

Weitverkehrsnetze

8 IP-Netze, Vermittlungsschicht des Internet

8.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel

8.2 Einordnung in die TK-Welt

8.3 Paketstruktur

8.4 Adressierung und Routing

8.5 Protokolle

8 IP-Netze, Vermittlungsschicht des Internet

8.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (1)

- Entwicklung eines ausfalltoleranten Datennetzes

Weitere Informationen dazu werden in der Vorlesung „Lokale Netze“ vermittelt.

Hier geht es um das Routing – die Paketvermittlung!

8.2 Einordnung in die TK-Welt

| OSI-Modell | |
|------------|---|
| 7 | Anwendungsschicht Application Layer |
| 6 | Darstellungsschicht Presentation Layer |
| 5 | Sitzungsschicht Session Layer |
| 4 | Transportschicht Transport Layer |
| 3 | Vermittlungsschicht Network Layer |
| 2 | Sicherungsschicht Data Link Layer |
| 1 | Bitübertragungsschicht Physical Layer |

- Diese Netztechnologie entstand weitgehend unabhängig von der klassischen TK-Welt. Die Entwicklung wurde von Kräften der Datenwelt / IT-Welt getrieben.

Weiter Informationen dazu werden in der Vorlesung „Lokale Netze“ vermittelt.

8.3 Paketstruktur

- Hier beschäftigen wir uns nur mit der Adressierung und der Vermittlung.

(hier Header von IPv4)

| | | | | |
|--|------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| Version | IHL | TOS | Total Length | |
| Identification | | | Flags | Fragment Offset |
| TTL | | Protocol | Header Checksum | |
| Source Address  | | | | |
| Destination Address  | | | | |
| Options and Paddings (optional) | | | | |

Weiter Informationen dazu werden in der Vorlesung „Lokale Netze“ vermittelt.

8.4 Adressierung und Routing (1)

- Die Adressierung an sich wird in der Vorlesung „Lokale Netze“ behandelt. Hier wird betrachtet, was aus einem großen Netz resultiert:
- Wie geht man mit sehr großen Mengen Adressen sinnvoll um?
- Wie werden Daten von einem Teilnehmerknoten sinnvoll und effizient zu einem anderen Teilnehmerknoten vermittelt?

Beim Ethernet geht es um maximal einige bis einige Adressen in einem Netzwerk.

Beim MetroEthernet mit einigen Adressen werden schon spezielle Vorkehrungen nötig.

Beim Internet geht es um rund $4 \dots\dots\dots$ Adressen! Wie kann das funktionieren?

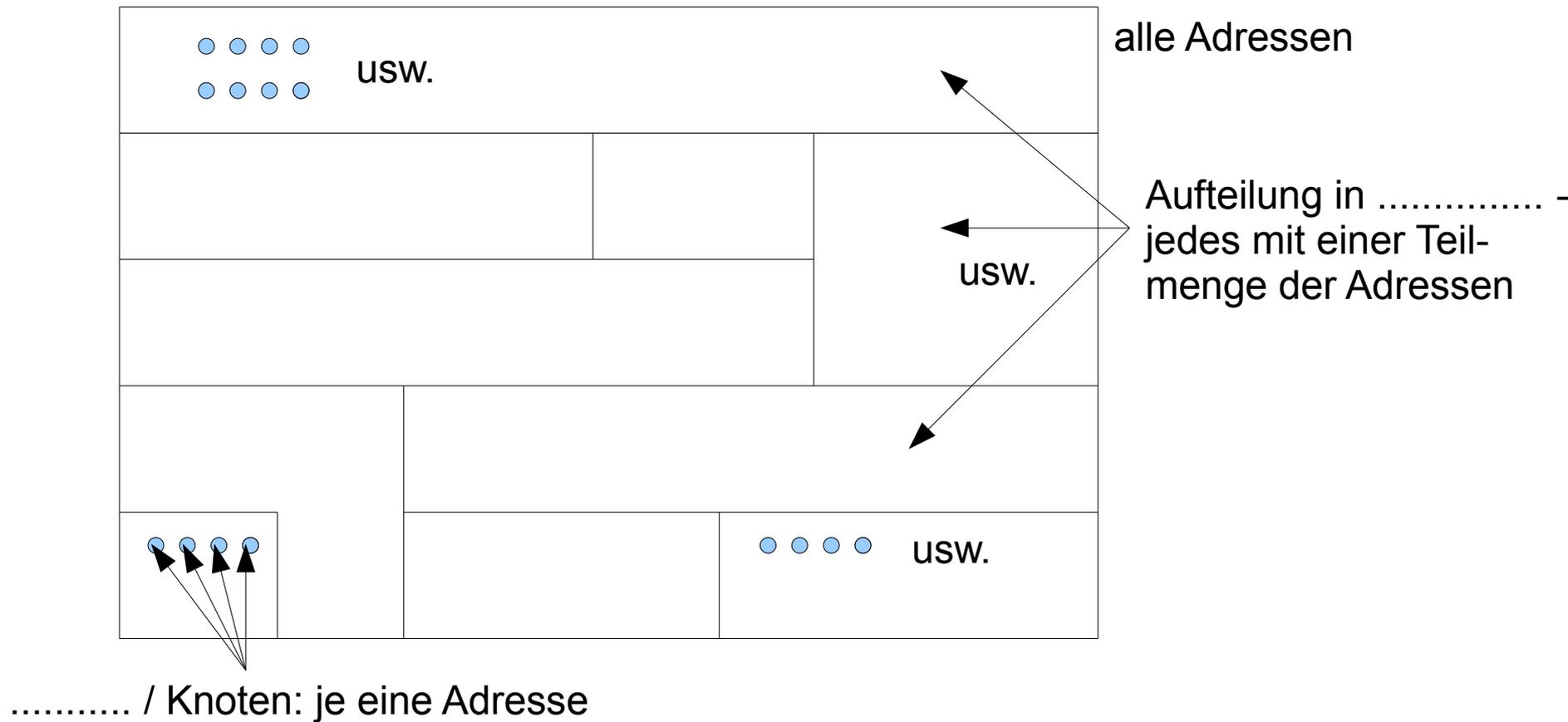
- Wir untersuchen das an einem Modellnetz mit einer 4-stelligen Adressierung, jede Stelle hat zwei Werte, 0 und 1. Diese werden zur Vermeidung von Verwechslungen mit A und B dargestellt. Das ergibt $2^4 = 16$ Adressen. Das reicht für unsere Untersuchung aus.

Bspl. für eine Adresse: B-A-A-B = 1001

8.4 Adressierung und Routing (2)

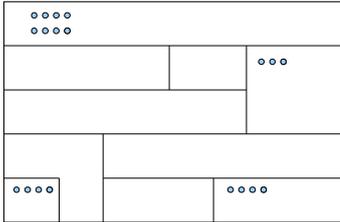
- Wie geht man mit sehr großen Mengen Adressen sinnvoll um?

Hier mal ausnahmsweise viele Adressen im Modell



8.4 Adressierung und Routing (3)

- Wie werden Daten von einem Teilnehmerknoten sinnvoll und effizient zu einem anderen Teilnehmerknoten vermittelt?

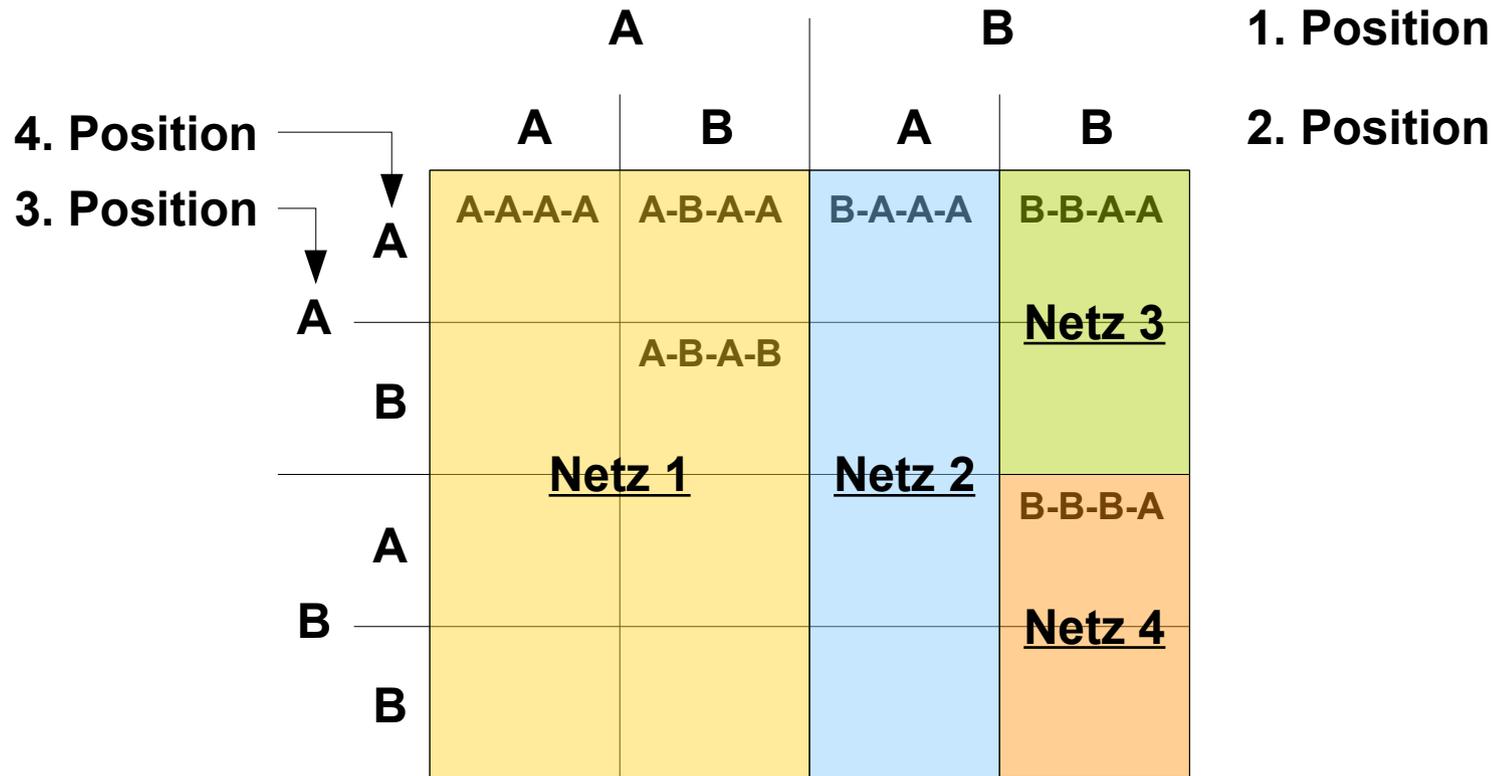


- Die Post als Vorbild - ein Beispiel: Ein Paket vom Host K im Netz A soll zum Host M im Netz N

- ...
- ...
- ...
- ...
- ...

8.4 Adressierung und Routing (4)

- Der Adressraum und seine Aufteilung - klassenbasiert



- Bildung der mit

Präfixen:

Tabelle der Netzadressen

| | | | |
|--------|---------|---|---------|
| Netz 1 | A-A-A-A | → | A-0-0-0 |
| Netz 2 | B-A-A-A | → | B-A-0-0 |
| Netz 3 | B-B-A-A | → | B-B-A-0 |
| Netz 4 | B-B-B-A | → | B-B-B-0 |

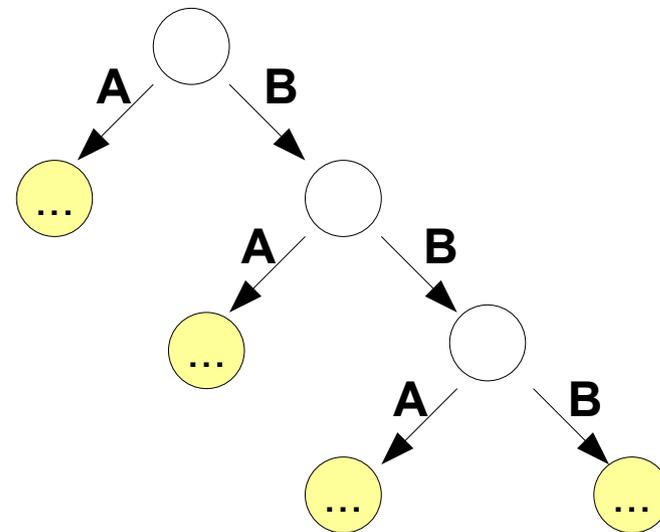
8.4 Adressierung und Routing (5)

- Der Adreßraum und seine Aufteilung (2) - klassenbasiert

„Auf“ dem Paket steht die Zieladresse, die Adresse des Zielhosts. Es gibt keine „Postleitzahl“. Diese muß aus der Zieladresse gebildet werden.

