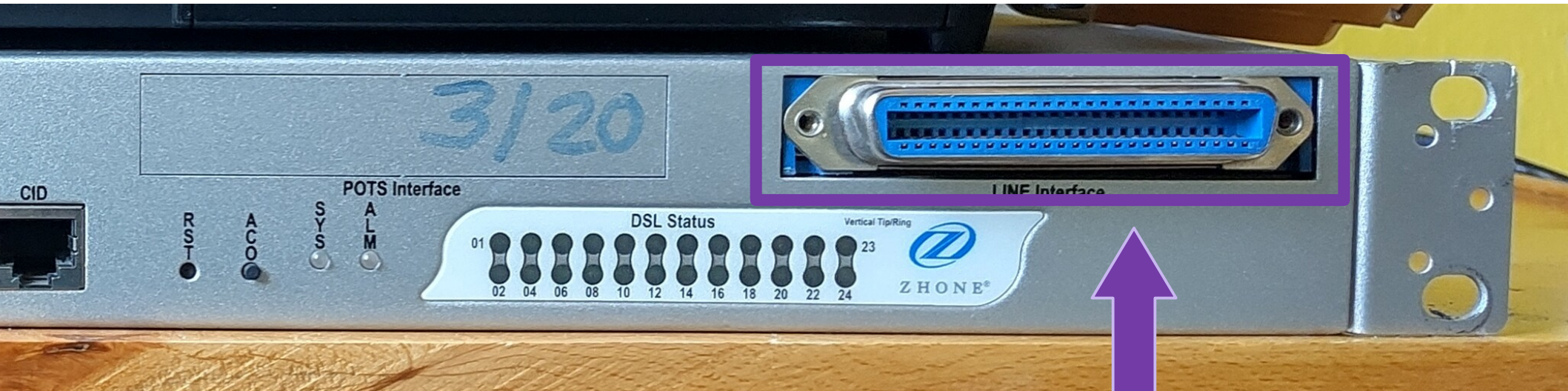
DSL-Status-LEDs für jeden Anschluss

Anschlüsse



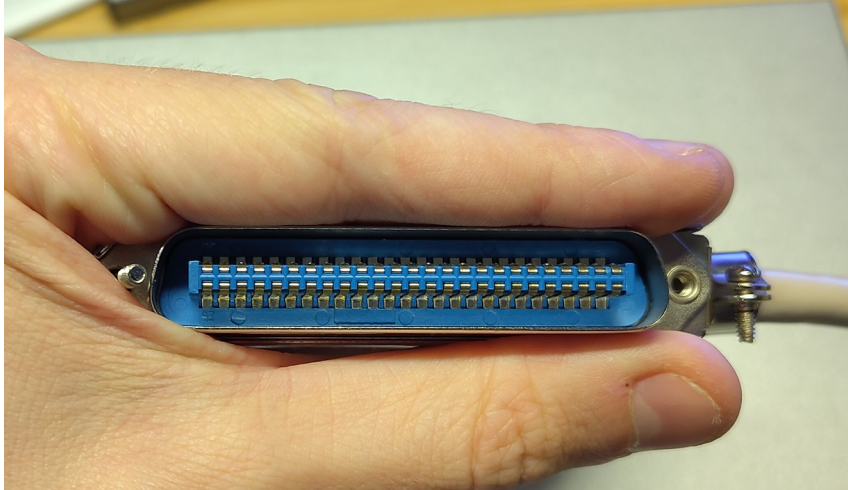
POTS-Blende
(leider bei diesem Modell nicht unterstützt?)

Anschlüsse



Line-Interface mit RJ21 Port
(50-polig; zwei unbenutzt)

Bauform: RJ 21 != Centronics



RJ 21 (50-polig)

