

Next Generation Internet

Sommersemester 2009

Dr.-Ing. Roland Bless
Dipl.-Inform. Denis Martin, Dipl.-Inform. Hans Wippel
[bless | martin | wippel]@kit.edu

INSTITUT FÜR TELEMATIK



Kapitelübersicht

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

- 2. Internet-Architektur
- 3. NAT & IPv6
- 4. Dienstgüte

III. Multicast

- 5. Grundlagen
- 6. Multicast Routing
- 7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

- 8. Neuere Transportprotokolle
- 9. Aktive Netze
- 10. Peer-to-Peer

Next Generation Internet

1. Einführung

- 1.1 Internet im Wandel
- 1.2 Forschungsnetze
- 1.3 Aktuelle Arbeiten am ITM
- 1.4 Vorlesungsinhalt

INSTITUT FÜR TELEMATIK



1.1 Neue Herausforderungen für das erfolgreiche Internet-Protokoll

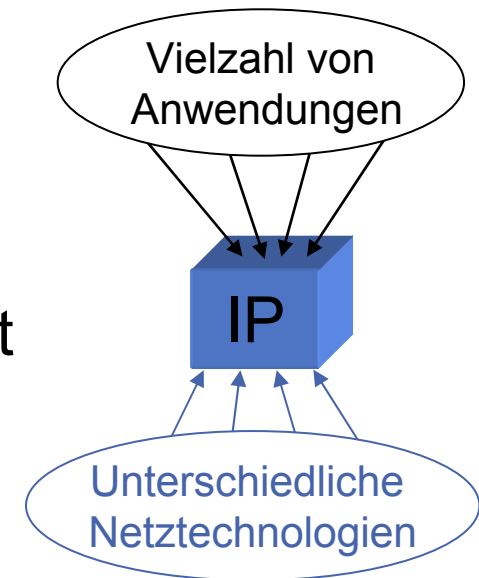
■ Internet Protocol (IP) ist „Motor“ des Internets

- Trend zu IP-basierten Systemen verstärkt sich → „All-IP“
- Vielzahl unterschiedlicher Dienste und Anwendungen über IP gefordert
 - steigende Anforderungen an Übertragungskapazitäten

■ Wachstum des Internets an sich

- Zahl der angeschlossenen Nutzer und Systeme

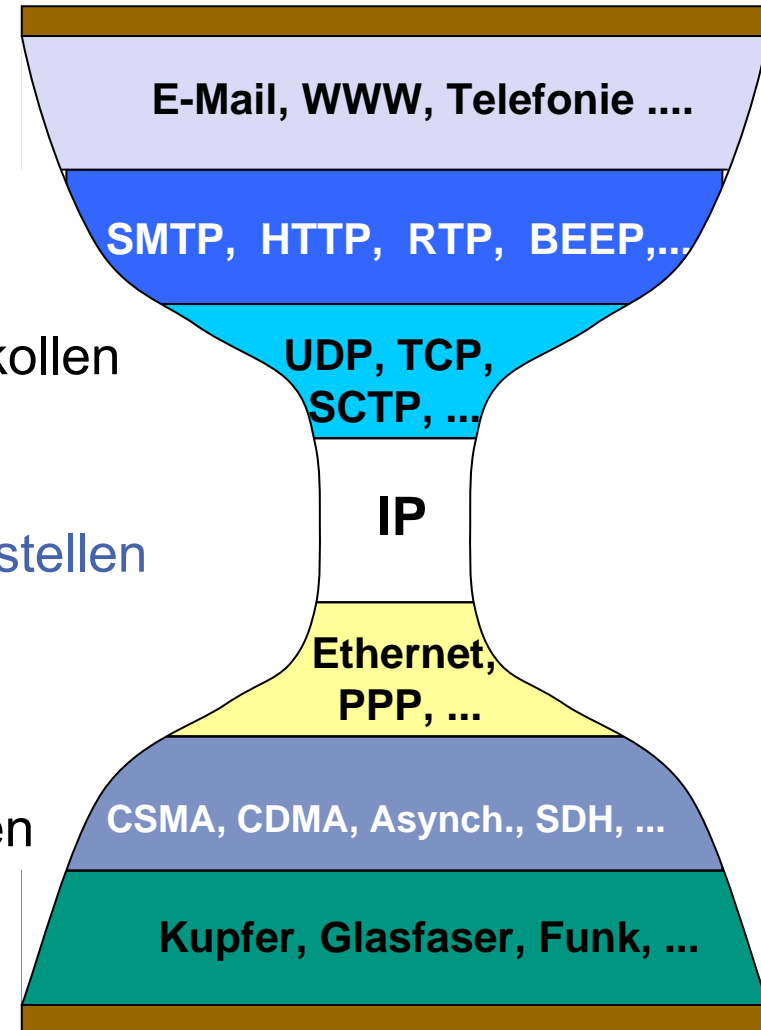
→ Kann IP den steigenden Anforderungen überhaupt gerecht werden?



Das Sanduhr-Modell

- IP-Schicht ermöglicht
 - Größeres Netzwerk
 - Globale Adressierung
 - Verstecken von Netzwerk-Details und Änderungen vor Ende-zu-Ende-Protokollen
- Einziges Protokoll
 - Maximiert Interoperabilität
 - Minimiert die Anzahl der Dienstschnittstellen
- Schlankes Protokoll
 - Setzt kleinste gemeinsame Netzwerkfunktionalität voraus, um Anzahl der einsetzbaren Netzwerke zu maximieren
 - Ende-zu-Ende-Prinzip (s. Kap. 2)
 - Robustheit durch Zustandslosigkeit
- Siehe auch:

<http://www.iab.org/documents/docs/hourglass-london-ietf.pdf>



Internet im Wandel (1)

- Geänderte Bedingungen früher → heute
- Situation **früher** (Anfangszeit des Internets um 1970):
 - Datenkommunikation zwischen Forschungseinrichtungen
 - Gemeinsame Ziele
 - Vertrauensbeziehungen zwischen Nutzern
 - Technisch versierte Benutzer
 - Konsistente und kohärente Architektur
- Im Vergleich zu...