Entscheidungsbaum

| | | | |
|--------|---------|---|---------|
| Netz 1 | A-A-A-A | → | A-0-0-0 |
| Netz 2 | B-A-A-A | → | B-A-0-0 |
| Netz 3 | B-B-A-A | → | B-B-A-0 |
| Netz 4 | B-B-B-A | → | B-B-B-0 |

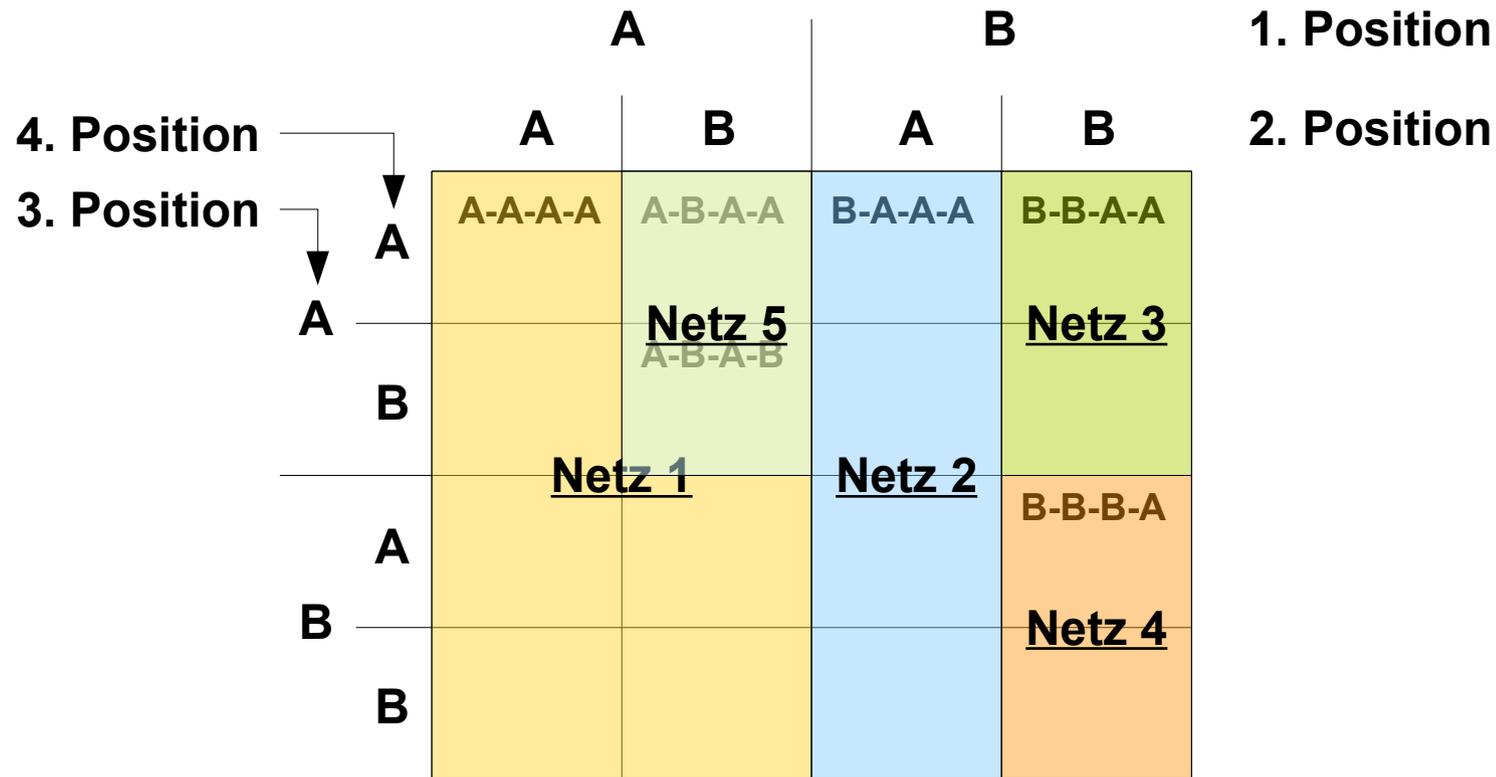


- Jeder Weiterleiter, genannt, muss die Netzadresse ermitteln, um den richtigen Weg, die richtige Route, und den nächsten Weiterleiter / ermitteln zu können.
- Jeder Präfix gehört zu einer Klasse von Netzen →

Adressierung

8.4 Adressierung und Routing (6)

- Der Adreßraum und seine Aufteilung (3) - klassenlos



- Bildung der Netzadressen mit Präfixen:

Tabelle der Netzadressen

| | | | |
|--------|---------|---|---------|
| Netz 1 | A-A-A-A | → | A-0-0-0 |
| Netz 2 | B-A-A-A | → | B-A-0-0 |
| Netz 3 | B-B-A-A | → | B-B-A-0 |
| Netz 4 | B-B-B-A | → | B-B-B-0 |
| Netz 5 | A-B-A-A | → | A-B-A-0 |

8.4 Adressierung und Routing (7)

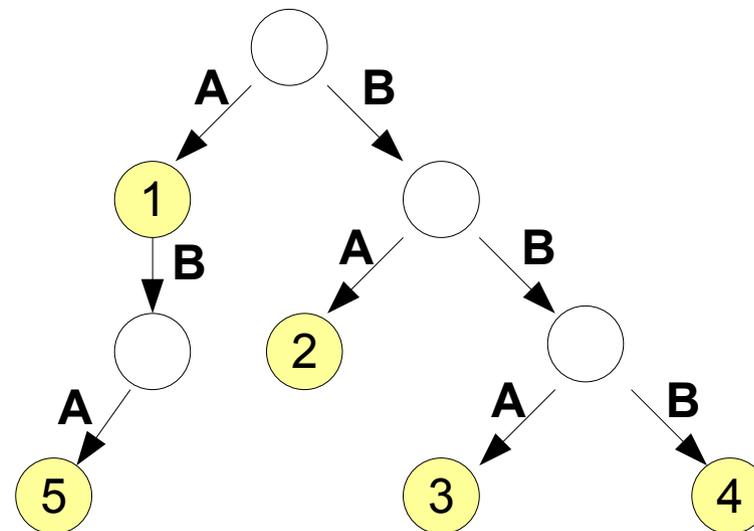
- Der Adreßraum und seine Aufteilung (4) - klassenlos

„Auf“ dem Paket steht die Zieladresse, die Adresse des Zielhosts. Es gibt keine „Postleitzahl“. Diese muß aus der Zieladresse gebildet werden.

Entscheidungsbaum

| | | | |
|--------|---------|---|---------|
| Netz 1 | A-A-A-A | → | A-0-0-0 |
| Netz 2 | B-A-A-A | → | B-A-0-0 |
| Netz 3 | B-B-A-A | → | B-B-A-0 |
| Netz 4 | B-B-B-A | → | B-B-B-0 |
| Netz 5 | A-B-A-A | → | A-B-A-0 |

Beispiele: A-B-A-B
A-B-B-A



- Zusätzliche Regel für das Ende der Suche: letzter gültiger Netzverweis
- Jeder Weiterleiter, genannt, muß die Netzadresse ermitteln, ...
- Präfixe verweisen nicht auf eine Klasse von Netzen → Adressierung
Bspl.: Rest von Netz 1

8.4 Adressierung und Routing (8)

- Das Routing
 - Wie lernen die Router die Netz- und Wegeinformationen?

| | | | | |
|--------|---------|---|---------|-----------------|
| Netz 1 | A-A-A-A | → | A-0-0-0 | nächster Router |
| Netz 2 | B-A-A-A | → | B-A-0-0 | nächster Router |
| Netz 3 | B-B-A-A | → | B-B-A-0 | nächster Router |
| Netz 4 | B-B-B-A | → | B-B-B-0 | nächster Router |
| Netz 5 | A-B-A-A | → | A-B-A-0 | nächster Router |

- statischer Eintrag, „von Hand“
- automatisch, selbstlernend → Routingprotokolle
- Kombination aus beiden Verfahren

8.4 Adressierung und Routing (9)

- Das Routing (2)
 - Wenn es doch so eindeutig wäre!

Oft, gerade bei den Routern in „hohen Regionen“, gibt es nicht nur einen Nachbarn, über den das Zielnetz erreichbar ist. Das ist aus Gründen der Redundanz auch wünschenswert.

Aber welches ist dann der beste Weg, die beste Route?

Sogenannte **Kostenfaktoren** kennzeichnen die „Güte“ der Verbindungen zu den Nachbarn. Eine Einschätzung der „Güte“ der gesamten Route erfordert die Kenntniss auch der Verbindungen der gesamten Route. Der Router muß Kenntnisse über das gesamte vernetzte System erlangen, zumindest über große Teile davon (innerhalb **AS** oder zwischen den AS).

Heute erfolgt das üblicherweise, zumindest innerhalb größerer Netzgebilde, mittels **Verbindungszustands-Routing**. Jeder Router lernt die gesamte Topologie und entscheidet aus dieser Information über die jeweils beste Route zu jedem Netz.

weiterführend: Wegesuche über Verfahren nach Edsger W. Dijkstra

8.5 Protokolle

- Diese werden in der Vorlesung „Lokale Netze“ vermittelt.

Weitverkehrsnetze

9 MPLS – Multiprotocol Label Switching

9.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel

9.2 Einordnung in die TK-Welt

9.3 Rahmenstruktur

9.4 Weiterleitungsmechanismus

9.5 Control Plane/ Signalisierung

9.6 Overhead und Effektivität

9.7 Quality of Service - QoS

9.8 Anpassung an bestehende Systeme

9 Multiprotocol Label Switching

9.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (1)

- Erstes Ziel war die Beschleunigung von Routingprozessen
 - Datenpakete
 - Anisochrone Daten
- Das sollte gleich für mehrere Protokolle nutzbar sein, IP war aber sicher das hauptsächliche Protokoll
- Später sollten auch andere TK-Dienste übertragbar und vermittelbar sein.

9.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (2)

- Beim Routing in einem Hauptnetz (Backbone) gehen jeweils viele Routen vom selben Quellport (Seite A) zum selben Zielport (Seite B). Alle diese Daten sind derselben – FEC zuordenbar.
- Routingentscheidungen relativ aufwendig
- Definition von virtuellen Verbindungen, wobei jede eine Anzahl von NetZRouten abbilden kann – das bezogen auf das Hauptnetz (Backbone)
Die virtuelle Verbindung resultiert aus dem Datenweg einer FEC. (Bild)
- Das soll für verschiedene Protokolle nutzbar sein
- Einkapselung der Daten des jeweiligen Protokolls
das bringt:
 - Entkopplung des Routings innerhalb dieser Netze von der Datenweiterleitung im MPLS-Netz
 - Isolation der angeschlossenen Netze untereinander → VPN
 - Aufnahme und Transport der Daten auch niedriger Protokollschichten

9.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (3)

- Realisierung folgender Dienste stand am Anfang:
 - für anisochrone Daten
 - Dienste mit beliebigen Datenraten
 - Verbindungslose Dienste (auch wenn dann der Transport verbindungsorientiert ist)
 - paketvermittelte Dienste
 - mit P2P-Verkehrsbeziehungen
- Später kamen dann einige Dienste der klassischen TK-Welt hinzu. Provokativ könnte man sagen: „wurden aufgepfropft.“

9.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (4)

- MPLS – Daten zur Geschichte der Entwicklung und Einführung

1989-90 13 Normen für ATM entstehen

ca. ab 1996 ATM-Technik kommt zum Einsatz, DTAG hat Testnetz (?)
(Datennetze, Backbone für ADSL, ...)

1999 erster RFC zu MPLS

ca. (2000) 2003/4 (erste Anzeichen) ATM stagniert

Jan 2001 IETF RFC 3031: Architektur MPLS

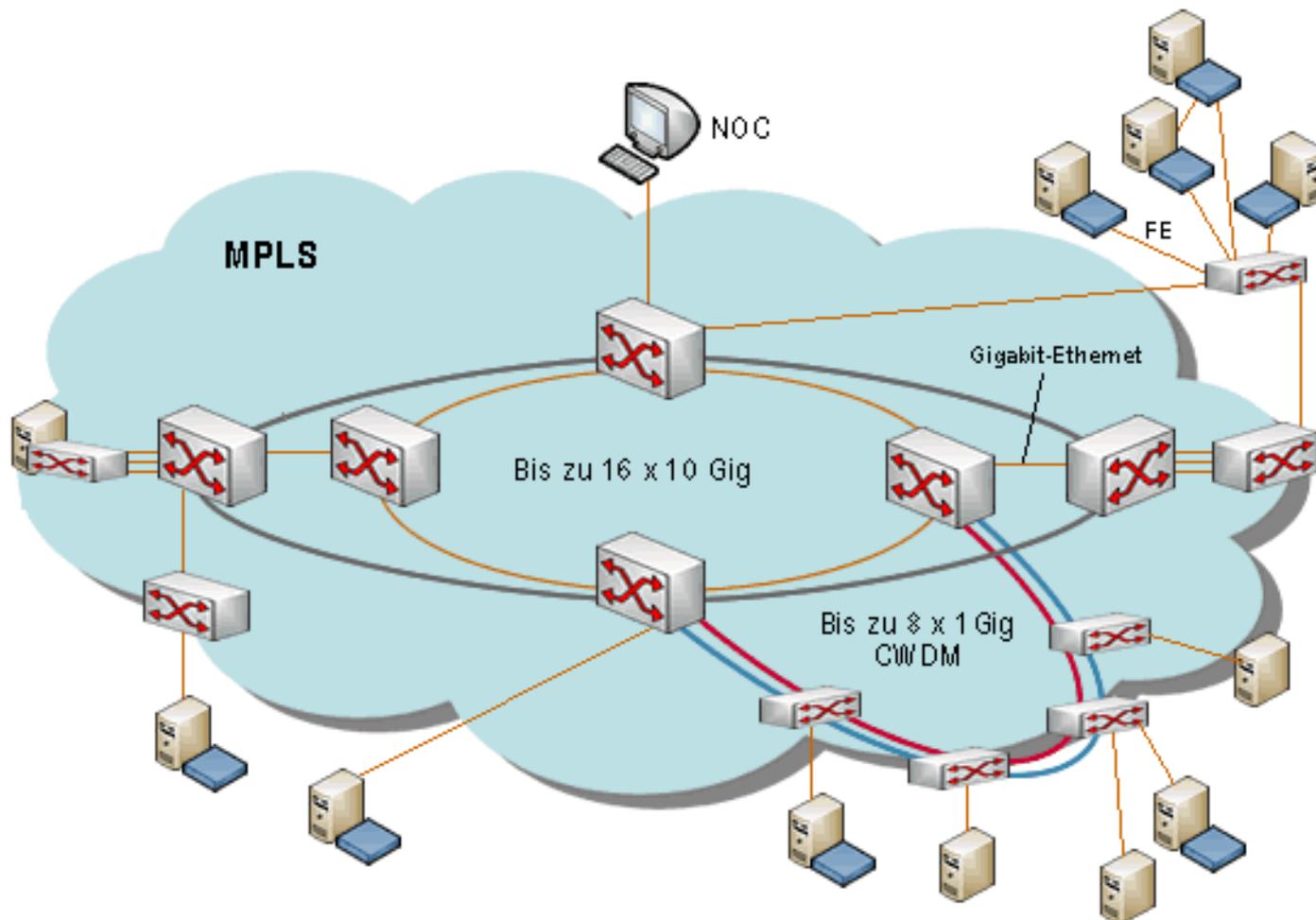
im Okt 2010 6 RFC zu MPLS (Beispiel für Dichte)

