

Telematik

8. Weitere ausgewählte Beispiele



Prof. Dr. Martina Zitterbart
Dipl.-Inform. Thomas Gamer
Dipl.-Inform. Martin Röhrich
[zit | gamer | roehricht]@tm.uka.de



8. Weitere ausgewählte Beispiele

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet

2. Ende-zu-Ende Datentransport
3. Routingprotokolle und -architekturen
4. Medienzuteilung
5. Brücken

III. Übertragungstechnik

6. Datenübertragung

IV. Telekommunikationsnetze

7. ISDN

8. Weitere ausgewählte Beispiele

V. Netzmanagement

9. Netzmanagement

8.1 DSL (Digital Subscriber Line)

- 8.1.1 Übertragungstechnik
- 8.1.2 Aufbau einer ADSL-Verbindung
- 8.1.3 Weiterentwicklungen

8.2 Label Switching

- 8.2.1 Komponenten
- 8.2.2 Das Netzzugangs-Protokoll X.25
- 8.2.3 Multiprotocol Label Switching

8.3 Grid und Cloud Computing

- 8.3.1 Grid Computing
- 8.3.2 Cloud Computing
- 8.3.3 Ausblick

8.4 Ausblick: Future Internet

1



Historie

• Datenraten im Zugangsbereich von Internetnutzern

• Modem

- ▶ Bis zu 56 kbit/s
- ▶ Volle Bandbreite häufig aufgrund von Störungen nicht erreichbar



• ISDN

- ▶ Bis zu 64 kbit/s
- ▶ Volle Bandbreite durch digitale Übertragung nutzbar
- ▶ Mit Kanalbündelung (der 2 B-Kanäle) 128 kbit/s erreichbar



• Zum Vergleich: LAN

- ▶ In lokalen Netzen waren zu Zeiten von ISDN schon Geschwindigkeiten bis zu 100 Mbit/s möglich!



→ Die Einführung von DSL im Jahr 1999 erhöht die Datenrate signifikant

- ▶ Bis zu 8 Mbit/s bei Nutzung der vorhandenen Verkabelung



2



8.1 Digital Subscriber Line (DSL)

• DSL kann grob in 2 Kategorien eingeteilt werden

• ADSL (Asymmetric DSL)

[ITU99]

- ▶ Der Informationsfluss der meisten interaktiven Internet-Anwendungen ist asymmetrisch
 - ▶ Viele Daten werden vom Server angefordert
 - ▶ Wenig eigene Daten werden an den Server gesendet
- ▶ Downstream- und Upstream-Datenraten sind asymmetrisch
 - ▶ Downstream: 768 kbit/s - 8 Mbit/s
 - ▶ Upstream: 128 kbit/s - 576 kbit/s
- ▶ In Deutschland häufig unter der Bezeichnung DSL eingesetzt



• SDSL (Symmetric DSL)

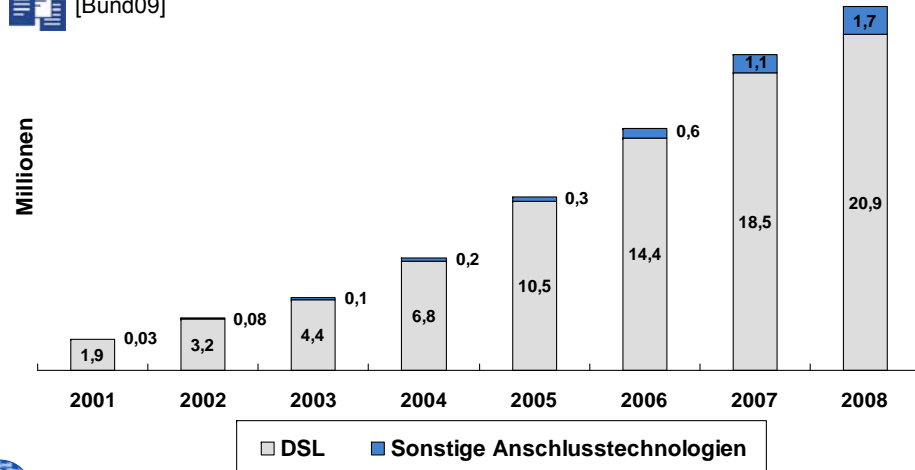
- ▶ Vor allem im Geschäftskundenbereich eingesetzt
 - ▶ Ausnahme: Q-DSL home von QSC
- ▶ Meist wesentlich teurer als ADSL
- ▶ Reiner Datenanschluss, d.h. keine gleichzeitige Telefonie möglich



3

- Bericht der Bundesnetzagentur (Stand: 17.06.2009)

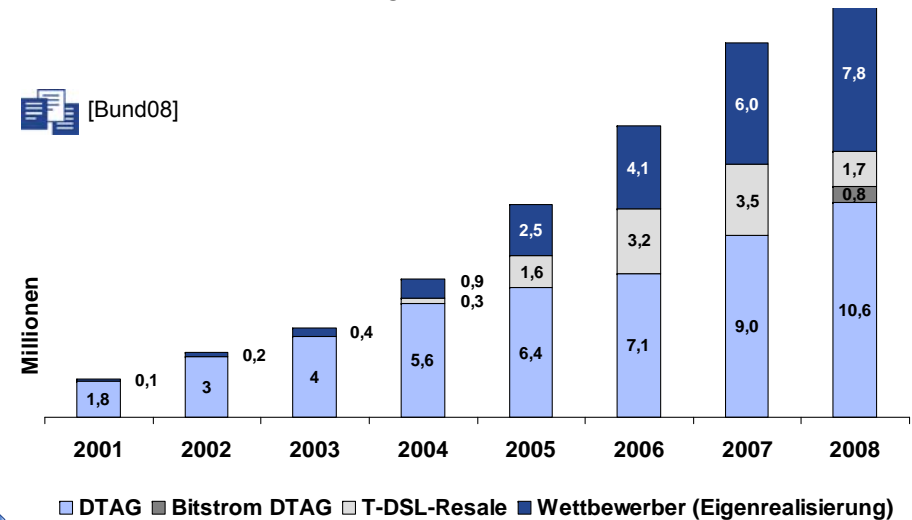
[Bund09]



4

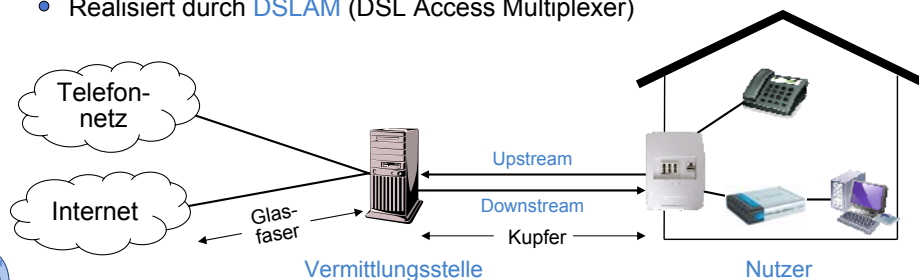
- Bericht der Bundesnetzagentur (Stand: 20.03.2009)

[Bund08]



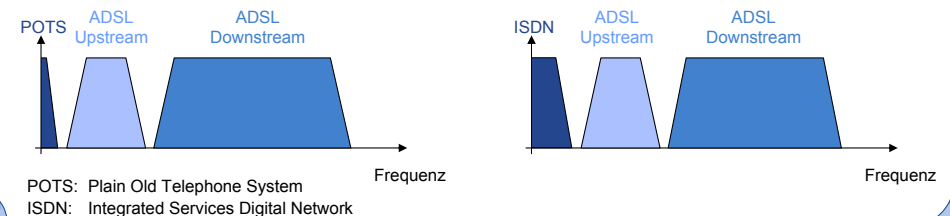
5

- Beim Nutzer ankommendes Signal wird im **Splitter** in Telefon- und Datensignal getrennt
 - Splitter arbeitet passiv
 - Auch bei Ausfall des Splitters bleibt das Telefonsignal erhalten
- Nutzung der vorhandenen Kupfer-Doppeladern bis zur Vermittlungsstelle
- Umsetzung des vom Nutzer ausgehenden Signals auf Glasfaser in der Vermittlungsstelle
 - Auch hier muss eine vorherige Trennung stattfinden
 - Realisiert durch **DSLAM** (DSL Access Multiplexer)




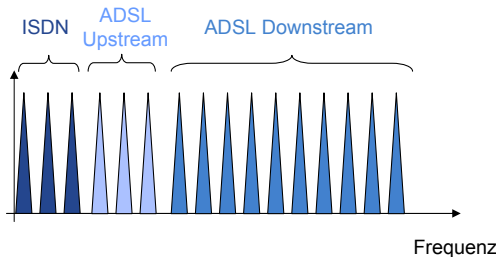
6

- Einsatz von Frequenzmultiplex
 - Nutzung der unteren Frequenzen für Telefonsignal
 - Annex A
 - Es werden nur 3 kHz für analoge Telefonie (POTS) benötigt
 - Annex B
 - Es werden 120 kHz für ISDN-Telefonie benötigt
 - Maximaler Downstream in diesem Fall nur 6 Mbit/s (statt 8 Mbit/s)
 - Höhere Frequenzen werden für Datensignal genutzt
 - Die verbleibenden Frequenzen bis 1,104 MHz werden für ADSL Upstream und Downstream genutzt
 - Annex B: 138-276 kHz für Upstream, 276-1104 kHz für Downstream



