

# 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







TELEMATICS

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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de


TELEMATICS

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

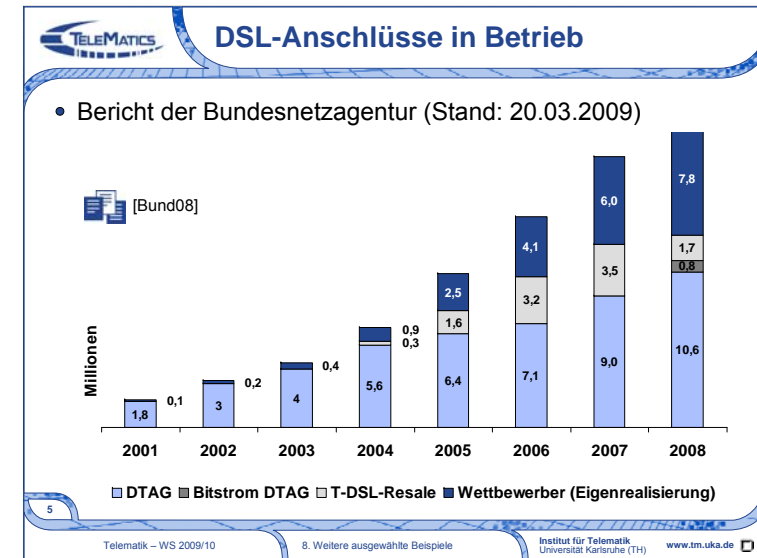
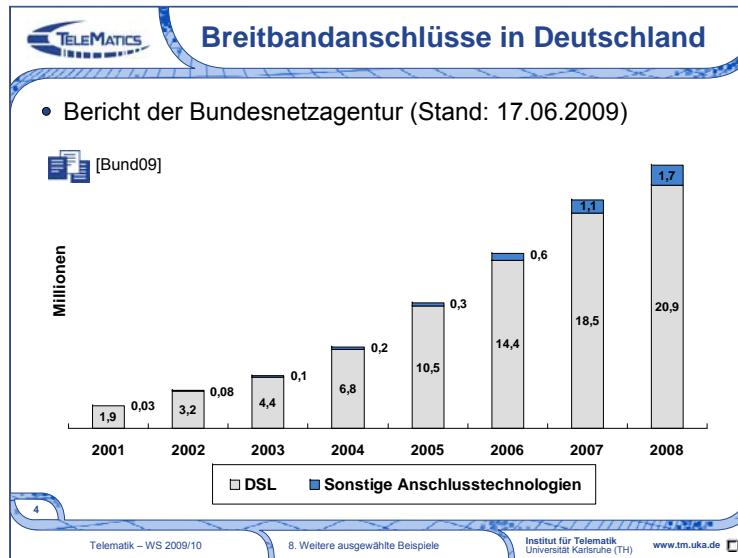
3

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



TELEMATICS

Asymmetric DSL (ADSL)

- 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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

8.1.1 Übertragungstechnik

- 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

Telematik – WS 2009/10


8. Weitere ausgewählte Beispiele

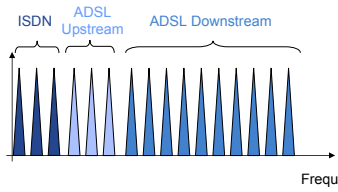
Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

Übertragungstechnik

- 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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

Übertragungstechnik

- 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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

Übertragungstechnik

- 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

Entfernung [km]	Datenrate [kbit/s]
2,7	6000
3,3	4000
4,0	3000
4,3	2500
4,5	2200
4,9	1800
5,4	1500
5,7	1200
6,2	1000

DSL Verfügbarkeitscheck

DSL ist für Sie verfügbar!

Für Ihre Rufnummer 07 21 12345678 sind folgende Produkte erhältlich:

DSL 16384 Anschlüsse (je nach Linie im DSL-Kreis möglich)

10

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

Übertragungstechnik

- 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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

Übertragungstechnik

- **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

Reine Telefon-Doppelader

DSL-Doppelader

12

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

8.1.2 Aufbau einer ADSL-Verbindung

- **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

Nutzer

DSL-Modem

BRAS

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

13

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

Aufbau einer ADSL-Verbindung

- 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

```

graph LR
    Nutzer[Nutzer] --- DSLModem[DSL-Modem]
    DSLModem --- BRAS[BRAS]
    BRAS --- Telekom[Telekom IP Backbone]
    Telekom --- Provider[Provider-Backbone]