„Normung“ dauert an

9.2 Einordnung in die TK-Welt (1)

- MPLS – Was ist heute relevant?
- Antwort: alles!
 - Verwendung heute:
 - Backbonenetze großer Netzbetreiber
 - Datendienste aller Art
 - Schrittweise andere Dienste, soweit diese auf Datenpakete abbildbar sind (z. B. IP-TV, VoIP)
 - Datennetz größer Anwender
 - große Firmen mit hohen Ansprüchen
 - ausgedehnte Behörden
 - Betreiber von großen Bebauungen – vermietete „Flächen“

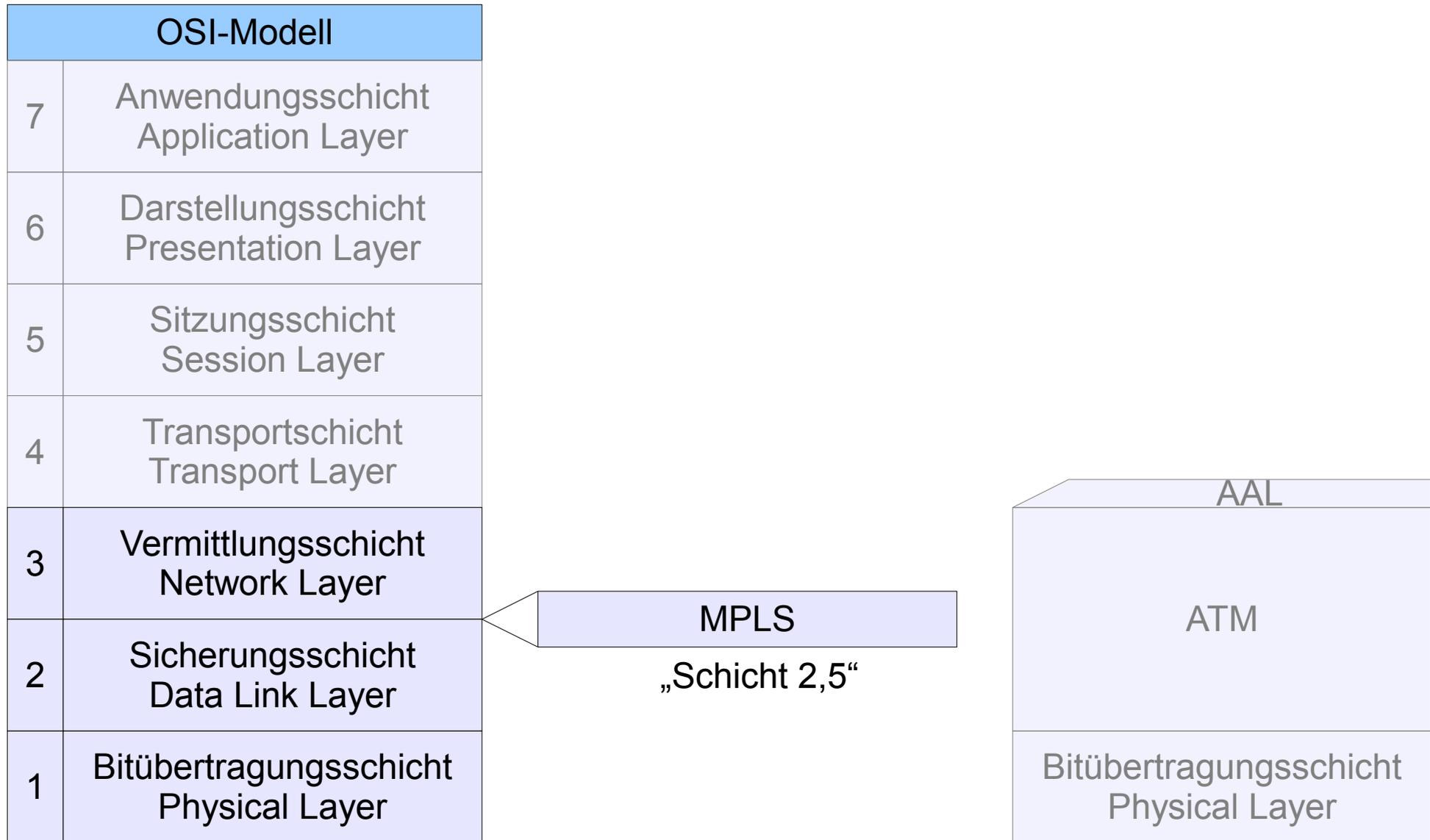
9.2 Einordnung in die TK-Welt (2)



Quelle: ITM GmbH

MPLS – Beispiel für kleines Netz mit größeren Kapazitäten

9.2 Einordnung in die TK-Welt (3)



9.2 Einordnung in die TK-Welt (4)

- OAM-Funktionen (.....)
- waren anfangs teilweise auch schon berücksichtigt
- da MPLS anfangs als Unterstützung der L3-Funktion Routing gedacht, waren das auch die zum Routing verfügbaren OAM-Funktionen
- mittlerweile, nach Integration weitere Dienste, auch weitere OAM-Funktionen passend zu diesen Diensten

9.2 Einordnung in die TK-Welt (5)

- Beispiele für Geräte (Stand etwa 2005, 2006):
Alcatel-Lucent



7450 ESS-7 bis 250 Gbit/s
bidirektional,
blockierungsfrei ?



7450 ESS-1 20 Gbit/s
bidirektional,
blockierungsfrei

Quelle: Alcatel-Lucent

Huawei



NE40E-8

bis 320 Gbit/s
bidirektional,
blockierungsfrei ?

Quelle: www.huawei.com



NE40E-4

ca. 160 Gbit/s
bidirektional,
blockierungsfrei ?

9.2 Einordnung in die TK-Welt (6)

- Beispiele für Geräteentwicklung: Alcatel-Lucent

Stand etwa 2005, 2006



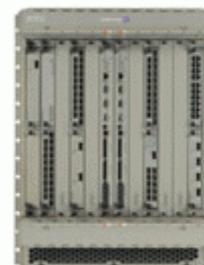
7450 ESS-7



7450 ESS-1

Stand 2010

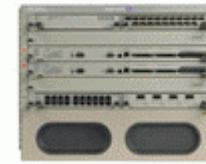
7450 Ethernet Services Switch Product Family



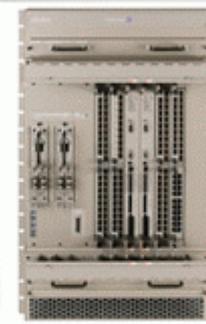
7450 ESS-12



7450 ESS-7



7450 ESS-6



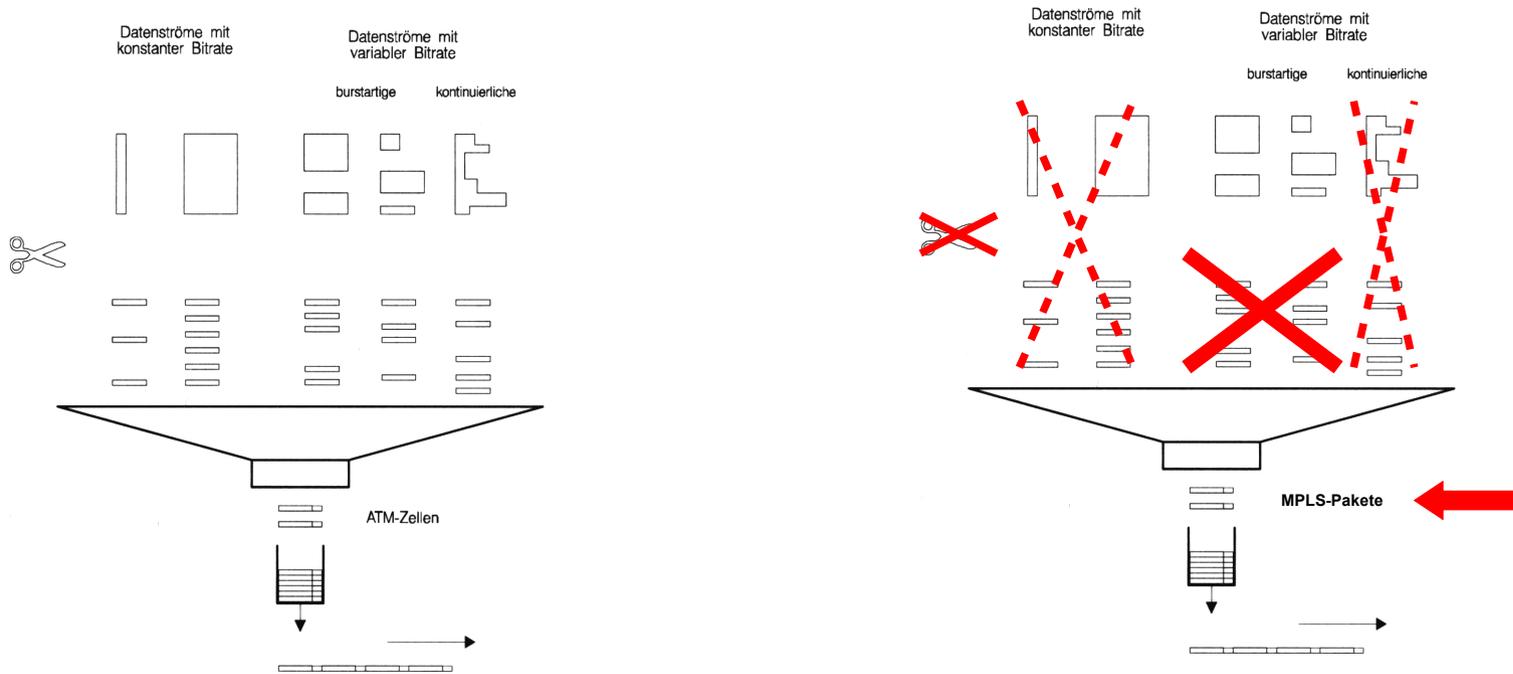
7450 ESS-6v



7450 ESS-1

Quelle: Alcatel-Lucent

9.3 Rahmenstruktur (1)



Funktionsprinzip des ATD für **ATM**

Funktionsprinzip des ATD für MPLS:

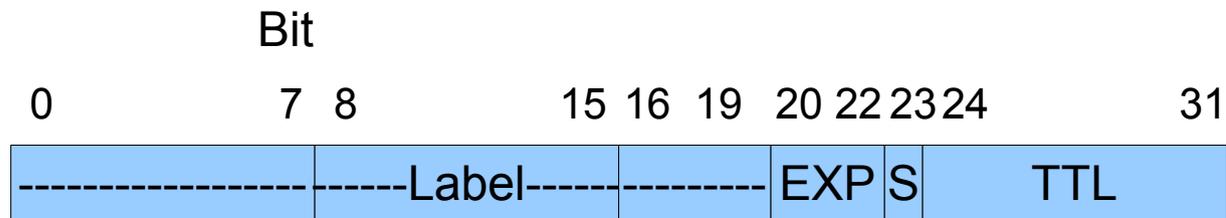
Quelle: M.Hochmuth, F. Wildenhain: ATM-Netze

gewisse Ähnlichkeit zu ATM und zu Paketverfahren generell

keine Änderung der Paketlängen
 → Konsequenzen

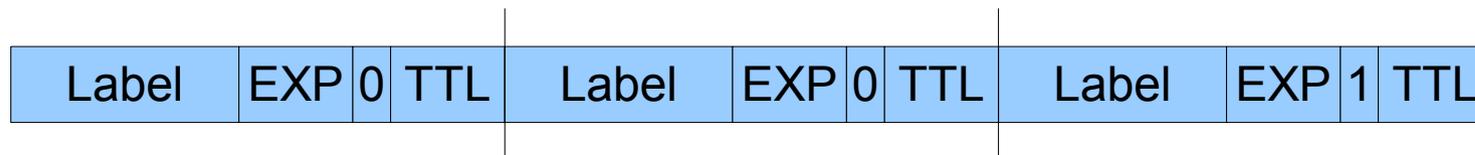
9.3 Rahmenstruktur (2)

- Der „Header“ des MPLS



Label: 20-Bit-Wert
 EXP: (meist Prio)
 S: Flag „.....“
 Label stack entry
 TTL:

- Bis zu 7 Label im Stack



praktisch meist 2 oder 3 Label:

typisch: Transport-Label anderer Betreiber | Transportlabel | Dienstlabel
 (Skizze)

9.3 Rahmenstruktur (3)

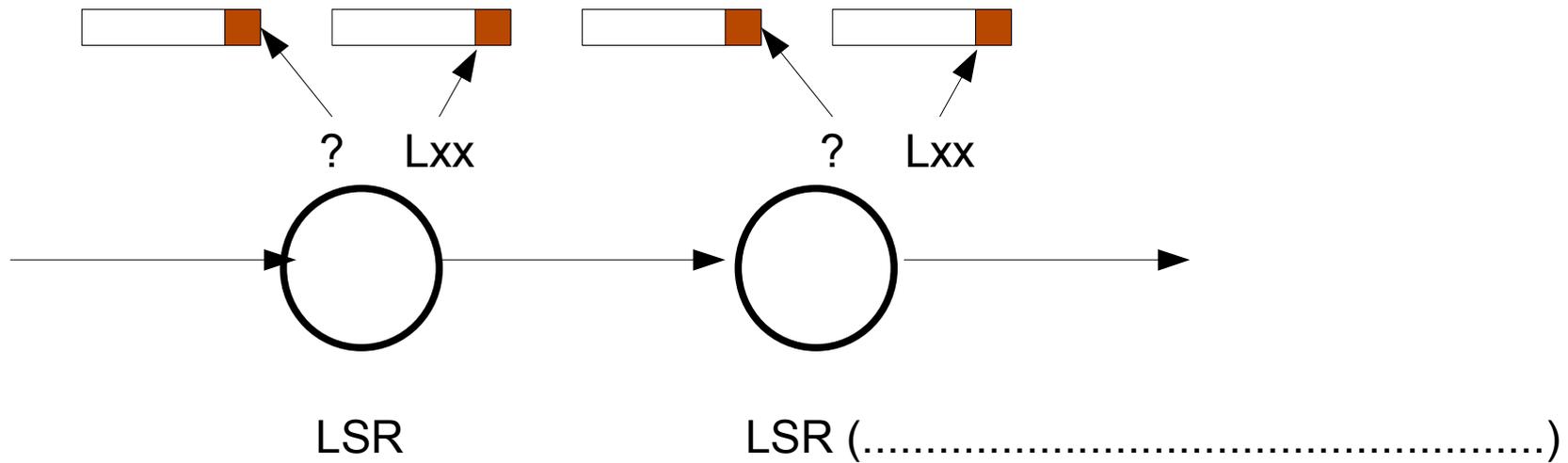
- Einbettung des „Headers“ beim MPLS



- Der MPLS-“Header“ (auch MPLS-Stack) wird oft wegen seiner Kleinheit oder, weil er zwischen die Header L2 und L3 zwischengeschoben wird, als Shime bezeichnet.
- Hat ein angrenzender, „fremder“ Header Felder frei, so kann der MPLS-Stack mit in den fremden Header gepackt werden.

