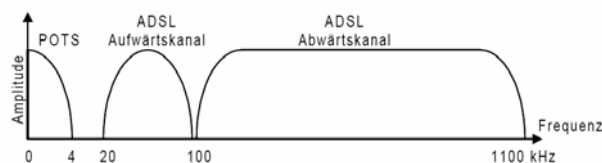


- **Grundprinzip:**
 - Asymmetrische Datenraten: „Hohe Bitrate zum Teilnehmer, niedrigere Bitrate vom Teilnehmer“
 - Koexistenz mit POTS (Plain Old Telephone Service) bzw. ISDN
- **Begriffe:**
 - *Downstream:* vom Server über das Netzwerk zum Dienstnehmer (Kunden)
 - *Upstream:* vom Dienstnehmer (Kunden) über das Netzwerk zum Server
- **Datenraten:**
 - max. 8 Mbit/s Downstream (je nach Entfernung und Leitungsqualität)
 - max. 640 kbit/s Upstream (je nach Entfernung und Leitungsqualität)
- **Reichweite:** in der Praxis max. 5000-6000m
 - Deutschland: durchschnittliche Länge einer Teilnehmeranschlussleitung: 2km
 - Besonders für Internet-Zugang und Video-On-Demand
- **Ziel:**
 - leistungsfähiger Zugang zum Internet

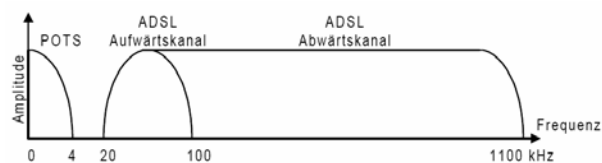
nach M.Zitterbart



- In Deutschland:
 - analoges Telefon (POTS): 0,3 - 3,4 kHz
 - ISDN: bis 120 kHz,
- ADSL originale Frequenzbereiche (Amerika)
 - Upstream und Downstream getrennte Frequenzbereiche

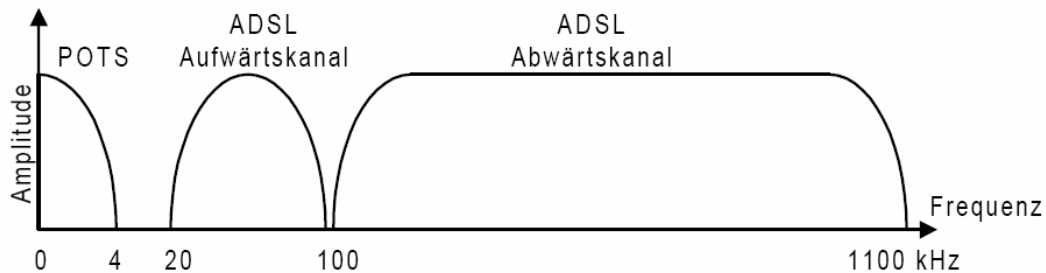


- Upstream und Downstream überlappende Frequenzbereiche



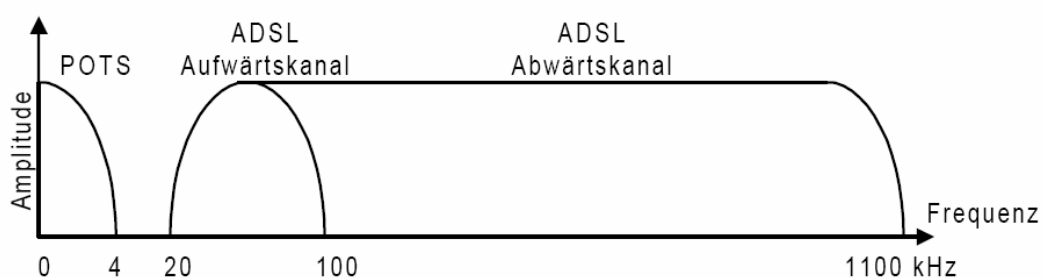
ADSL Richtungstrennung: Frequenzgetrenntlage

