

# Weitverkehrsnetze

## 6 ATM – Asynchronous Transfer Mode

6.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel

6.2 Einordnung in die TK-Welt

6.3 Rahmenstruktur

6.4 Weiterleitungsmechanismus

6.5 Anpassung an bestehende Systeme

# 6 Asynchronous Transfer Mode

## 6.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (1)

---

- ISDN hat unterschiedliche Dienste auf ein Netz gebracht
- ISDN hat das Netz (fast) komplett digitalisiert
- Jetzt sollten mit BB-ISDN höhere Datendurchsätze möglich werden
  - möglichst auf dem bestehenden Verbindungsnetz  
→ dynamische Zuordnung der Übertragungskapazität → ATM
  - im Teilnehmerzugangsnetz  
→ durch neue Technik → ATM, für „große“ Anschlüsse  
→ DSL, für „mittlere“ Anschlüsse

(Bild zu den Netzebenen)

## 6.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (2)

---

- Wenn ein immer größerer Anteil der Daten diskontinuierlich / anisochron ist, dann sollte das Verbindungsnetz (Transportnetz) Übertragungskapazitäten ..... zuordnen. Das erhöht die effektive Übertragungskapazität.

→ ATD auch ATDM



- Paketieren von Daten → einfache ..... von Übertragungskapazität.
- Das Paketieren von an sich isochronen Daten erfordert eine Anpassung auf beiden Seiten der Übertragung und verschlechtert die Güteparameter der isochronen Daten. (Warum?)
- Wenn Kunden immer größere Datenmengen transportieren wollen, dann sollte sich die Teilnehmerzugangstechnik (Access-Technik) zumindest teilweise in Richtung des Transportnetzes (Technik des Kernnetzes) entwickeln.

Schnittstellen zum Transportnetz sollten in Kundennähe wirtschaftlich möglich sein.

# 6.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (3)

---

- Realisierung von Diensten mit folgende Dienstmerkmalen:
  - isochrone und anisochrone Daten
  - Dienste mit beliebigen Datenraten
  - konstante und variable Datenraten
  - verbindungslos und verbindungsorientiert
  - leitungsvermittelte und paketvermittelte Dienste
  - alle Ende-zu-Ende-Verkehrsbeziehungen  
(P2P simplex und duplex; P2MP simplex und duplex; MP2MP;  
duplex symmetrisch und asymmetrisch)

## 6.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (4)

---

- BB-ISDN – Daten zur Geschichte der Entwicklung und Einführung

(1980            CCITT (ITU) verabschiedet technische Spezifikation ISDN)

1984            Urform ATM von CNET, AT&T, Bell Labs u. Alcatel Bell entwickelt

1988            ITU: Grundzüge BB-ISDN und Empfehlung auf ATM

1989-90        13 Normen entstehen

1991            Gründung ATM-Forum  
Überarbeitung und Ergänzung der Normen

1993            Überarbeitung und Ergänzung der Normen

(1993            Einführung von European ISDN (DSS1))

(1997            Abschluß der Netzdigitalisierung in Deutschland)

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

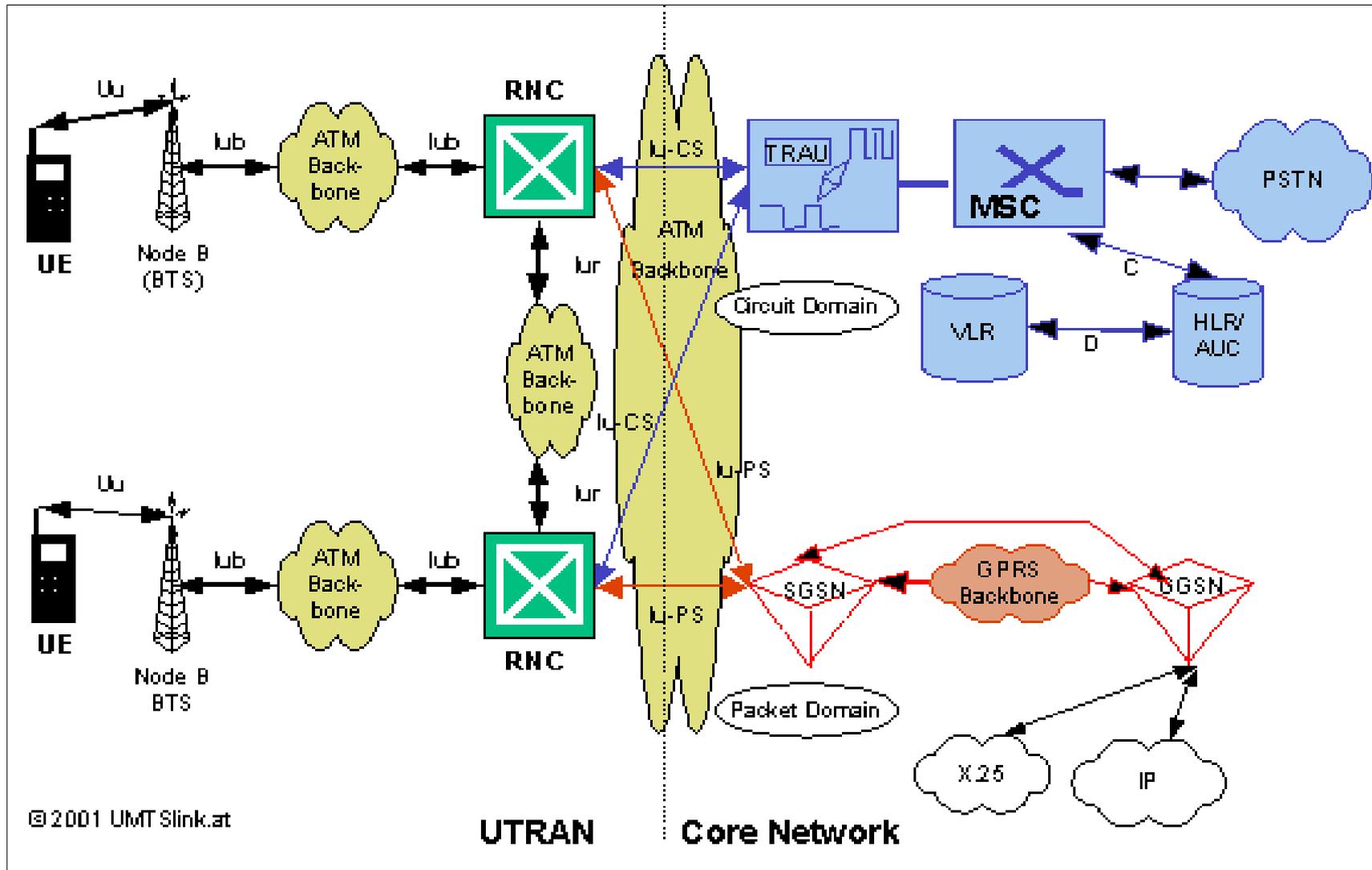
ca. (2000) 2003/4    (erste Anzeichen) ATM stagniert (2 ? Ursachen)

## 6.2 Einordnung in die TK-Welt (1)

---

- ATM – Was ist noch relevant?
  - Verwendung heute:
    - ADSL (.....)
      - oft noch Modem – DSLAM – Transportnetz – BRAS (Skizze)
      - zumindest immer ein Stück der Strecke (Modem – DSLAM)
    - UMTS (.....)
      - siehe Bild
    - noch einige Unternehmensnetze
  - Erkenntnisse und Verfahren
    - virtuelle Verbindungen (Erklärung)
    - einiges zu QoS im Paketnetz (Überlaststeuerung, Shaping, Policing)

## 6.2 Einordnung in die TK-Welt (3)

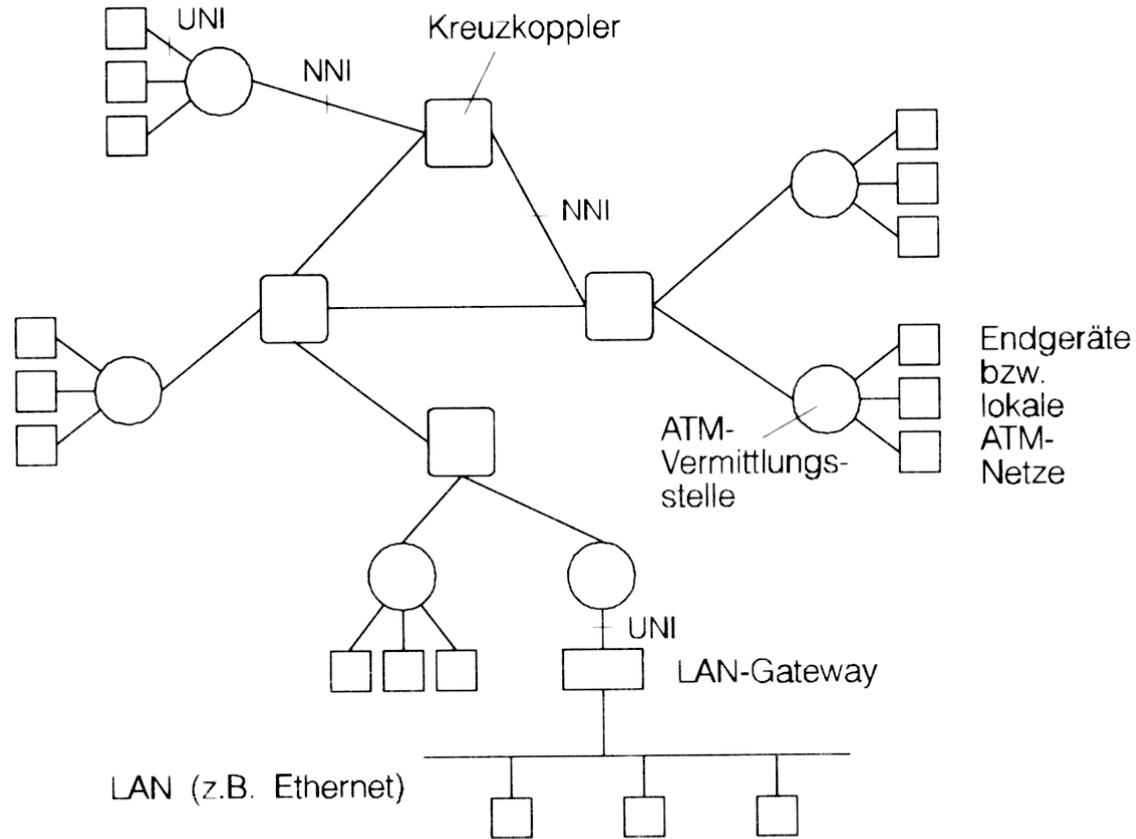


**UMTS Architektur**

Quelle: [http://www.umtslink.at/index.php?pageid=umts\\_architektur](http://www.umtslink.at/index.php?pageid=umts_architektur)

# 6.2 Einordnung in die TK-Welt (3)

## topologische Struktur



- LAN - .....
- NNI - .....
- UNI - .....