9.4 Weiterleitungsmechanismus (1)

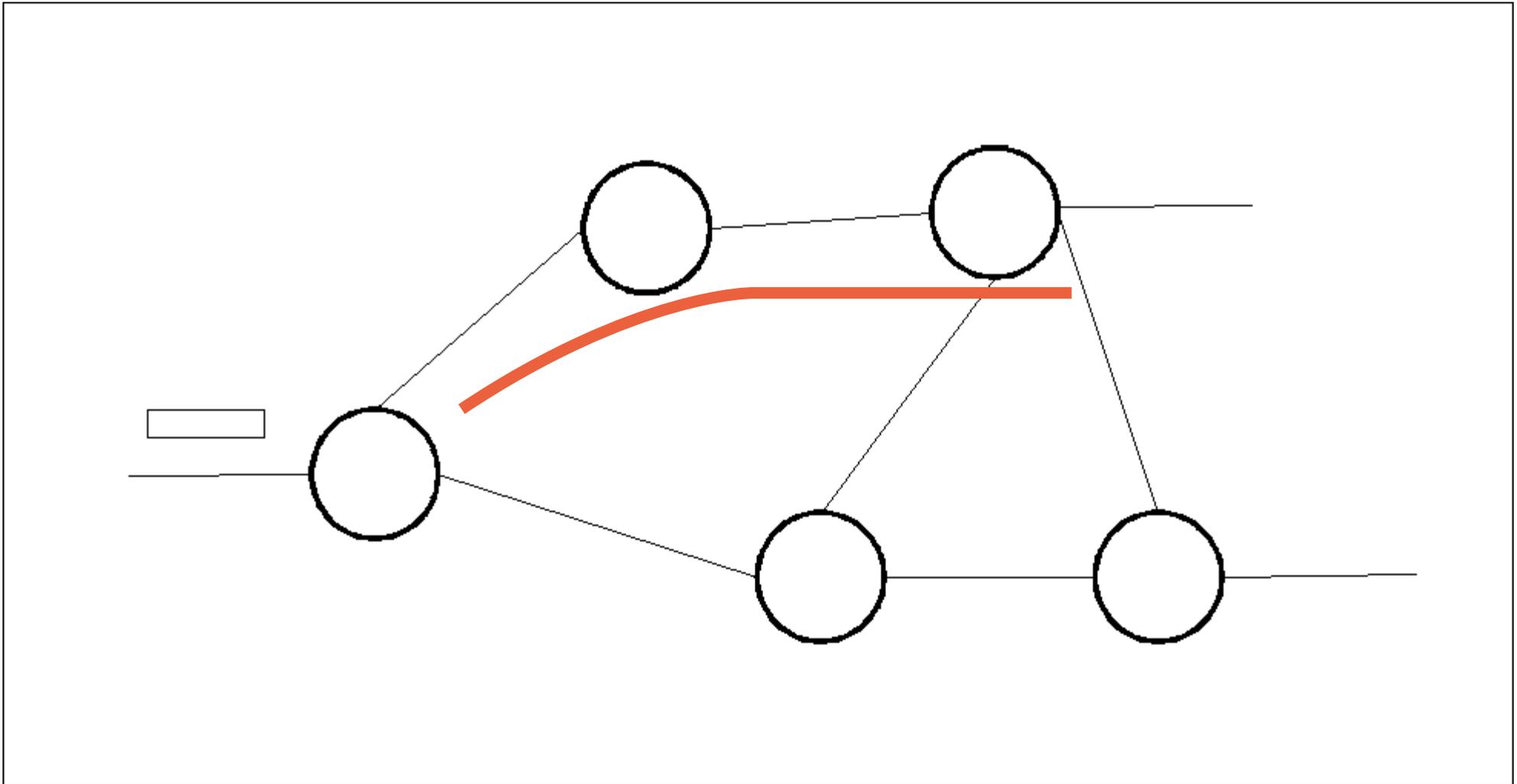
- Die Weiterleitung erfolgt auf Basis der enthaltenen Label



und entlang des LSP (.....) => wird vorher aufgebaut

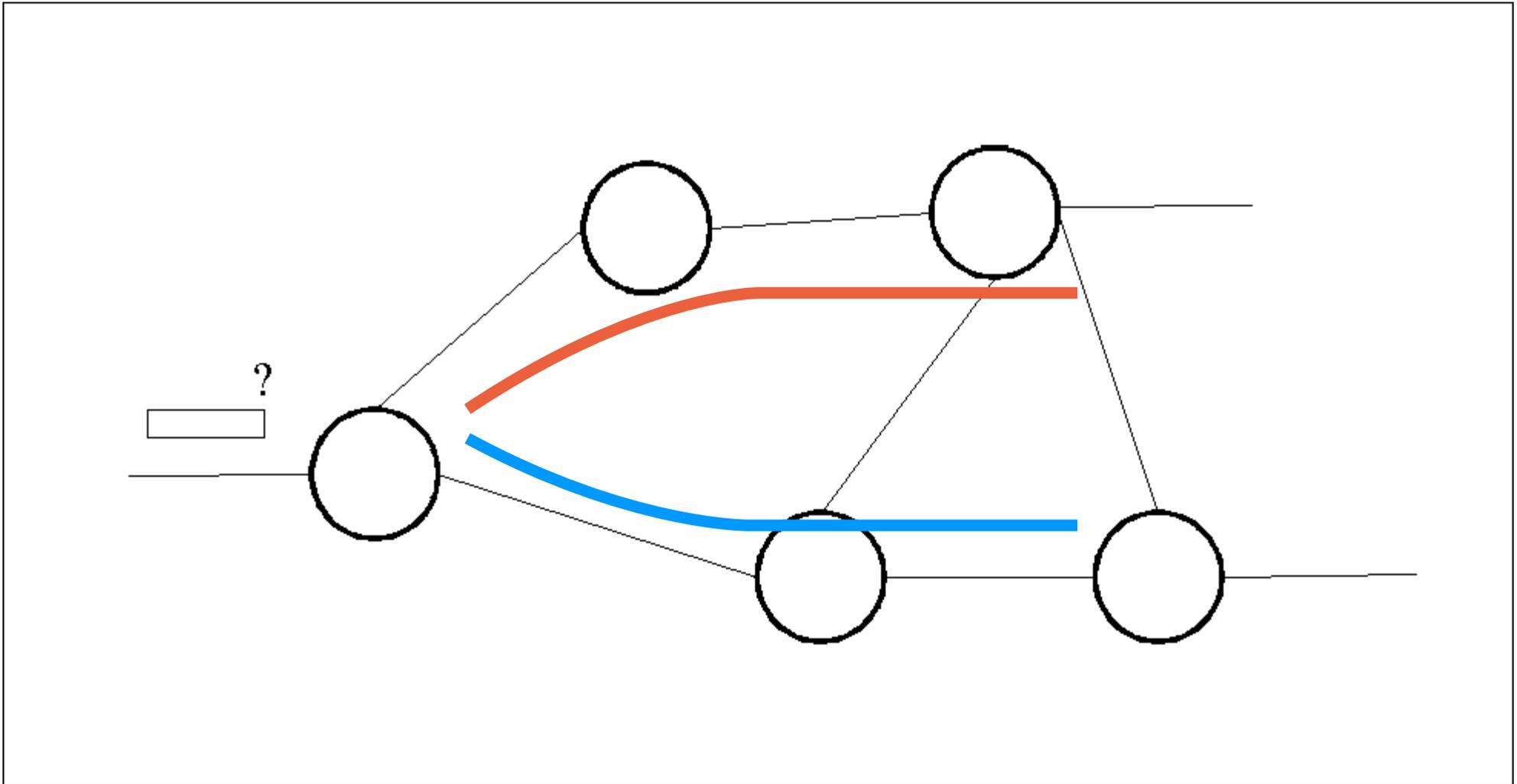
9.4 Weiterleitungsmechanismus (2)

- Weiterleitung auf Label Switch Path - LSP



9.4 Weiterleitungsmechanismus (3)

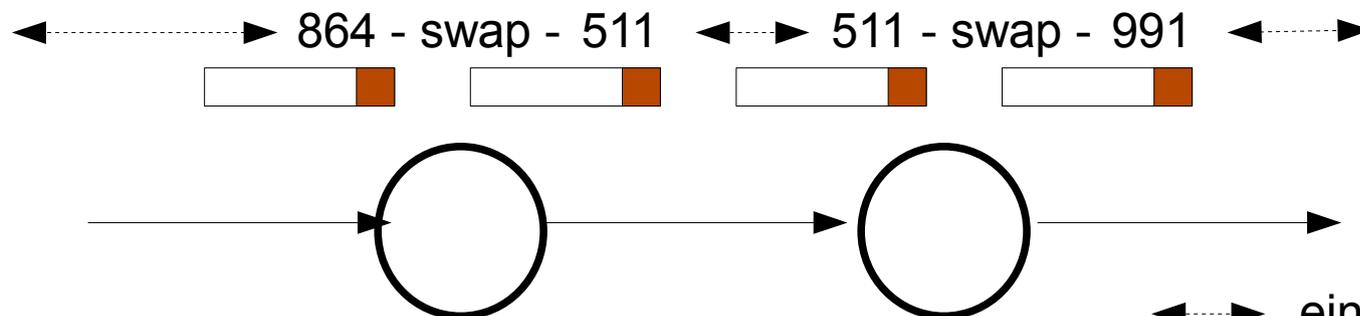
- Weiterleitung auf Label Switch Path - LSP



9.4 Weiterleitungsmechanismus (4)

- Es sind 2^{20} unterschiedliche Label möglich (1.048.576).
- Die Technik sollte für weltweite Nutzung in den höheren Ebenen des Internet geeignet sein.
- Bedeutung der Label ist Der LSP bekommt eine eindeutige Kennung, die aus einem viel größeren Wertevorrat stammt (> 1Mio.)
 - Beim Einrichten des LSP werden lokal Labels aus dem jeweils freien Bereich ausgewählt und lokal eingetragen.
 - Die Label haben immer nur zwischen benachbarten Geräten einen eindeutigen Bezug.
 - Es wird praktisch eine Kette aus einzelnen Verbindungen gebildet, wobei jedes Kettenglied (jede Verbindung Knoten – Knoten) einen lokal eindeutigen Label hat. Vor dem Weiterleiten wird der Labelwert ausgetauscht (Label swap).

Beispiel:

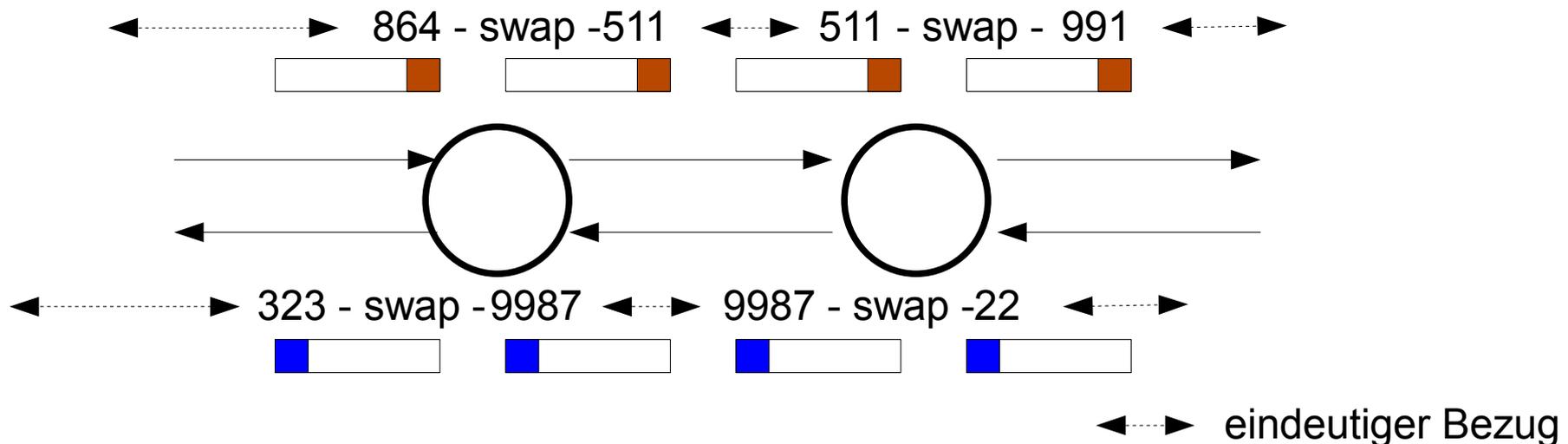


9.4 Weiterleitungsmechanismus (5)

- Achtung! Die LSP sind unidirektional.
Im MPLS-Header steht auch kein Absenderlabel.

Das MPLS-Verfahren arbeitet Am Ausgang eines LSP kommt das an, was in dessen Eingang hineingeschickt wurde.
Die Weiterleitung der Daten „hinter“ dem MPLS-Netz erfolgt auf Grund der Adressen, die in den anderen Headern gespeichert ist.

Bei bidirektionalen Datenflüssen werden jeweils zwei LSP mit entgegengesetzten Flussrichtungen eingerichtet. Die Label der beiden Flussrichtungen haben keinen Bezug zueinander.



9.4 Weiterleitungsmechanismus (6)

- neuere Entwicklung: L3- und L2-VPN (.....)

Waren ursprünglich in einem öffentlichen IP-Netz in erster Linie die Routing-Abläufe in den Routern zu vereinfachen (Ziel 1), so kam „später“ die Anforderung hinzu, logisch getrennte und voneinander isolierte Netze zu realisieren, die VPN (Ziel 2).

Durch die Eintunnelung „in Label“ kann der Datenfluss für verschiedene logische Netze voneinander getrennt werden. Das hat eine Ähnlichkeit zu VLAN. Ein VLAN verbirgt aber nicht die ursprünglichen Netzwerkadressen (MAC-Adressen). Diese werden beim VLAN nicht mit eingetunnelt.