7

- Einsatz von Discrete Multitone (DMT) zur Modulation
 - Aufteilung des gesamten Frequenzbereichs in Menge von Trägern
 - Sehr ähnlich zu OFDM in drahtlosen Netzen 
 - Wenig störanfällig
 - Auf häufig gestörten Trägern werden weniger Bits übertragen
 - Vernachlässigbare Laufzeitverzerrung
 - Jeder Träger belegt eine Bandbreite von 4,3125 kHz
 - Bei Annex B werden jeweils 32 der 256 Träger für ISDN und für ADSL Upstream benötigt



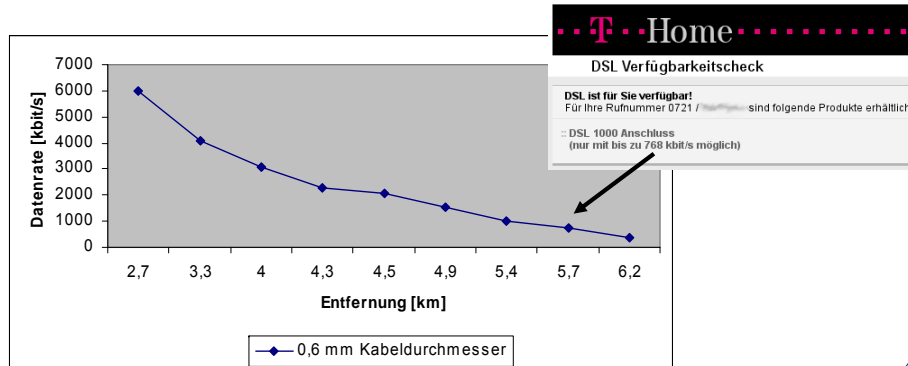
8

- Dämpfung beeinflusst die an einem bestimmten Anschluss nutzbare Datenrate
- Dämpfung wird hauptsächlich von 3 Parametern beeinflusst
 - Kabeldurchmesser
 - Dämpfung sinkt mit steigendem Kabeldurchmesser
 - Größerer Kabeldurchmesser ermöglicht bei gleicher Entfernung höhere Datenraten

Durchmesser [mm]	Dämpfung [dB/km]
0,35	14
0,4	12
0,5	8,5
0,6	7,5
0,8	5,7

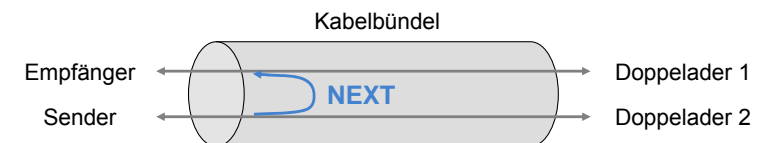
9

- Entfernung zwischen Nutzer und Vermittlungsstelle, d.h. Länge der Kupfer-Doppelader
 - Bei größerer Entfernung sinkt die erreichbare Datenrate
 - Auch die Upload-Rate sinkt entsprechend
 - Beispiel: Kabeldurchmesser von 0,6mm



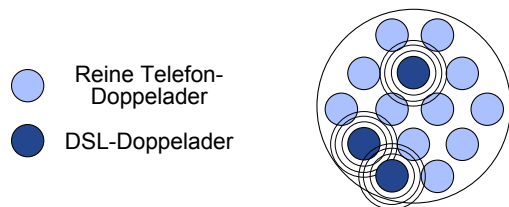
10

- Störungen, z.B. Übersprechen (Crosstalk)
 - NEXT (Near End Crosstalk)
 - Sender stört Empfänger
 - Entsteht durch nicht ideales Abstrahlverhalten der Baugruppen an der Grenze zwischen Up- und Downstream-Spektrum
 - z.B. im Fall von Annex B bei 276 kHz
 - Meist hoher Störpegel, da Signal beim Sender kaum gedämpft



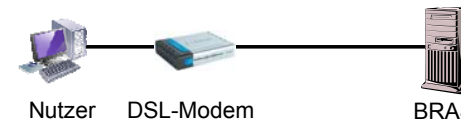
11

- **Störungen**, z.B. Übersprechen (Crosstalk)
 - ▶ FEXT (Far End Crosstalk)
 - ▶ Sender stören sich gegenseitig
 - ▶ Entsteht bei parallel laufenden Signalen über die gesamte Leitungslänge
 - ▶ Störpegel ist meist geringer als bei NEXT, da Signal über die gesamte Leitungslänge gedämpft wird
- Nur bestimmte Anzahl verfügbarer Doppeladern pro Kabelbündel für ADSL nutzbar



12

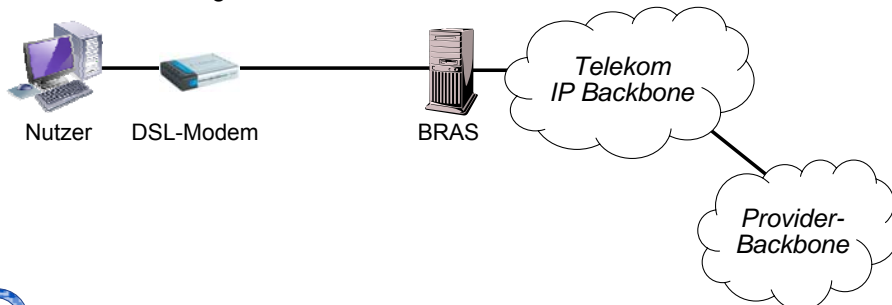
- Ablauf (Provider ist gleichzeitig Netzbetreiber)
 - Establish-Phase
 - ▶ Aufbau der physikalischen Verbindung
 - ▶ Aushandlung der Verbindungsparameter (Datenrate, genutzte Träger)
 - ▶ Aushandlung der Authentifizierungsmethode
 - Authentication-Phase
 - ▶ Authentifizierung basierend auf der ausgehandelten Methode
 - ▶ Password (PAP), Challenge Handshake (CHAP, MS-CHAP)
 - Network-Phase
 - ▶ Vergabe der IP-Adresse
 - ▶ Bekanntgabe der DNS-Server-Adresse
- Anschließende Datenübertragung erfolgt über PPPoE



BRAS: Broadband Remote Access Server (auch DSL Access Concentrator genannt)

13

- Ablauf (Provider nutzt DSL Resale-Anschluss)
 - Abbruch des vorherigen Ablaufs in der Authentifizierungs-Phase
 - ▶ Erst zu diesem Zeitpunkt ist klar, dass der Nutzer Kunde eines anderen Providers ist
 - ▶ Benutzername: xyz@provider
 - Danach Weiterleitung aller Dateneinheiten an anderen Provider
 - ▶ Gesamter Ablauf wird neu gestartet und komplett mit neuem Provider durchgeführt



14

- Aushandlung der Datenrate ist Teil der Establish-Phase
- Fixed rate (hauptsächlich Telekom)
 - Datenrate wird anhand einer Dämpfungstabelle auf bestimmten Wert festgelegt
 - Dieser Wert enthält einen „Sicherheitsaufschlag“, damit auch bei zukünftigen Änderungen, z.B. stärkeren Störungen durch neue DSL-Anschlüsse, die Datenrate erreicht werden kann
- Adaptive rate
 - Aushandlung der maximalen unter aktuellen Gegebenheiten erreichbaren Datenrate
 - ▶ Häufig höhere Datenraten erzielbar als mit fixed rate
 - ▶ Resynchronisation bei Verschlechterung der Bedingungen erforderlich
 - ▶ Kurzer Ausfall der Verfügbarkeit
 - **Aktuell:** Die Telekom führte bis zum 16. Januar 2009 einen Pilottest zur Umstellung auf Adaptive Rate durch
 - ▶ Das Ergebnis des Tests ist allerdings bislang nicht offiziell bekannt

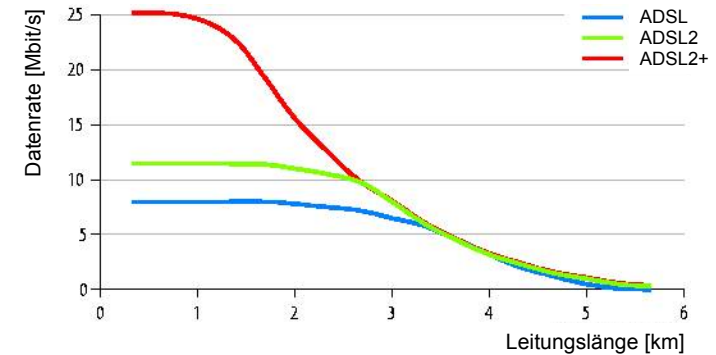
15

- ADSL2
 - Erhöhung der maximal erreichbaren Datenrate durch verbesserte Kodierung und Signalverarbeitung, z.B. effizientere Nutzung der Träger
 - Hat sich in Deutschland nicht durchgesetzt
- ADSL2+
 - Einführung im Jahr 2005
 - Nutzung eines größeren Frequenzbereichs (bis 2 MHz)
 - Verbesserte Kodierung und Signalverarbeitung
 - ▶ Weniger Übersprechen
 - Energieeinsparung durch Abschaltung des Modems im Idle-Zustand
 - Anpassung der Datenrate während Übertragung möglich (vgl. adaptive rate)
 - Downstream-Rate bis 25 Mbit/s möglich (Annex A)
 - ▶ Upstream-Rate erhöht sich ebenfalls leicht auf 1 Mbit/s
 - Annex M erhöht Upstream auf bis zu 3 Mbit/s
 - ▶ Downstream wird dafür auf 20 Mbit/s reduziert