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

## 6.2 Einordnung in die TK-Welt (4)

---

- OAM-Funktionen (.....)

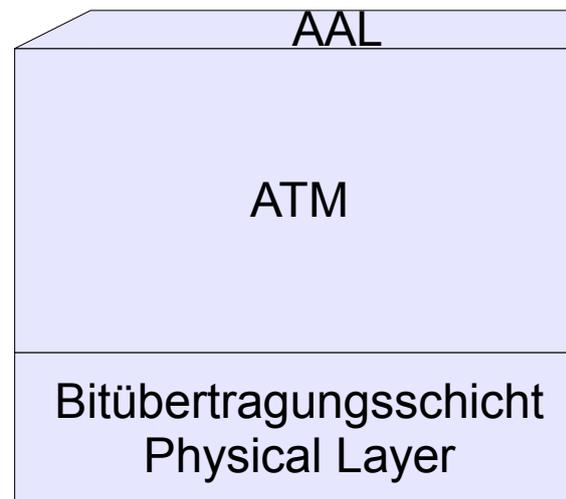
hier z. B.:

- Überwachung der virtuellen Verbindungen
- Test der virtuellen Verbindungen

## 6.2 Einordnung in die TK-Welt (5)

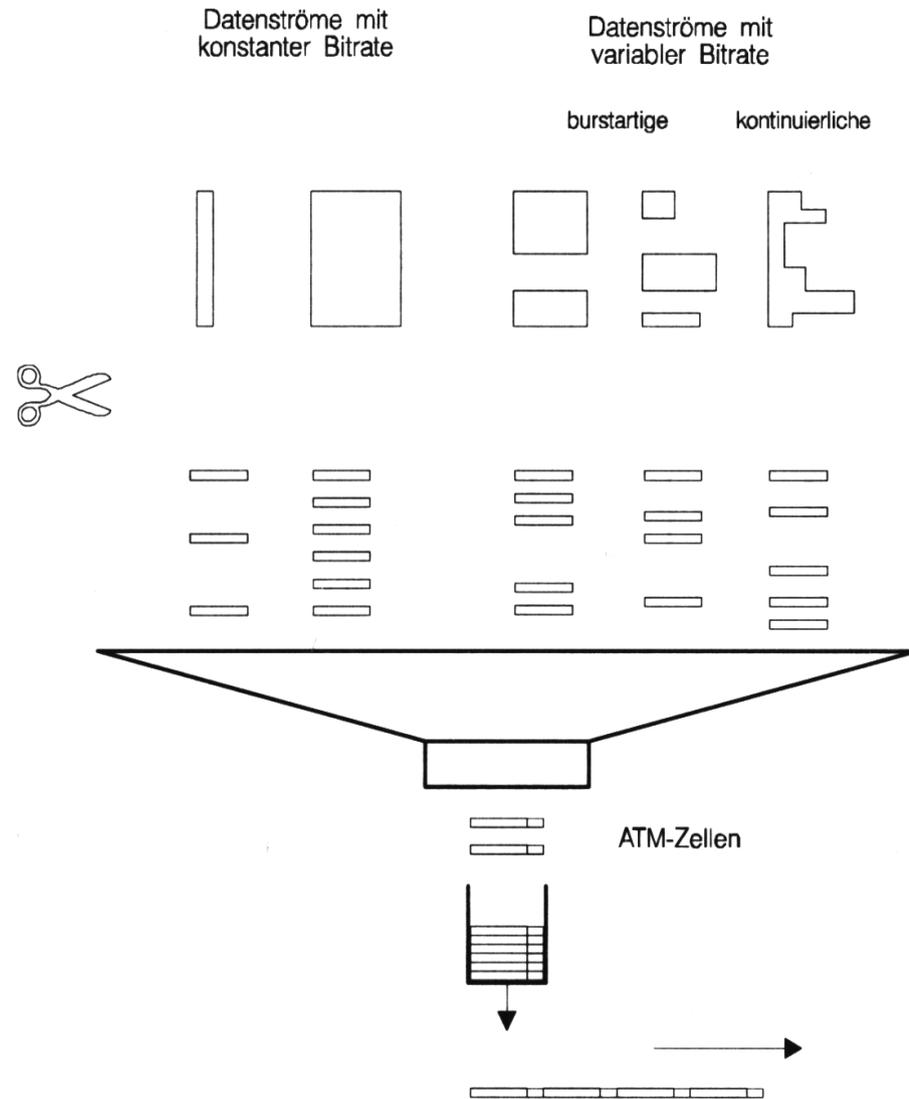
---

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



AALx .....  
 x = 1, 2, ... 5  
 (Hauptaufgabe AAL)

# 6.3 Rahmenstruktur (1)

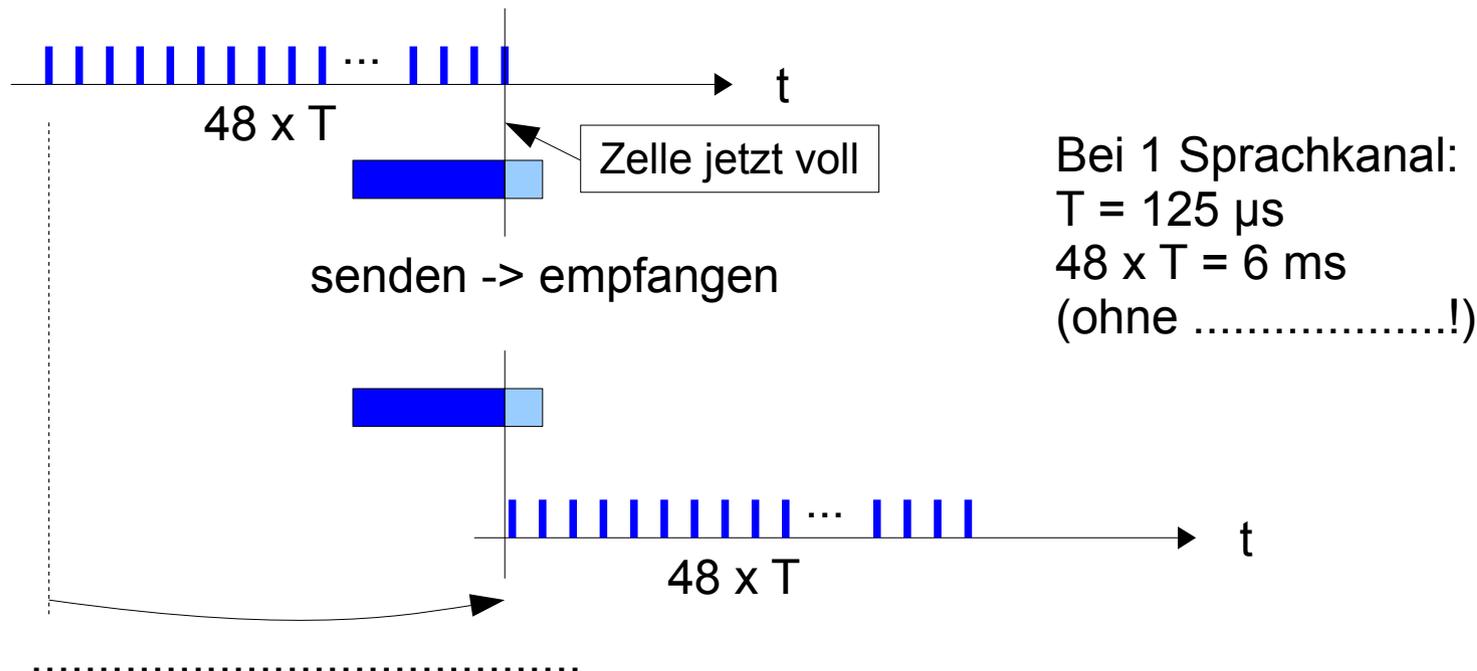


Funktionsprinzip des ATD für ATM

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

## 6.3 Rahmenstruktur (2)

- ATM – zur Rahmengröße
  - Speziell isochrone Datenströme verändern beim Paketieren ihre ..... Mit steigender Länge der Zellen wird diese Änderung stärker. → kleine Zellen
    - Auffüllen von Zellen mit isochronen Daten → Warten auf letztes Datum → übertragen → getaktetes Auslesen → alle Daten gleich verzögert (Bild)