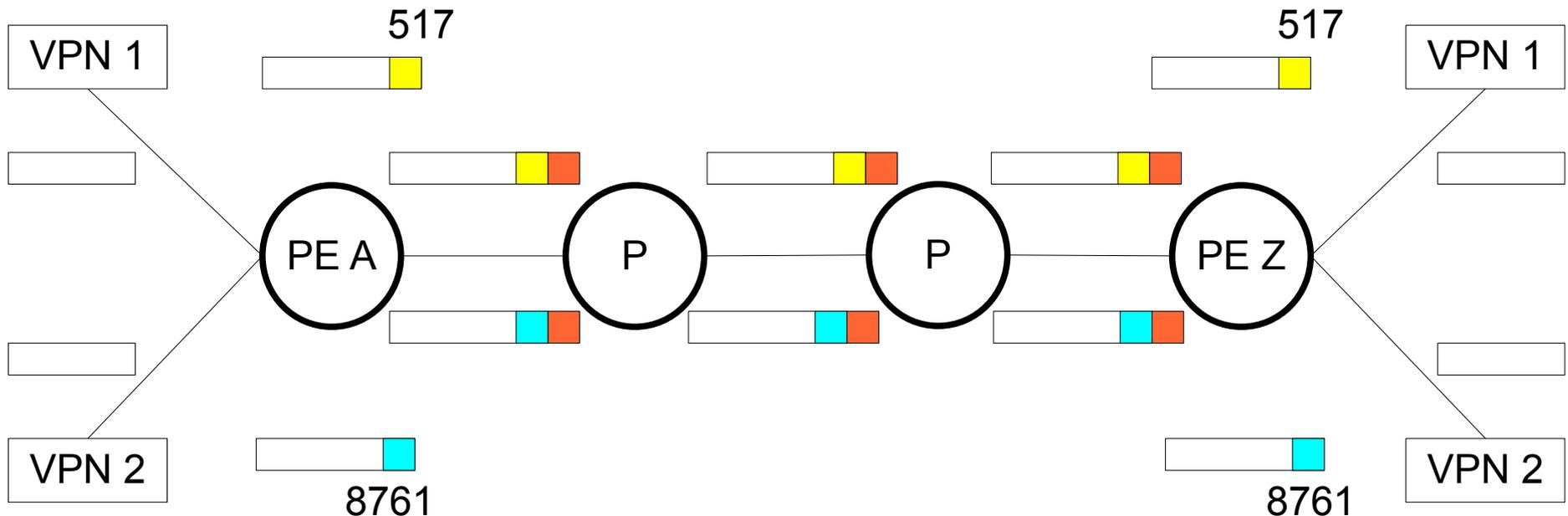
Beim Eintunneln „in Label“ im MPLS werden die ursprünglichen Netzwerkadressen mit eingetunnelt und spielen danach für die Weiterleitung im MPLS-Netz keine Rolle mehr.

Wurde für das Ziel 1 in der Regel jeder Datenfluss von einem bestimmten PE-Router zu einem anderen PE-Router in einem gemeinsamen Label-Pfad untergebracht, so werden für VPN (Ziel 2) in der Regel, auch bei gleichem Pfad durch das Netz, mehrere getrennte Tunnel benötigt, je einer je VPN.

Praktisch wird das so realisiert, dass zur Trennung der VPN ein eingefügt wird.

9.4 Weiterleitungsmechanismus (7)

- neuere Entwicklung: L3- und L2-VPN (2)



Die inneren Label stehen für das jeweilige VPN und werden auf dem gesamten Pfad nicht verändert.

Die äußeren Label stehen für den LSP und werden in jedem Router ausgetauscht.

(Das äußere Label kann im letzten P-Router bereits entfernt werden, was in der Regel auch erfolgt. Das Verfahren nennt sich „Pen-ultimate Hop“.)

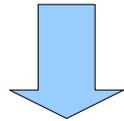
9.4 Weiterleitungsmechanismus (8)

- neuere Entwicklung: L3- und L2-VPN (3)
 - L3-VPN:
Den Routing-Präfixen jedes L3-VPN werden die route distinguisher des jeweiligen L3-VPNs zugewiesen. Unterschiedliche L3-VPN können somit die selben Routing-Präfixe unabhängig voneinander verwenden.
Die inneren Label hängen mit den route distinguisher zusammen.
 - L2-VPN:
Den einzelnen L2-VPN werden eigene innere Label zugewiesen.

(Skizze)

9.5 Control Plane/ Signalisierung (1)

- Die Steuerungsdaten sollen über das selbe physische Netz fließen.
- Diese Daten müssen ohne Benutzung des MPLS-Mechanismus ihren Weg durch das Netz zum richtigen Ziel finden.
- Die automatische Erkennung neuer Komponenten im Netz ist wünschenswert.
- Eine Unterstützung für die Wegewahl der LSP durch das Netz ist wünschenswert.



- Alle MPLS-Komponenten sind auf der Ebene der Control-Plane „einfache“ Router, in der Regel für IP.
- Jede MPLS-Komponente ist über dieses Routernetz ganz unabhängig von MPLS erreichbar.
- Die MPLS-Komponenten können über dieses Routernetz untereinander Steuerdaten austauschen, jeder mit jedem (wenn nicht bewusst eingeschränkt).
- So wie auf anderen Routernetzen auch, laufen auf Ebene der Control-Plane ein oder in Sonderfällen auch mehrere Routing-Protokolle (IGP: OSPF oder IS-IS).

9.5 Control Plane/ Signalisierung (2)

- Wie wird ein **LSP** (.....) eingerichtet?
 - von Hand – statisch – auf jedem LSR!!!
 - automatisiert – mittels speziellem Protokoll
 - Label Distribution Protocol - LDP/ CR-LDP
 - Ressource Reservation Protocol – Traffic Engineering - RSVP-TE
 - Targeted Label Distribution Protocol - TLDP
 - LDP - Die Ursprüngliche Variante war (und ist) LDP, erweitert auf CR-LDP
 - Datenübertragung zu anderen LSR oder LER erfolgt über TCP
 - zyklische Anwesenheitsbestätigung mittels UDP
 - Beim Aufbau eines LSP arbeitet „sich“ das Protokoll Hop für Hop von der Senke (LER Z) zur Quelle (LER A) durch das Netz. Der LER A hat vorher eine Anforderung geschickt. In jedem Hop wird lokal ein verfügbarer Labelwert ermittelt und in die Weiterleitungstabelle eingetragen. Nach komplett erfolgreicher Zuordnung von Labelwerten entlang des LSP kommt der Prozeß wieder zum LER A zurück.

Die Reihenfolge der Knoten richtet sich nach dem IGP oder kann beim CR-

LSP auch explizit bestimmt werden.

9.5 Control Plane/ Signalisierung (3)

- Wie wird ein **LSP** eingerichtet (2)?

– – - RSVP-TE

- RSVP als Protokoll, um im IP-Netz QoS realisieren zu können. Ressourcen sollen für einen Datenfluß reserviert werden, und zwar in allen Knoten auf der Route.
- RSVP arbeitet als „Ergänzung“ zu Routing-Protokollen.
- RSVP-TE ist RSVP mit speziellen Erweiterungen für die Nutzung im MPLS-Netz.
- In den MPLS-Knoten können für einen LSP bestimmte Datenraten (Durchflußkapazitäten) „reserviert“ werden.
 - Beim Signalisieren eines LSP wird geprüft, ob auf dem betroffenen Pfad durch den Knoten noch genug Kapazität frei ist.
 - Wenn ja, wird die angeforderte Kapazität mit Vermerk des LSP im Knoten eingetragen und von der verfügbaren Menge abgezogen. Wenn nein, wird der LSP nicht aufgebaut und eine Fehlermeldung gesendet.
 - Nach meinen Informationen ist das rein kalkulatorisch. Bisher wird der real über den LSP laufende Datenstrom später nicht auf Einhaltung der reservierten Menge geprüft.

9.5 Control Plane/ Signalisierung (4)

- Wie wird ein **Label** für ein **VPN** signalisiert?
 - Targeted LDP, T-LDP
 - LDP-Protokoll, daß zwischen den jeweiligen LER (PE) Daten austauscht
 - Kann also nicht nur zwischen benachbarten Routern Daten austauschen.
 - Wird für L2-VPN verwendet.
 - Multiprotocol BGP, MP-BGP
 - Erweitertes Border Gateway Protokoll (BGP)
 - Wird für L3-VPN verwendet.

9.6 Overhead und Effektivität (1)

- **grundsätzliche Struktur:**



- **klassischer Fall (IP):**



+ 3,8 % 4 Byte min 21 Byte ^{*)} ^{*)}selten

$21 / (21+4) - 3,8\% \approx \dots\%$ in der Praxis eher % und besser

- **L3-VPN:**



+ 3,8 % 8 Byte min 21 Byte ^{*)} ^{*)}selten

$21 / (21+8) - 3,8\% \approx \dots\%$ in der Praxis eher % und besser

9.6 Overhead und Effektivität (2)

- L3-VPN:**



+ 3,8 %

8 Byte

min 21 Byte ^{*)}

^{*)}selten

$21 / (21+8) - 3,8\% \approx 69\%$ in der Praxis eher 88 % und besser

„Unterhalb“ von MPLS wird jetzt auch Ethernet zum Übertragen von MPLS verwendet.



+22 Byte

8 Byte

min 21 Byte ^{*)}

+16 Byte

+17 Byte ⁺⁾

^{*)}selten

⁺⁾ Padding

$21 / (22+8+21+16+17) \approx 24\%$ in der Praxis eher 48 % und besser

9.6 Overhead und Effektivität (3)

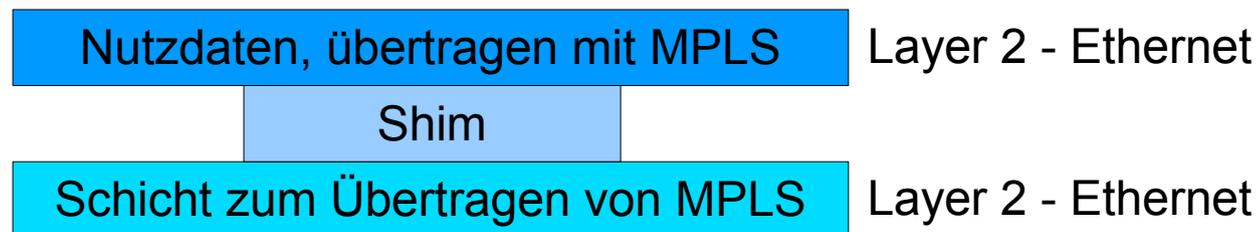
- **L2-VPN:** hier nur der Extremfall für „MPLS“ über Ethernet



$$60 / (22+8+60+16) \approx 57\%$$

Und das ist erst Layer 2!!!

Das ist die L1-PDU ohne FCS.



9.7 Quality of Service - QoS (1)

- Hier gilt das, was schon in den Kapiteln 5 – Dienste und 6 – ATM festgestellt wurde. Speziell bei MPLS gilt für QoS:
 - wird begünstigt durch (**Pro**):
 - meist ausgereifte und leistungsfähige Technik → Realisierung auch umfangreicherer Verfahren möglich
 - zumindest im Hauptnetzbereich hohe Geschwindigkeiten → Wartezeiten durch lange Frames/ Pakete sind eher gering
 - Zubringerkanäle oft auch schneller → Wartezeiten durch lange Frames/ Pakete meist vertretbar
 - wird begrenzt/ eingeschränkt durch (**Con**):
 - Vorkommen langer Frames/ Blöcke
 - praktisch stark eingeschränktes Traffic Engineering bei sehr großer Anzahl von Verbindungen
 - bisher keine sichere Reservierung von Ressourcen
 - alternativ bisher nur DiffServ mit lediglich lokalem Horizont
(Dienstegüte für Verbindung – aber – Diffserv für Router)

9.7 Quality of Service - QoS (2)

- typische Mechanismen, die heute verfügbar sind
 - zur Gewährleistung begrenzter Laufzeiten und bestimmter Datenraten im Überlastfall
 - TE - (bedeutet)

Beim MPLS heute in RSVP-TE für die automatische Anwendung vorhanden:

Beim Aufbau eines LSP wird die benötigte Kapazität signalisiert. Die LSR auf dem Weg prüfen, ob noch genug Kapazität verfügbar ist. Wenn ja, akzeptiert der jeweilige Knoten. Wenn nein, wird abgelehnt. Dann kann ein alternativer Weg gesucht werden.

Die Reservierung der Kapazität ist rein rechnerisch. Der Datenstrom, der den LSP nutzt, wird (zumindest bisher) unterwegs nicht begrenzt.

Das Verhalten ist nicht oder nur beschränkt deterministisch. Beim Neuaufbau von LSP (z. B. nach Ausfall) kann die Reihenfolge des Aufbaus variieren. Damit können eventuell andere Kombinationen von LSP die Ressourcen erfolgreich nutzen.

ansonsten TE eher manuell anwendbar

9.7 Quality of Service - QoS (3)

- typische Mechanismen, die heute verfügbar sind (2)
 - zur Gewährleistung begrenzter Laufzeiten und bestimmter Datenraten im Überlastfall
 - DiffServ - (bedeutet)
- Kommt aus der Internetwelt
- Beeinflussung des PHB –
- Verschiedene Service werden gegeneinander „abgewogen“.
- In den LSR sind heute die einzelnen virtuellen Nutzdatenverbindungen bestenfalls nur dann unterscheidbar, wenn für jede Nutzdatenverbindung ein eigener LSP eingerichtet wird.
- Das widerspricht der sonstigen Systematik und erfordert eine (zu) hohe Anzahl von LSP. (Erklärung)
- Sicher ist DiffServ besser, als gar kein Mechanismus.