- Upstream und Downstream in getrennten Frequenzbereichen
 - Vorteil: Einfache Frequenzmultiplex-Technik (Filter)
 - Nachteil: Downstream im Frequenzbereich mit hoher Kabeldämpfung

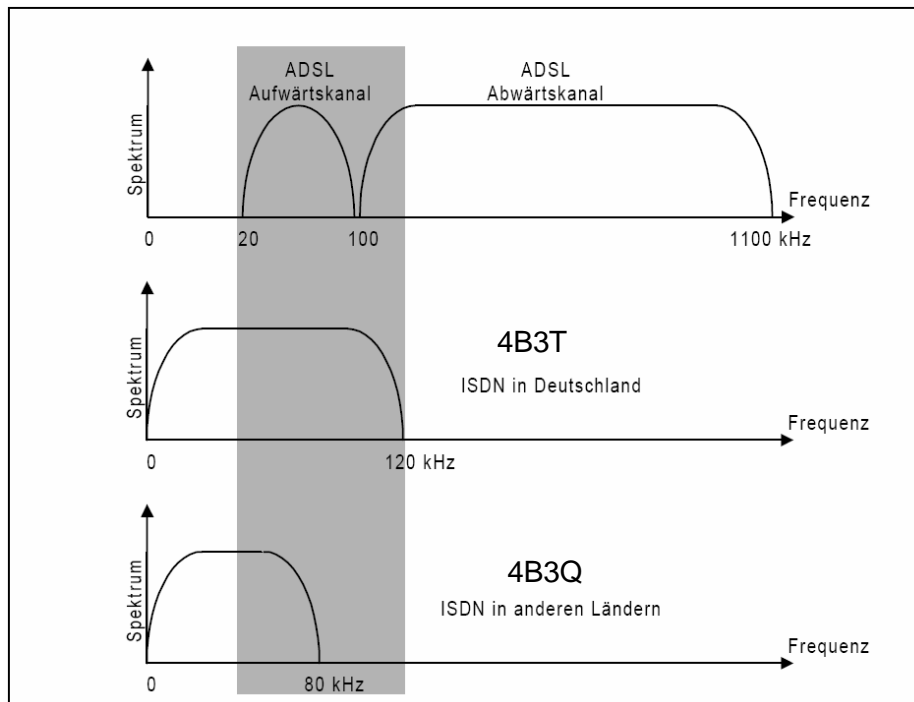


ADSL Richtungstrennung: Echokompensation

- Upstream und Downstream liegen im gleichen Frequenzbereich
 - Vorteil:
 - Prinzipiell größere Übertragungsreichweite
 - Gesamter ADSL-Frequenzbereich kann für Downstream genutzt werden.
 - Nachteil:
 - Echokompensation (Trennung von Up- und Downstream-Signal) ist aufwendig und kompliziert