- Schraubbefestigung
- Telekommunikation/ Netzwerktechnik

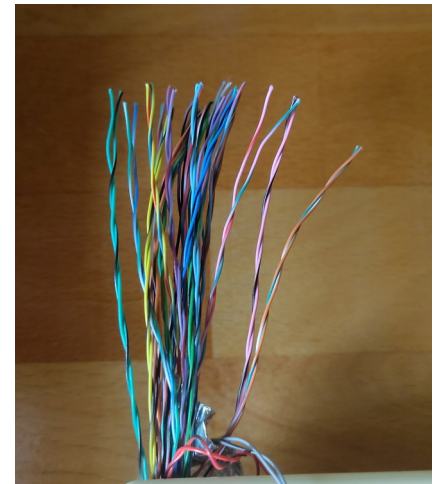
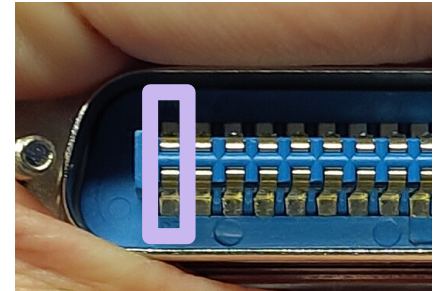


Centronics (36-polig)

- Federbügel
- Peripheriegeräte (Drucker etc.)

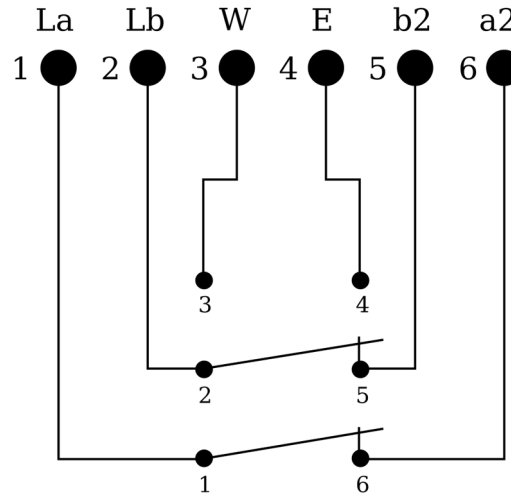
Verdrahtung am DSLAM

- Gegenüberliegende Kontakte bilden je einen Teilnehmeranschluss
- DSL-Adern heißen „a“ / „b“
 - „Tip“ / „Ring“
- (anscheinend) keine standardisierte Farbkodierung bei meinem Kabel
 - Multimeter & alle durch testen

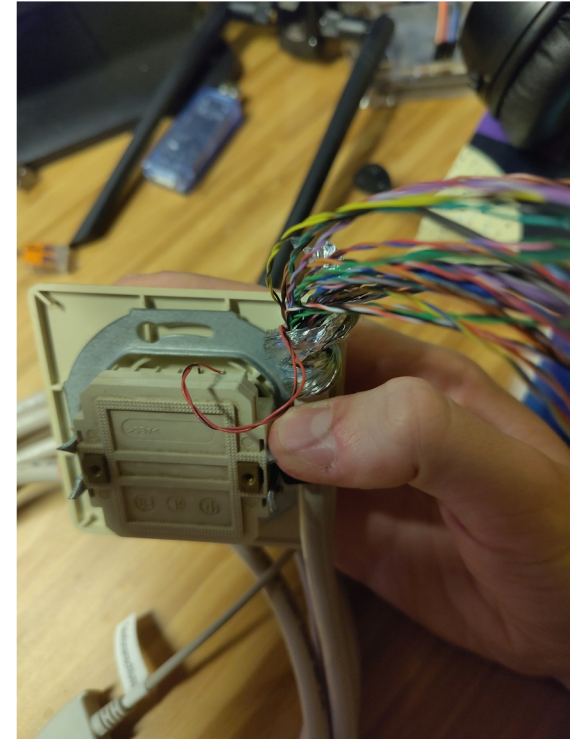


Verdrahtung an der TAE-Dose

- In meinem Beispiel eine NFN-kodierte Dose
 - Klemme 1 = a („Tip“)
 - Klemme 2 = b („Ring“)