Internet im Wandel (2)

■ Heute

- Globale Infrastruktur der Informationsgesellschaft
- Neue Interessensgruppen und Kommerzialisierung, z.B.
 - Internet Service Provider (Internet-Zugang/-Transport)
 - Diensteanbieter (z.B. Mail-, Webprovider)
 - Inhalteanbieter (Websites, Video on Demand, ...)
- Verlust der Vertrauensbeziehungen → Sicherheit
- Normalverbraucher, technisch unbedarf
- Zur Interessensdurchsetzung werden Techniken und Erweiterungen eingebracht, die
 - im Hinblick auf die kurzfristige Bedarfsdeckung erfolgen
 - größtenteils ohne architekturelles Denken erfolgen
 - nicht im Einklang mit der Internet-Architektur stehen
 - die Kohärenz des Internets gefährden





Internet im Wandel – Trends

■ Mehr Multimedia



- Videos, Videos, Videos, ... wenn möglich in HD-Qualität!
- Triple Play Anbieter: Daten, Sprache, Video/Fernsehen über IP
→ Multimediakommunikation
- Voice over IP (Telefonieren über das Internet)

■ Zunehmend mobile Nutzung



- Vielzahl mobiler (drahtloser) Geräte und Nutzer
- z.B. Ad-Hoc-Netze, MobileIPv6

■ Internet wird zur kritischen Netzinfrastruktur



- Ziel krimineller Energien, Sicherheit wird essentiell

■ Integration der „Umwelt“ / Internet der Dinge



- Sensor-/Aktornetze etc.
- zunehmend Kommunikation zwischen Geräten

Internet im Wandel – Probleme (1)

- Die heutige Internet-Architektur kann zahlreiche zukünftige Anforderungen unterschiedlicher Interessensgruppen nicht mehr erfüllen
→ Mehr dazu in [Kapitel 2](#)
- Multimedia: Erweiterte Anforderungen an die Übertragungscharakteristika (Echtzeit)
 - **Dienstgüte** für Multimedia-Anwendungen
→ differenzierte Behandlung von Daten
 - Erweiterungen für [Gruppenkommunikation](#) erforderlich
→ **IP-Multicast**
 - z.B. für IP-TV, Tele-Kooperation – netzbasiertes Arbeiten/Lernen im Team
- Nie erwartete Anzahl angeschlossener Systeme
 - IP-Adressen werden Mangelware
→ neue Version von IP: **IPv6**
 - Komplexität steigt, Verwaltbarkeit sinkt
→ Selbstorganisierende Systeme



Internet im Wandel – Probleme (2)

■ Mobile Systeme

- Erweiterungen von IP erforderlich → Mobile IP



■ ECommerce

- Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit ...
- Multi-Homing notwendig → Routing-Skalierbarkeit



■ Einführung neuer Dienste im Internet

- Steigende Zahl unterschiedlicher Dienste
→ **flexible Dienstplattformen, Peer-to-Peer**

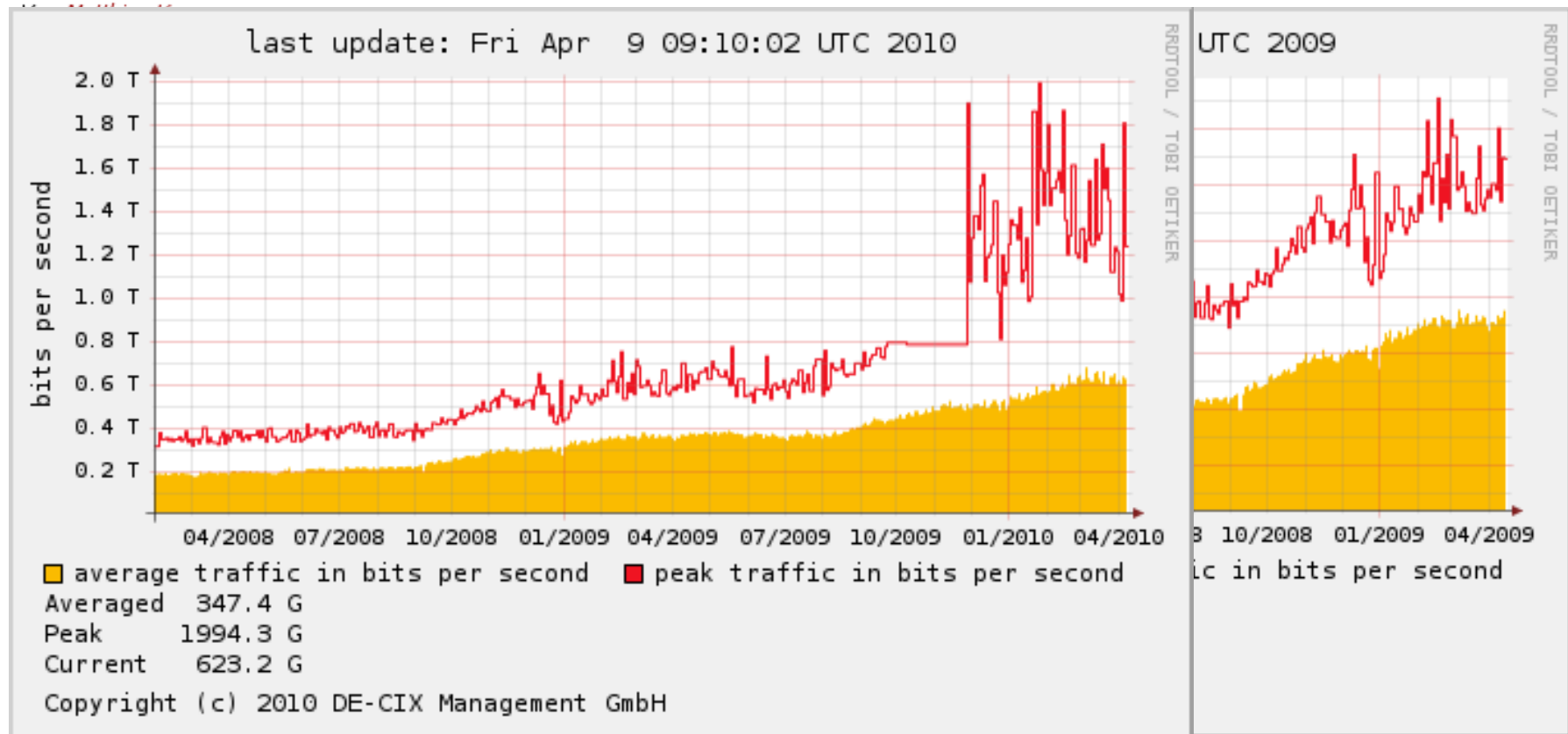
„Internet-Infarkt“ 2010?