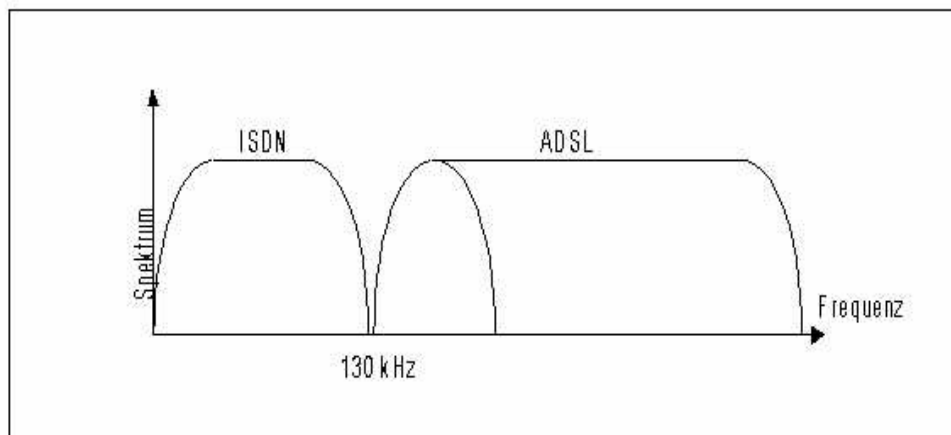


Nationale Unterschiede



ADSL Übertragungstechnik

ISDN kompatible ADSL

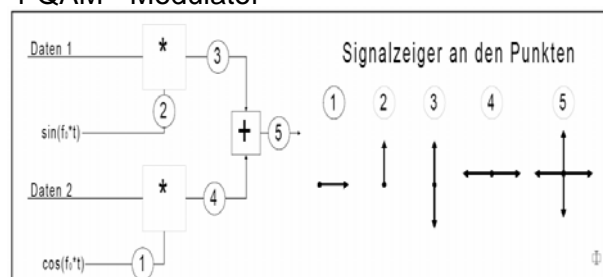


- ❑ Übertragungsleitungen
 - ❑ Bisherige Bitratenbegrenzung nicht wegen Bandbreite von 2-Drahtleitungen (künstliche Begrenzung auf 4 kHz)
 - ❑ Übertragungen bis in den Megahertz-Bereich möglich
 - ❑ mit der Entfernung zunehmende Dämpfung insb. bei hohen Frequenzen (Frequenzabhängige Dämpfung), Verzerrungen und Fremdeinstrahlungen
 - ❑ mit höher werdender Frequenz Nebensprecheffekte (Crosstalk) zwischen benachbarten Leitungen
 - ❑ hohe Anforderungen an das Modulationsverfahren und die Codierung: u.a. Redundanz für Fehlerkorrektur (Kanalcodierung)
- ❑ Modulationsverfahren
 - ❑ Quadratur- Amplituden/Phasenmodulation (QAM)
 - ❑ Carrierless Amplituden/Phasenmodulation (CAP)
 - ❑ Discrete Multitone (DMT)

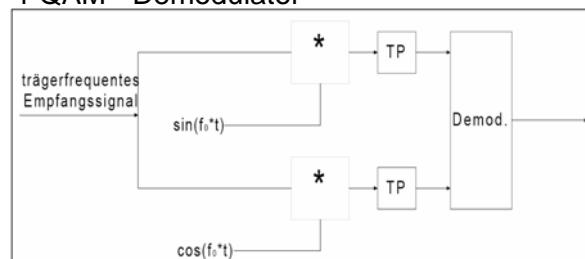


- ❑ Kombination von Amplituden- und Phasenmodulation
- ❑ Es gibt verschiedene Arten von QAM (N-QAM, N= 4, 8, 16,...)
- ❑ Zahlenwert N gibt Anzahl der verschiedenen Signalsymbole (Zustände) an
- ❑ Ein Signalsymbol transportiert **ld N** Bits
- ❑ Verwendung von orthogonalen Trägerfrequenzen (Sinus und Cosinus, Quadratur)