9.7 Quality of Service - QoS (4)

- typische Mechanismen, die heute verfügbar sind (3)
 - zur Gewährleistung begrenzter Laufzeiten und bestimmter Datenraten im Überlastfall
 - DiffServ -
 - Classification
Zuordnen jedes Datenpaketes zu einer bestimmten Klasse, möglich nach verschiedenen Merkmalen
 - Policing/ Rate Limiting/ Coloring/ Action
prüfen der Datenströme nach verschiedenen Mengenkriterien, markieren mit den drei Farben „grün“, „gelb“ und „rot“ weiterleiten, umklassifizieren, verwerfen (allgemein nicht an die Reihenfolge der Farben gebunden)
 - Queuing/ shaping
Zwischenpuffern der Daten weiterleiten mit bestimmten maximalen Datenraten
 - Sheduling
bedienen verschiedener Queues nach Priorität oder/ und Verhältnis der Datenströme zueinander berücksichtigen der Farben

(Beispiele)

9.7 Quality of Service - QoS (5)

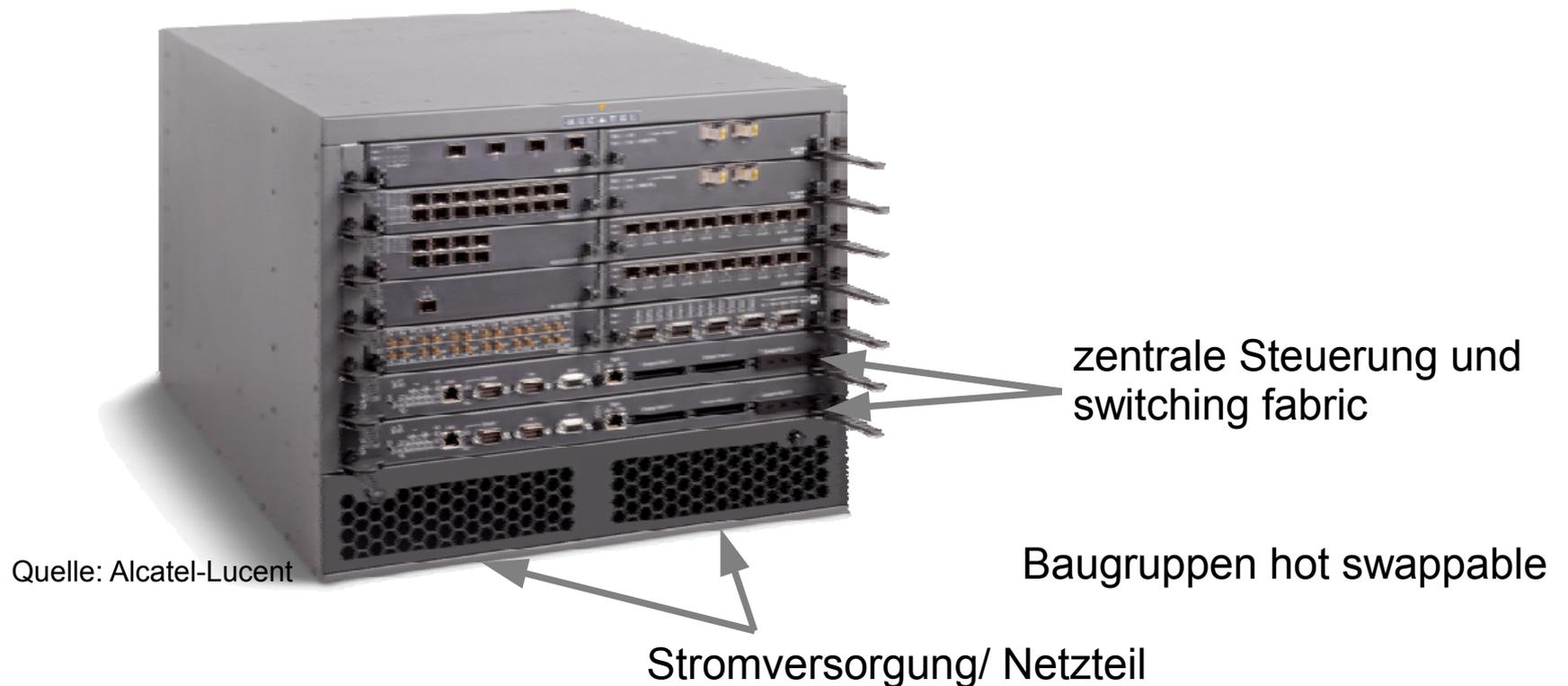
- typische Mechanismen, die heute verfügbar sind (4)
 - zur Gewährleistung begrenzter Laufzeiten und bestimmter Datenraten im Überlastfall
 - DiffServ - - Beispiele
 - Classification
nach DSCP bei L3 oder COS bei L2
 - Policing/ Rate Limiting/ Coloring/ Action
Token Bucket Methode (auch bei Shaping)
 - Token Bucket
 - Token Bucket
 - Queuing/ shaping
Queuing
Token Bucket Methode
 - Sheduling
weightet round robin
strict priority
(und weitere)

Mechanismen hängen teilweise eng zusammen/ überschneiden sich

9.7 Quality of Service - QoS (6)

- typische Mechanismen, die heute verfügbar sind (5)
 - zur Gewährleistung einer bestimmten Verfügbarkeit
 - in den Geräten können wichtige Baugruppen redundant vorhanden sein.

Beispiel:



9.7 Quality of Service - QoS (7)

- typische Mechanismen, die heute verfügbar sind (6)
 - zur Gewährleistung einer bestimmten Verfügbarkeit
 - Bei Störung einer Verbindung → Aufbau eines neuen LSP über einen alternativen Weg
möglicherweise viele Knoten beteiligt → 50 ms kann nicht gesichert werden
 - bei LSP nach IGP (hier: Routing auf Control Plane) – LSP wird mit neuer L3-Route wieder aktiv → mindestens einige Sekunden Ausfall
(Begründung, Ablauf)
 - ansonsten vordefinierte, redundante LSPs
nur sinnvoll mit wenigstens teilweiser Vorgabe der Wege
Ersatz-LSP entweder „nur“ bekannt oder bereits signalisiert
(Begründung, Ablauf)
 - Bei Störung einer Verbindung → lokale Umgehung der gestörten Stelle
 - Fast Rerouting – Die nötigen alternativen Wege werden lokal ausgewählt. Die Umgehung kann temporären Charakter haben. Die Endpunkte werden über die vorerst lokal reparierte Fehlstelle informiert und können, so vorhanden, einen besseren LSP aufbauen, ohne daß inzwischen Daten verlorengehen.
Die Topologie spielt eine wichtige Rolle. (Beispiele)

9.7 Quality of Service - QoS (8)

- typische Mechanismen, die heute verfügbar sind (7)
 - zur Gewährleistung einer bestimmten Verfügbarkeit
 - Schnell wirkende Ersatzpfade benötigen zusätzlich zum IGP und LDP/RSVP wenigstens einen weiteren Mechanismus.

Wenn sich dieser weitgehend automatisch an die unterschiedlichsten Stellen und Situationen im Netz anpassen soll, auch an andere Automaten, dann wird das eine sehr komplexe Automatik. Da weitere Mechanismen aus Effizienzgründen auch weitgehend automatisch funktionieren sollen, bleibt abzuwarten, welche unerwarteten Dinge passieren.

Die Kunst liegt in der Beschränkung der Automaten auf das praktisch Sinnvolle und Beherrschbare. Und trotzdem soll das Netz immer zeitkritischere Dienste erfolgreich transportieren.

QoS in MPLS-Netzen

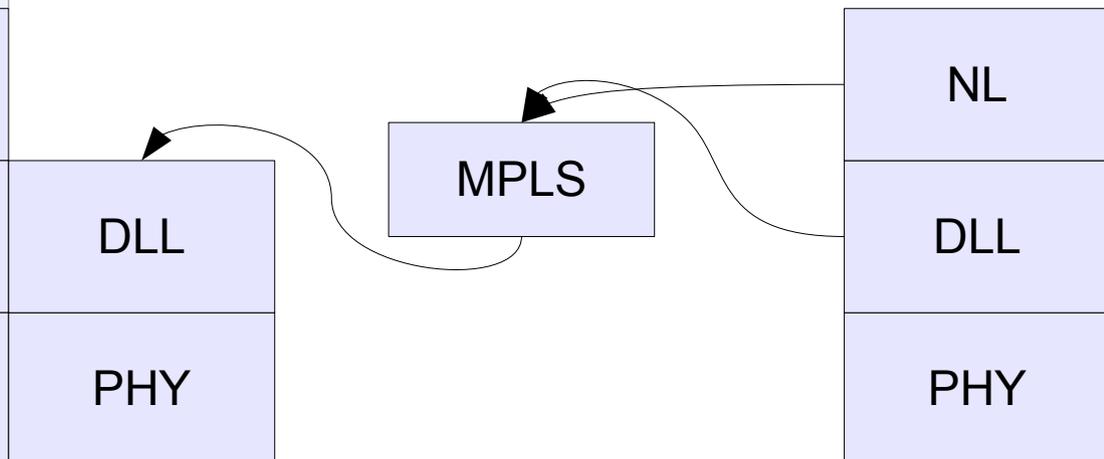
- kann aktuell in bestimmtem Umfang realisiert werden und
- ist aktuelles Forschungsgebiet.

9.8 Anpassung an bestehende Systeme (1)

| OSI-Modell | |
|------------|---|
| 7 | Anwendungsschicht Application Layer |
| 6 | Darstellungsschicht Presentation Layer |
| 5 | Sitzungsschicht Session Layer |
| 4 | Transportschicht Transport Layer |
| 3 | Vermittlungsschicht Network Layer |
| 2 | Sicherungsschicht Data Link Layer |
| 1 | Bitübertragungsschicht Physical Layer |

Nutzung bestehender L2-Systeme
z. B.: - SDH
- Ethernet

„Transport“ von L2- und L3-Daten



wird fortgesetzt

Weitverkehrsnetze

10 Zugangstechnologien

10.1 Übersicht

10.2 ISDN BA und PMX

10.3 ADSL

10.4 SDSL

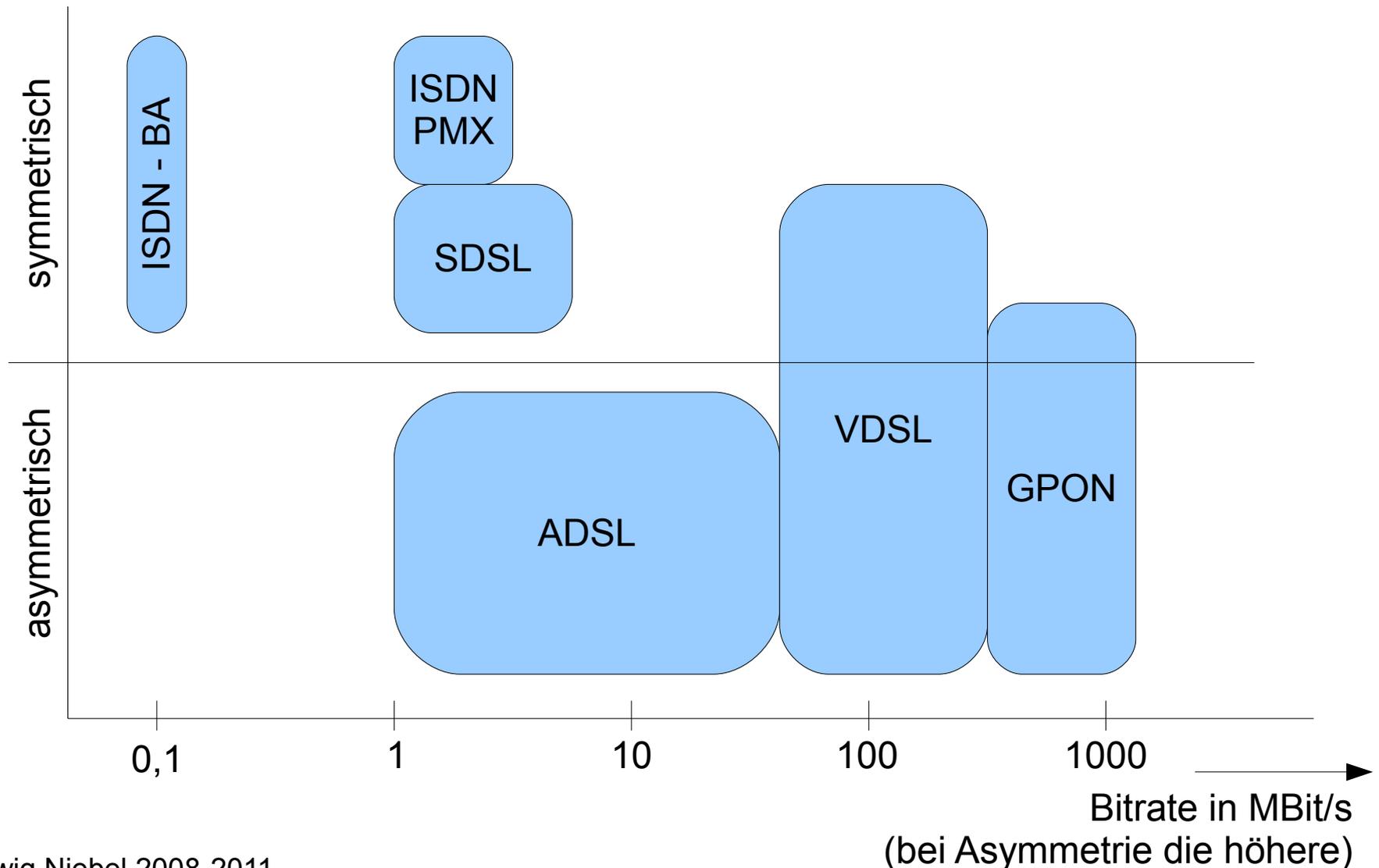
10.5 VDSL

10.6 OPAL/ GPON

10 Zugangstechnologien

10.1 Übersicht

- Typische Funktionsbereiche der einzelnen Technologien



10.2 ISDN Basisanschluß und Primärmultiplexanschluß

- Der BA und Der PMX wurden bereits unter 4.2 behandelt.
- Diese Varianten sind weiterhin aktuell.
- Der PMX wurde ursprünglich durch die Übertragungstechnik aus der PDH realisiert. Seit einiger Zeit wird dazu immer mehr und heute für Neuanschlüsse möglicherweise ausschließlich SDSL-Technik zur Übertragung eingesetzt. Dazu bietet die SDSL-Technik Schnittstellen nach G.702.