SPIEGEL ONLINE

 21. November 2007,
 15:14 Uhr

US-STUDIE

2010 droht Infarkt des Internets



Anwendungsbeispiel A/V-Konferenz

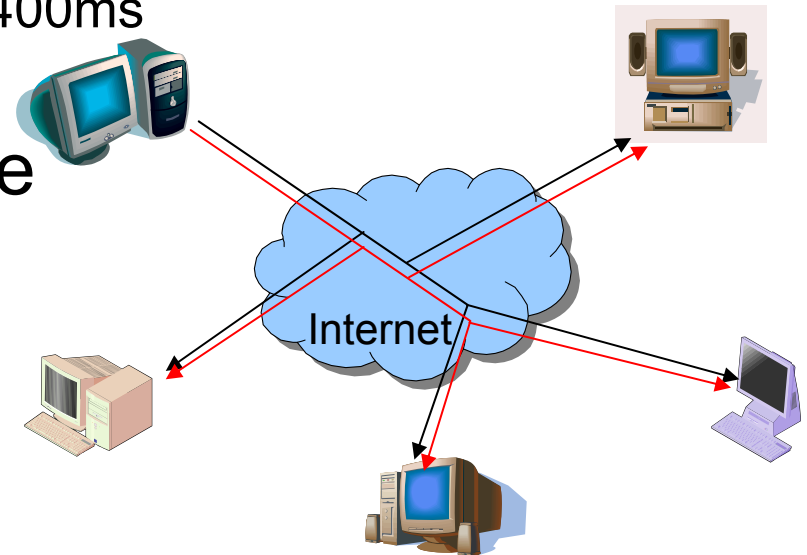
■ Interaktive Echtzeitanwendung

- Interaktion → rechtzeitige Zustellung der Daten wichtig
- Strenge Anforderungen an die Verzögerung
 - gut wenn $\leq 150\text{ms}$, nicht über 400ms

■ Gruppenkommunikation

■ Verschiedene Medienströme mit unterschiedlichen Anforderungen bezüglich

- Bandbreite
- akzeptabler Verlustrate

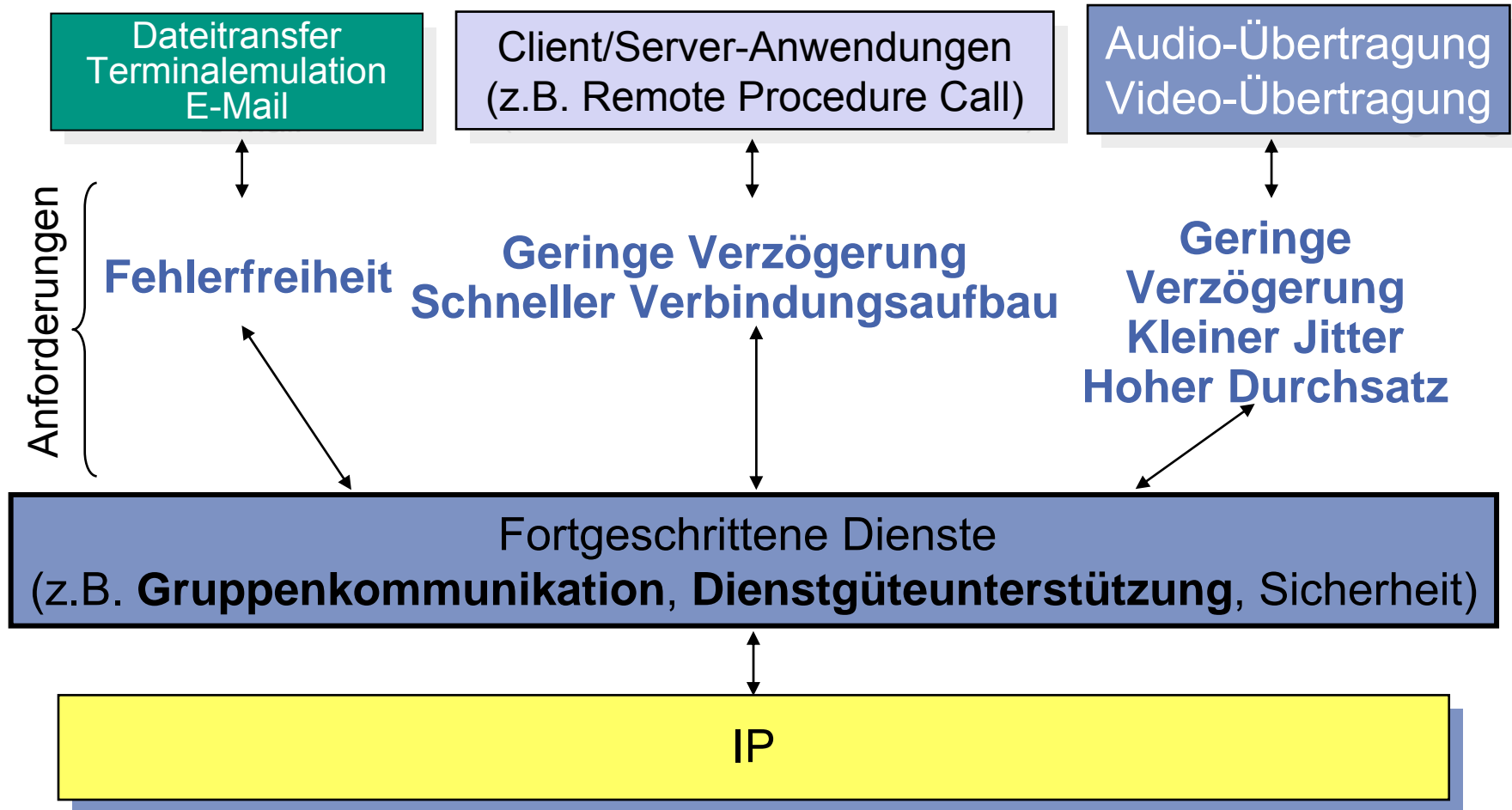


■ Transport über Best-Effort-basiertes Internet?