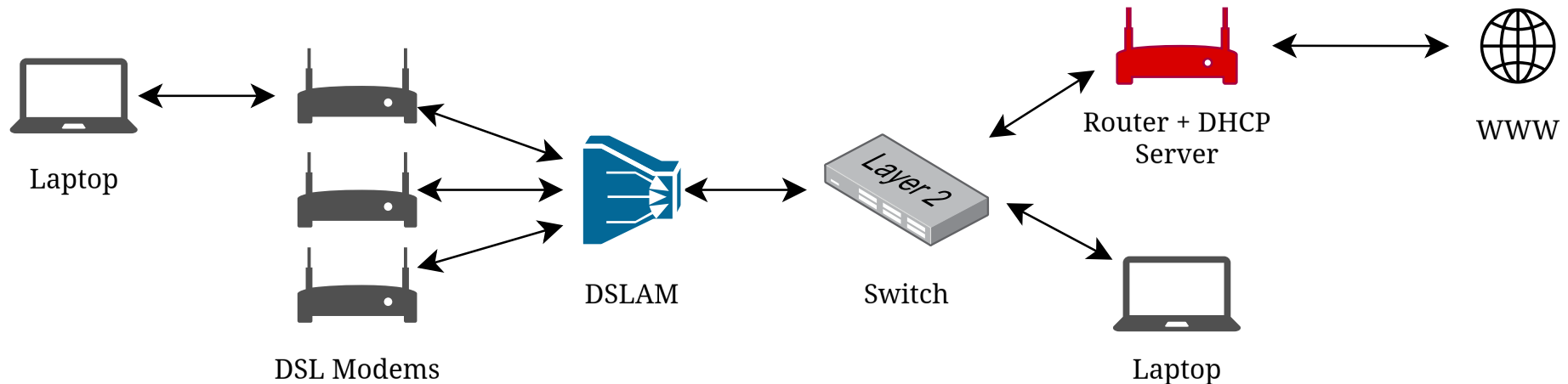


PD-Schöpfungshöhe,
<https://de.wikipedia.org/w/index.php?curid=4356162>



Testaufbau

- DSLAM arbeitet hier als Ethernet \longleftrightarrow DSL-Bridge
- DSL-Modems erhalten ihre IP via DHCP
- Verwendet wird ausschließlich ADSL (Annex B)



FRITZ!Box einrichten

- Expertenansicht aktivieren!

 Internet > Zugangsdaten

Internetzugang

IPv6

LISP

AVM-Dienste

DNS-Server

Auf dieser Seite können Sie die Daten Ihres Internetzugangs einrichten und den Zugang bei Bedarf

Internetanbieter

Wählen Sie Ihren Internetanbieter aus.

Internetanbieter

weitere Internetanbieter

anderer Internetanbieter

Name

Fuxle DSL

Anschluss

Geben Sie an, wie der Internetzugang hergestellt werden soll.

☒ Anschluss an einen DSL-Anschluss

Wählen Sie diesen Zugang, wenn die FRITZ!Box mit dem DSL-Modem verbunden wird für die Internetverbindung genutzt.

☐ Anschluss an ein Kabelmodem (Kabelanschluss)