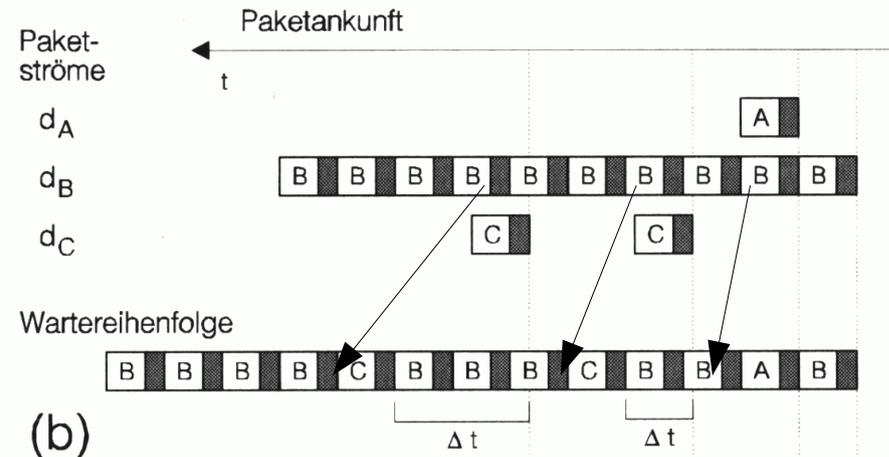
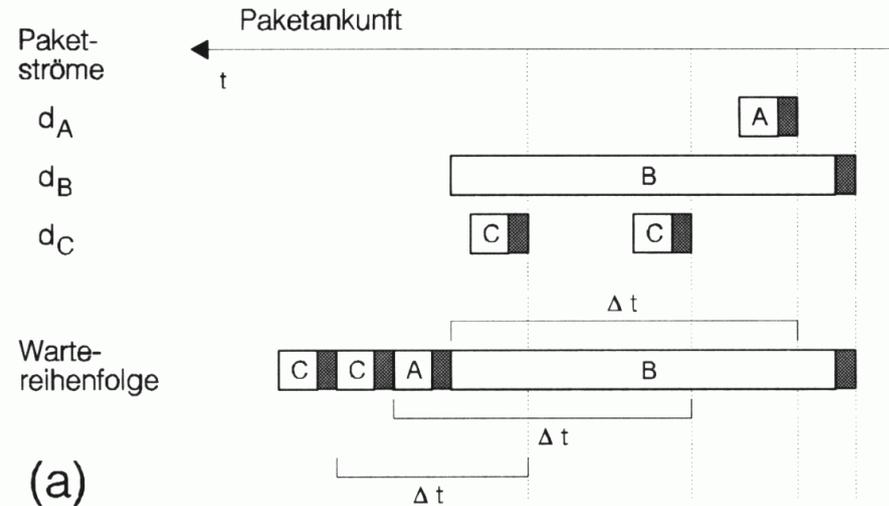
## 6.3 Rahmenstruktur (3)

---

- ATM – zur Rahmengröße
  - Bei Paketdatenströmen bringt das Anpassen der Paketlänge (hier meist Zerteilen) zusätzlichen Aufwand und Daten-Overhead → originale Paketlänge sollte idealerweise in eine Zelle oder wenigstens in wenige Zellen passen
    - 1 Originalpaket → n Zellen → n Header → deshalb: .....  
.....
  - Bei gemischten Längen der Zellen müsste auch ein noch so kurzes Paket in einer kurzen Zelle auf die Beendigung eines vorhergehenden und evtl. langen Paketes in einer langen Zelle warten.
    - Paketjitter → Jitterpuffer → Verzögerung → deshalb: .....  
.....
    - deshalb: Längenbegrenzung der Zellen .....  
.....
    - (siehe dazu das folgende Bild)

# 6.3 Rahmenstruktur (4)

- ATM – zur Rahmengröße



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

Warten bei variablen (a) und konstanten (b) Zellgrößen

## 6.3 Rahmenstruktur (5)

---

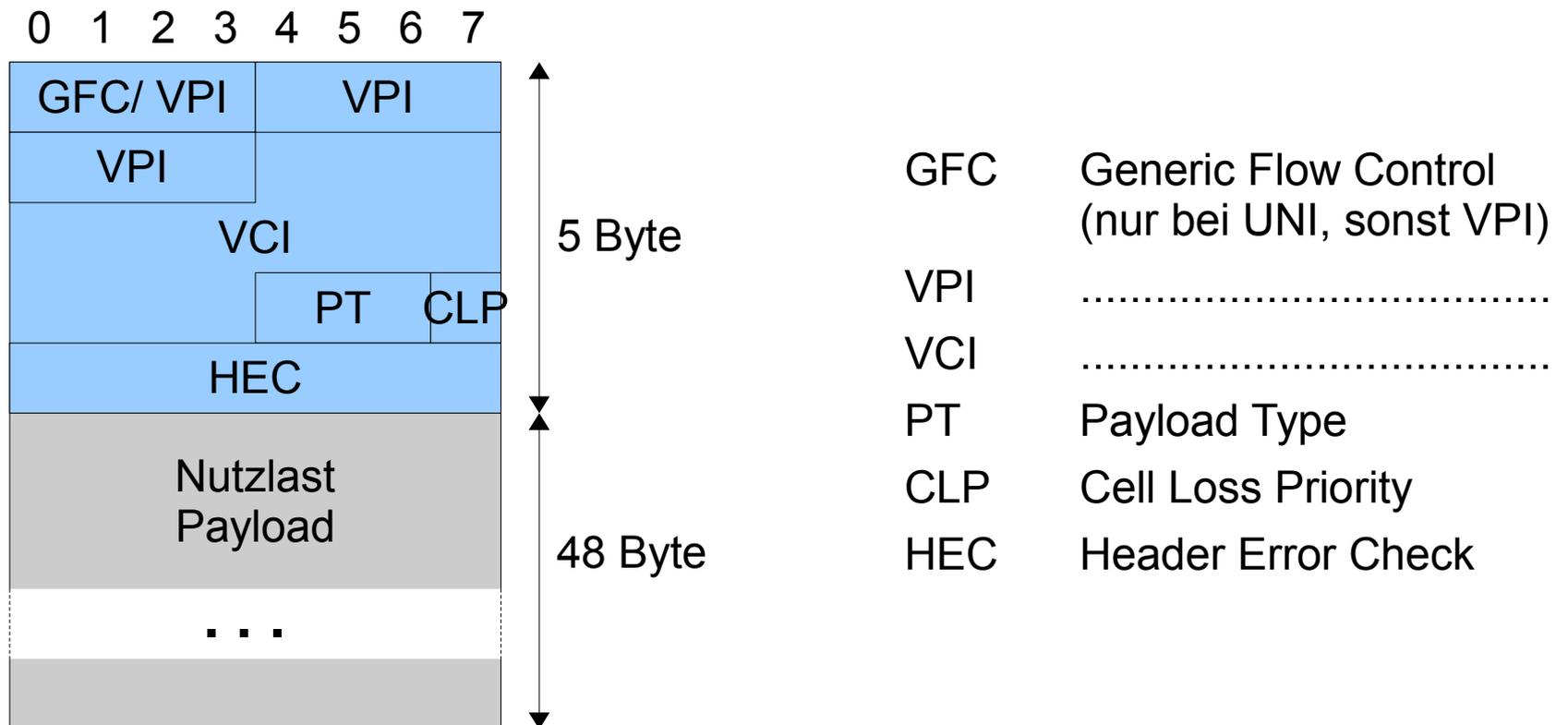
- ATM – zur Rahmengröße
  - Bei Vermittlung im Netz tritt jedes mal eine Verzögerung um mindestens die Dauer der Zelle beim Empfang auf (auch beim Kreuzkoppler).
  - Bei Vermittlung im Netz tritt fallweise eine Verzögerung durch das Warten auf die Beendigung der vorhergehenden Zelle(n) auf (auch beim Kreuzkoppler).

(Beispiele)

- deshalb: relativ kurze Zellen wegen geringer Verzögerungen
- und: Festlegung auf einheitliche Zellgröße von 53 Byte (siehe auch 6.3(2))
- und: ATD-Multiplexer generiert getaktet Zellen (ggf. Leerzellen)

→ .....

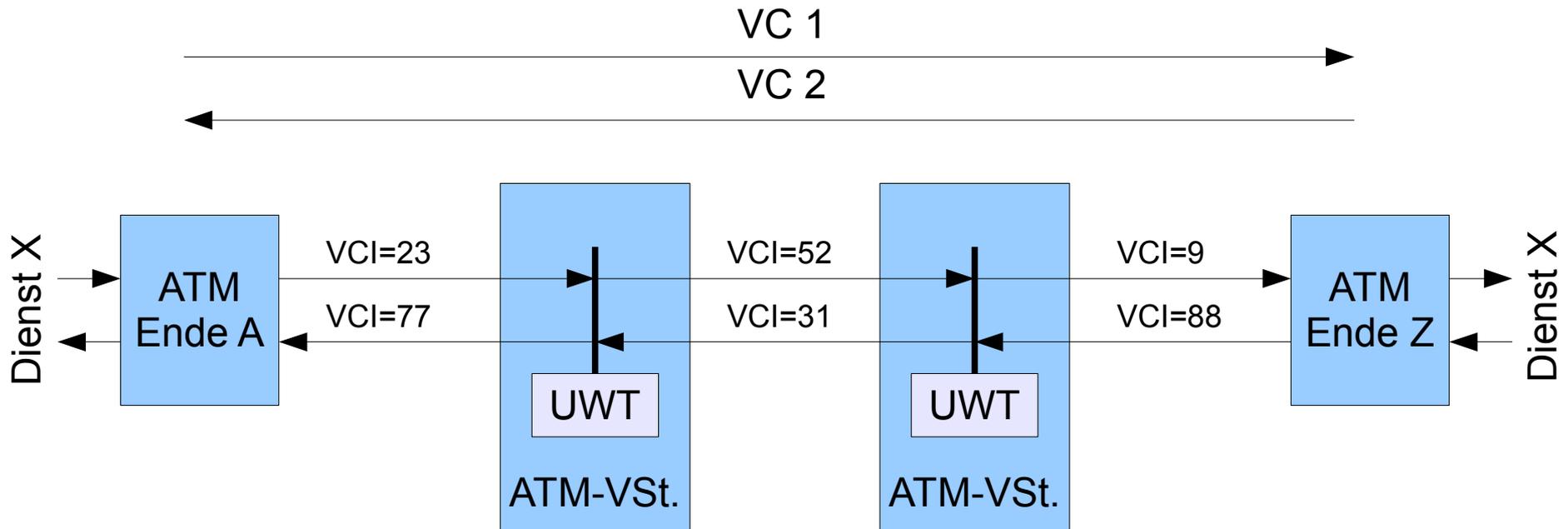
## 6.3 Rahmenstruktur (6)



Nettodatenrate (ohne Padding):  $48 / 53 \approx 90,6 \%$  (nur auf ATM bezogen!!!)