- keine Zusicherung über Paketlaufzeit
- keine Zusicherung über Paketzustellung



Unterschiedliche Anwendungsanforderungen



Anwendungsbeispiel

Gruppenkommunikation

- **Gruppenkommunikation** ist aus dem Alltagsleben bekannt
 - Informationsaustausch in einer Gruppe von Menschen
 - z.B. Gespräch bei einem gemeinsamen Abendessen
- Gruppenkommunikation wird zunehmend auch bei rechnergestützter Kommunikation gefordert
 - als Groupware bzw. Computer Supported Cooperative Work (CSCW) bezeichnet
- Anwendungsbeispiele rechnergestützter Gruppenkommunikation
 - Verteiltes Arbeiten in Teams
 - Videokonferenzen mit Whiteboard und Werkzeugen zur Abstimmung
 - Open Distance Learning / ELearning
 - Push-Technologien; gezielte Informationsverteilung
 - z.B. Wetterinformation, Nachrichten, Software
 - Auktionen
 - Verteilte Spiele





Anwendungsbeispiel

Verteilte Multiplayer Online Games

- Interaktion → Echtzeitanforderungen
- Internet bietet heutzutage noch **unzureichende Unterstützung für Dienstgüte**
 - Bandbreite ist momentan weniger das Problem, da Wählzugänge beim Spieldesign vorgesehen
 - **Geringe Verzögerung wichtig**
 - je nach Spiel zwischen 150ms und 250ms Umlaufzeit noch akzeptabel
 - DSL-Nutzer wollen häufig FastPath:
Verringerung der Latenz von 60ms auf 20ms
 - Bevorzugung des Echtzeitverkehrs
→ differenzierte Weiterleitung
 - Zahl der Nutzer pro Server limitiert → was passiert bei Massive Multiplayer Online Games?



Was ist dabei „Next Generation“ ?

■ Gruppenkommunikation

- Skalierbarkeit für große, heterogene, verteilte Gruppen?
- Heutzutage über Server oder Vollvermaschung realisiert
- **Multicast** ist ressourcenschonende Lösung
 - Multicast-Unterstützung keineswegs flächendeckend vorhanden
 - wird im Zuge von IP-TV teilweise betreiberintern eingesetzt
- Sicherheit?

■ Dienstgüte

- essentiell zur Unterstützung multimedialer Anwendungen
 - derzeit im Internet kaum unterstützt, schon gar nicht global
 - Probleme
 - Skalierbarkeit von Lösungen für globale Kommunikationssysteme
 - Fairness („Netzneutralität“), Gebühren, Management ...

Weitere Aspekte...

■ Flexibilität

- Einführung neuer Dienste **im Netz** wird heute eigentlich nicht unterstützt
 - Keine einfache Unterstützung in netzinternen Systemen
 - Kein breiter Einsatz von IPv6 und Multicast bisher

■ Mobilität und Multi-Homing



- Mobile IP nicht flächendeckend vorhanden; lässt viele Probleme offen
- Internet wird zur kritischen Infrastruktur, daher mehr Zuverlässigkeit erwünscht
 - Absicherung durch mehrfache Anbindung
 - Site-Multi-Homing
 - Wirft Probleme mit wachsenden Routingtabellen auf
 - Skalierbares Multi-Homing für IPv6 gesucht (Kap. 3)

Zusammenfassung

Im heutigen Internet fehlt Unterstützung für die Bereiche

■ Dienstgüte

- Notwendig für interaktive Anwendungen

■ Mobilität

- Noch nicht beim Entwurf des Internets berücksichtigt

■ Sicherheit

- Unerwünschter Datenverkehr, DDoS-Problematik

■ Skalierbares Site-Multi-Homing

- Notwendig zur zuverlässigen u. robusten Anbindung

...außerdem werden die IPv4-Adressen jetzt knapp!

Schwerpunkte der Vorlesung

- Die Vorlesung konzentriert sich auf fortgeschrittene Internet-Techniken
 - „Neues“ zu IP
 - Probleme der heutigen Internet-Architektur, IP Version 6
 - Dienstgüte
 - Basismechanismen und verschiedene Internet-basierte Architekturen
 - Gruppenkommunikation
 - auf unterschiedlichen Ebenen von Kommunikationssystemen (z.B. Routing und Transport)
 - Flexible Dienstplattformen
 - aktive und programmierbare Netze
 - Peer-to-Peer-Netze und -Anwendungen
- ... weiteres gibt's in anderen Vorlesungen



1.2 Forschungsnetze

- Unterstützung der fortgeschrittenen Anwendungsanforderungen erfordert schrittweise Änderungen in den Protokollen und Diensten
- Übergang zu einer neuen Generation ist schwierig
- Daher Aufbau unterschiedlicher Testnetze
 - Internet 2 (USA)
 - Géant2 (EU)
 - TEIN2 (Asien)
 - X-Win (Deutschland)
 - FIRE (EU) und GENI (USA)
 - PlanetLab (weltweit)
 - G-Lab (Deutschland)

Internet2

- Internet das neuen Anforderungen gerecht wird
 - 206 Universitäten, 70 Firmen und 50 weitere Organisationen, ca. 4 Mio. Nutzer
 - Abilene
 - 10Gbit/s backbone → 100Mbit/s desk-to-desk
- Forschungsprojekte zu fortgeschrittenen Anwendungen
 - Qualitative und quantitative Verbesserung von Forschung und deren Anwendung in Teaching and Learning erfordern fortgeschrittene Netze zu deren Umsetzung
 - Von speziellem Interesse im Kontext von Internet2: QoS (Quality-of-Service; Dienstgüte), End-to-End Performance, Gruppenkommunikation, Sicherheit, IPv6



GÉANT2



■ GÉANT2 EU-Projekt <http://www.geant2.net>

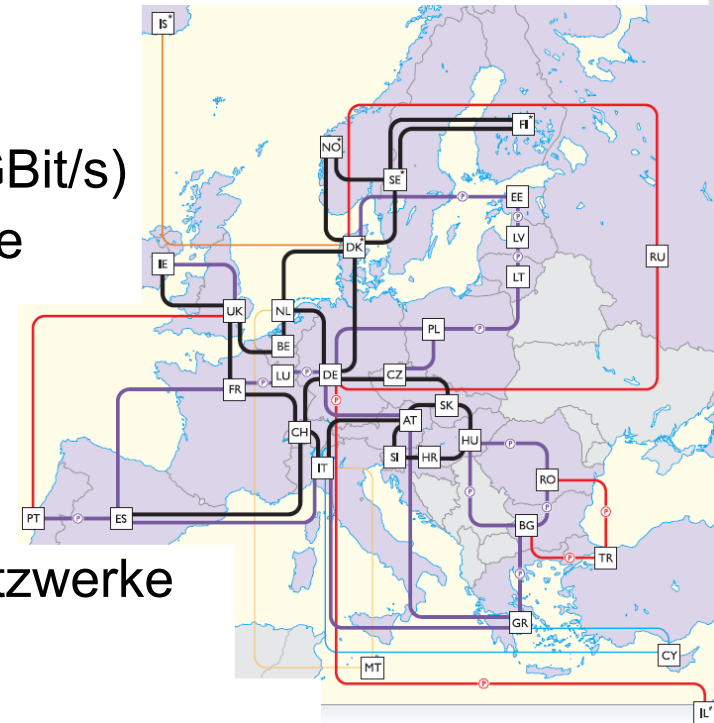
- Lehr- und Forschungseinrichtungen in 34 Ländern
- Europäische Kommission und DANTE