16

- Vergleich der Varianten

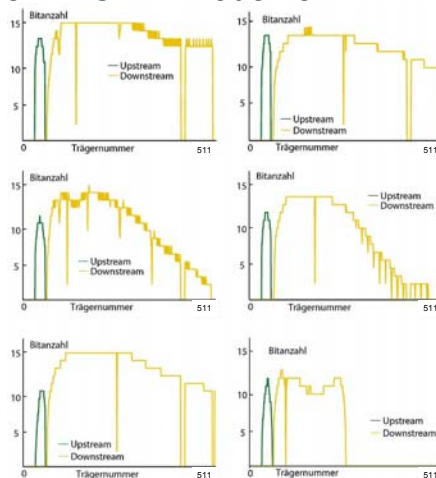
[Koss06]



- Ab einer Länge von ~2,5 km sind ADSL2+ und ADSL2 gleichwertig
- Ab einer Länge von ~3,5 km sind ADSL2+ und ADSL gleichwertig

17

- Ausmessen der Anzahl zu übertragender Bits pro Träger während des Verbindungsaufbaus am Beispiel verschiedener ADSL2+-Modems
- Jeder Subkanal wird vermessen und (theoretisch) bestmöglich ausgenutzt
- ADSL2+: Nachmessen während Verbindung möglich
- Reale Beispiele:



- ADSL2+:
24 Mbit/s ⬇
1 Mbit/s ⬆
- Praxis etwa
16 Mbit/s ⬇
erzielbar

[ZIEA06]

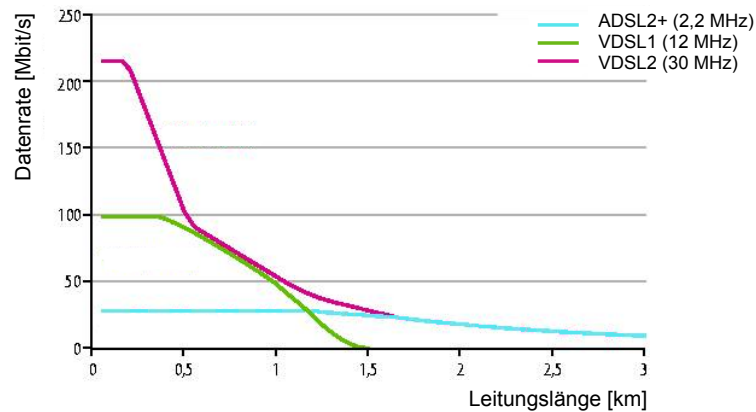
18

- VDSL1 (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line)
 - Nutzung eines größeren Frequenzbereichs (bis 12 MHz)
 - Nur für geringe Entfernungen sinnvoll
 - ▶ Bereits bei Entfernung von ca. 1,2 km auf ADSL2+-Niveau
 - Hat sich in Deutschland nicht durchgesetzt
- VDSL2
 - Einführung im Jahr 2006
 - Nutzung eines größeren Frequenzbereichs (bis 30 MHz)
 - ▶ Ermöglicht theoretisch symmetrische Datenraten bis 200 Mbit/s
 - ▶ Telekom bietet VDSL2 in 2 Varianten an
 - ▶ 25 Mbit/s Downstream bei 5 Mbit/s Upstream
 - ▶ 50 Mbit/s Downstream bei 10 Mbit/s Upstream
 - Nur bei sehr geringen Entfernungen sinnvoll
 - ▶ Bei höheren Entfernungen kein Gewinn im Vergleich zu ADSL möglich

19

Vergleich der Varianten

[SkZi06]

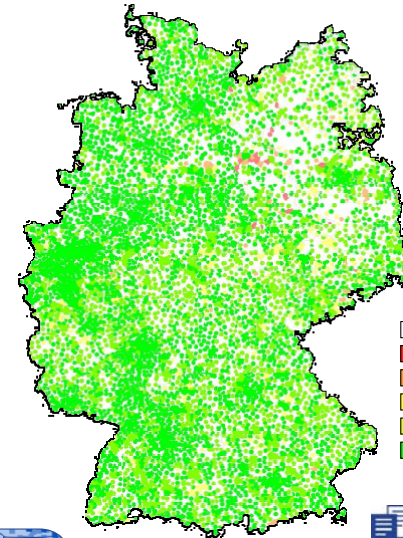


- Ab einer Länge von ~0,7 km sind VDSL2 und VDSL1 gleichwertig
- Ab einer Länge von ~1,7 km sind VDSL2 und ADSL2+ gleichwertig

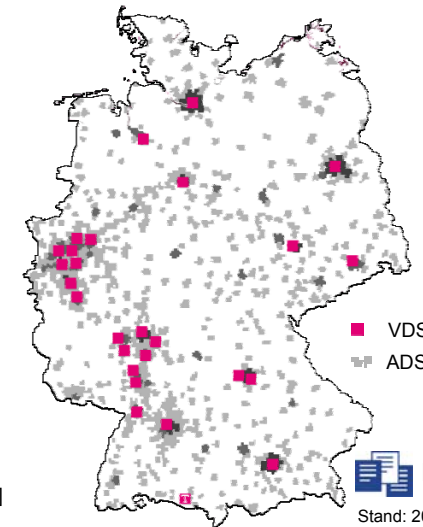
20

DSL-Verfügbarkeit in Deutschland

Aktueller Stand des ADSL2+- und VDSL2-Ausbaus der Telekom



unter 2%
2 – 25%
25 – 50%
50 – 75%
75 – 95%
über 95%



21

Stand: 01.01.2009

[Bund09]

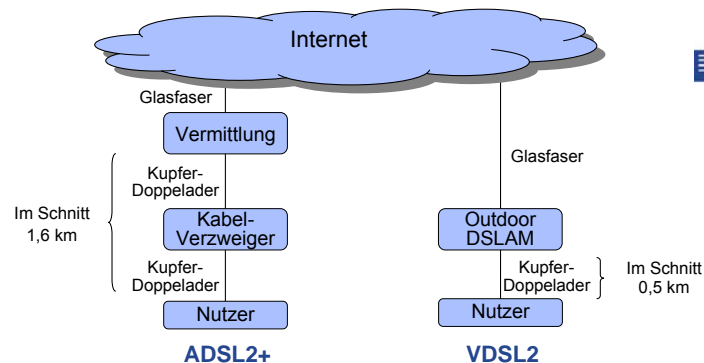
[DeTe07]

Stand: 2007

Mixtur aus Glasfasertechnik und Kupferdoppelader

- Verkürzte Kupferstrecke
- Einsatz verbesserter Kodierung und Signalverarbeitung
- Nutzung eines größeren Frequenzbereichs
- Preiswerter als reine Glasfaser-Infrastruktur
- Weitere Nutzung der vorhandenen Technik

[SkZi06]



22

Telekom baut Outdoor-DSLAMs

- Umsetzung zwischen VDSL2-Übertragung auf Kupferseite und optischer Übertragung auf Glasfaserseite
 - Verkürzung der Kupferstrecken zwischen Nutzer und Vermittlungsstelle
 - „Fibre to the Curb“ (FTTC, Glasfaser zum Bordstein)



- Unterstützen mehrere hundert VDSL2-Nutzer
- Leistungsaufnahme deutlich unter 1 kW
- Bieten verschiedene Power-Modi
 - L0 (volle Leistung) bis L3 (Sleep Modus)

23

- Fernüberwachung und -steuerung von VDSL2-Leitungen möglich
 - Networkmanagement-System auf DSLAM-Seite
 - Pfad- und leitungsbezogene Parameter
 - Wartungskommandos und -bestätigungen
 - Indicator Bits Channel (IBC)
 - Embedded Operations Channel (EOC)

24



- Fehlerkorrekturmechanismen zur Forward Error Correction (FEC)
 - Kodierung gemäß Reed-Solomon
 - ▶ Bei Nutzung von 16 Parity-Bytes in 255 Byte Codeworten können bis zu 8 Bitfehler pro Codewort korrigiert werden
 - Verschränkung (Interleaving) von Codewörtern bei schlechter Leitungsqualität möglich
 - ▶ Verringert Anfälligkeit für Fehlerbursts
 - ▶ Erhöht Latenzen
- Signal-Rausch-Verhältnis durch Trellis-Kodierung verbessert
 - Fügt Redundanzen in Datenstrom ein
 - Erhöht Signal-Rausch-Verhältnis um 3dB (Faktor 2)