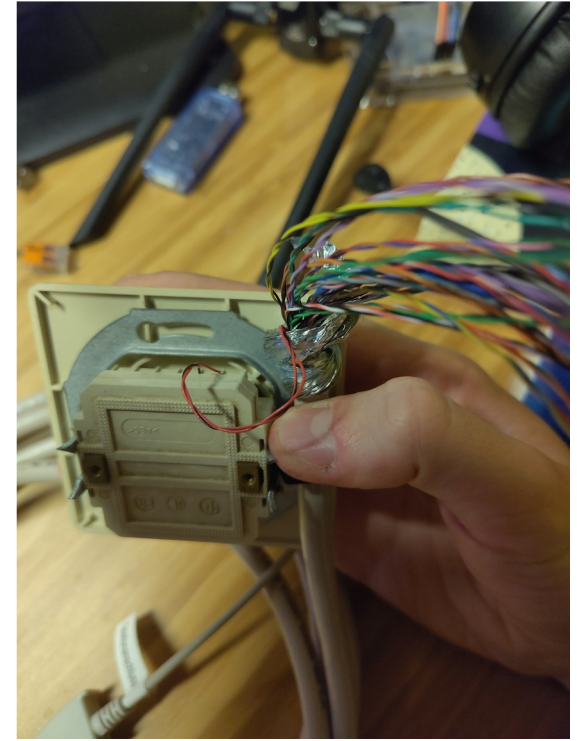
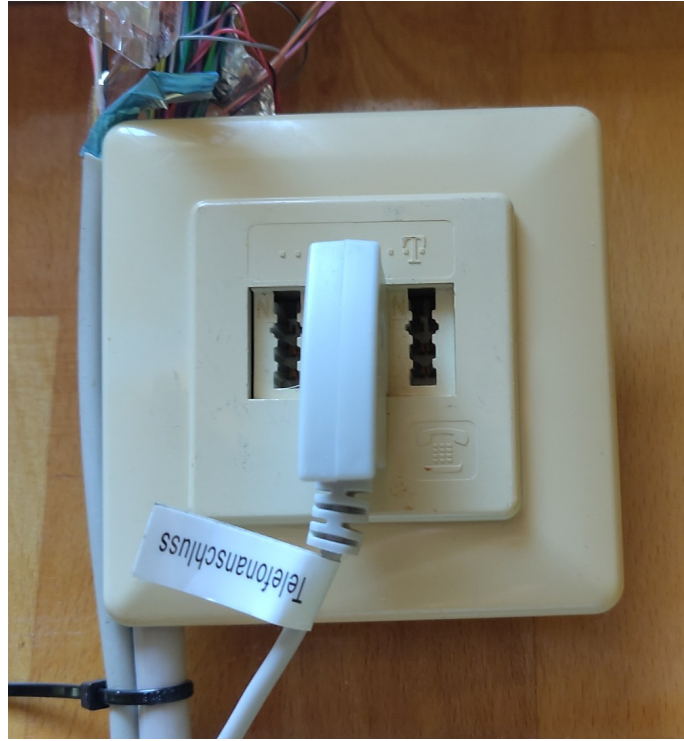
Zugangsdaten

Werden Zugangsdaten benötigt?

☐ Ja

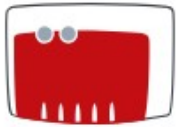
☒ Nein

Ab an die Leitung



Verbinden

FRITZ!Box



↓ Empfangen: 0

DSL-Vermittlungsstelle



↑ Senden: 0

Modell: FRITZ!Box 7490
DSL-Version: 1.100.9.29

DSL-Internet: Training
Verbindungstyp: ADSL 2+ (ITU G.992.5) Annex B

Ikanos Version 1.0

Verbindungsaufbau

1. Initialisierung

- Leitung prüfen
 - Liegt Spannung/Signal an
- Beide Seiten sind zunächst still (Silent-State)

Verbindungsaufbau

2. Handshake (G.hs, ITU-T G.994.1)

- Modem sendet erstes Startsignal
→ R-TONES-REQ
- DSLAM antwortet mit Synchronisationssignal
→ C-SYNC1 / C-TONES
- Danach folgen Handshake-Muster (GALF/Flags)
→ Austausch von Fähigkeiten
- Pilotton als Referenzfrequenz wird ab hier aktiv

Verbindungsaufbau

3. Training & Synchronisation

- Leitung wird vermessen
 - Dämpfung, SNR, Störungen
- Bitloading
 - Verteilung der Bits auf Subcarrier (je ~4,3 kHz bei ADSL)
 - Leitungskapazität optimal nutzen
- Sendeleistung anpassen

Verbindungsaufbau

4. Verbindungsparameter aushandeln

- Datenrate
- Fehlerkorrektur
- Latenzprofil

Verbindungsaufbau

5. Showtime (Betrieb)

- Verbindung aktiv
- Pilottöne bleiben aktiv
- Automatische Anpassung bei Störungen
 - Rate Adaption

Verbunden!