■ Ziele

- Gigabit-Geschwindigkeiten (bis $n \times 10$ GBit/s)
- Geographische Ausdehnung und globale Konnektivität
- Garantierte Dienstgüte
- Multi-Gigabit Backbone für Forschung in Europa
- Erforschung neuer Technologien für Netzwerke

■ Fortgeschrittene Dienste

- Unterstützung von IPv6 seit April 2003
- IP QoS, IP Multicast, Virtual Private Networks



TEIN2/TEIN3

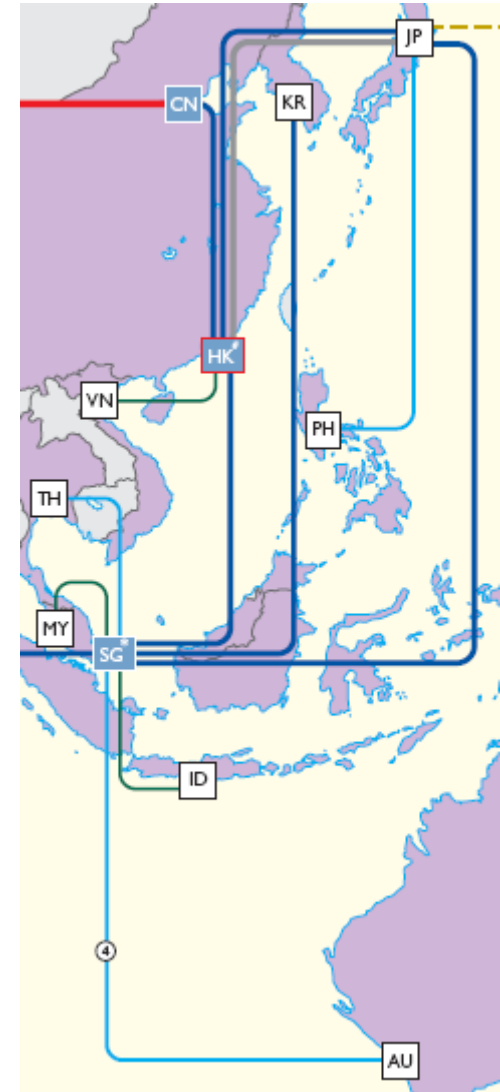
★
TEIN2 ★
TEIN3

■ Trans-Eurasia Information Network

- Netzwerk für Forschung und Bildung in Asien
- Verbund aus 10 Ländern mit Anschluss an GÉANT2
- <http://www.tein2.net>
- Nachfolger TEIN3 <http://tein3.net>, seit Anfang 2009, bis 2.5 Gbit/s

■ Hauptziele

- Konnektivität zwischen Asien und Europa erhöhen
- Konnektivität innerhalb Asiens erhöhen
- Netzwerkforschung in Asien anregen
- Geschwindigkeiten bis 1GBit/s
- Unterstützung für IPv6 und Multicast



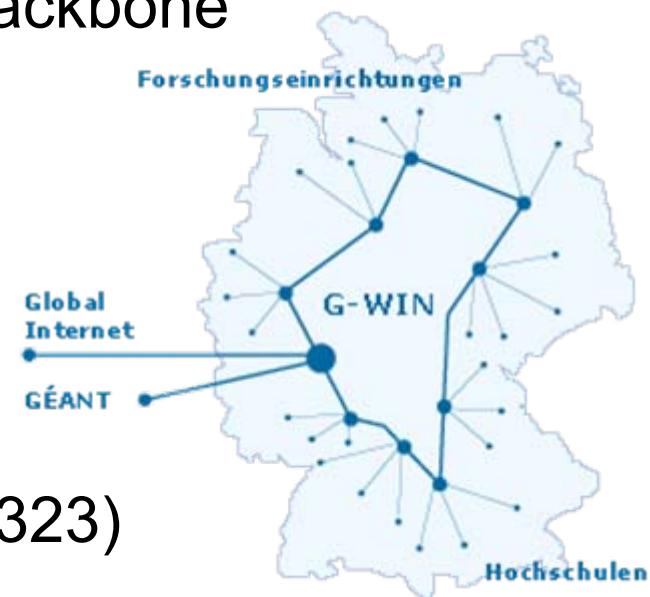
X-WIN

■ Das deutsche Wissenschaftsnetz (DFN)

- 27 Kernnetzknotten (Cisco CRS-1 und 7609), ca. 60 Kernnetzstandorte, 55 Verbindungen mit 2,5 – 10 GBit/s (später 40 GBit/s)
- 550 Standorte sternförmig angeschlossen
- Anschluss an den europäischen Backbone GÉANT, GÉANT2

■ Dienste

- DFNInternet: IPv4/IPv6 Unicast und Multicast
- DFNVC: Videokonferenzdienst (H.323)