4-QAM - Modulator

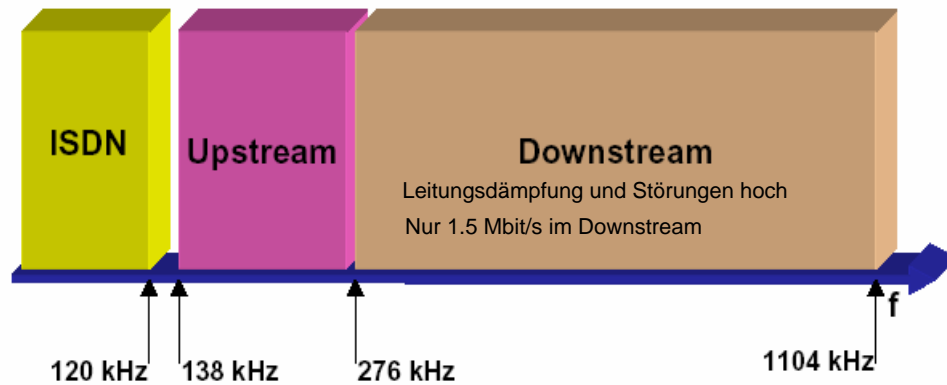


4-QAM - Demodulator



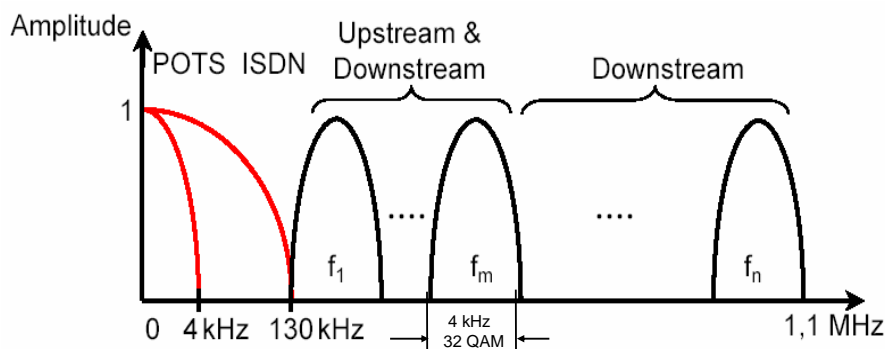
CAP Carrierless Amplitude Phase Modulation

- ❑ älteres, einfacheres Verfahren mit früher Marktreife
- ❑ Nachteil: hohe Frequenzen störanfälliger, deshalb Downstream benachteiligt
- ❑ Modulationsverfahren: CAP ist eine Variante der Quadraturamplitudenmodulation (QAM), Träger werden nicht mit übertragen
- ❑ nur je ein Träger für Upstream bzw. Downstream

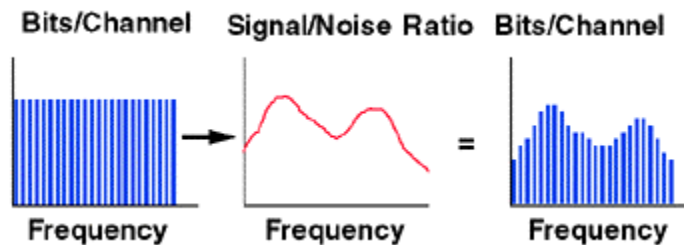


Discrete Multitone Modulation (DMT) (1)

- ❑ Trennung der Frequenzbereiche in POTS/ISDN und ADSL-Kanäle a 4 kHz
- ❑ Multicarrierverfahren (Übertragungsband wird in 256 Carrier (Unterkanäle) aufgeteilt)
- ❑ 190 Kanäle Downstream,
- ❑ 32 Kanäle Upstream
- ❑ 32 Kanäle ISDN, Pilotton, reservierter Träger
- ❑ Echokompensation (vgl. ISDN) notwendig, da Überlagerung der Upstream und Downstream-Kanäle
- ❑ Aushandlung von Kanälen zwischen ADSL-Modem und Vermittlungsstelle
 - störanfällige Kanäle werden nur eingeschränkt benutzt (geringere Datenrate)
- ❑ jeder Teilkanal verwendet 32-QAM (Quadratur Amplituden Modulation)
- ❑ 4000 Baud Symbolrate, Symbolrate wesentlich niedriger als bei CAP



- ❑ pro Unterkanal 2 - 15 Bit in einem Signalsymbol
- ❑ Aufteilung in Unterkanäle ermöglicht Auswahl von Kanälen mit hohem Rauschabstand
- ❑ Zuordnung von Leitungskapazität nach Leitungseigenschaften möglich
- ❑ Überwachung der Kanäle während des Betriebes
- ❑ Hohe Bitratenflexibilität