## 6.4 Weiterleitungsmechanismus (1)

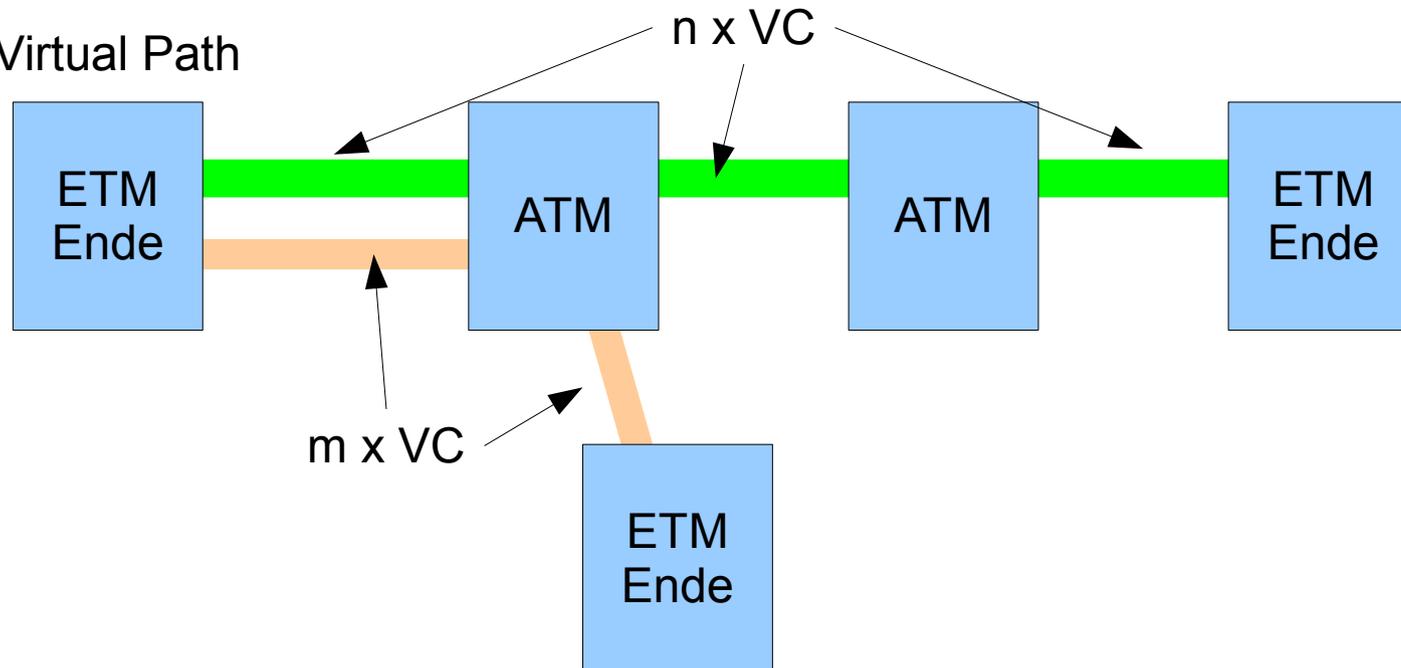
- VC – Virtual Channel



- VCI – ....., nur lokal eindeutig
- VC – Ende-zu-Ende (im ATM-Bereich) – Einzelverbindung / ein Dienst  
Wird vor der Benutzung durch das Netz signalisiert. Dabei werden die lokalen VCI festgelegt, dem VC zugeordnet und in die UWT eingetragen.
- Nutzen: ...

## 6.4 Weiterleitungsmechanismus (2)

- VP – Virtual Path



- VPI – ....., nur lokal eindeutig
- VP – Ende-zu-Ende (im ATM-Bereich), Bündel von VC  
Wird vor der Benutzung durch das Netz signalisiert. Dabei werden die lokalen VPI festgelegt, dem VP zugeordnet und in die UWT eingetragen.
- Nutzen: ...
- Sichtweisen: .....

## 6.4 Weiterleitungsmechanismus (3)

---

- Weiterleitung / Vermittlung erfolgt durch das Austauschen der VPI / VCI
- Im Ergebnis des Aufbaus der virtuellen Verbindung wurden nicht nur die VPI / VCI in die Umwertetabellen eingetragen, sondern auch die Ports, über die VP / VC den jeweiligen Knoten verläßt.
- Determinierte .....
- Determinierte .....
- Weiterleitungsentscheidungen ..... und .....

## 6.4 Weiterleitungsmechanismus (4)

---

- Verschiedene Dienstmerkmale erfordern spezielle Behandlung
  - isochrone Daten → begrenzte Laufzeit → höhere Priorität bei der Weiterleitung, auch für andere Daten mit begrenzter Laufzeit
  - geringe zulässige Verluste → Beachten bei **Überlastsituation**
  - Dienstklassen eingeführt:
    - CBR – .....
    - VBR – .....
      - rtVBR – Realtime .....
      - nrtVBR – non-Realtime .....
    - ABR – .....
    - UBR – .....
  - Aus den Dienstklassen Rückschlüsse .....

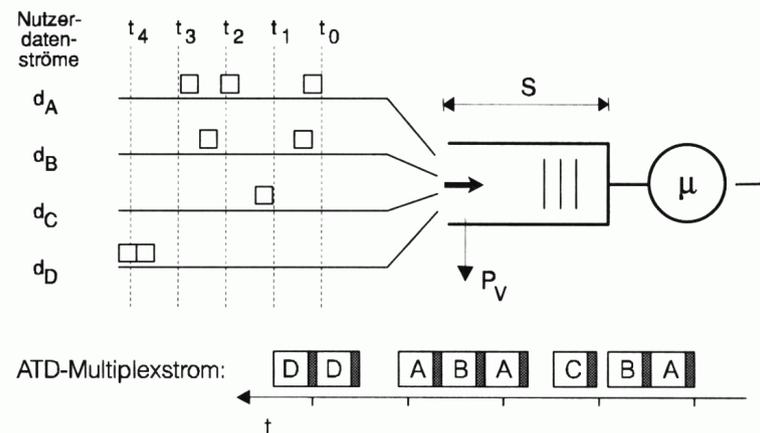
## 6.4 Weiterleitungsmechanismus (5)

---

- keine Überlast - Einhaltung Dienstgütern! - Reihenfolge!
- Überlastsituation (Congestion) - Einhaltung Dienstgütern!
  - Überzähliger Zellen - Verwerfen
    - entsprechend unterschiedlicher Dienstgütern → Kennzeichen – typ. ....
  - Überzählige Zellen - Verzögern
    - entsprechend der Dienstgütern → Kennzeichen – typ. ....
  - Immer in Übereinstimmung mit den Dienstgütern, unter Beachtung der Grenzen der Dienstmerkmale
  - Auch nicht mehr transportieren, als zugesagt, auch wenn lokal Platz vorhanden
- Beispiel:
  - CBR – „keine“ Verluste, geringe Verzögerung
  - rtVBR – geringe Verzögerung und ggf. höhere Verluste
  - ABR – „keine“ Verluste aber höhere zulässige Verzögerung
  - UBR – höhere Verluste und Verzögerungen (Best effort)

## 6.4 Weiterleitungsmechanismus (6)

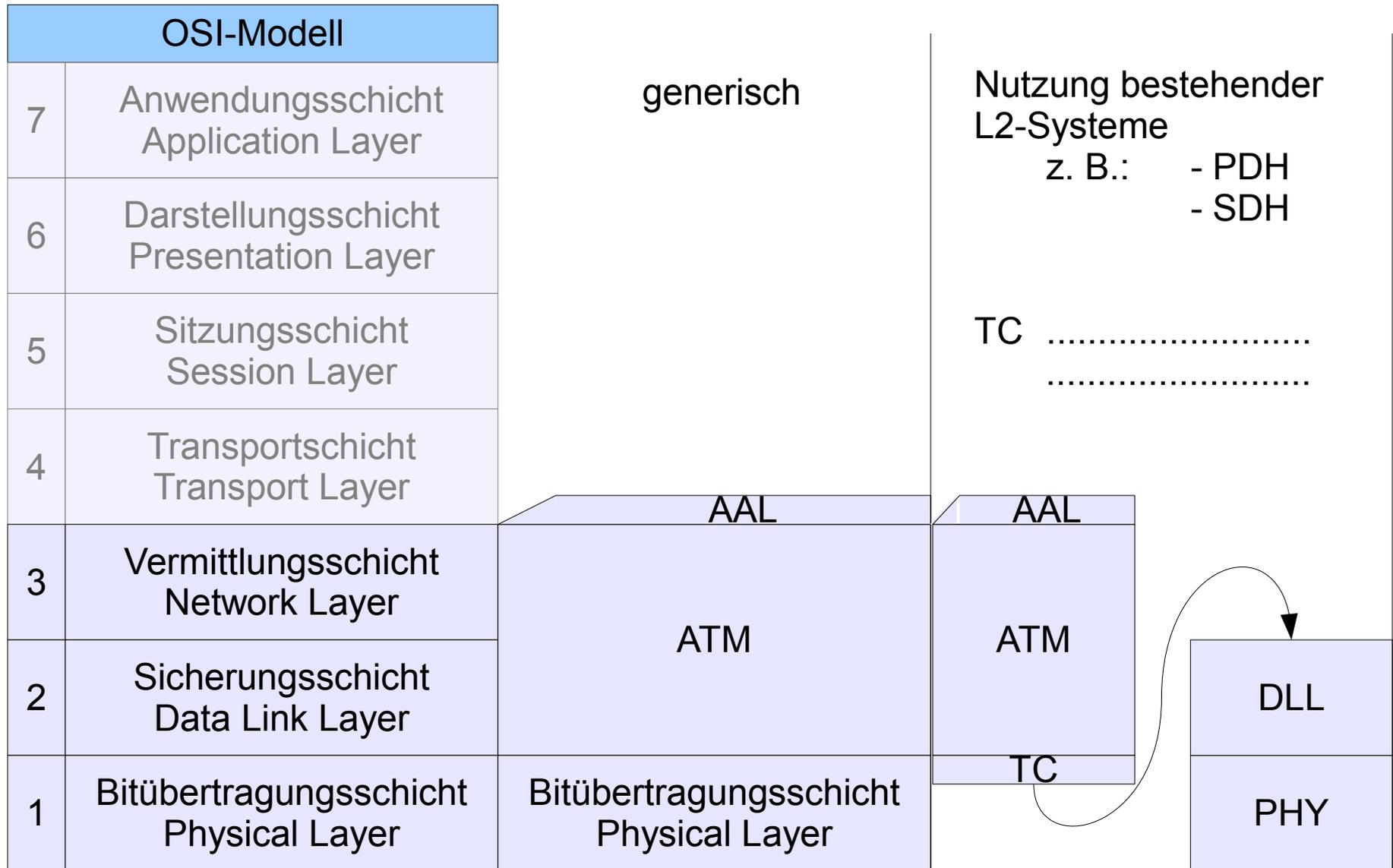
- Überlastsituation (Congestion) und Einhaltung Dienstegüten
  - Werkzeuge / Methoden
    - Traffic Policing – Überwachen der Datenraten, Klassifikation von Zellen
      - z. B. mittels Leaky Bucket (verwandt mit single Token Bucket Methode, teilweise beides in Erklärungen vermischt) (Erklärung)
    - Traffic Shaping
      - Vergleichmäßigung durch Verzögerung von Zellen aus Lastspitzen
      - erfordert Speicher (Erklärung)
  - ATD-Multiplexer (Scheduling)
    - ermöglicht auch prioritätsbeeinflusst das Weiterleiten von Zellen