10.3 ADSL (1)

- – ADSL
 - asymmetrisches Verfahren: höhere Datenrate im „Downstream“ - Teilnehmer und geringere Datenrate im „Upstream“ - Teilnehmer
Aufteilung ist einstellbar, typische Aufteilungen etabliert (aus praktischen Erwägungen und solchen des Marketings)
 - – DMT
 - Aufteilung der Daten auf einzelne Träger, Modulation dieser Träger mittels QAM (mehr zum Verfahren in „Übertragungstechnik“)
 - Anpassen an den Frequenzgang und den Störelast von klassischen FM-Kabeln → differenzierte Nutzung der einzelnen
 - Vermeiden von Störungen anderer Dienste durch Reduzieren einzelner
 - Start mit Aushandeln der Belegung (Initializing and training)
 - 2...15 Bit / Träger - 4...60 kBit/s
 -, FEC (Kanalkodierung: Reed-Solomon-Kode)
 - Interleaving (Bedeutung und Bedeutung von fastpath)

10.3 ADSL (2)

- – ADSL (2)
 - ITU G.992.1 (1999)
 - Annex A und Annex B beziehen sich auf G.992.1 und berücksichtigen den Betrieb zusammen mit POTS (....., klassische analoge Schnittstelle für Telefongeräte) und ISDN-BA (ISDN Basisanschluß), siehe dazu auch das folgende Bild
 - ADSL wurde für die Übertragung von ATM-Zellen entwickelt, bei anderen Datenformaten werden die Daten für die ADSL-Strecke in ATM-Zellen eingepackt.
 - innerhalb des ATM-Bereiches sind mehrere virtuelle einrichtbar – Vorkehrung für die Übertragung mehrerer Dienste, auch mit geregelter Dienstegüte (QoS)

10.3 ADSL (3)

– ADSL (3)

PPPoE Verbindung Setup

Name:

Options: NAT Firewall

Typ: Paralleles Bridging erlauben:

VLAN ID: Priority Bits:

PPP Einstellungen

Benutzername:

Passwort:

Endzeit bei On Demand-Verbindungen: sek

Keep Alive: min

Authentifizierung: Auto CHAP PAP

MTU: bytes

On Demand: Default Gateway:

Vorgegebene MTU nutzen: Debug:

PPP Unnumbered: Valid Rx: LAN:

Host Trigger: **Konfigurieren**

PVC Einstellungen

PVC:

VPI:

VCI:

QoS:

PCR: cps

SCR: cps

MBS: cells

CDVT: usecs

Auto PVC:

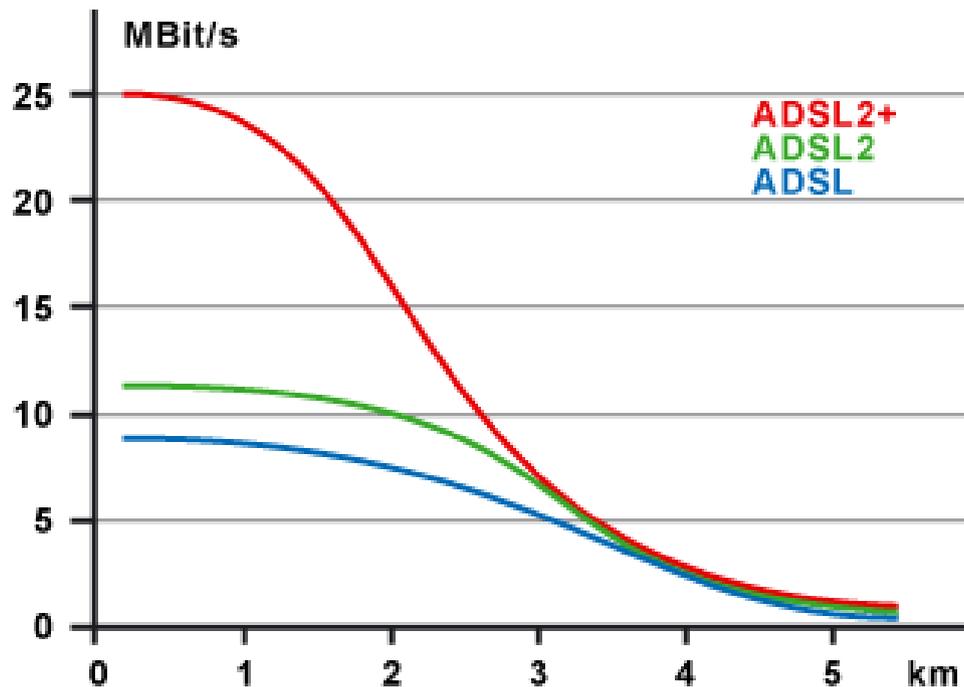
Verbinden **Unterbrechen**

Speichern **Loeschen** **Abbrechen**

Beispiel der Konfigurationsmaske eines ADSL-Routers

10.3 ADSL (5)

- ADSL – Reichweiten

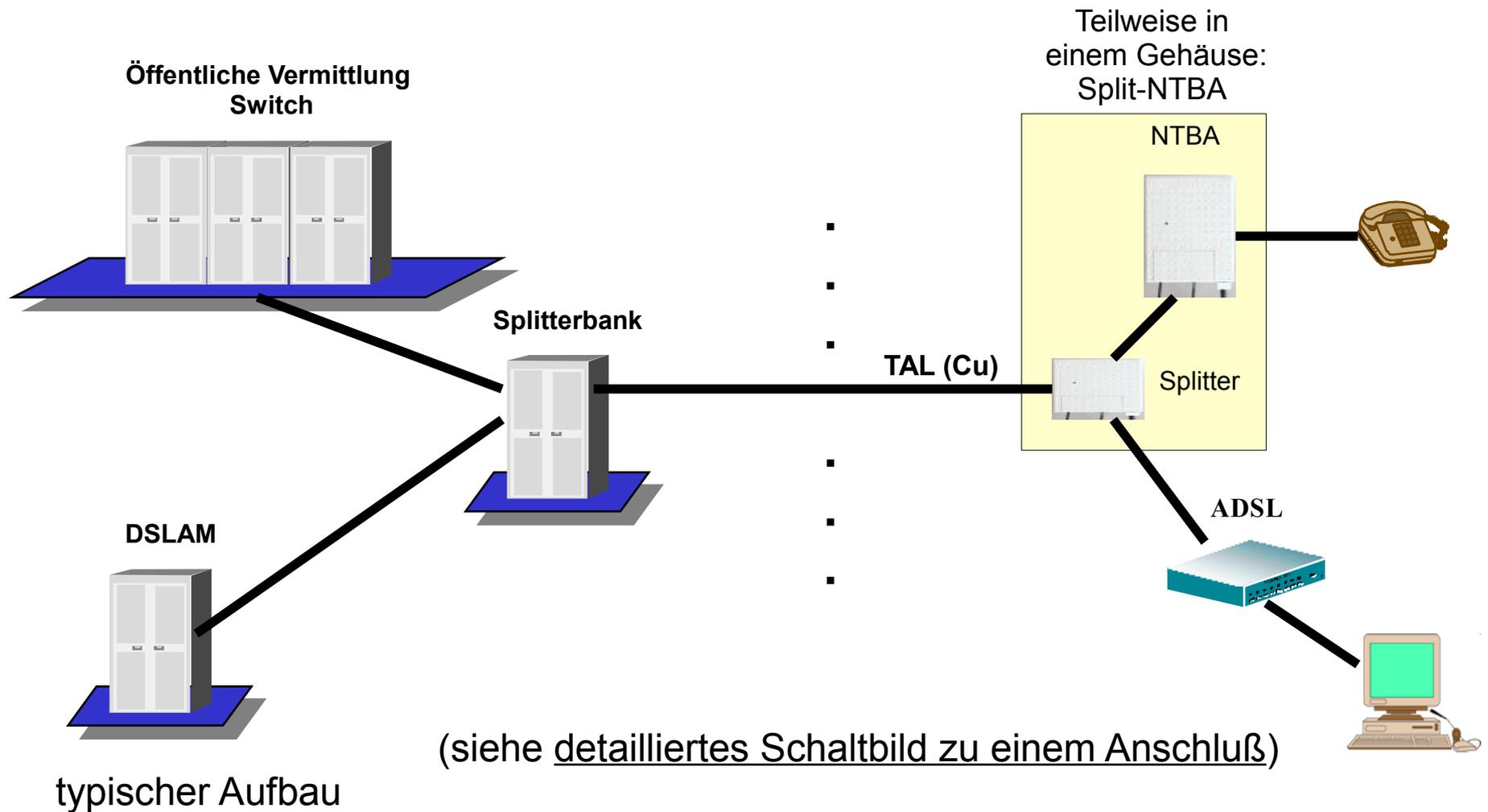


typische Reichweiten mit den Datenraten für den „Downstream“,
im konkreten Fall von den jeweiligen Kabeltypen und dem Störbelag abhängig

Quelle: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0305235.htm>

10.3 ADSL (4)

- ADSL – die Anschaltung



10.3 ADSL (6)

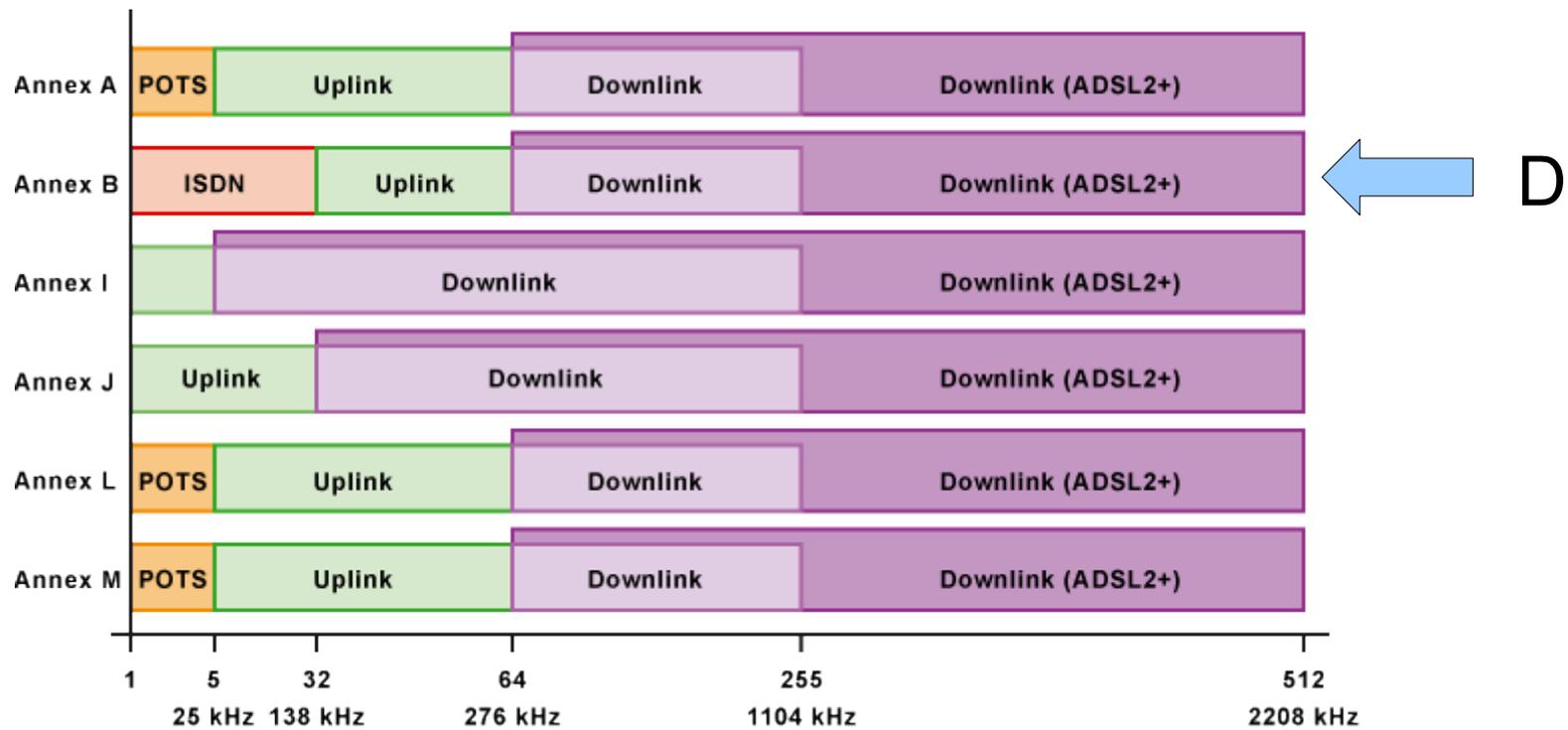
- ADSL – die erste Version
 - 256, zusammen für beide Richtungen
 - maximal 1104 kHz
 - maximal 10 MBit/s „down“ und 1 MBit/s „up“
 - Aushandlung nur zu Beginn einer Verbindung

10.3 ADSL (7)

- ADSL2+ – die aktuelle Version
 - 512, zusammen für beide Richtungen
 - maximal 2208 kHz
 - maximal 25 MBit/s „down“ und 3,5 MBit/s „up“
 - Aushandlung zu Beginn und während einer Verbindung
 - Anpassung des Stromverbrauchs an die Kanaleigenschaften

10.3 ADSL (8)

- ADSL – die Frequenznutzung



In Deutschland in der Regel Annex B eingesetzt
Aufteilung von Uplink und Downlink nur beispielhaft