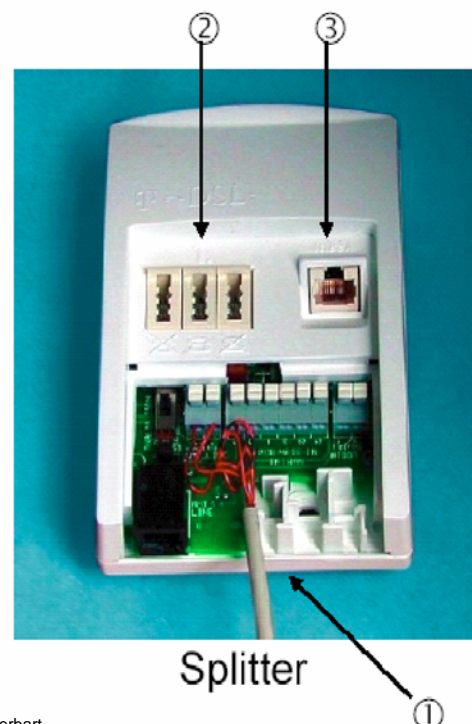


- ❑ DMT erlaubt Datenraten: 6.1 Mbit/s im Downstream und 640 kbit/s duplex
- ❑ wurde von ANSI (American National Standards Institut) als ADSL-Standard festgelegt



Splitter (BBAE, Breitbandanschlusseinheit):

- ❑ „Frequenzweiche“ (Kombination aus Tief- und Hochpassfilter)
- ❑ Trennung von ADSL und herkömmlichen Telefonsignalen
 - ❑ herkömmliches Telefon: bis ca. 4 kHz
 - ❑ ISDN: bis ca. 130 kHz
 - ❑ ADSL: bis ca. 1 Mhz (Bandbreite des Mediums)
- ❑ in den USA oft nur Kombination von ADSL mit analogem Telefonnetz
- ❑ keine separate Spannungsversorgung
- ❑ Anschlüsse:
 - (1) Verbindung zu Amtsleitung (2-adrig, RJ11)
 - (2) Verbindung zu ISDN-NTBA oder analogem Endgerät(en) (2-adrig, TAE-Buchse)
 - (3) Verbindung zu ADSL-Modem (2-adrig, RJ45)

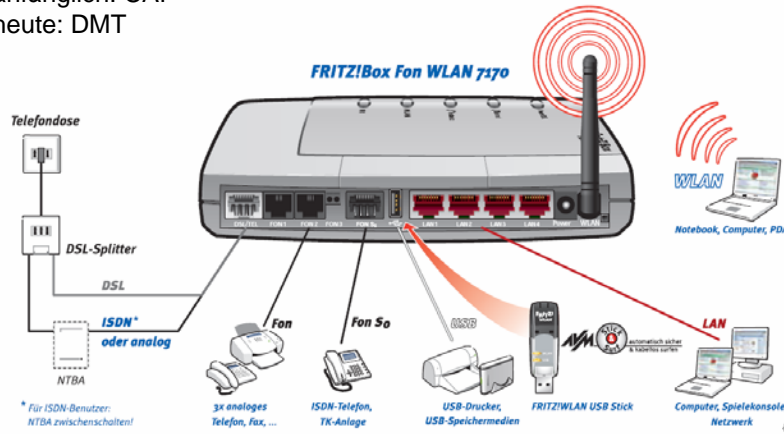


nach M.Zitterbart



ADSL-Modem (NTBBA, Netzwerkterminationspunkt Breitbandangebot)(& WLAN Router)