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

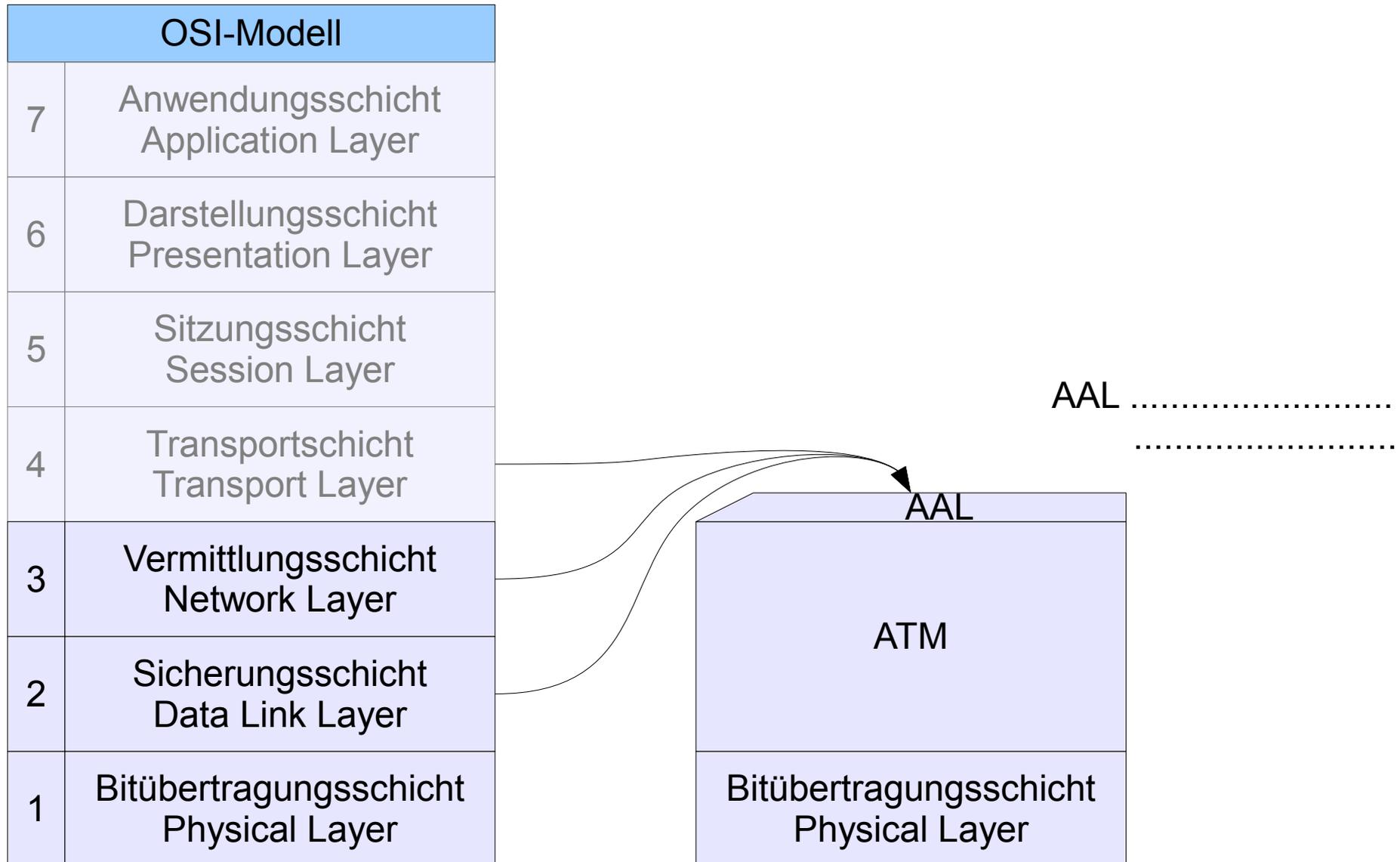
# 6.5 Anpassung an bestehende System (1)

unterhalb ATM



# 6.5 Anpassung an bestehende System (2)

obererhalb ATM



## 6.5 Anpassung an bestehende System (3)

---

Dienstklasse	A	B	C	D
Bitrate	konstant	variabel		
Verbindungsart	verbindungsorientiert			verbindungslos
Quelle-Ziel-Synchronisation	notwendig		nicht notwendig	
Beispieldienste	Leitungsemulation	VBR-Audio VBR-Video	verbindungsorientierte Datenübertragung	verbindungslose Datenübertragung
empfohlener AAL-Typ	<u>AAL 1</u>	AAL 2	AAL 3/4 <u>AAL 5</u>	

AAL-Dienstklassen

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

# Weitverkehrsnetze

## 7 Metro Ethernet

7.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel

7.2 Einordnung in die TK-Welt

7.3 Weiterleitungsmechanismus

7.4 Wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet

7.5 Einschränkungen beim Einsatz als WAN / WVN

7.6 und noch ein Metro Ethernet? – IEEE 802.1ah

# 7 Metro Ethernet

## 7.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (1)

---

- Datenübertragung über größere Entfernung mit einem einfachen und kostengünstigen System
  - (am Anfang) wirklich nur original Paketdaten zu übertragen
  - (am Anfang) keine oder geringe Echtzeitanforderungen
- Nutzung der kostengünstigen Hardware und Software für Ethernet
- Nutzung des breit vorhandenen know-how
- Datenanschlüsse im Umkreis typisch einer Stadt
- Verbindung von „Stadtnetzen“ für größere Reichweiten

## 7.1 Grundgedanke und Entwicklungsziel (2)

---

- Metro Ethernet – Daten zur Geschichte der Entwicklung und Einführung

1990/91 (Ethernetkopplung – WAN, über andere Transporttechniken)  
Ethernet als Schnittstelle Netzbetreiber – Netznutzer

1990/91 (Ethernet Switches)

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

1998 1000Base LX/ ZX ( $\geq 10$  km LWL), originäre Ethernettechnik  
zur Überbrückung größerer Entfernungen

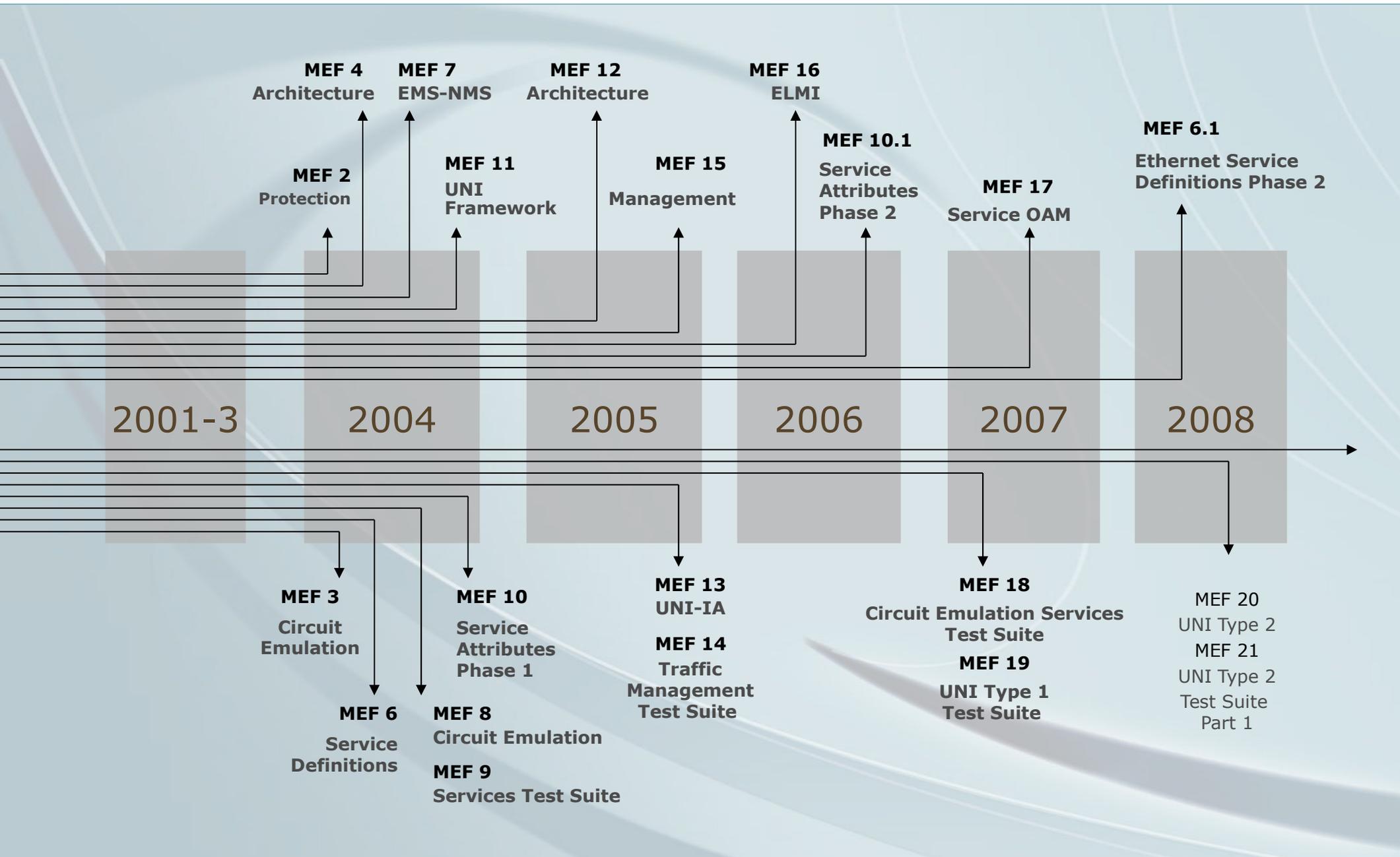
ca. 1999 ...2000 Diskussionen über Alternativen zum ATM, auch über Ethernet