Internet > DSL-Informationen

Übersicht

DSL

Spektrum

Statistik

Störsicherheit

Feedback

FRITZ!Box



Modell: FRITZ!Box 7490
DSL-Version: 1.100.9.29

↓ Empfangen: 24,47 Mbit/s

↑ Senden: 1.116 kbit/s

DSL-Vermittlungsstelle

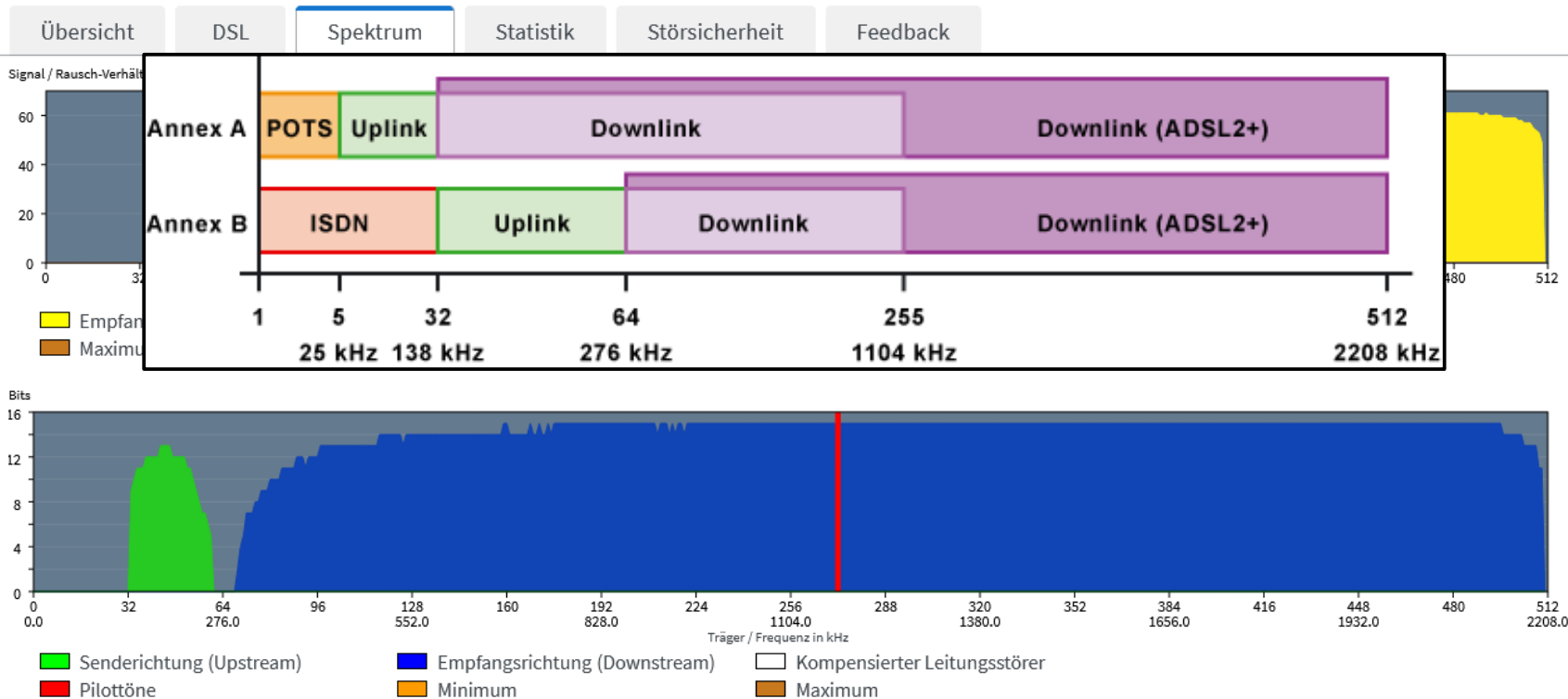


Ikanos Version 1.0

DSL-Internet: aktiv
Verbindungsdauer: 4 Minuten
Verbindungstyp: ADSL 2+ (ITU G.992.5) Annex B

Verbunden!

Internet > DSL-Informationen



... aber wär' ja zu einfach



Internet > Online-Monitor

Online-Monitor

Online-Zähler

Der Online-Monitor stellt Informationen zu Ihrer Internetverbindung und zu aktivierten Zusatzfunktionen zur Verfügung.