FIRE und GENI

■ FIRE (EU) <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire>

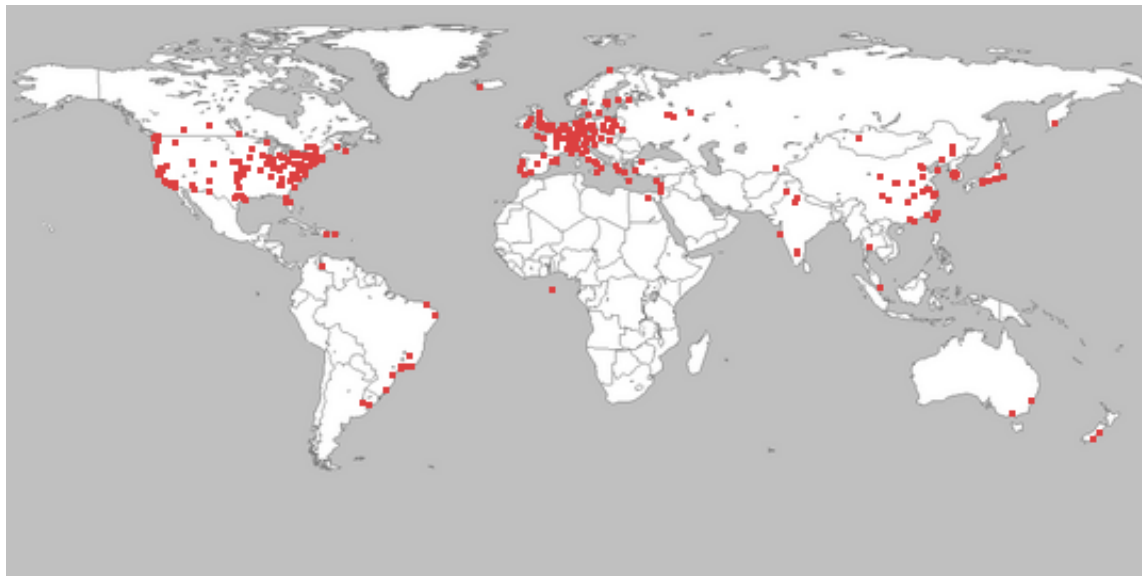
- Future Internet Research and Experimentation
- Ziele
 - Experimentier-basierte langfristige Forschung
 - Neue Paradigmen und Herangehensweisen für das Internet der Zukunft
 - Großes Testbett für Netze und Dienste

■ GENI (USA) <http://www.geni.net>

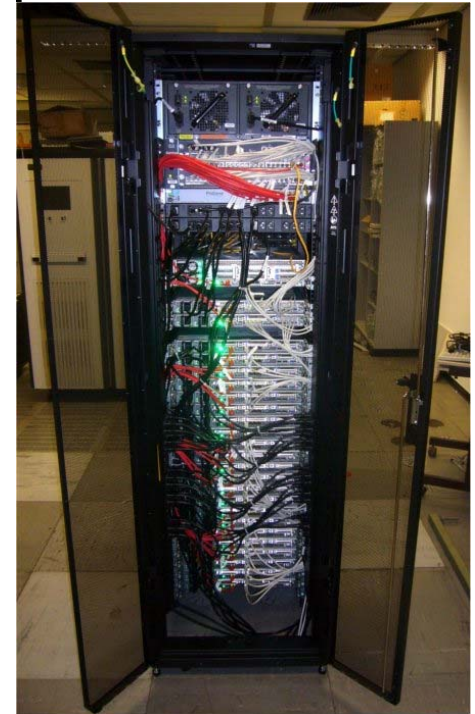
- Global Environment for Network Innovations
- Ziele ähnlich wie bei FIRE

■ Globales Forschungsnetz zur Unterstützung neuer Netzwerkdienste

- *An open platform for developing, deploying, and accessing planetary-scale services*
- <http://www.planet-lab.org>
- Insgesamt 487 Sites mit 1006 Knoten



- Studien- und Experimentierplattform für das Internet der Zukunft
 - Gefördert durch BMBF
 - Förderzeitraum: 01.10.2008 – 30.09.2011
 - über 170 Knoten an 6 Standorten:
TU-Berlin, Uni Kaiserslautern,
TU Darmstadt, Uni Würzburg,
TU München, KIT
- Ziele
 - Aktive Erforschung der Grundlagen für ein zukünftiges Internet
 - Aufbau einer deutschlandweiten Experimentierplattform




1.3 NGI: TM-Aktivitäten

- Management von Dienstgütemechanismen
 - Signalisierungsprotokolle für Dienstgüte
 - Dienstgüte in virtuellen Netzen
- Selbstorganisation
 - Overlays/Peer-to-Peer in verschiedenen Projekten
 - Simulationsumgebung OverSim <http://oversim.org>
- Neue Netzarchitekturen
 - Komponentenbasierte Ansätze
 - Dienstkomposition
- Immer **interessante Studien- und Diplomarbeiten !!!**
 - Einfach mal im Institut vorbeikommen und informieren

Quality-of-Service Standard...

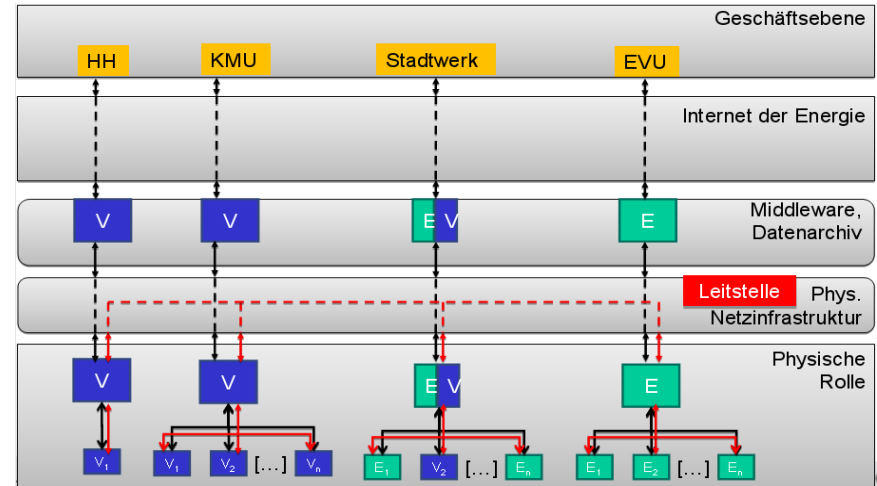
- ... und die Ideen des Instituts für Telematik werden eingesetzt!
 - Lower Effort PDB (Per Domain Behavior)
 - „schlechtere“ Dienstklasse als Best Effort !!?
 - Hintergrundverkehr (Peer-to-Peer-Netze, Backups, ständige Datenspiegelung, Multimedia-Verteildienste)
 - der normale Best-Effort-Verkehr soll nicht durch Massendaten beeinträchtigt werden (z.B. Testverkehr, nicht zeitkritische GRID-Daten)
 - dennoch keine Totalsperrung oder statische Limitierung bestimmter Dienste
 - sehr einfach aufzusetzen und zu administrieren
 - **GÉANT** und **QBone** haben damit zuerst experimentiert
 - Fritzbox: Hintergrundanwendungen