25



- VDSL2 bietet verbesserte Störtoleranz
 - DSL-Parameter können ohne Verbindungstrennung modifiziert werden
 - Dynamisches Ausweichen auf weniger gestörte Träger möglich (bit swapping)
 - Dynamic Rate Repartitioning (DRR) erhöht Verschränkung bei gleicher Übertragungsrate
 - Seamless Rate Adaption
 - ▶ Senkt Datenrate
- VDSL2 kann statt ATM-Zellen (ADSL2+) auch Ethernet-Dateneinheiten senden
 - Senkt Aufwand bei Kabelverzweigern
 - ▶ Kein ATM-IP-Gateway nötig
 - ▶ Preiswerte Glasfaser-Gigabit-Ethernet Anbindung
 - ▶ Dienste-Priorisierung (QoS) mittels V-LAN-Tagging



[s. Kapitel 6]

26



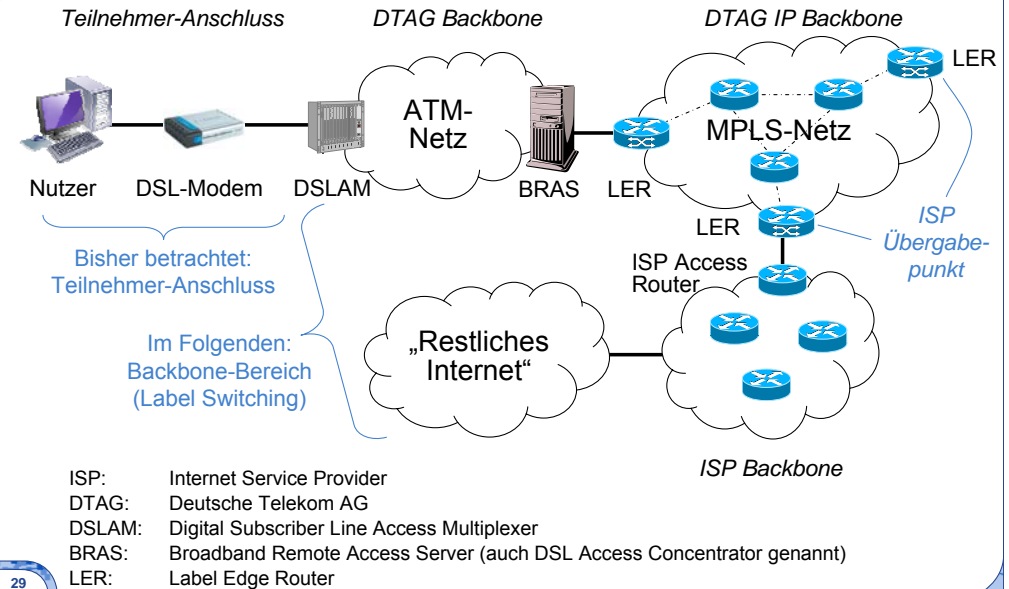
- VDSL2
 - In Deutschland entsteht seit Anfang 2006 eines der größten VDSL2-Netze weltweit
 - ▶ 3 Mrd € Investition durch Deutsche Telekom AG
 - ▶ Bis August 2009 Angebot in 50 deutschen Ballungszentren (u.a. Karlsruhe)
 - Aufgrund des hohen Innovationsgrads und Investitionsvolumens wurde dieses Netz von der Marktregulierung ausgenommen (Feb. 2007)
 - ▶ Man spricht vom „Lex Telekom“
 - ▶ Die EU hat daraufhin ein Verfahren vor dem EuGH wegen Verletzung des EU-Vertrags gegen Deutschland eingeleitet
 - ▶ Im April 2009 schlug der Generalanwalt den EU-Richtern vor, festzustellen, dass Deutschland gegen Europarecht verstoßen hat
 - ▶ 3.12.2009: EuGH kippt Lex Telekom
 - ▶ Gesetzgeber hat Ermessen der Bundesnetzagentur damit „in unzulässiger Weise eingeschränkt“
 - ▶ Gesetz stellt einen „Verstoß gegen verschiedene EU-Richtlinien“ dar
 - ▶ Mitbewerber (Arcor, Versatel) planen eigenes VDSL2-Netz
 - ▶ Vodafone baut VDSL-Netz in Heilbronn
 - ▶ VDSL-Bitzugang der Telekom mittlerweile zum Resale freigegeben
 - ▶ Bereits von vielen anderen vermarktet, z.B. 1&1 oder Arcor
 - ▶ Mitbewerber wollen aber zusätzlich Zugang zur Infrastruktur, z.B. zu Leerrohren oder DSLAMs
 - ▶ Erster Antrag der Telekom mit Bedingungen zum Zugang wurde gerichtlich abgelehnt

27



- DSL ermöglicht mit bis zu 8 Mbit/s im Down- und 1Mbit/s im Upstream signifikant höhere Datenraten als ISDN
 - In Deutschland wird im Privatkundenbereich vor allem Asymmetric DSL nach Annex B eingesetzt
 - ▶ Höhere Bandbreite im Downstream als im Upstream
 - ▶ Frequenzmultiplex und Discrete Multitone-Modulation
 - ▶ Nutzbare Datenrate ist abhängig von
 - ▶ Dämpfung
 - ▶ Entfernung
 - ▶ Störungen, z.B. Crosstalk
 - Weiterentwicklungen verbessern Kodierung und Signalverarbeitung, Kupferstrecke muss aber dennoch verkürzt werden
 - ▶ ADSL2+ erreicht bis 25 Mbit/s (Downstream) und 1 Mbit/s (Upstream)
 - ▶ VDSL2 erreicht theoretisch bis 200 Mbit/s sowohl Down- als auch im Upstream

28



29

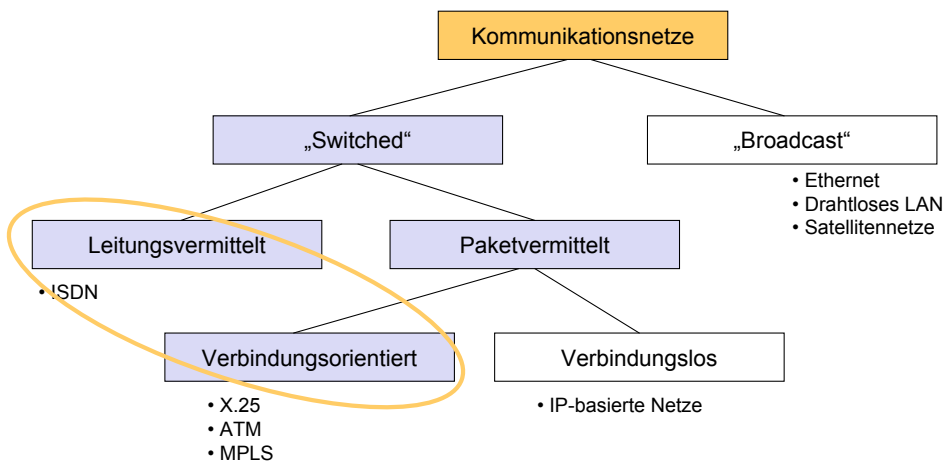
- Motivation
 - Daten müssen im Backbone-Bereich **möglichst schnell** vermittelt werden
 - ▶ Erfordert sehr leistungsfähige netzinterne Systeme
 - Differenzierte Behandlung von Datenströmen sollte möglich sein
- Bisher kennengelernte Ansätze
 - Internet-Routing
 - ▶ **Paketvermittelt**
 - ▶ Eher langsame Vermittlung wegen aufwändigem Routing-Lookup
 - ▶ Teure Hard- und Software zur Optimierung benötigt
 - ▶ Differenzierte Behandlung schwierig
 - ISDN
 - ▶ **Leitungsvermittelt**
 - ▶ Schnelle Vermittlung durch Nutzung dedizierter Leitungen
 - ▶ Signalisierung für Verbindungsaufbau notwendig
 - ▶ Bietet meist nur geringe Übertragungskapazitäten

30

- Grundlegender Ansatz von Label-Switching
 - Switching auf Schicht 2 statt Routing auf Schicht 3 für den Datenpfad
 - Verwendung lokal gültiger Kennungen (Labels) statt global gültiger Adressen
- Vorteile
 - Schnelle und effiziente Weiterleitung von Dateneinheiten innerhalb einer **Label Switching-Domäne**
 - ▶ Vermeiden der "teuren" Lookups in IP-Routingtabellen
 - Gleichzeitiger Betrieb mehrerer virtueller Verbindungen über eine physikalische Teilnehmeranschlussleitung
 - Differenzierte Behandlung von Verkehrsströmen ermöglicht
 - ▶ Lastverteilung
 - ▶ Dienstgüte
- Verschiedene Ansätze nutzen Label-Switching
 - **X.25** (am Netzzugang)
 - **ATM** (Asynchroner Transfer Modus)
 - **MPLS** (Multiprotocol Label Switching)