DSL



verbunden, ↓ 24,5 Mbit/s ↑ 1,1 Mbit/s

Internet, IPv4



nicht verbunden



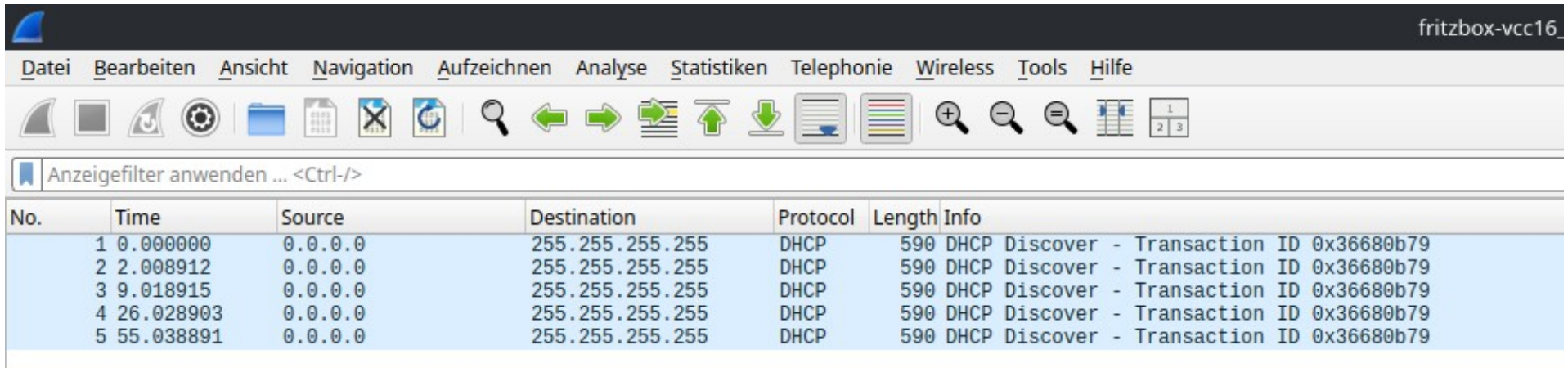
Internet, IPv6



nicht verbunden

Troubleshooting Time

- FRITZ!Box Mitschnitt zeigt DHCP Anfragen ohne Antwort
- Am DSLAM Ethernet-Port bleibt Wireshark komplett leer



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	590	DHCP Discover - Transaction ID 0x36680b79
2	2.008912	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	590	DHCP Discover - Transaction ID 0x36680b79
3	9.018915	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	590	DHCP Discover - Transaction ID 0x36680b79
4	26.028903	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	590	DHCP Discover - Transaction ID 0x36680b79
5	55.038891	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	590	DHCP Discover - Transaction ID 0x36680b79

Kleiner ATM-Exkurs

- quasi der Kern von DSL
- ursprünglich entwickelt als Teil von B-ISDN (Breitband-ISDN)
- Protokoll / Vermittlungstechnik auf Basis von 53 Byte-Zellen
- Ziel: einheitliches Netz für Sprache, Video und Daten

Kleiner ATM-Exkurs

- Features:
 - QoS (garantierte Bandbreite & Latenz)
 - PVCs (VPI/VCI) = feste virtuelle Leitungen
- Typischer Einsatz in ADSL, VDSL, Provider-Backbones
- ADSL verwendet üblicherweise PVC „1“ mit VPI „1“ / VCI „32“

Mit neuem Wissen zurück

- Pakete haben sich anscheinend verlaufen → VPI und VCI Werte prüfen

DSL-ATM-Einstellungen

VPI	<input type="text" value="1"/>
VCI	<input type="text" value="32"/>

Select page: ☐ Check All ☐ Uncheck All

Modify

Delete

	Physical Port	VPI	VCI
<input type="checkbox"/>	Port-3--PVC-1	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="35"/>



Und mit kleiner Korrektur..


 Internet > Online-Monitor


Online-Monitor

Online-Zähler

Der Online-Monitor stellt Informationen zu Ihrer Internetverbindung und zu aktivierten Zusatzfunktionen