Internet Engineering Task Force (IETF)

- Lower Effort PDB
- Multicast in DiffServ-Netzen  [RFC 3754]
- QoS Signalisierung (Next Steps in Signaling WG)
 - Mitarbeit an Protokollentwürfen
 - Implementierungen vorhanden
 - Interoperabilitätstests
- P2P SIP: P2P NS (verteilter Namensdienst)
- Mobilitätsunterstützung im Internet
 - Optimierungen für MobileIPv6 (Early Binding Updates)
 - Credit Based Authorization (Anwendung in weiteren Protokollen)
 - NETLMM Security
- Adressenkonfiguration für Ad-Hoc-Netze (Manet WG)

MEREGIO

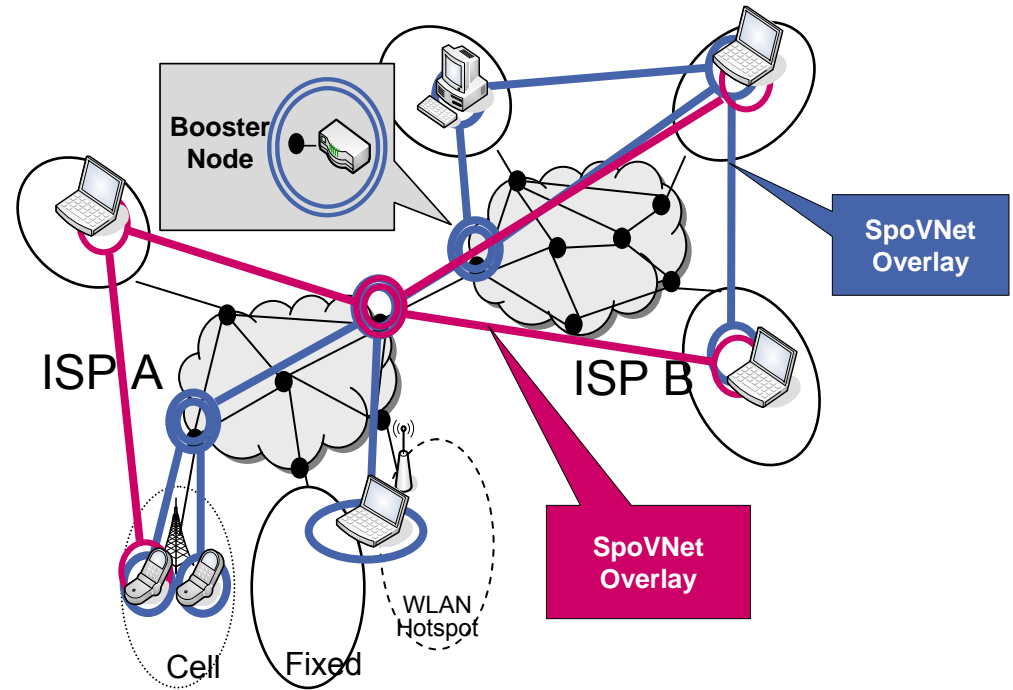
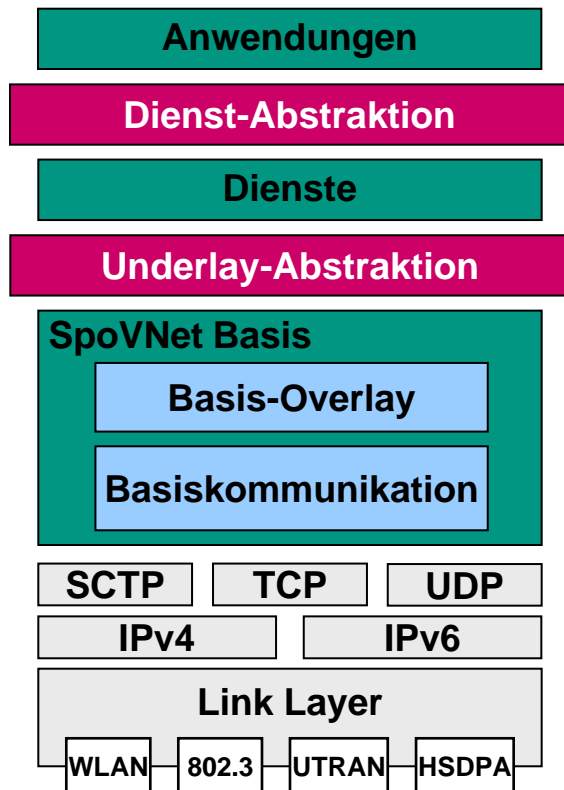
- Aufbruch zu Minimum Emission Regions
- Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- Förderzeitraum: 01.11.2008 – 31.10.2012
- Effizienzsteigerung dezentraler Energieversorgung durch Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) auf allen Ebenen der Versorgungskette
- Schwerpunkte am Institut für Telematik:
 - Evaluierung neuer IKT Strukturen
 - Einsatz von Peer-to-Peer-Technologie im IKT-Bereich



SpoVNet

■ Spontane Virtuelle Netze

- Flexible, adaptive und spontane Bereitstellung von Diensten in heterogenen Netzen
- Nahtloser Übergang in zukünftige Netze





- EU Project FP7 (2008–2010)
 - 37 Projektpartner, Koordinator Ericsson
- Neue Netzarchitekturen für das Internet der Zukunft
 - Horizont 2020
 - Mobilität, Dienstgüte, Sicherheit von Anfang an integrieren
 - Grundthemen
 - „Lasst 1000 Netze blühen“
 - Lasst die Netze sich selbst verwalten/managen
 - Lasst einen Netzpfad eine aktive Einheit sein
 - Lasst Netze informations-zentrisch sein
- Arbeitspakete
 - Business Innovation, Regulation and Dissemination – BIRD
 - New Architectural Principles and Concepts – NewAPC
 - Network Virtualisation – VNET
 - In-Network Management – INM
 - Forwarding and Multiplexing for Generic Paths – ForMux
 - Network of Information – NetInf