Zeitliche Entwicklung

31



32

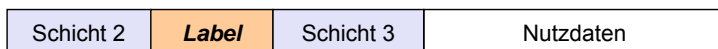
- **Klassisches Routing (Schicht 3)**
 - Jede Dateneinheit wird einzeln bearbeitet
 - Auswertung/Bearbeitung der Felder im Kopf der Dateneinheit
 - Weiterleitung anhand Information in umfangreicher Routingtabelle
 - ▶ Präfix-basierter Lookup

→ *relativ langsamer Datenpfad*
- **Klassisches Switching (Schicht 2)**
 - Aufbau virtueller Verbindungen
 - Weiterleitung anhand kurzer Kennungen im Kopf der Dateneinheit
 - ▶ Kleinere Tabellen, einfacherer Lookup

→ *sehr schneller Datenpfad*
- **Label Switching**
 - Kombination von Routing (Schicht 3) und Switching (Schicht 2)
 - ▶ Beschleunigte Vermittlung und Weiterleitung von Dateneinheiten
 - ▶ Differenzierte Behandlung von Datenströmen

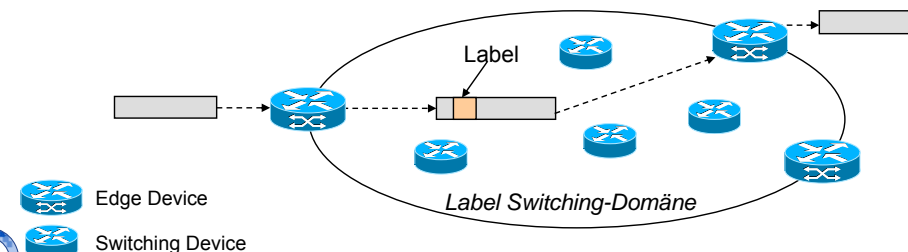
33

- **Label**
 - Kurze Verbindungskennung fester Länge
 - ▶ Enthält keinerlei Schicht-3-Informationen
 - ▶ Nur lokal gültig
 - ▶ Umsetzen des Eingangslabel in ein neues Ausgangslabel im Switch
- **Das Label muss in den Dateneinheiten mitgeführt werden**
 - In speziell dafür vorgesehenen Feldern im Kopf der Dateneinheit
 - ▶ der Sicherungsschicht oder
 - ▶ der Vermittlungsschicht
 - In einem zusätzlich eingeführten Feld zwischen den Köpfen der Dateneinheiten der Vermittlungs- und der Sicherungsschicht
 - ▶ Auch als „small label header“ (shim label header) bezeichnet
 - ▶ „Schicht 2,5“



34

- **Label Switching-Domäne**
 - Netzbereich, in dem Label Switching genutzt wird
 - Spezielle Randsysteme (**Edge Devices**) müssen Labels einfügen bzw. entfernen
 - ▶ Labels gelten nur innerhalb einer Label Switching-Domäne
 - ▶ Ingress Router fügen Labels hinzu
 - ▶ Egress Router entfernen Labels wieder
 - Zwischensysteme (**Switching Devices**) leiten Dateneinheiten nur auf Basis ihres Labels weiter

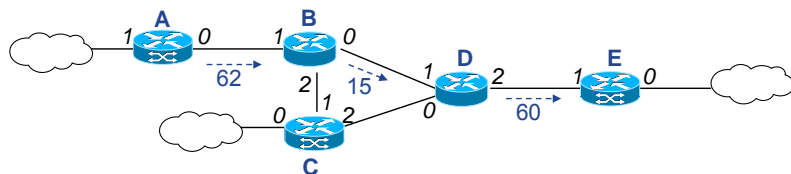


35

Label Forwarding Information Base

- Enthält die für die Weiterleitung erforderlichen Informationen
- Einfacher und effizienter Zugriff über Eingangslabel

Switch	Eingangslabel	Ausgangslabel	Nächster Hop	Ausgehendes Interface
A	-	62	B	0
B	62	15	D	0
C	-	15	D	2
D	15	60	E	2
E	60	-	-	0

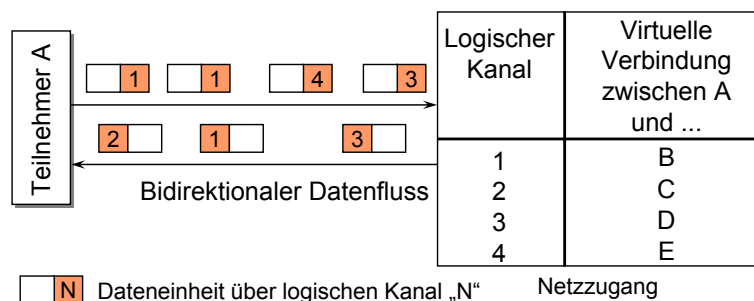


36

- Bezeichnung der Deutschen Telekom: X.25-Hauptanschluss
- Strukturierung gemäß dem ISO/OSI Referenzmodell
 - Physikalischer Anschluss (Bitübertragung): X.21
 - Übermittlung von Dateneinheiten: HDLC
 - Vermittlungsfunktion: X.25
- X.25 ist lediglich am Netzzugang gültig. Die Protokolle im Netz sind für die Teilnehmer transparent.

37

- Realisiert eine Schnittstelle für das Multiplexen von Dateneinheiten in Schicht 3
- Dateneinheiten werden bedarfsgesteuert über eine physikalische und eine HDLC-Verbindung übertragen. Hierbei können die Dateneinheiten beim statistischen Zeitmultiplex beliebig zeitlich verschachtelt sein.
- Die Unterscheidung nach virtueller Verbindung muss in Schicht 3 durch die logische Kanalnummer erfolgen.

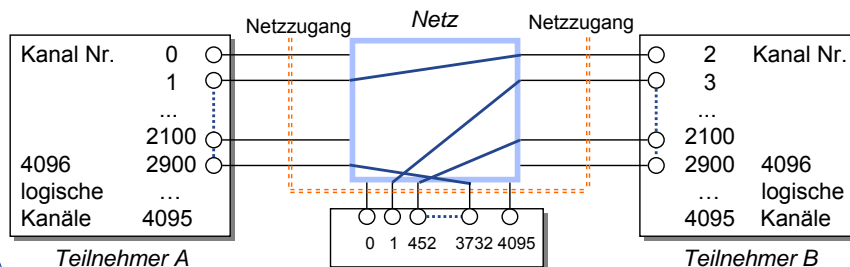


38

- Logische Kanalnummern
 - Identifizierung aller Dateneinheiten einer virtuellen X.25-Verbindung auf einem logischen Kanal (Netzzugangsverbindungen)
 - Angewendet auf beide Übertragungsrichtungen einer Teilstrecke
 - Logische Kanalnummern werden stets nur für jeweils eine Teilstrecke vergeben
 - Für den Teilnehmer wesentlich (und allein sichtbar) sind die auf den Teilnehmeranschlussleitungen verwendeten logischen Kanalnummern
 - Nutzung für das Multiplexen von Dateneinheiten
- In beiden Teilnehmeranschlussbereichen einer virtuellen Verbindung sind die logischen Kanalnummern voneinander völlig unabhängig

39

- Im Gegensatz zu Datagramm-Diensten ist es bei Vorliegen virtueller Verbindungen unnötig, die komplette Netzadresse in jeder Dateneinheit mitzuführen
- Es werden nur die aktuell vorhandenen virtuellen Verbindungen, die über eine Teilstrecke führen, relativ zueinander nummeriert
- Es gibt keinen tieferen Zusammenhang zwischen „absoluten“ Netzadressen und den logischen Kanalnummern
- Bei jedem neuen Aufbau einer gewählten temporären virtuellen Verbindung — auch zum gleichen Teilnehmer — wird eine neue logische Kanalnummer in Abhängigkeit vom aktuellen Belegungszustand der logischen Kanalnummer vergeben



40



- Multiplexen unterschiedlicher Verbindungen in Schicht 3
- Flusskontrolle sowie Fehlererkennung und -behebung
 - Sowohl in Schicht 2 als auch in Schicht 3
- In-band-Signalisierung
 - Kontrolldateneinheiten werden über die gleiche virtuelle Verbindung transportiert wie Nutzdatenheiten
- Problem
 - Hoher Overhead
 - ▶ Fehlerkontrolle bei heutigen relativ geringen Fehlerwahrscheinlichkeiten auf den Übertragungsabschnitten im Festnetz eigentlich nicht erforderlich
 - ▶ Führt zu ineffizienter Nutzung des Mediums
 - Für das Senden einer Dateneinheit auf Schicht 3 Dateneinheit und Quittung pro Übertragungsabschnitt in Schicht 2 erforderlich
 - Zustandshaltung in den netzinternen Knoten erforderlich