DSL-Verbindung

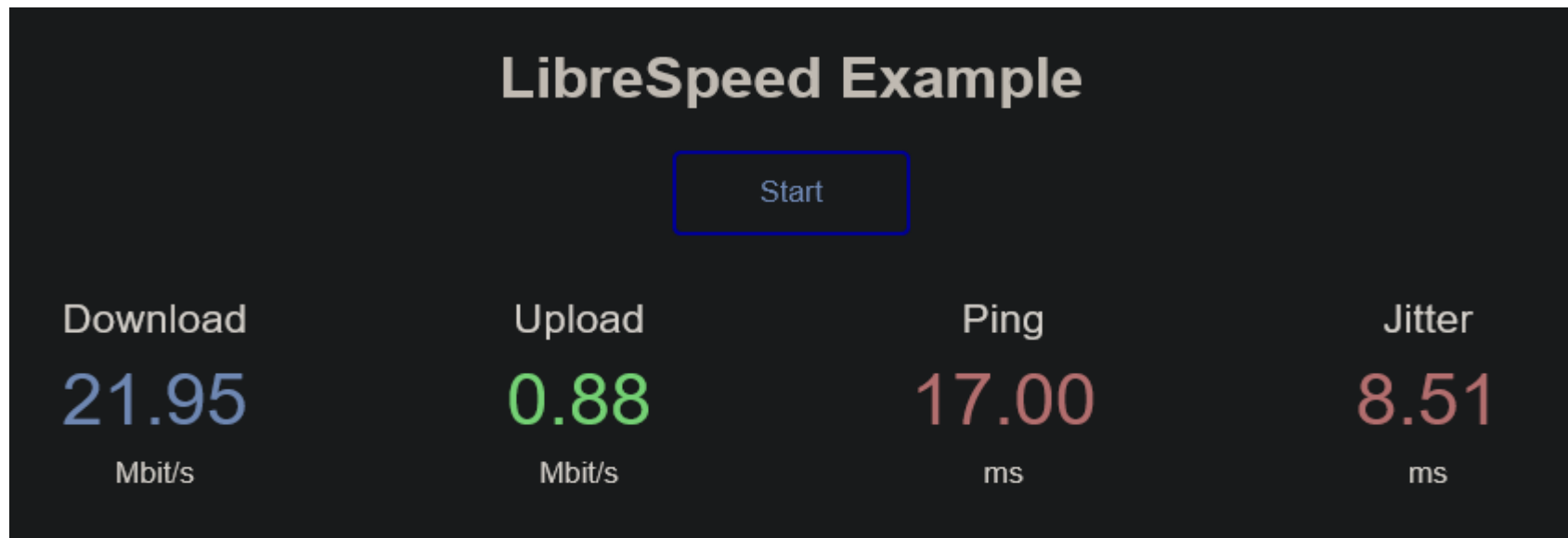
DSL  verbunden, ↓ 24,5 Mbit/s ↑ 1,1 Mbit/s

Internet, IPv4  FRITZ!Box benutzt eine direkte IP-Verbindung zu einem Internetanbieter
IPv4-Adresse: 192.168.178.114

Internet, IPv6  nicht verbunden

Genutzte DNS-Server 192.168.178.68 (aktuell genutzt für Standardanfragen)
192.168.168.68

Speedtest ins Upstream-LAN



 <https://github.com/librespeed/speedtest>

Was sieht der DSLAM denn so?

- Ein wenig über die Verbindung und das verwendete DSL Profil

Status / Interface / DSL Port Rates

[DSL Status](#)[DSL Inventory](#)

Auto Refresh Interval: 30 seconds ▼

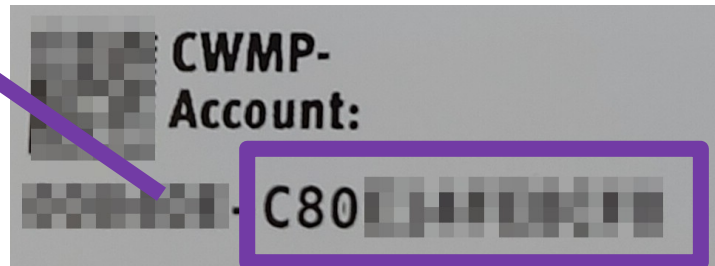
Port	OpState	Rate(DS/US)[kbps]	Config. Profile	Alarm Profile	Alarm
Port-1	Idle	0 / 0	DEFVAL	DEFVAL	Normal
Port-2	Idle	0 / 0	DEFVAL	DEFVAL	Normal
Port-3	Data	25380 / 1192	ADSL_B_DEFVAL	ADSL_B_DEFVAL	Normal
Port-4	Idle	0 / 0	DEFVAL	DEFVAL	Normal

Was sieht der DSLAM denn so?