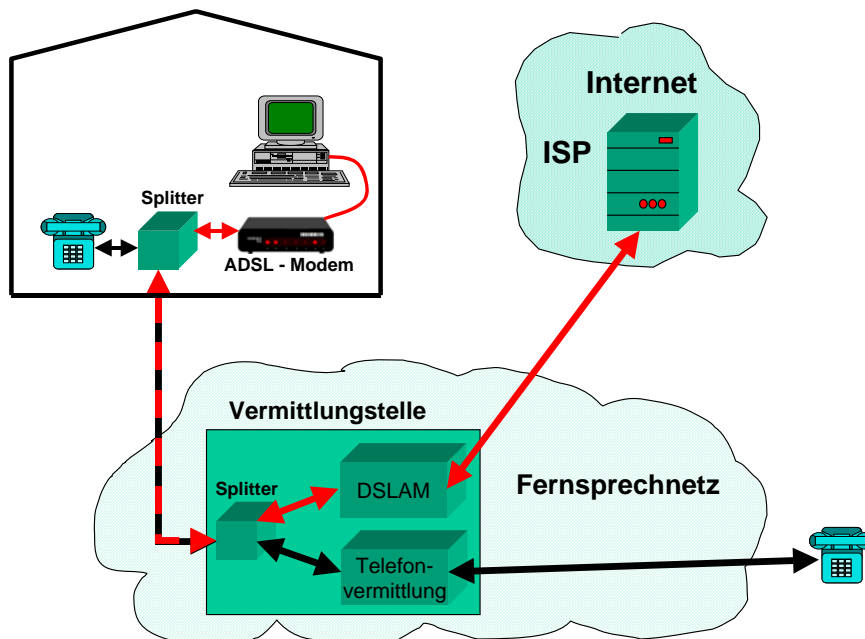
- Abschluss der Zuständigkeit des Netzbetreibers
- Paketorientierte Übertragung zwischen Teilnehmer und Vermittlungsstelle (z.B. Ethernet, ATM)
- Anschlüsse:
 - (1) Spannungsversorgung
 - (2) Verbindung zu PC (Ethernetkarte, 10BaseT) (RJ45, 4-adrig ab UTP Cat. 3)
 - (3) Verbindung zum Splitter (RJ45/RJ11) (2-adrig)
- Modulationsverfahren je nach Hersteller unterschiedlich!
 - anfänglich: CAP
 - heute: DMT



nach M.Zitterbart



- Kompatibilität zu bisherigen Diensten (analoge Telefonie und ISDN) mittels Splitter (Frequenzweichen)

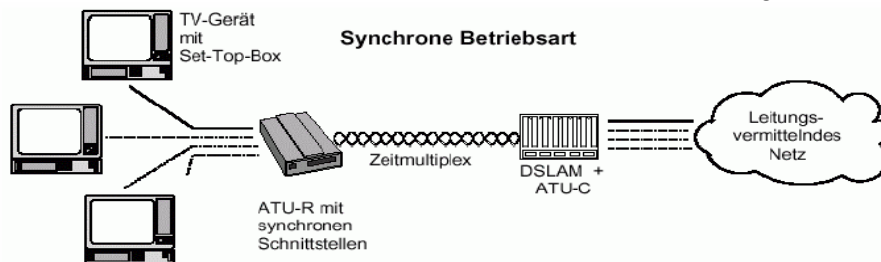


□ Drei Typen von Weitverkehrsnetzen

- Leitungsvermittelnde Netze (PDH, SDH)
- Paketvermittelnde Netze (X.25, Frame Relay)
- Zellvermittelnde Netze (ATM)