41



- Multiprotocol Label Switching (MPLS)
 - Basiert auf Tag-Switching, was wiederum durch IP-Switching inspiriert war
- Ziel
 - **Standardisierung** einer Basistechnologie, die Label Switching in Routing der Vermittlungsschicht integriert
 - ▶ Berücksichtigung unterschiedlicher Protokolle der Vermittlungsschicht
 - ▶ Aber letztendlich nur im Hinblick auf IP entwickelt
 - ▶ Unabhängigkeit von der Sicherungsschicht
 - ▶ Unabhängigkeit vom Hersteller
 - Einführung von **Dienstgüte** (QoS, Quality of Service)
- Verschiedene Protokolle zur Verteilung von Zuordnungen
 - Label Distribution Protocol (LDP)
 - Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering (RSVP-TE)
- RFC 3031 beschreibt MPLS [RoVC01]



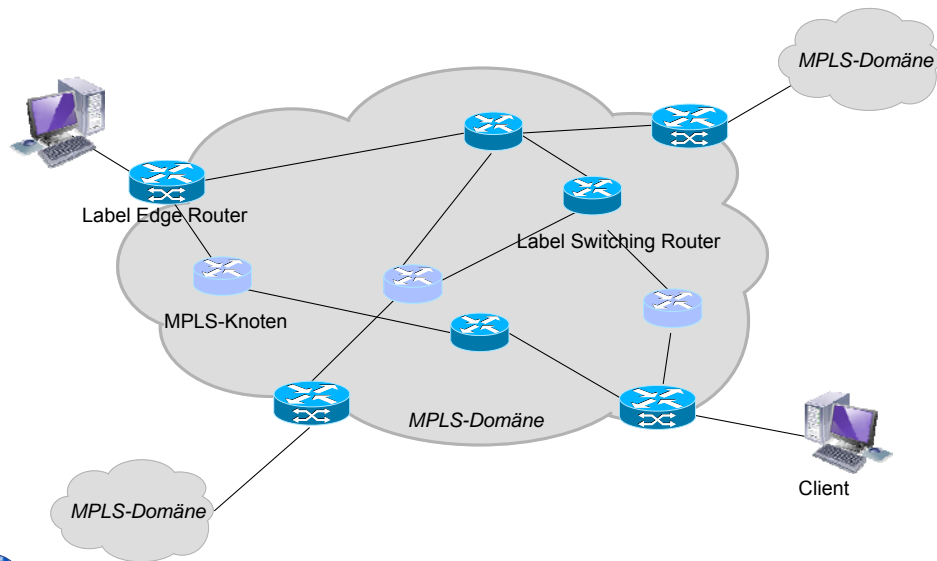
42



- Label Switching Router (LSR)
 - Im Kern einer MPLS-Domäne
 - IP-Router mit MPLS-Fähigkeiten
 - ▶ Kann IP-Dateneinheiten auf der Basis von IP-Präfixen weiterleiten
- MPLS-Knoten
 - Label Switching Router, der aber keine IP-Dateneinheiten auf der Basis von Präfixen weiterleiten kann
 - Arbeitet nur auf Labels
- Label Edge Router (LER)
 - Router am Ein-/Ausgang einer MPLS-Domäne
 - ▶ Label Ingress Router bzw. Label Egress Router
 - Klassifiziert Dateneinheiten beim Eintreten in die MPLS-Domäne
- Label Distribution Protocol
 - Austausch von Labels / Label-Zuordnungen
- Label Information Base
 - Tabelle für Label-basierte Weiterleitung

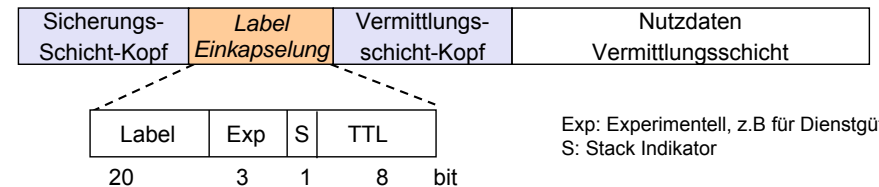
43





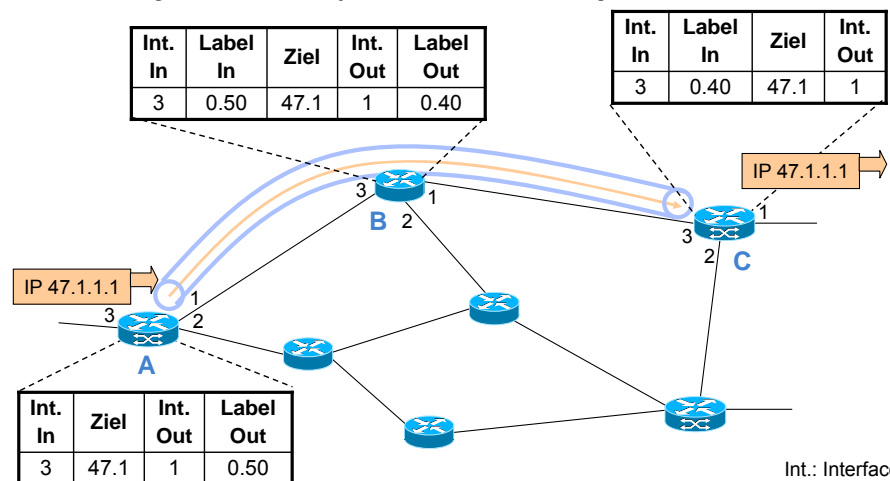
44

- Einkapselung von Labels
 - Shim header zwischen Schicht 2 und Schicht 3 Köpfen



45

- Definition
 - Sequenz von Labels auf einem Pfad zwischen zwei Systemen
 - Anmerkung: Labels haben jeweils nur lokale Gültigkeit



46

- Label-Switching hat lange Entwicklungsgeschichte
 - X.25 („Grundkonzept“ allerdings nur am Netzzugang)
 - ...
 - MPLS (Erweiterung auf bel. Protokolle mit IP-Adressierung)
- Vorteile von Label-Switching
 - Schnelle Vermittlung von Dateneinheiten mit $O(1)$ Komplexität
 - Differenzierte Behandlung von Datenströmen möglich
 - Lastverteilung, Dienstgüte, etc.
- ... aber: Wie werden Labels im Netz verteilt?
→ Geeignete Signalisierung benötigt
- ... und Label-Switching erlaubt mehr
 - Traffic-Engineering
 - Bestimmte TTL-Modelle können die Topologie des MPLS-Netzes verbergen
 - VPNs können über MPLS realisiert werden

47

- Entwicklung des Grid Computing im Laufe der 90er Jahre
 - Gründe für diese Entwicklung waren u.a.
 - Wachstum der Datenmengen in wissenschaftlichen Projekten
 - Zur Auswertung der Daten wird enorme Rechenleistung benötigt
 - Begrenzte Finanzen zur Durchführung der Auswertungen
 - Abhilfe durch **Kooperation** mehrere Organisationen
 - Anforderungen
 - Kontrolle über lokale Hard- und Software bleibt lokal
 - Parallelisierbarkeit der Auswertungen möglich
 - Vernetzung und Kommunikation der Standorte notwendig
 - Ablauf einer Auswertung
 - Übermittlung von Jobs an das Grid
 - Batch-Scheduling der Jobs und Nutzung von Warteschlangen
 - Nutzung virtueller Daten, d.h. Daten müssen nicht lokal vorliegen
 - Datentransfer zwischen Standorten notwendig
 - Datenrückgabe bzw. -abfrage nach Ausführung des Jobs

48

- Ian Foster definiert ein System mit den folgenden 3 Eigenschaften als Grid:
 - Ressourcen koordiniert, die keiner zentralen Kontrolle unterliegen
 - Ein Grid besteht aus mehreren Organisationen und Standorten
 - standardisierte, offene** und verallgemeinerte Protokolle und Schnittstellen verwendet
 - Grid ist für verschiedene Zwecke einsetzbar und nicht anwendungsspezifisch
 - Standardisierung z.B. durch Open Grid Forum
 - nicht-triviale Dienstgüte zur Verfügung stellt
 - z.B. bezüglich Antwortzeiten, Verfügbarkeit oder Durchsatz
 - Erfüllung komplexer Nutzeranforderungen mit Hilfe unterschiedlicher Ressourcenarten
 - Koordinierter Nutzen der Ressourcenarten ist höher als die Summe der einzelnen Bestandteile

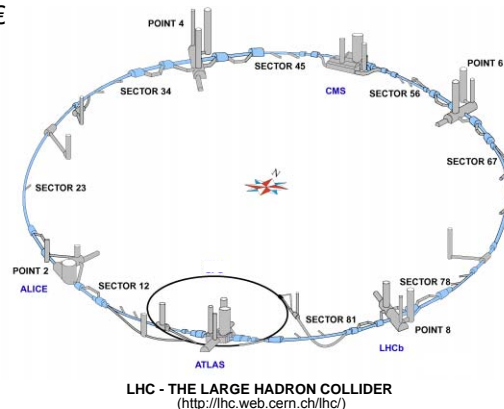


[Fost02]