- ... so einiges über unser(e) DSL-Modem/FRITZ!Box

Far End:

Port	Serial Number	Vendor ID	Version Number
Port-1	NA	NA	NA
Port-2	NA	NA	NA
Port-3	C80[REDACTED] F1B7490 113.07.60	AVM	1.100.9.29 A6
Port-4	NA	NA	NA



Was sieht der DSLAM denn so?

- ... so einiges über unser(e) DSL-Modem/FRITZ!Box

Far End:

Port	Serial Number	Vendor ID	Version Number
Port-1	NA	NA	NA
Port-2	NA	NA	NA
Port-3	C801: F1B7490 113.07.60	AVM	1.100.9.29 A6
Port-4	NA	NA	NA

FRITZ!Box 7490

FRITZ!OS 07.60

Hersteller

Modem Firmware

Und so ein paar weitere Informationen

- ... wie Performance-Dinge (1/2)

DSL Layer Performance : Near End

Physical Port	Port-3
AdminState	On
OpState	Data
SnrMgn	6.70[dB]
Attenuation	0.20[dB]

DSL Layer Performance : Far End

Physical	Port-3
AdminState	On
OpState	Data
SnrMgn	9.00[dB]
Attenuation	0.00[dB]

Und so ein paar weitere Informationen

- ... wie Performance-Dinge (2/2)

Attainabl e rate	25380[kbps]
Line Rat e	25380[kbps]
OH Rate	4[kbps]
Actual O pMode	(ADSL2+ Annex B)
Current Framing Mode	ATM
OpCapa bility	ADSL Annex A,ADSL2 Annex A,ADSL2+ Annex A,ADSL2+ Annex M,ADSL2+ Annex L,VDSL ANSI,VDSL ITU 993.1,VDSL IEEE 802ah,ITU G993.2 8a,ITU G993.2 8b,ITU G993.2 8c,ITU G993.2 8d,ITU G993.2 12a,ITU G993.2 12b,ITU G993.2 17a,ADSL T1/E1)

Attainabl e rate	1196[kbps]
Line Rat e	1192[kbps]
OH Rate	4[kbps]
Actual O pMode	(ADSL2+ Annex B)
Current Framing Mode	ATM
OpCapa bility	ADSL Annex BA DSL2 Annex BA DSL2+ Annex B

Homemade DSL

... meine Abenteuer mit einem DSLAM

Quellen

- <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0305235.htm>
- <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0701141.htm>
- <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0305232.htm>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Subscriber_Line_Access_Multiplexer
- <https://de.wikipedia.org/wiki/DSL-Splitter>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_subscriber_line
- <https://www.eetimes.com/the-abcs-of-adsl/>
- https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/101300_101399/101388/01.01.01_60/ts_101388v010101p.pdf
- <https://www.cs.vsb.cz/grygarek/TPS/PREZENTACE/DSL.pdf>
- https://kitz.co.uk/adsl/adsl_technology.htm

Quellen

- https://de.wikipedia.org/wiki/Asymmetric_Digital_Subscriber_Line_2#Annex_J
- <https://www.positronaccess.com/archive/BRX-XLR%20Datasheet.pdf>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Internet_in_Deutschland
- https://en.wikipedia.org/wiki/DSL_filter
- <https://info.teledynamics.com/blog/know-your-stuff-commercial-grade-wan-technologies>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Network_interface_device
- https://de.wikipedia.org/wiki/Abschlusspunkt_Linientechnik
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Telekommunikations-Anschluss-Einheit>

Quellen

- [https://kb.nena.org/wiki/DSLAM_\(Digital_Subscriber_Line_Access_Multiplexer\)](https://kb.nena.org/wiki/DSLAM_(Digital_Subscriber_Line_Access_Multiplexer))
- <https://www.rsinc.com/defining-digital-subscriber-line-access-multiplexer.php>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode
- https://www.lancom-systems.de/docs/LCOS/Refmanual/EN/topics/routing_VDSL_WAN-Bridge.html
- <https://allysmith.uk/vdsl2-overheads>
- <https://help.sonic.com/hc/en-us/articles/115007031987-What-Speeds-Can-I-Expect-on-ADSL2-VDSL2>
- <https://isl.stanford.edu/~gill/facts/telco-wires.html>
- <https://volpeon.ink/emojis/blobfox/> (Neofox Emoji by Volpeon)