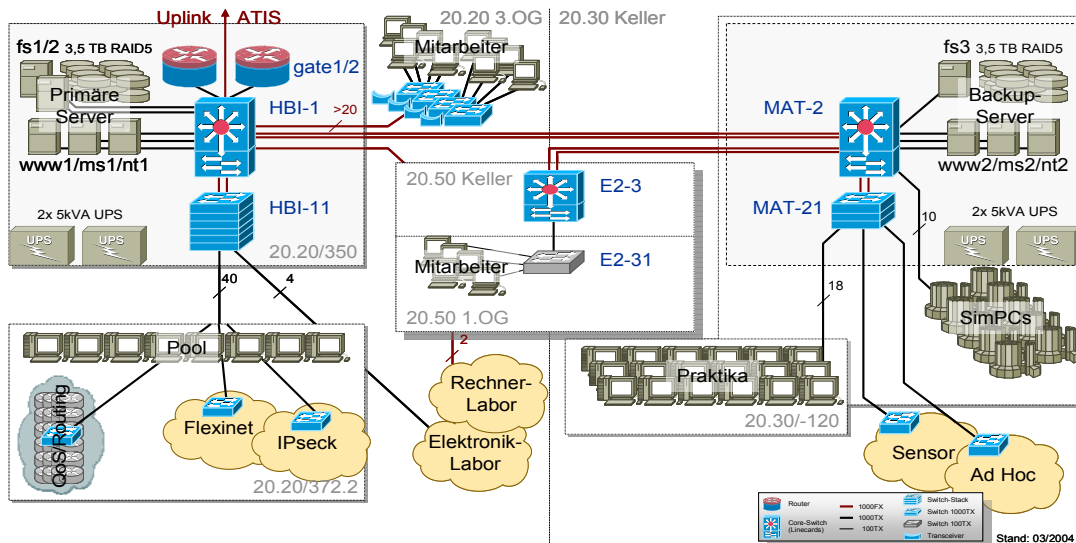
■ Schwerpunkte in G-Lab Phase 1 am Institut für Telematik

- Alternative Architekturen
- Dienste-orientierte Konzepte
- Cross-Layer-Aspekte
- Dienstekomposition
- Signalisierung in virtuellen Netzen
- Sichere Kontrolle virtueller Netze und Ressourcen
- Mechanismen zur Angriffserkennung



Telematik-Infrastruktur

■ Gigabit to the Desktop



■ Router-Testbed



■ Student(inn)en-arbeitsplätze



■ IPv6 im Wirkbetrieb (seit mehreren Jahren)



■ Coole Kaffee- bzw. Espresso-maschine ☺



1.4 Überblick Kapitel 2

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur

3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

- 2.1 Wachstum und Skalierbarkeit
- 2.2 Entwurfsziele
- 2.3 Entwurfsprinzipien
- 2.4 Neuere Entwicklungen
- 2.5 Forschungsbedarf/Weiterentwicklung
- 2.6 Literatur

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

Überblick Kapitel 3

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

- 3.1 NAT: Network Address Translation
- 3.2 IPv6: Paketformat und Adressstruktur
- 3.3 ICMPv6: Funktionen des Neighbor Discovery
- 3.4 IPv6 im Einsatz: Übergangsstrategien und Anwendungen
- 3.5 IPv6 Site-Multihoming

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

Überblick Kapitel 4

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

- 4.1 Was ist Dienstgüte?
- 4.2 Wozu Dienstgüte im Internet?
- 4.3 Komponenten zur Bereitstellung von Dienstgüte
- 4.4 Ressourcenverwaltung
- 4.5 Dienstgütearchitekturen im Internet
- 4.6 Einsatz von Dienstgütemechanismen

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

Überblick Kapitel 5

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

- 5.1 Der Begriff Gruppenkommunikation
- 5.2 Kommunikationsformen
- 5.3 Eigenschaften von Gruppen
- 5.4 Spezielle Aspekte
- 5.5 Unterstützung im Kommunikationssystem

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

Überblick Kapitel 6

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

- 6.1 Einleitung
- 6.2 Gruppenverwaltung
- 6.3 Reichweite und Multicast-Adressen
- 6.4 Allokation von Multicast-Adressen
- 6.5 Konzepte zum Multicast-Routing
- 6.6 Multicast-Routingprotokolle im Internet

IV. Flexible Dienste und Services

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

Überblick Kapitel 7

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

- 7.1 Multicast-Transport: Eigenschaften
- 7.2 Transportprotokolle für Multicast:
Anforderungen und Mechanismen
- 7.3 Multicast-Transportprotokolle:
Ausgewählte Beispiele

Überblick Kapitel 8

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

- 8.1 SCTP
(Stream Control Transmission Protocol)
- 8.2 DCCP
(Datagram Congestion Control Protocol)

Überblick Kapitel 9

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

9.1 Motivation
9.2 ANTS
9.3 AMNet
9.4 Einsatz programmierbarer Netze

Überblick Kapitel 10

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

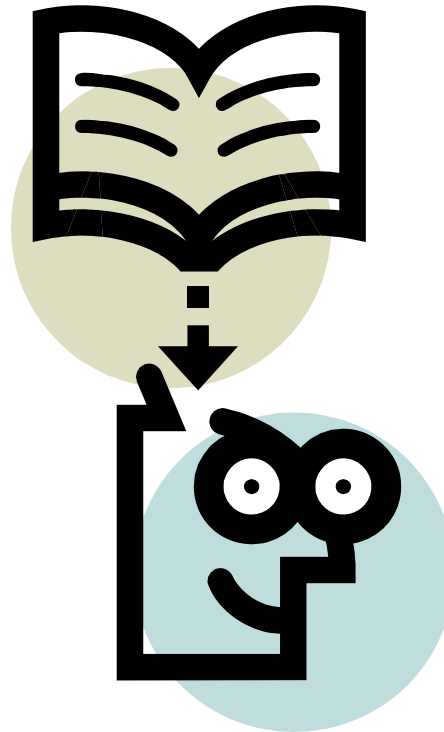
IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

10.1 Motivation und Überblick
10.2 Organisationsformen von Overlays
10.3 Dynamische Hash-Tabellen
10.4 Beispiele

Jetzt seid ihr dran!

■ Themenvorschläge? Was interessiert euch?



Homework!

Bitte lesen!

- [Clark88] D. Clark, *The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols*. Proc SIGCOMM 1988, Sept 1988.
<http://www.acm.org/sigcomm/ccr/archive/1995/jan95/ccr-9501-clark.html>
- [SaRD81] J. Saltzer, D. Reed, and D. Clark, *End-To-End Arguments in System Design*. 2nd International Conf on Dist Systems, Paris France, April 1981. ACM Transactions in Computer Systems 2, 4, November, 1984, pages 277–288.
<http://web.mit.edu/Saltzer/www/publications/endtoend/endtoend.pdf>