2001 Gründung Metro Ethernet Forum (MEF)

2003/4 (Aufbau eines Metro-Ethernet in Thüringen durch einen  
alternativen Netzbetreiber)

ca. 2002... Entwicklungen für Metro-Ethernet als Teil umfassender Datennetze

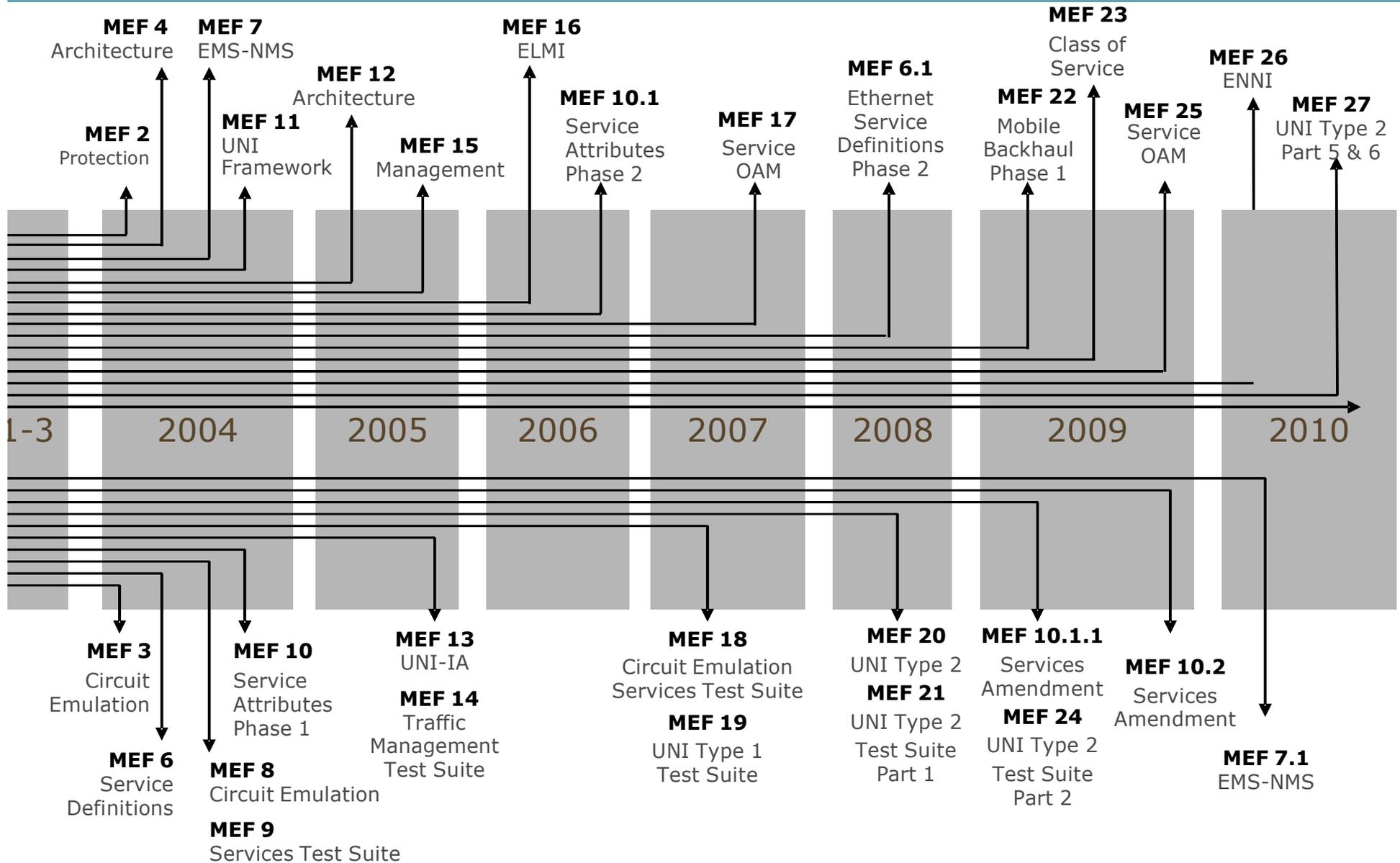
# Specifications Timeline



Quelle: Metro Ethernet Forum; <http://metroethernetforum.org/Presentations>, Stand 2008

# Specifications Timeline

January 2011



## 7.2 Einordnung in die TK-Welt (1)

---

- Hier interessiert die **Realisierung durch originäre Ethernettechnik**
- kann mit anderer Technik zum transportieren von Ethernetdaten kombiniert sein, hier aber nur als Punkt-zu-Punkt-Transport
  - Zubringer
  - Verbindung von Knoten
  - Vermittlung der Pakete erfolgt nur in der originären Ethernet-Technik
- Schnittstellen entsprechend den Normen für Ethernet
  - 10 / 100 / 1000 Mbit/s / 10 Gbit/s
  - / 40 Gbit/s / 100 Gbit/s
  - Raten dazwischen → nur Begrenzung von Datenströmen
    - durch Zubringer und Verbindungen mittels anderer Technik (EoSDH, ...)
    - durch Begrenzung der mittleren Datenraten in Ethernetgeräten  
(z. B. ....)

## 7.2 Einordnung in die TK-Welt (2)

---

- Anschaltung der Datennetze von Kunden
  - Verbindung mehrerer dieser Datennetze
  - Verbindung zu zentral bereitgestellten Diensten (z. B. Internet)
- Anschaltung von Einzelanschlüssen von Kunden (eher die Ausnahme)
  - meist kleines oder sehr kleines Datennetz beim Kunden → siehe oben
- Anschaltung von Datenkonzentratoren des Netzbetreibers
  - Transportnetz des Netzbetreibers (Verbindungsnetz)
  - Konzentrador zu Konzentrador
  - Konzentrador zu zentral bereitgestellten Diensten (z. B. Internet)

(Netzbild)

## 7.3 Weiterleitungsmechanismus (1)

---

- Die Weiterleitung in den Ethernet-Geräten erfolgt genau **nach den Regeln für das Ethernet**. Die verwendeten Ethernet-Switches verhalten sich so, wie beim **Ethernet-LAN** beschrieben.

Hier die wichtigsten Grundregeln:

- empfangene Frames ..... über den selben Port aussenden
- empfangene Broadcast-Frames über ..... (anderen) Ports senden
- empfangene Multicast-Frames
  - ohne bekannte Gruppenzugehörigkeit über ..... (anderen) Ports senden
  - mit bekannter Gruppenzugehörigkeit über die relevanten Ports senden
- empfangene Unicast-Frames
  - bei nicht gelernter MAC-Adresse über ..... (anderen) Ports senden
  - bei gelernter MAC-Adresse über ..... Port senden
- Absender-MAC-Adressen lernen, zugehörigen Port dazu
- gelernte MAC-Adressen nach bestimmter Zeit der Inaktivität .....

(Diskussion einiger Folgen)

## 7.3 Weiterleitungsmechanismus (2)

---

- Hier die wichtigsten Grundregeln (Fortsetzung):
  - Operationen des Switches erfolgen getrennt nach VLANs. Jedes VLAN ist eine eigene Weiterleitungsdomäne (Broadcastdomäne).
- Die Netzwerktopologie muß schleifenfrei sein.
- Auch wenn es physische Verbindungen gibt (Schicht 1, Layer 1), so gibt es für die Daten (Schicht 2, Layer 2) keine Verbindungen, auch keine virtuellen. Die vom Metro Ethernet Forum verwendete Bezeichnung „Ethernet Virtual Connection – **EVC**“ bezieht sich auf fiktive Verbindungen UNI – UNI (P2P oder mP2mP). Diese existieren nur gedanklich, in Beschreibungen oder Dokumentationen. In den Metroethernet-Knoten ist nichts dazu eingerichtet. Es wird nichts .....
- Entsprechend dem Verhalten von Ethernet-Netzen, speziell mit redundanten Verbindungen, ist der Datenfluß nicht oder nur begrenzt .....

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (1)

---

- Die nachfolgend beschriebenen **Erweiterungen** sind meist nicht eindeutig auf das Metroethernet begrenzt.
  - Die Entwicklung entsprang teilweise aus dem LAN-Bereich (große bzw. zuverlässigere Netze) und wurde für das Metroethernet aufgegriffen und weitergeführt.
  - Andererseits wurden durch das Metroethernet initiierte Entwicklungen in den LAN-Bereich übernommen.
- Es gibt teilweise keine scharfe Abgrenzung bei der Technik für das LAN-Ethernet und für das Metroethernet.
- Die meisten Erweiterungen dienen der Beherrschung **großer Ethernet-Strukturen** und dem Schutz vor unerwünschten Beeinflussungen. Dieses Ziel gibt es bei großen nichtöffentlichen Netzen und beim **Metroethernet**.