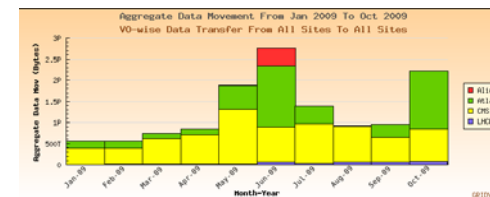
49

- Large Hadron Collider (LHC)** am CERN
 - Bisher stärkster Teilchenbeschleuniger mit Schwerpunktenenergie von 14 TeV
 - Bisherige Beschleuniger kamen lediglich auf 1-2 TeV
 - Erster Testlauf fand im September 2008 statt
 - Kosten der Anlage: ca. 3 Mrd. €
 - Umfang des Rings: 26,659 km
- LHC dient 4 Experimenten
 - ALICE
 - Zustand der Materie beim Urknall untersuchen
 - ATLAS und CMS
 - Nachweis des Higgs-Feldes
 - LHCb
 - Eigenschaften von B-Quark-Partikeln



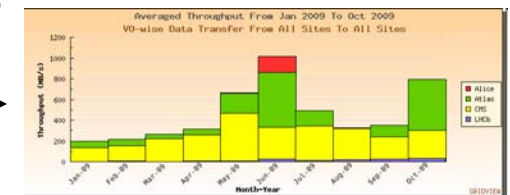
50

- Herausforderungen
 - Speicherung und Auswertung der anfallenden Daten
 - Pro Jahr erzeugen alle Experimente ca. **11 Petabyte** an Daten
 - Deutlich mehr Daten als bei allen bis dato existierenden Projekten
 - Kommunikation zwischen Standorten darf Netz nicht übermäßig belasten

GridView (http://gridview.cern.ch/GRIDVIEW/dt_index.php)

← Datentransfer zwischen allen Standorten in Byte/Monat für alle 4 LHC-Experimente

Durchsatz aller Standorte in MB/s für alle 4 LHC-Experimente →



51

- Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)
 - Infrastruktur zur Speicherung und Analyse der durch die LHC-Experimente erzeugten Daten
 - Nutzung der Infrastruktur auch für andere datenintensive Projekte
 - Zusammenarbeit von **170 Standorten** in 34 Ländern
 - Mehrstufiges, hierarchisches Modell
 - ▶ Datenreduktion durch Tier0-Standorte
 - ▶ Analyse und teilweise Speicherung durch regionale Tier1-Standorte
 - ▶ Das KIT stellt das Tier1-Regionalzentrum Deutschlands (GridKa)
 - ▷ Aufbau und Administration durch SCC
 - ▷ Nachhaltigkeit wichtig: LHC-Experimente sind auf 15 Jahre angelegt
 - ▷ Neben den LHC-Experimenten werden weitere 4 Projekte unterstützt
 - ▶ Weitere „Tiers“ vorrangig für lokale Berechnungen genutzt
 - ▶ Tier0 und Tier1 stehen hingegen allen Kooperationspartnern offen



52



- Cloud Computing
 - Reiht sich in die Entwicklungen der letzten Jahre als aktuellster Trend ein
 - ▶ Distributed Computing
 - ▶ Clustered Computing
 - ▶ Grid Computing
 - ▶ Cloud Computing
 - Viele Ähnlichkeiten zu bisherigen Entwicklungen
 - Weder Dienstanbieter noch Forschungsprojekte wollen aktuelle Trends verpassen
 - ▶ Cloud Computing daher an vielen Stellen als *Buzz Word*
 - ▶ Konkrete Definition und Abgrenzung von anderen Entwicklungen entsteht oft erst nach und nach
 - ▶ Derzeit existieren viele unterschiedliche Definitionen

53



- Mögliche Definitionen
 - „Die Cloud ist im Grunde genommen eine Kombination aus Grid-Computing [...] und **Software-as-a-Service (SaaS)**“ (Research 2.0)
 - „Bereitstellen **skalierbarer IT-Services** über das Internet für eine potenziell große Zahl externer Kunden“ (Gartner)
 - „Ein Pool aus abstrahierter, hochskalierbarer und verwalteter **IT-Infrastruktur**, die Kundenanwendungen vorhält und **nach Verbrauch abgerechnet** wird“ (Forrester Research)
 - „Cloud-Provider bündeln eine ganze Reihe von Komponenten für den Kunden, u.a. Netz-, Rechen- und Speicherressourcen“ (Saugatuck Technology)
 - „Teil des typischen Buzzword-Bingo. Man könnte das Phänomen auch **Grid for Rent** nennen“ (Jan Wildeboer, Red Hat)
 - „Bei Cloud Computing geht es im Kern darum, Ressourcen **dynamisch** zur Verfügung zu stellen. Dabei können Nutzer mit erheblich schnelleren Reaktionen auf Kapazitätsanfragen rechnen“ (IBM)

54



- **Virtualisierung** als Enabler für Cloud Computing
 - Erst in den letzten Jahren ausgereift und im Produktivbetrieb einsetzbar
 - Weitere Gründe für Entwicklung des Cloud Computing
 - ▶ Sinkende Hardware-Kosten bei steigender Rechenleistung und Speicherkapazität
 - ▶ Verbreitung von Multicore-Prozessoren
 - ▶ Starker Anstieg der Datenmenge, z.B. in wissenschaftlichen Projekten
- Eigenschaften des Cloud Computing
 - Ressourcen werden zentral kontrolliert und administriert
 - ▶ **Internal** Cloud: Organisationen stellen eigene Cloud intern zur Verfügung
 - ▶ **Hosted** Cloud: Cloud wird von einem Drittanbieter zur Verfügung gestellt
 - **Public** Cloud als Geschäftsmodell
 - ▶ Cloud über das Internet öffentlich für alle verfügbar
 - ▶ Im Gegensatz zur **Private** Cloud und zur **Hybrid** Cloud, die nicht öffentlich sind
 - ▶ Nutzer zahlt nur tatsächlich benötigte Ressourcen
 - ▶ Anbieter nutzt Skaleneffekte durch viele parallele Nutzer
 - Schnelle, dynamische Bereitstellung von Ressourcen
 - Einfache APIs für Nutzer
 - ▶ Allerdings meist proprietär und nicht einheitlich

55



- Es werden 3 verschiedene Ebenen unterschieden
 - **Infrastructure-as-a-Service (IaaS)**
 - ▶ Cloud bietet Nutzer-spezifische Infrastrukturen
 - ▶ Konfiguration der Hardware und Software erfolgt durch den Nutzer
 - ▶ Nutzung virtueller Server
 - ▶ z.B. Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), IBM Blue Cloud, GoGrid
 - **Platform-as-a-Service (PaaS)**
 - ▶ Entwicklung und Ausführung von Nutzer-spezifischen Anwendungen
 - ▶ Entwicklungsumgebung wird von der Cloud zur Verfügung gestellt
 - ▶ z.B. Google App Engine
 - **Software-as-a-Service (SaaS)**
 - ▶ Cloud bietet dem Nutzer bestimmte Anwendungen
 - ▶ Ausführung der Anwendung und Speicherung der Daten durch Cloud
 - ▶ z.B. Salesforce Customer Relationship Management (CRM), Google Docs

56



- Möglichkeiten des Cloud Computing
 - New York Times möchte Zeitungsartikel frei verfügbar machen
 - ▶ Alle Artikel aus den Jahren 1851 – 1922
 - ▶ Verfügbar nur als Bilddateien, angeboten werden soll pdf-Datei
 - ▶ Bearbeitung, Skalierung und Zusammenfügen notwendig
 - Speicherung von 4 TB Bilddaten über Amazon Cloud S3
 - Erzeugung der pdf-Dateien über Amazon Cloud EC2
 - ▶ Parallele Nutzung von 100 virtuellen Servern
 - ▶ Erzeugung von **11 Mio. Artikeln** im pdf-Format innerhalb von 24 h
 - Artikel sind über Amazon S3 öffentlich verfügbar
 - ▶ Weitere 1,5 TB an Speicherplatz benötigt
- Fazit
 - Einfache Nutzung der Clouds durch einfache Schnittstellen
 - Unterstützung durch vorhandene Software und Tools
 - Im Vergleich zur Anschaffung eigener Hardware günstig und schnell

New York Times

[Gott07]

57



- Unterschiede zwischen Cloud und Grid Computing [FYRL08]

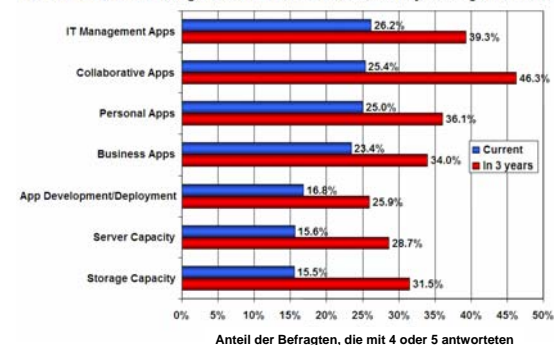
	Grid Computing	Cloud Computing
Geschäftsmodell	Projektorientiert Projektteilnehmer bringen eigene Ressourcen ein	Gewinnorientiert Kosten fallen abhängig vom Verbrauch an
Infrastruktur	Mehrere Standorte und Organisationen	Einzelner Anbieter
Kontrolle	Jede Organisation	Liegt dank Virtualisierung beim Nutzer
Architektur	Heterogene Umgebungen mit lokalen und globalen Policies	Unterschiedliche Ausprägungen möglich (z.B. IaaS, SaaS)
Standardisierung	Standardisierung der Protokolle, Middleware und Dienste durch Open Grid Forum	Meist proprietäre, nicht einheitliche Schnittstellen und Protokolle
Ressourcenmanagement	Scheduling von Batch-Jobs, Warteschlangen zur Abarbeitung	Parallele Nutzung der Ressourcen durch viele Nutzer
Sicherheit	Aufgrund lokaler Policies und mehrerer Standorte bei Entwicklung bereits bedacht	Sicherheit wegen Kontrolle durch Nutzer und einfachem Zugang geringer

58



- Umfrage unter 244 Firmen [Gens08]
 - Nutzung verschiedener Cloud Computing-Dienste
 - Skala von 1 (keine Nutzung) bis 5 (verbreitete Nutzung)

Q: Current, future usage level of IT cloud services in your organization?