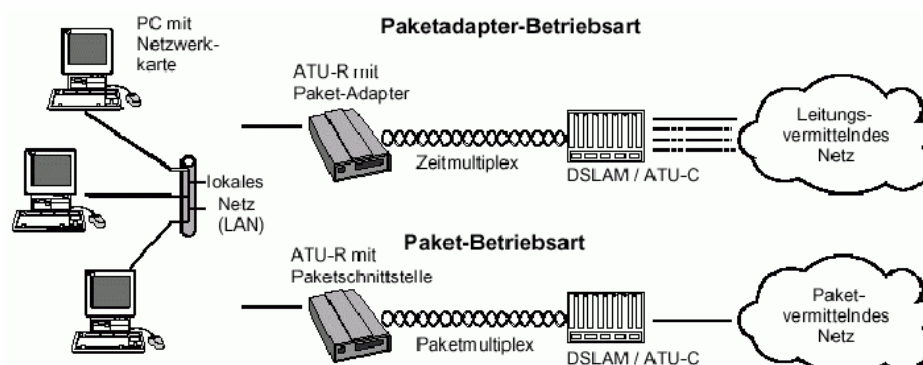
1. Synchrone Betriebsart

- erste ADSL-Gerätegeneration
- von HDSL übernommene Bitraten (max. 3 x 2.048 Mbit/s (Europa) oder 4 x 1.544 Mbit/s (USA) im Zeitmultiplex
- Festgeschaltete oder leitungsvermittelte Verbindungen bis zum Dienstanbieter
- an Bedeutung verloren



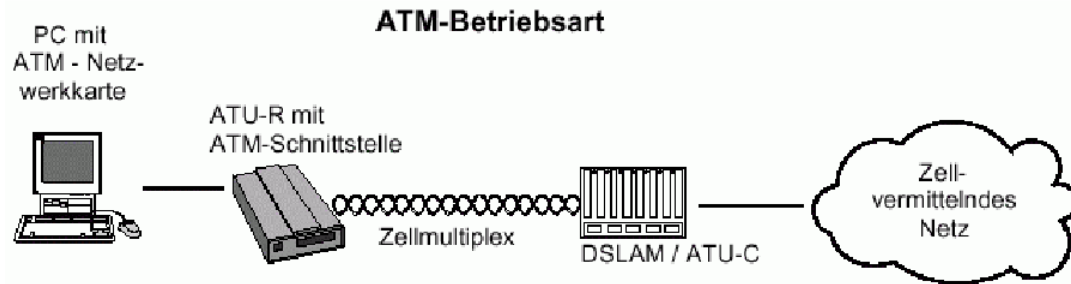
2. Paketbetriebsarten

- Pakete variabler Länge
- Paketadapterbetriebsart: ATU-R übernimmt Pakete aus LAN und überträgt sie über eine oder mehrere festgeschaltete Verbindungen im leitungsvermittelnden Netz
- Paket-Betriebsart: ATU-R ist ein Router (LAN, X.25, Frame Relay)

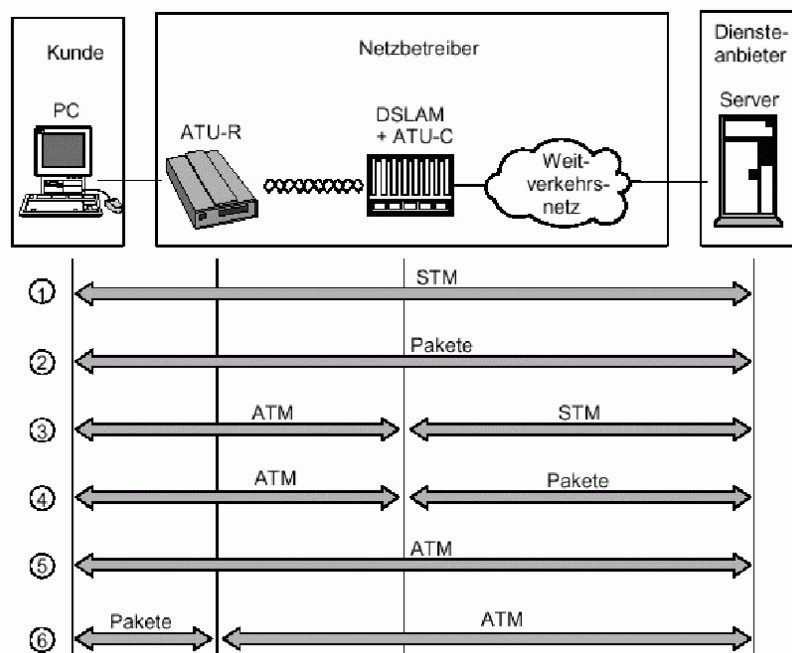


3. ATM-Betriebsart

- ATM-Zellen (Zellmultiplex)
- Dienstgütegarantie (Quality of Service)