Problem / Ziel

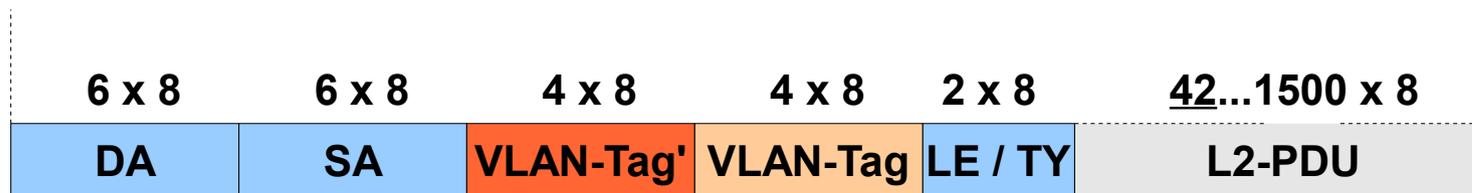
Lösung

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (2)

- Anschluß untereinander unkoordinierter Nutzernetze
  - mehrere Nutzer mit den selben VLAN-IDs
  - eventuell selbe MAC-Adressen bei verschiedenen Nutzern
- strikte Trennung der Daten eines Nutzers von den Daten anderer Nutzer erforderlich



- Einführung eines zweiten VLAN-Tags → Kapselung der Nutzer-VLANs

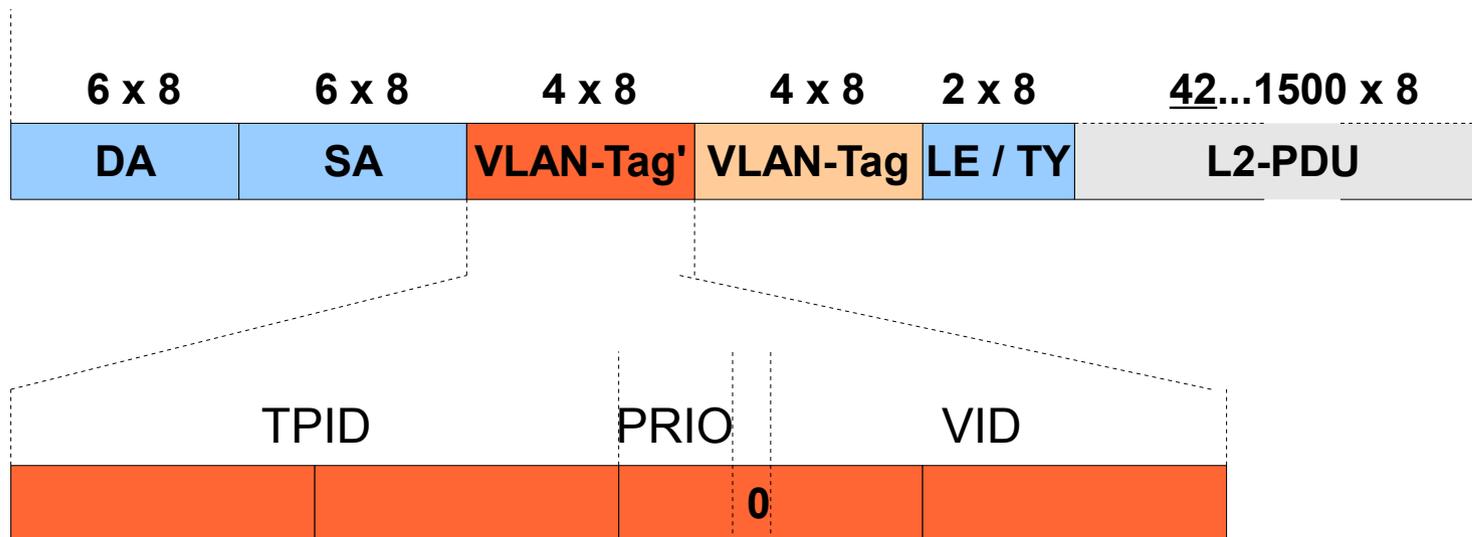


„QinQ“, „VMAN“, „Provider-VLAN“

- + Dadurch relativ sichere Trennung der Daten verschiedener Nutzer
- + Entkopplung der Kunden-VLANs
- + Entkopplung der MAC-Adressen der Kunden
- Keine Behandlung der Nutzer-VLANs möglich

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (3)

- strikte Trennung der Daten eines Nutzers von den Daten anderer Nutzer
  - Einführung eines zweiten VLAN-Tags → Kapselung der Nutzer-VLANs



Aufbau analog zum 1. Tag  
NICHT genormt → aber de-facto-Standard

TPID herstellerspezifisch, meist einstellbar  
typisch 8100H oder 9100H

(Diskussion zur Kompatibilität und Sicherheit)

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (4)

---

- nur sehr begrenzter Einfluß auf die Aktivitäten in und aus den Kundennetzen  
→ ungewollte / gewollte Beeinflussung der Funktion des Metro-Ethernet ist möglich  
deshalb hier der Schutz vor:
  - MAC-Spoofing (.....)
    - durch QinQ gegeben
  - MAC-Flutung (MAC Flooding) → Last durch Lernen, Überlauf der MAC-Tabelle
    - eigentlich normaler Vorgang, aber problematisch bei zu vielen Adressen;  
fallweise auch gezielt durch große Mengen falscher Absenderadressen
    - Begrenzung der MAC-Adressen in verschiedenen Varianten
  - Broadcast-Sturm → Last auf Geräte, Last auf Links
    - bei viel zu hoher Menge, gewollt oder ungewollt
    - Begrenzung der Menge je Port
  - falsche BPDUs für Spanning Tree Protokoll
    - Filter auf Port, dann meist kein Spanning Tree des Kundennetzes mehr möglich

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (5)

---

- nur sehr begrenzter Einfluß auf die Aktivitäten in und aus den Kundennetzen  
→ ungewollte / gewollte Beeinflussung der Funktion des Metro-Ethernet ist möglich  
deshalb hier der Schutz vor:

- Schleife auf dem .....

- z. B. durch „Kurzschlußstecker“ oder Diagnoseschleife auf L1-Gerät
- erkennbar durch Empfang von keepalive Frames, die vom selben Port gesendet wurden (Z. B. bei Cisco)

- Schleife von ..... zu .....

- durch irrtümliche oder bewußte Zusammenschaltung von 2 Nutzerports
- durch Spanning Tree erkennbar, aber Spanning Tree möglichst auf dem UNI unterdrücken!
- Teilweise durch proprietäre Protokolle erkennbar (z. B. Cisco UDLD)

- Überlast in Richtung Metro-Ethernet

- Begrenzung des Verkehrs (policing)

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (6)

---

- Nutzung für möglichst viele Dienstearten
  - angestrebte Garantie von Dienstparametern
  - Realisierung von isochronen und verbindungsorientierten Dienste
  
- Einrichten von Prioritätsklassen für Daten
- Kontrolle und Bewertung der eingehenden Datenströme – .....
- Begrenzen der eingehenden Datenströme – .....
- Glätten von Lastprofilen - .....
- prioritätsgesteuertes Forwarding - .....

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (7)

---

- hohe Verfügbarkeit des Metro-Ethernet → Carrier Grade
  - redundante Gestaltung der Geräte und der Verbindungen
  - Ringe und Maschen in der Topologie
    - Vermeidung von Ringen und Maschen für Daten durch
      - Spanning Tree (Sekundenbereich)
      - Link Aggregation mit LACP als Redundanzmechanismus (Sekundenbereich)
      - Ethernet Automatic Protection Switching – EAPS (proprietär, Extreme Networks) im Test max. 50 ms Ausfall
      - Ethernet Protection Switching Ring – EPSR (proprietär, Allied Telesis) kurze Umschaltzeit
        - funktioniert auf Basis von Testframes in einem reservierten VLAN

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (8)

---

- große Entfernungen

- Nutzung von anderen L1-Systemen (z. B. SDH)
  - Gefahr unidirektionaler Verbindungen → Fehlfunktion von STP und ähnlichen Protokollen (Begründung)
  - Deaktivieren solcher Verbindungen (Port blockieren, zumindest für Daten)
    - ..... - UDLD, proprietär – Cisco
    - ..... – BFD, Standard

- effektives Management über Fernzugriff

- erweiterter Umfang Management
- stabiler Managementzugriff, auch bei Fehlfunktionen des Netzes
  - getrenntes Managementnetz – Management Plane
- Diagnosen bis zum äußersten Punkt („Metroethernet OAM“)
- einfache Diagnosen entlang der (fiktiven) EVC

## 7.4 wichtige Erweiterungen zum LAN Ethernet (9)

---

- unterschiedliche Anforderungen an das Netzmanagement aus Sicht des Netzbetreibers und der einzelnen Nutzer
  - Für den Netzbetreiber die Sicht auf das Netz
    - Komponenten, Verbindungen, Dienste
    - Managementsystem komplexer als beim LAN
    - Sicherheit, kein Zugang über UNI
  - Für den Nutzer die Sicht auf seinen Dienst
    - Funktion des Dienstes
    - statistische Daten (gehobene Funktion)

## 7.5 Einschränkungen beim Einsatz als WAN / WVN (1)

---

- Das Metro Ethernet nähert sich einem WVN, ist aber kein WVN
- Weiterentwicklungen haben den Abstand verringert, so daß heute mehr aus dem Spektrum eines WVN realisierbar ist
- typischerweise bestehen folgende Einschränkungen:
  - Anzahl der MAC-Adressen („kleinere“ Switche für typisch 10.000 - 15.000 MAC-Adressen; mittlere Switche für ca. 100.000 MAC-Adressen)
  - Anzahl der Provider-VLAN (rund 4000) → Anzahl der Tunnel
  - keine Garantie von Datenverzögerungszeiten; Nur für einen gewissen Anteil der Daten können kleinere Laufzeiten mit ausreichender Wahrscheinlichkeit erreicht werden. → Problem mit isochronen Daten
  - keine Verbindungsorientierung → Datenfluß ist nicht oder nur sehr eingeschränkt deterministisch → Problem mit QoS überhaupt
  - Redundanzumschaltzeiten nur in bestimmten Fällen im Bereich unter 100 ms, bei standardisierten Verfahren bestenfalls im Sekundenbereich
- **Im Wesentlichen für Daten brauchbar, speziell im Accessbereich**