```

14

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

TELEMATICS

Aushandlung der Datenrate

- 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

```

graph LR
    Nutzer[Nutzer] --- DSLModem[DSL-Modem]
    DSLModem --- BRAS[BRAS]
    BRAS --- Telekom[Telekom IP Backbone]
    Telekom --- Provider[Provider-Backbone]

```

15

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



## 8.1.3 Weiterentwicklungen

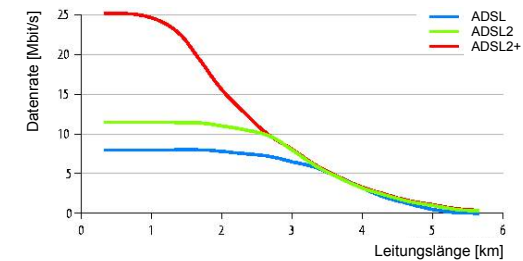
- ADSL2
  - Erhöhung der maximal erreichbaren Datenrate durch verbesserte Kodierung und Signalverarbeitung, z.B. effizientere Nutzung der Träger
  - Hat sich in Deutschland nicht durchgesetzt
- ADSL2+
  - Einführung im Jahr 2005
  - Nutzung eines größeren Frequenzbereichs (bis 2 MHz)
  - Verbesserte 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

## Weiterentwicklungen

- 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 Träger

- 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

18

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

Weiterentwicklungen

- 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

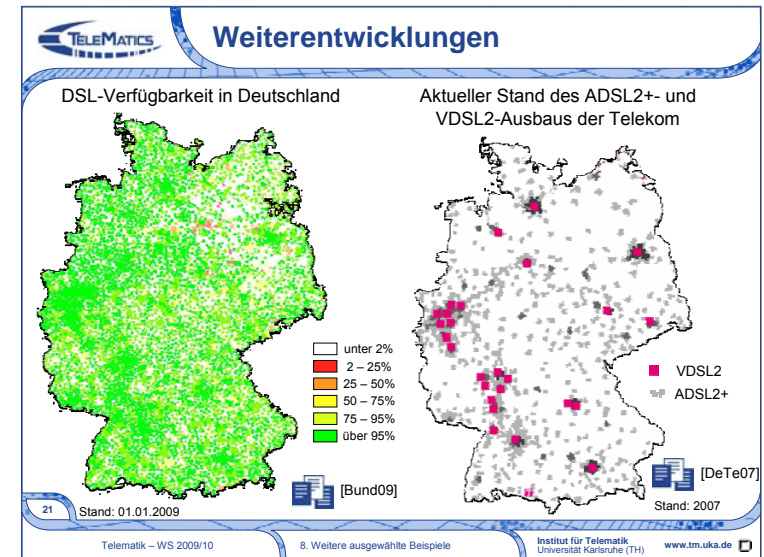
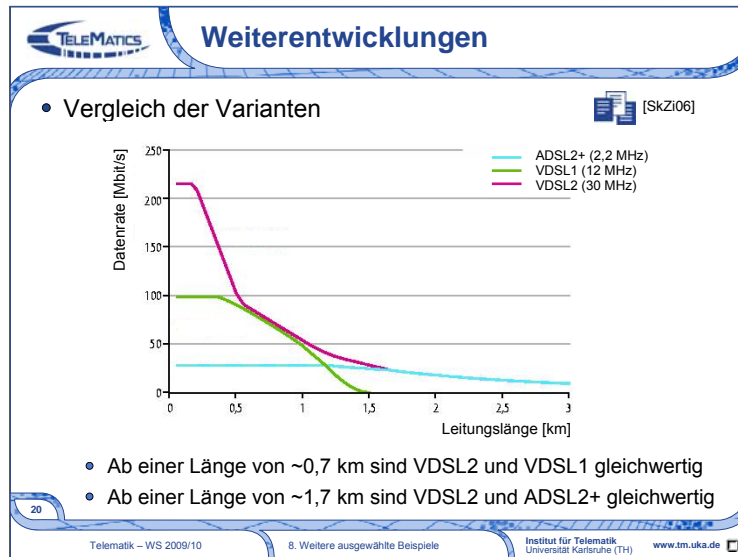
19

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



## VDSL2

- Mixture of fiber optic technology and copper double-layers
  - Shortened copper line
  - Use of improved coding and signal processing
  - Use of a larger frequency range
  - More cost-effective than pure fiber optic infrastructure
  - Further use of existing technology

Internet

Glasfaser

Vermittlung

Kupfer-Doppelader

Kabel-Verzweiger

Nutzer

Im Schnitt 1,6 km

ADSL2+

Glasfaser

Outdoor DSLAM

Kupfer-Doppelader

Nutzer

Im Schnitt 0,5 km

VDSL2

[SkZ106]