Quelle: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0305235.htm>

10.3 ADSL (9)

- ADSL – ein Diagnosebeispiel

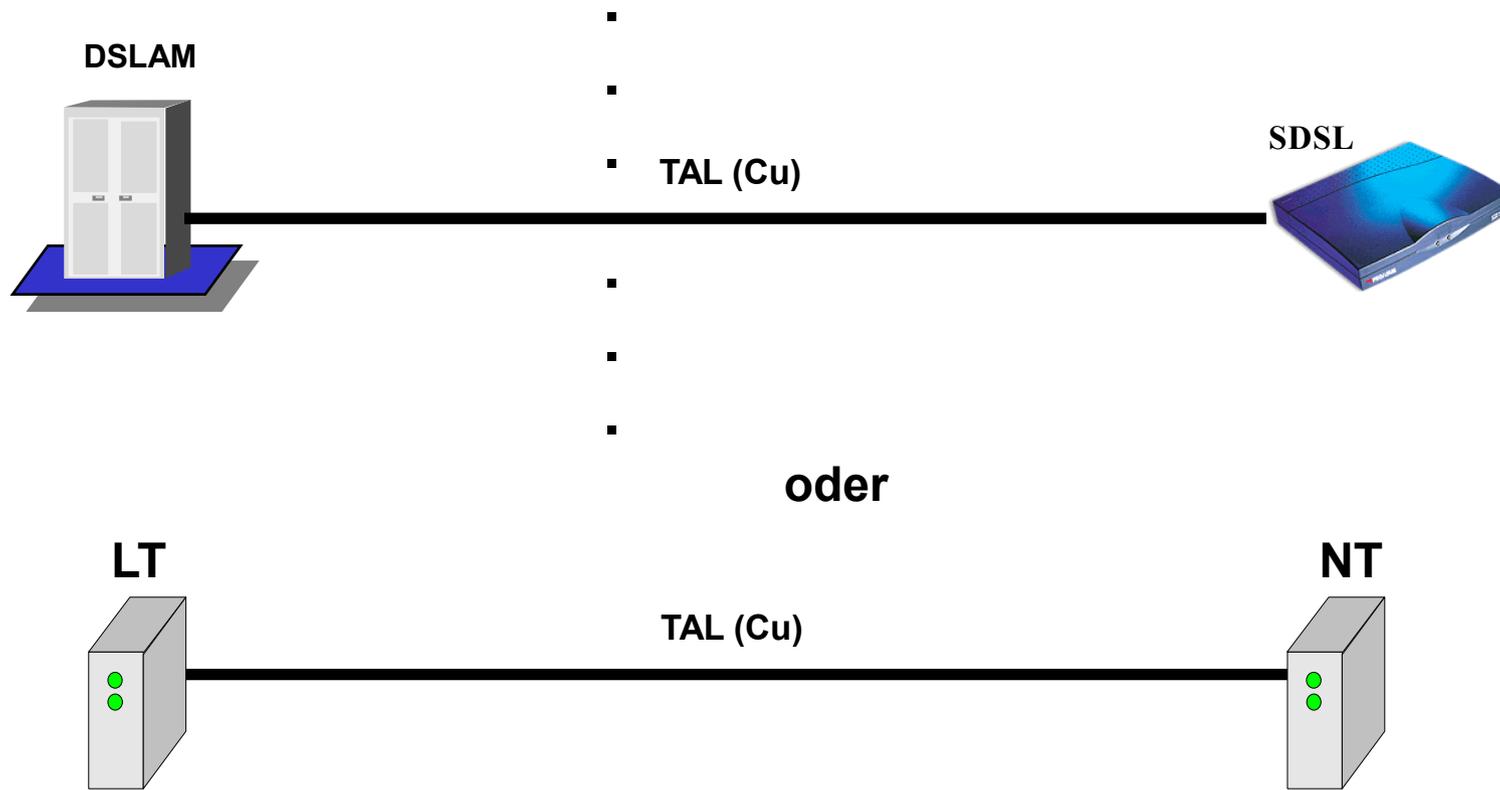
| Home | | Setup | Erweitert | Werkzeuge | Status | Hilfe |
|----------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|-----------|--------|-------|
| Netzwerkstatistik | Modem Status | | | | | |
| Verbindungsstatus | Modem Status | | | | | |
| DHCP Clients | Verbindungsstatus | | Verbunden | | | |
| Modem Status | Upstream Geschwindigkeit (kbit/s) | | 736 | | | |
| Produktinformation | Downstream Geschwindigkeit (kbit/s) | | 3872 | | | |
| Systemaufzeichnungen | Upstream Marge | | 11 | | | |
| Ausloggen | Downstream Marge | | 6 | | | |
| | Modulationsart | | ADSL_G.dmt | | | |
| | LOS Fehler | | 0 | | | |
| | Downstream Daempfung | | 55 | | | |
| | Upstream Daempfung | | 26 | | | |
| | Peak Cell Rate | | 1735 cells per sec | | | |
| | CRC Rx Fast | | 0 | | | |
| | CRC Tx Fast | | 0 | | | |
| | CRC Rx Interleaved | | 934 | | | |
| | CRC Tx Interleaved | | 3 | | | |
| | Modus | | Interleaved | | | |
| | DSL Statistik | | | | | |
| | Near End F4 Loop Back Count | | 0 | | | |
| | Near End F5 Loop Back Count | | 0 | | | |
| | Neu laden | | | | | |

10.4 SDSL (1)

- – SDSL
 - zuerst HDSL –
 - Nachfolger des Übertragungsverfahrens der PDH (HDB3)
 - Gruppe verschiedener Systeme
 - Basisbandverfahren
 - verschiedene Leitungskodes, z. B. 2B1Q
 - bidirektional auf 1, 2 oder 3 Doppeladern
 - typische Reichweite für 2B1Q und 2 DA: 2,5...5 km
 - danach SDSL –
 - Nachfolger von HDSL
 - Basisbandverfahren
 - Trellis coded pulse amplitude modulation TC-PAM
 - von ITU genormt ist G.991.2 – als G.SHDSL (single pair high speed ...)
2,3 MBit/s bidirektional über typisch bis zu 8 km auf einer CuDA
 - lokale Schnittstelle: E1 oder Ethernet oder X.21
 - Auch Loop-bonding (typ. 2 mal 2,3 Mbit/s)

10.4 SDSL (2)

- SDSL – die Anschaltung



typischer Aufbau

(typische Einsatzfälle: ...)

10.5 VDSL (1)

- – VDSL
asymmetrisches/ symmetrisches Verfahren (quasi auch Fortsetzung von ADSL)
 - VDSL1
 - „Sammlung“ von herstellerspezifischen, nicht standardisierten, Systemen
 - typisch sind:

| | | |
|--|------------------|----------------|
| | bei wenigen 100m | bei ca. 1km |
| | 52 MBit/s down | 26 MBit/s down |
| | 11 MBit/s up | 5,5 MBit/s up |
 - VDSL2
 - 2005 standardisiert, asymmetrisch oder symmetrisch
 - verschiedene Profile (Werte auf der Leitung und Datenraten)
 - Bandbreiten von ca. 8/ 12/ 18/ 30 MHz !!!
 - bis zu rund 4000 Träger
 - Datenraten bei „up“ = „down“ 50/ 68/ 100/ 200 Mbit/s
 - „up“ und „down“ geschachtelt, Teilung für unterschiedliche Dienste nutzbar (Skizze)

10.5 VDSL (2)

- VDSL – die Anschaltung

äquivalent zu ADSL

meist „abgesetzte“ DSLAM nahe beim Teilnehmer (FTTN, FTTB), meist im KVZ

OVSt – KVZ: optisch

(typischer Aufbau)

10.6 Opal/ GPON (1)

- Opal –
 - etwa Anfang der 90er Jahre in Deutschland in größerem Umfang
 - LWL bis ins Haus oder quasi davor
 - bis nach 2000 praktisch keine hochbitratige Nutzung
 - kein ADSL möglich

- GPON –
 - ITU-T G.984, ab 2003
 - NT – LWL – passive Splitter – LWL – LT – Netz zum/ beim Kunden
 - Wellenlängenmultiplex (.....) und Zeitmultiplex (.....)
 - möglich ist Kombination mit Cu-Technologie für die letzten „100 m“
 - spezielles Frameformat, auf OSI-Layer 2, unterstützt TK-Dienste, down mit Verschlüsselung
 - down 1,2 und 2,4 GBit/s, up 155 und 622 MBit/s und 1,2 und 2,4 GBit/s

Weitverkehrsnetze

11 Mobilfunk

11.1 Einführung

11.2 Entwicklung

11.3 Netzstruktur

11.4 aktuelle Technologien

11 Mobilfunk

11.1 Einführung (1)

- Differenzierung

- öffentlich

- ömL

- Mobiltelefonie

- nicht öffentlich

- nömL

- BOS, ...

- Funktelefon

- Funkruf

- Daten

- gemischt

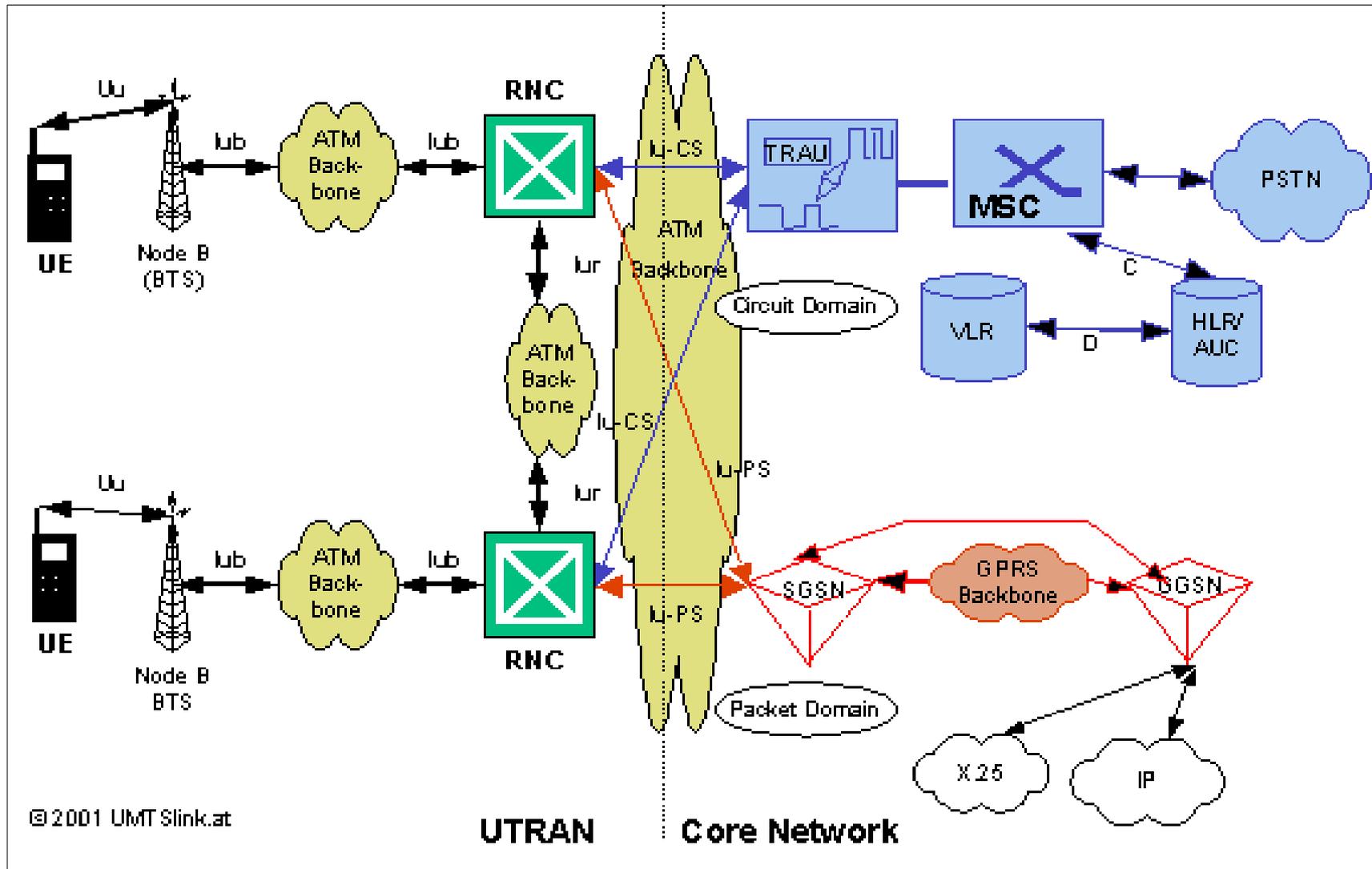
- analog

- digital

11.2 Entwicklung (1)

- Mobiltelefonie (ömL):
Entwicklung in der Bundesrepublik und aktuell international
 - A-Netz 1958-77, ca. 10.500 Tln., analog, Handvermittlung
 - B-Netz 1972-95, ca. 27.000 Tln., analog, Selbstwahl
 - C-Netz 1986-00, ca. 850.000 Tln., analog, Selbstwahl
zellular
 - D-Netze 1992-..., , digital, „GSM“, GMSK, PSK
 - E-Netze 1993-..., , digital, „GSM“, GMSK, PSK
 - UMTS 2004-..., , digital, „UMTS“, CDMA
 - LTE (2010 ...,) , digital, „...“, OFDM

11.3 Netzstruktur (1)

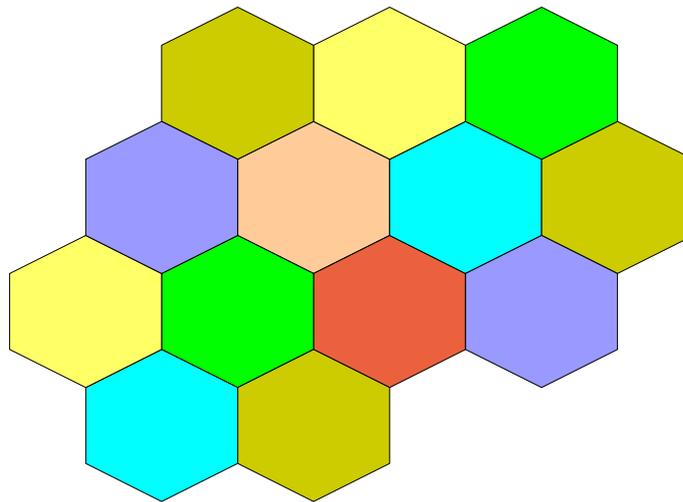


Beispiel: UMTS Architektur

Quelle: http://www.umtslink.at/index.php?pageid=umts_architektur

11.3 Netzstruktur (2)

- Zellenstruktur



11.4 aktuelle Technologien (1)

- GSM
 - Sprache
 - Daten
 - CSD max. 14,4 kBit/s
 - HSCSD max. 115,2 kBit/s
 - GPRS max. 171,2 kBit/s
 - EDGE (EGPRS, EHSCDS) max. 384 kBit/s
 - ...

11.4 aktuelle Technologien (2)

- UMTS
 - Sprache
 - Daten
 - HSDPA max. 1,2 ... 21 ... (84) MBit/s down
AMC: QPSK, QAM, MIMO, Dual-Cell
 - HSUPA max. 5,76 MBit/s up

11.4 aktuelle Technologien (3)

- LTE
 - OFDM MIMO
 - variabel!!!
 - Daten, Sprache
 - LTE Rel.8 max. 300 MBit/s down, 75 MBit/s up