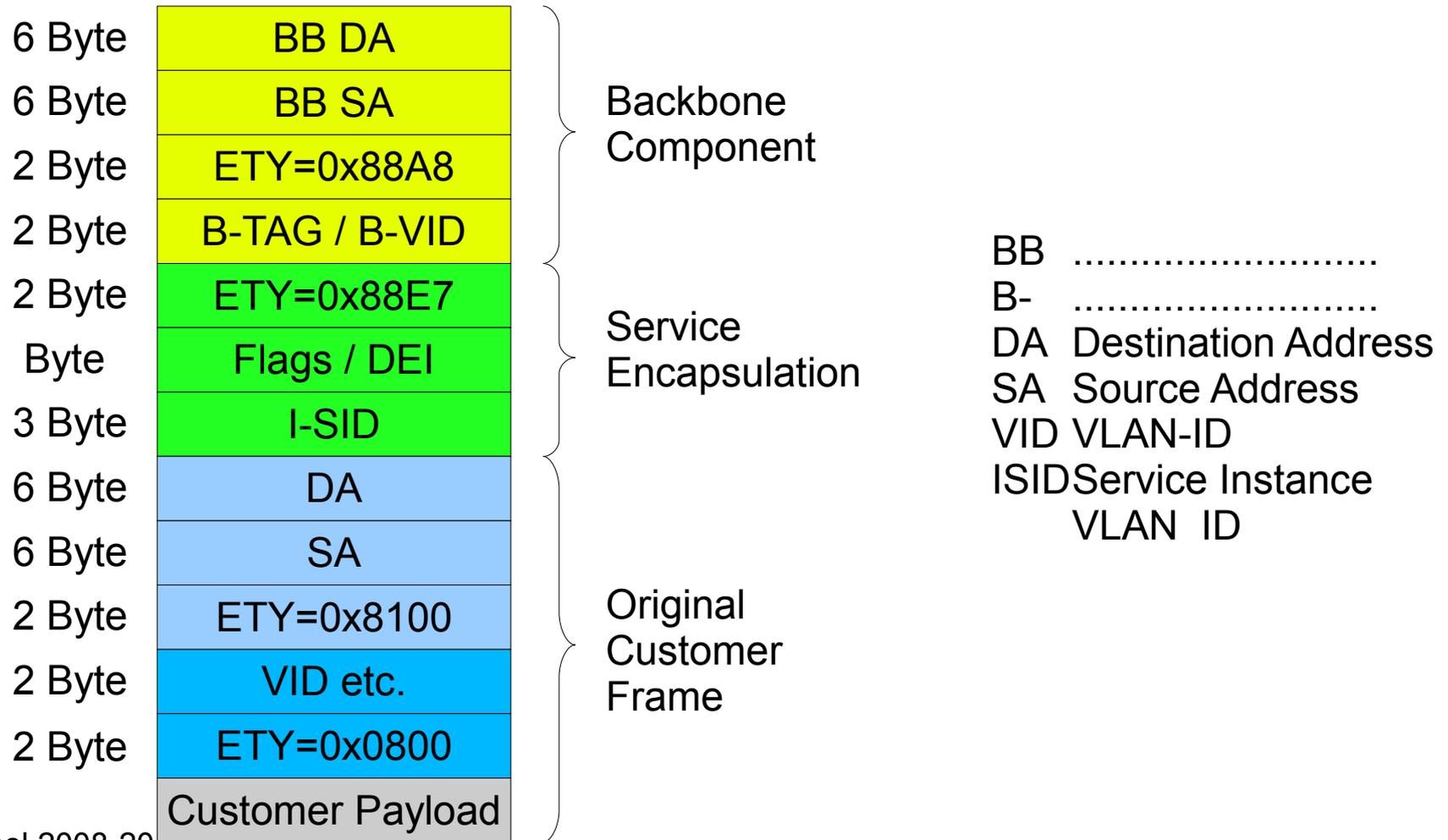
## 7.6 und noch ein Metro Ethernt ? - IEEE 802.1ah (1)

---

- Provider Backbone Bridging – PBB – IEEE 802.1ah
  - Entwicklung von Nortel (2009 Verkauf der einzelnen Unternehmensteile wegen Konkurs)
    - Seit Anfang der 2000er Jahre bekannt
    - März 2005 (?) zur Normung eingereicht → Draft 0.1
    - April 2008 – Draft 4.2
    - Juni 2008 – Zulassung / Annahme durch IEEE
  - Soll Ethernettechnologie besser auf große Netze anpassen, als das das „einfache“ Metro Ethernet kann.

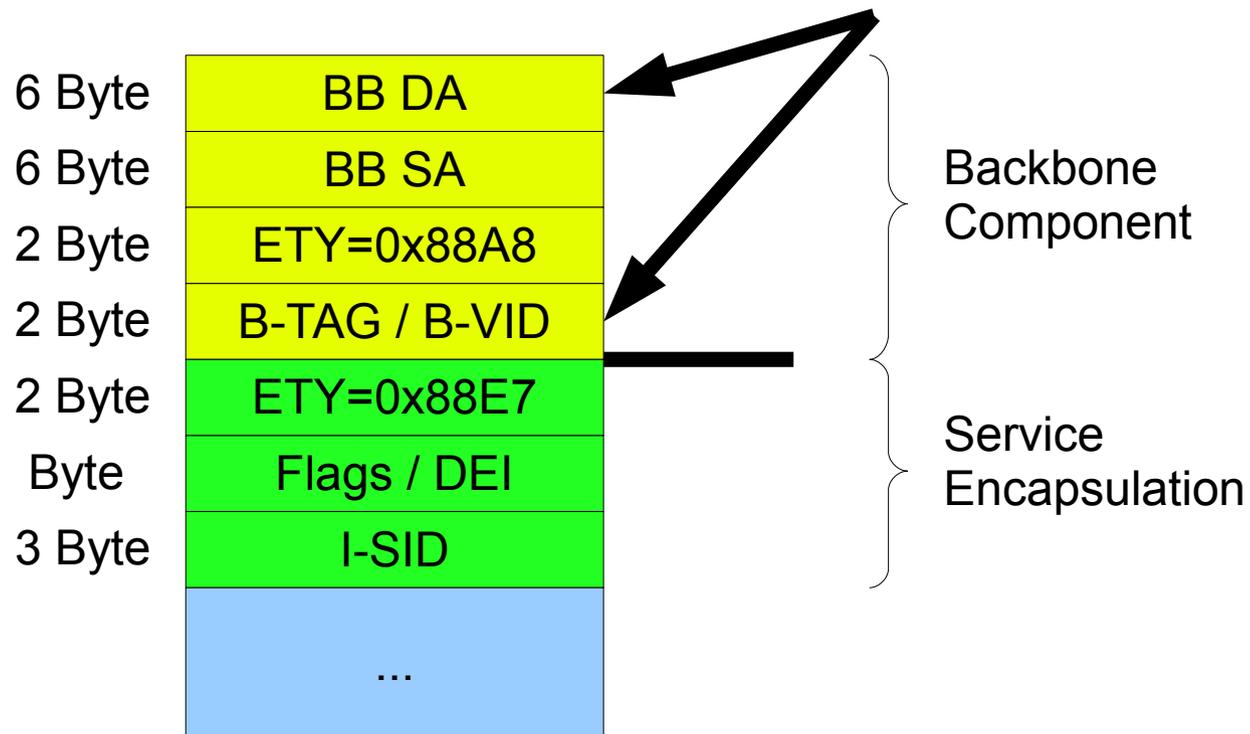
# 7.6 und noch ein Metro Ethernet ? - IEEE 802.1ah (2)

- Provider Backbone Bridging – Was ist anders?
  - Alternativ zu QinQ hier MAC in MAC (komplette Einkapselung) (Skizze)
    - Frame hat folgenden Aufbau (im Bild aus Platzgründen gestapelt):



# 7.6 und noch ein Metro Ethernet ? - IEEE 802.1ah (3)

- Provider Backbone Bridging – Was ist anders?
  - Weiterleitungsentscheidungen
    - Im Backbone auf der Basis von BB DA und B-VID  
48 Bit DA + 12 Bit B-VID  
theoretisch  $2^{60}$  Möglichkeiten =  $10^{18}$  Möglichkeiten  
praktisch nicht frei vergebbar und MAC\_Adressen nur teilweise verfügbar



## 7.6 und noch ein Metro Ethernet ? - IEEE 802.1ah (4)

---

- Provider Backbone Bridging – Was ist anders?
  - Weiterleitungsentscheidungen (Fortsetzung)

Netzbild

Mapping

## 7.6 und noch ein Metro Ethernet ? - IEEE 802.1ah (5)

---

- Provider Backbone Bridging – Was ist anders?
  - Weiterleitungsentscheidungen (Fortsetzung)
    - Im Backbone spielen die Werte des ..... Frames keine Rolle
    - Der ..... Frame packt die ..... Frames komplett ein. Diese werden durch das Backbone getunnelt.
    - Die BB-Tunnel gehen jeweils vom „äußersten“ Gerät A des Backbone zum „äußersten“ Gerät Z des Backbone. Dort werden die Nutzerdaten ein- bzw. ausgetunnelt
  - Es ergeben sich zwei Fragen:
    - Wie erfolgt die Festlegung der Tunnelendpunkte und deren „Verbindung“?
    - Wie erfolgt die Zuordnung des jeweiligen Nutzerverkehrs zu einem bestimmten Tunnel?

## 7.6 und noch ein Metro Ethernt ? - IEEE 802.1ah (6)

---

- Provider Backbone Bridging – Was ist anders?
  - Weiterleitungsentscheidungen (Fortsetzung)
    - Wie erfolgt die **Festlegung der Tunnelendpunkte und deren „Verbindung“**?

Per .....

Für die „Verbindung“ scheint es zwei Varianten zu geben:

- Per Management durch das Netz (Forwarding eingestellt)
- Gelernt auf Basis von Service-IDs

Es gibt jetzt, zumindest teilweise, wieder eine virtuelle Verbindung

## 7.6 und noch ein Metro Ethernt ? - IEEE 802.1ah (7)

---

- Provider Backbone Bridging – Was ist anders?
  - Service Mapping
    - Wie erfolgt die **Zuordnung des jeweiligen Nutzerverkehrs** zu einem bestimmten Tunnel?
      - Erst einmal per .....
      - Und dann innerhalb des Datenstromes eines Kundenanschlusses gelernt oder
      - innerhalb des Datenstromes eines Kundenanschlusses per Management oder
      - innerhalb des Datenstromes eines Kundenanschlusses teilweise per Management und teilweise gelernt

Beispiel: VLANs, evtl. zum Unterscheiden von Diensten, Zuordnung bestimmter VLANs zu bestimmten I-SID (Skizze)

## 7.6 und noch ein Metro Ethernet ? - IEEE 802.1ah (8)

---

- Provider Backbone Bridging – **Fazit**

- So manches, was man mit einer einfacheren Technik weglassen wollte, kommt so oder so wieder, und muß dann „neu“ erfunden werden. Es steht immer die Frage, ob diese „neue“ Erfindung mindestens genau so gut ist wie das, was man mal zur Vereinfachung weggelassen hat.

Beispiele:

- (virtuelle) Verbindungen
  - Overhead
  - Komplexes Netzmanagement
- 
- Möglicherweise basiert die „neue“ Lösung auf einer Technologie, die insgesamt doch effektiver bereitgestellt werden kann.
  - Ob das aber vorher bedacht wurde?
  - Hier sind aber immer die Ingenieure gefragt.