22

Telematik – WS 2009/10
 8. Weitere ausgewählte Beispiele
 Institut für Telematik Universität Karlsruhe (TH)
 www.tm.uka.de


## VDSL2

- Telekom builds Outdoor-DSLAMs
  - Implementation between VDSL2 transmission on the copper side and optical transmission on the fiber side
    - ▶ Shortening of the copper lines between user and exchange
    - ▶ „Fibre to the Curb“ (FTTC, fiber to the curb)

- Support several hundred VDSL2 users
- Power consumption significantly below 1 kW
- Offer different power modes
  - L0 (full power) to L3 (Sleep Mode)

23


Telematik – WS 2009/10
 8. Weitere ausgewählte Beispiele
 Institut für Telematik Universität Karlsruhe (TH)
 www.tm.uka.de




## VDSL2

- 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
 Telematik – WS 2009/10
 8. Weitere ausgewählte Beispiele
 Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)
 www.tm.uka.de




## VDSL2




- 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
 Telematik – WS 2009/10
 8. Weitere ausgewählte Beispiele
 Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)
 www.tm.uka.de



## VDSL2

- 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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



## VDSL2

- 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 Telekommit Bedingungen zum Zugang wurde gerichtlich abgelehnt

27

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

Zusammenfassung

- 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

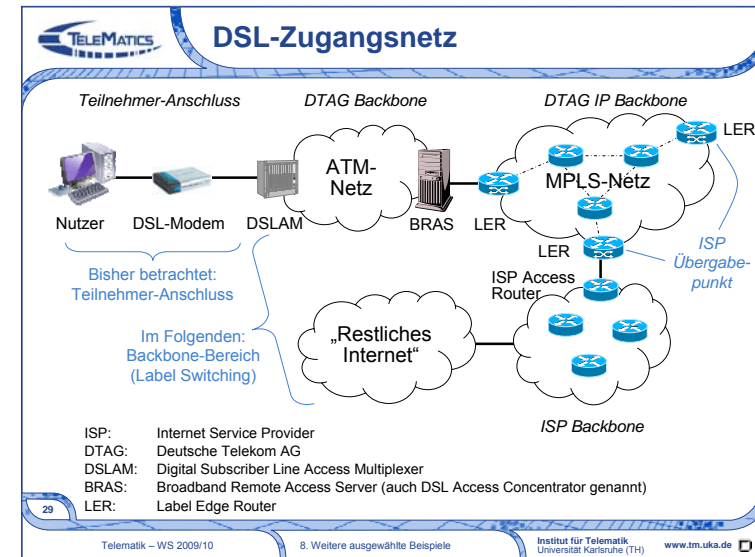
28

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



- 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

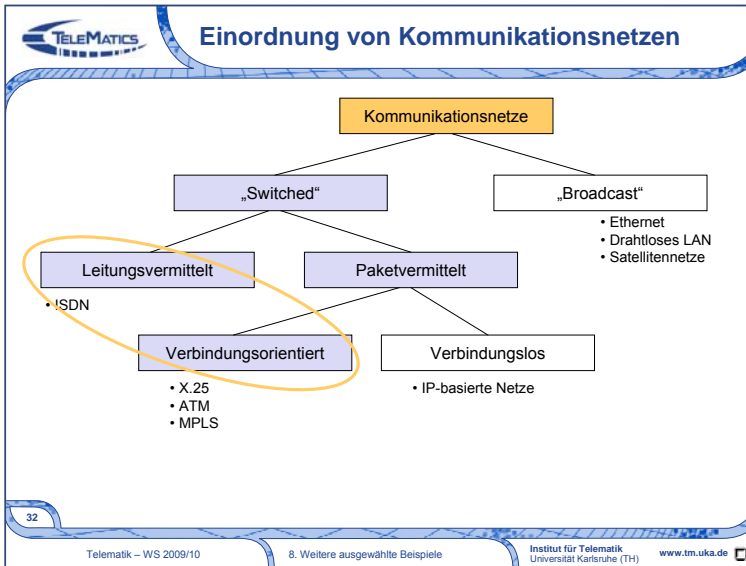
30

- 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





**Routing vs. Switching**

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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

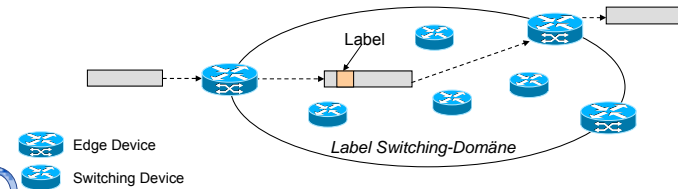
www.tm.uka.de

- **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

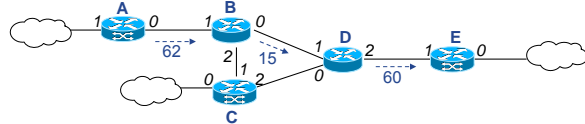


35

### 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

# Netzzugangsprotokoll

- 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.