Source: IDC
Enterprise Panel,
August 2008

- Cloud Computing in den nächsten 3 Jahren auf dem Sprung vom „Early Market“ zum „Mainstream Market“

59



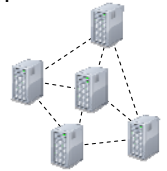
- ... oder: Der Kreis schließt sich [Leib09]
 - In den 70ern nutzte man reine I/O-Terminals zur Kommunikation mit **Mainframe**-Computern
 - ▶ Datenspeicherung und Berechnungen auf Mainframe
 - ▶ Zentrale Kontrolle
 - ▶ Abrechnung nach Nutzung (CPU-Last, Speicherplatz)
 - In den 80ern führten **Personal Computer** eigene Programme aus und speicherten lokal Daten
 - ▶ Mainframe konnte bei erhöhtem Bedarf genutzt werden
 - Die breite Nutzung des **Internets** in den 90ern machte Mainframes überflüssig
 - ▶ Viele Anwendungen werden lokal ausgeführt
 - ▶ Speicherung von Daten erfolgt meist lokal
 - ▶ Auffinden von verteilten Informationen über das Internet
 - ▶ Immer mehr Dienste über das „verteilte Netz“ Internet verfügbar
 - In den letzten Jahren werden wieder verstärkt Aufgaben ausgelagert
 - ▶ Datenspeicherung und Ausführung von Anwendungen
 - ▶ z.B. Webmail, virtuelle Festplatten, Office-Anwendungen
 - ▶ Unterschied der Grids und Clouds zu Mainframes der 70er
 - ▶ **Verteilte Realisierung** durch kleine Einheiten statt der lokalen, großen Mainframes



60



- Grid Computing [KTMF09]
 - Kontrolle über Ressourcen bleibt bei der jeweiligen Organisation
 - ▶ Ermöglichte schnelle Einführung dieser neuen Technology
 - ▶ Skaliert jedoch nur begrenzt
 - ▶ Abgleich der Richtlinien zeitaufwändig, komplex und teuer
- Cloud Computing
 - Kontrolle über Ressourcen liegt beim Nutzer
 - ▶ Ermöglicht Nutzer-spezifische Konfigurationen und Infrastrukturen
 - ▶ Dynamische Bereitstellung benötigter Ressourcen
 - ▶ Isolation verschiedener Nutzer durch Virtualisierung
- Sky Computing
 - Dynamisch bereitgestellte, verteilte Umgebungen
 - ▶ Einbeziehung mehrerer Clouds in virtuelle Umgebung
 - ▶ Vorteil gegenüber Grids: Kontrolle liegt beim Nutzer
 - Herausforderungen
 - ▶ Schnelle Bereitstellung isolierter Netze bei heterogenen Ressourcen
 - ▶ Berücksichtigung unterschiedlicher Konnektivität
 - ▶ Performance muss trotz notwendiger Kommunikation hoch sein



61



- Motivation
 - Wie könnte Kommunikation bzw. das Internet in 10-15 Jahren aussehen?
 - ▶ ... und wie kann man dorthin gelangen?
- Probleme heutiger Netze
 - Die Anforderungen haben sich von der ersten Nutzung des Internets zur heutigen Zeit stark verändert
 - ▶ Im gleichen Maße haben sich auch die Möglichkeiten verändert
 - „Flickenteppich“
 - ▶ An vielen Punkten werden neue Funktionalitäten benötigt und zusätzliche Protokolle an bisherige Funktionalität „angebaut“
 - ▶ z.B. Routing, Dienstgüte, Sicherheit
 - ▶ Bei den ursprünglichen Protokollen des Internets wurde an bestimmte Probleme noch gar nicht gedacht, z.B.
 - ▶ Sicherheit: Spam, Denial-of-Service-Angriffe, Vertrauen
 - ▶ Echtzeitanwendungen

62



- Clean Slate Ansatz [CPBD05]
 - Neue Herangehensweise aus heutiger Sicht der Dinge
 - Design eines „neuen Netzes“ unter Berücksichtigung aller bekannten Probleme
 - Mögliche Forschungsbereiche
 - ▶ Günstige, offene Infrastruktur für die Kommunikation mit günstigen, allgegenwärtigen Endsystemen wie z.B. Sensoren
 - ▶ Einfluss der Lokation eines Endsystems auf Kommunikation
 - ▶ Robustheit, Sicherheit, Vertrauen, Datenschutz
 - ▶ Skalierbarkeit: Lokale statt globaler Kommunikation wird immer häufiger benötigt
 - ▶ Veränderungen durch Quantencomputing
 - ▶ Anforderungen der Nutzer – nicht nur die des Netzes – sollten in die Kontrollebene einbezogen werden
 - ▶ Energie-bewusste bzw. Energie-sparende Kommunikation

63



Bücher

[Hals05] F. Halsall; **Computer Networking and the Internet**; Addison Wesley, 5. Auflage, 2005

Vertiefende Literatur

[Bund08] Bundesnetzagentur; **Jahresbericht 2008**; 2008

[Bund09] Bundesnetzagentur; **Tätigkeitsbericht 2008/09 für den Bereich Telekommunikation**; 2009

[CPBD05] David D. Clark, Craig Partridge, Robert T. Braden, Bruce Davie et al.; **Making the World (of Communications) a Different Place**; ACM Sigcomm Computer Communication Review, Vol. 35, Issue 2, pp. 91-96, July 2005

[DeTe07] Deutsche Telekom AG; **VDSL-Ausbau in Deutschland**; 2007, <https://eki-pi.t-home.de/info-iptv/app/webroot/swf/vdsl.swf>

[DPKM09] M. D. Dikaiakos, George Pallis, Dimitrios Katsaros, Pankaj Mehra, Athena Vakali; **Cloud Computing: Distributed Internet Computing for IT and Scientific Research**; IEEE Internet Computing, Vol. 13, No. 5, Seite 10-13, Oktober 2009.

[Fost02] Ian Foster; What is the Grid? A Three Point Checklist; GRIDtoday, Vol.1, No. 6, Juli 2002.

[FYRL08] I. Foster and Z. Yong and I. Raicu and S. Lu; **Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared**; Proc. of the Grid Computing Environments Workshop, Austin, Texas, USA, November 2008.

64

[Gens08] Frank Gens; **IT Cloud Services User Survey, pt.1: Crossing the Chasm**; IDC Survey, <http://blogs.idc.com/ie/?p=205>, September 2008.

[Gott07] Derek Gottfried; **Self-service, Prorated Super Computing Fun!**; The New York Times Open Blog; <http://open.blogs.nytimes.com/2007/11/01/self-service-prorated-super-computing-fun/>, November 2007.

[Herr08] Wolfgang Herrmann; **Cloud Computing – das Buzzword des Jahres?**; Computerwoche, April 2008.

[ITU99] ITU; **G.992.1 – Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers**; 1999

[ITU06] ITU; **G.993.2 – Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)**; Februar 2006

[Koss06] Axel Kossel; **Breiterband: Schneller Internet-Zugang mit ADSL2+**; c't 2006, Heft 11

[KTMF09] K. Keahey, M. Tsugawa, A. Matsunaga, J. Fortes; **Sky Computing**; IEEE Internet Computing, Vol. 13, No. 5, Seite 43-51, Oktober 2009.

[Leib09] Barry Leiba; **Having One's Head in the Cloud**; IEEE Internet Computing, Vol. 13, No. 5, Seite 4-6, Oktober 2009.

[RoVC01] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon; **Multiprotocol Label Switching Architecture**; RFC 3031, IETF, Januar, 2001

[SkZi06] Holger Skurk, Dušan Živadinović; **In der Kürze... Wie VDSL2 funktioniert und wofür man es braucht**; c't 2006, Heft 13, Seite 236ff.

[ZiEA06] Dusan Zivadinovic, Johannes Endres, Ernst Ahlers; **Hilfsbremser und Schnellstarter: 14 WLAN-Router für ADSL2+**; c't 2006, Heft 11

65