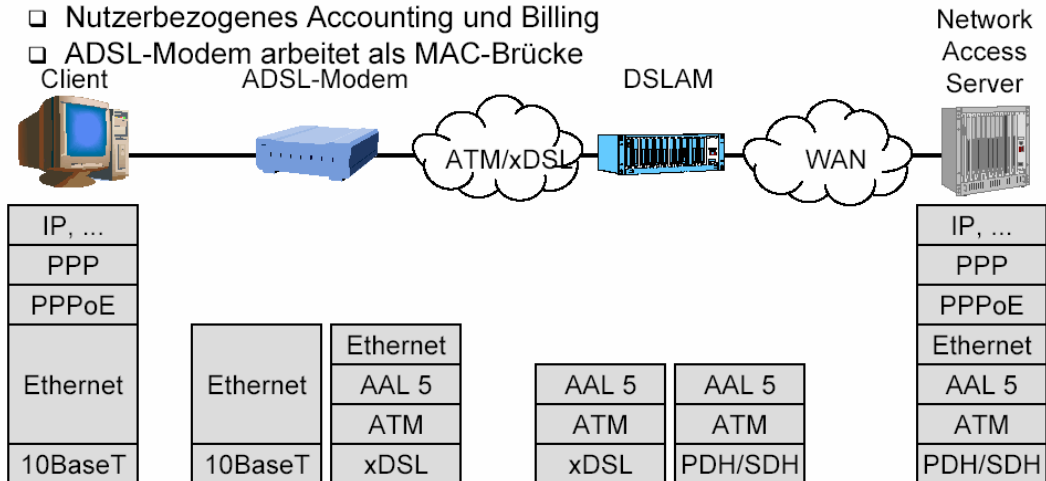


Kunde - Netzbetreiber - Dienstanbieter



RFC 2516: A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE)

- günstige, einfache Anbindung mehrerer PCs eines LANs
- über die Ethernet-Schnittstelle des ADSL-Modems an das Zugangsnetz
- Jeder Client mit eigener PPP-Verbindung zu (mgw. verschiedenen) Providern
- Nutzerbezogenes Accounting und Billing
- ADSL-Modem arbeitet als MAC-Brücke



- **T1/E1-Technik**
 - T1=DS1= 1,544 Mbit/s (Amerika, Japan)
 - E1=PCM30= 2,048 Mbit/s (Europa)
 - AMI-Code (Alternate Mark Inversion über Kupferkabel)
 - Repeater nach ersten 0.9 km dann alle 1.9 km
 - große Bandbreite (1,5 MHz), stört andere Leitungen nur eines von 50 Adernpaaren kann dafür genutzt werden (im Anschlußbereich (Bündel) nicht verwendbar)
- **HDSL (High Data Rate DSL) und SDSL (Symmetric DSL)**
 - T1/E1 Ersatz (->für Netzbetreiber)
 - geringere Bandbreitenanforderungen (80 bis 240 kHz) als AMI ->geringe Störemission
 - keine Repeater notwendig (enorme Kostenverringerung->Repeaterwartung)
 - symmetrische Nutzung der Bandbreite-> Internetnutzung: asymmetrisch (1:10)
 - aufwendige Filtertechnik, mathematische Kabelnachbildung, Echokompensation, Gabelschaltung
 - resistent gegenüber Nebensprechen und Störungen, Signalqualität vergleichbar mit der von Lichtwellenleitern