Logischer Kanal	Virtuelle Verbindung zwischen A und ...
1	B
2	C
3	D
4	E

N Dateneinheit über logischen Kanal „N“      Netzzugang

38

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

# Logische Kanäle und Kanalnummern

- 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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

Lokaler Charakter logischer Kanäle

- 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

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

Eigenschaften von X.25

- 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 Nutzdaten
- 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

Telematik – WS 2009/10

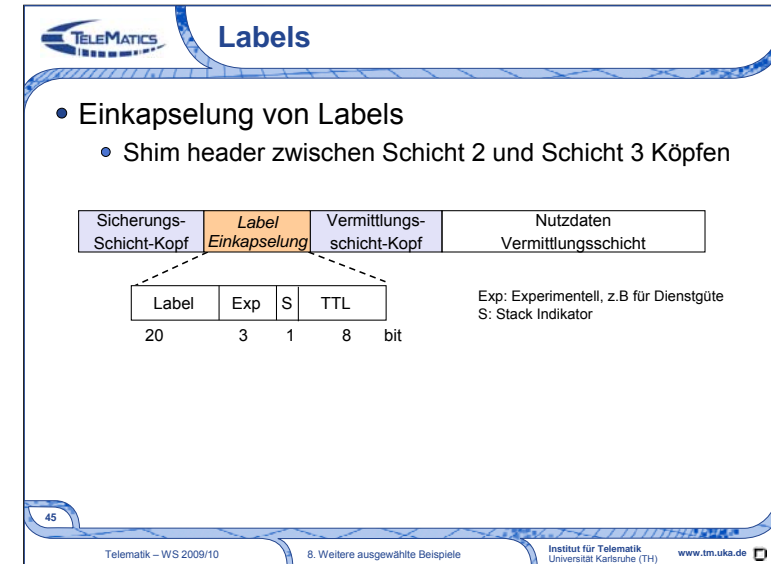
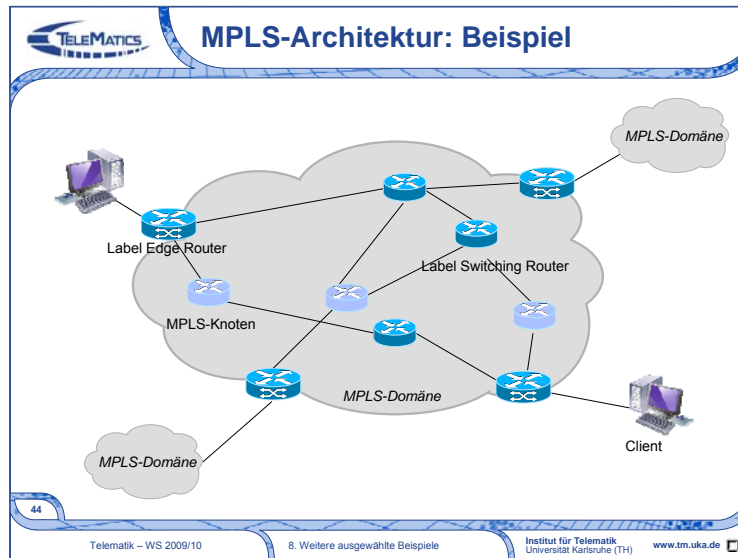
8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

- 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]

- 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



**Label Switched Path**

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

Int. In	Label In	Ziel	Int. Out	Label Out
3	0.50	47.1	1	0.40

Int. In	Label In	Ziel	Int. Out
3	0.40	47.1	1

Int.: Interface

46

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

**Zusammenfassung**

- 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

**HLK**

47

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



## 8.4 Literatur

**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. Dikaikos, 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.

48

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

[www.tm.uka.de](http://www.tm.uka.de)

## Literaturverzeichnis

[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; **Hilfsbremsen und Schnellstarter: 14 WLAN-Router für ADSL2+**; c't 2006, Heft 11

49

Telematik – WS 2009/10

8. Weitere ausgewählte Beispiele

Institut für Telematik  
Universität Karlsruhe (TH)

[www.tm.uka.de](http://www.tm.uka.de)