



**Medienengineering**  
**Netzwerktechnologien QoS**
Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste

---



**QoS Management mit  
RSVP, Intserv, Diffserv**

Klaus Rebensburg



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

---



---

---

---


---

---


---

---


---


**Inhalt**
Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste

---



- Wiederholung QoS Parameter
- Integrated Services (IntServ)
- Resource Reservation Protocol (RSVP)
- Differentiated Services (DiffServ)
- Multiprotocol Label Switching (MPLS)
- Vergleich von QoS-Diensten



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

2

---



---

---

---


---

---


---

---

---


**Erinnerung QoS-Parameter**
Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste


---



**Schön:** Bandbreite für Bits, Bytes, Pakete,  
Transportströme, Anwendungen

**Leider:** Eingeschränkte Qualitäten

- Paket, ... - Error, Error Ratio
- Paket, ... - Verzögerung
- Paket, ... - Verzögerungs Varianz (Jitter)
- Paket, ... - Verlust, Loss Ratio
- Paket, ... - Privacy



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

3

---



---

---

---

---

---

---

---

---



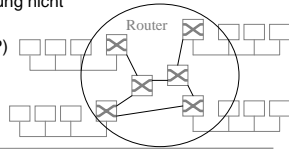
## Best Effort

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Heutiges Internet basiert auf *best-effort*-Weiterleitung von Paketen

- Jedes Packet wird gleich behandelt
- Wenn Router überladen ist, werden Pakete fallengelassen
- Keine Reservierung
- Bandbreitenbelegung nicht vorhersehbar
- Packet Routing (IP) vs. Cell Switching (ATM)



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

4

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

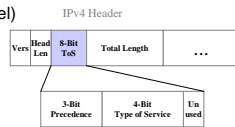


## Pakete

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- Layer 2
  - MAC Adressen (Quelle/Ziel)
  - Interfaces
- Layer 3
  - IP Adressen (Quelle/Ziel)
  - *Type of Service* (ToS)
  - *Flow label* (IPv6)
- Layer 4
  - UDP/TCP ports
- Layer >4
  - HTTP content type



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

5

---

---

---

---

---

---

---

---

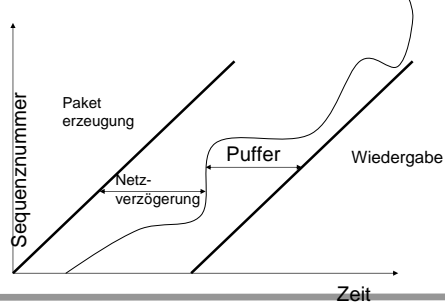
---

---



## Ein Dienstgüteproblem (Wiedergabepuffer)

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

6

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Der lange Weg der Pakete

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Beispiel Audio Strom abtasten, transportieren, wandeln

- Warteschlangen in Switchen und Routern
- Warteschlangenlängen schwanken
- Puffer garantieren Offset – wenn ...
- Für kritische Anwendungen wird Transport sinnlos

Beispiele elastischer Anwendungen

- Telnet, FTP, E-Mail, Web-Browsing elastisch

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

7

---

---

---

---

---

---

---

---

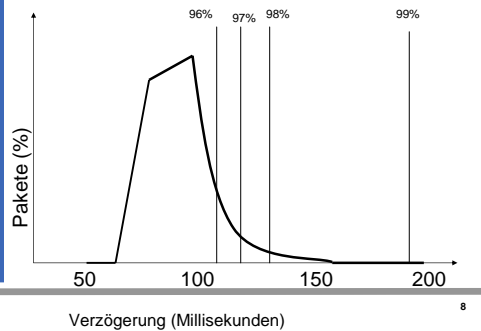
---

---



## Alle Pakete rechtzeitig -> Wiedergabepunkt setzen

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

8

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Ansätze zur Unterstützung der Dienstgüte

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- Verzögerungsadaptiv (Wiedergabepunkt berichtigen)
- Ratenadaptiv (Codierparameter setzen / Bitrate vs. Qualität)
- Internet braucht neben Best-Effort Dienstgüte weitere Gütekonzepte

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

9

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

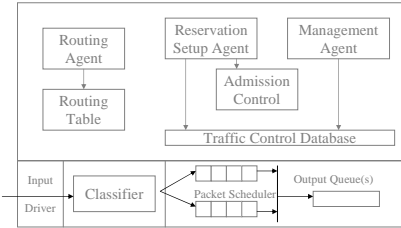


## QoS Control Mechanism

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik



10

---

---

---

---

---

---

---

---

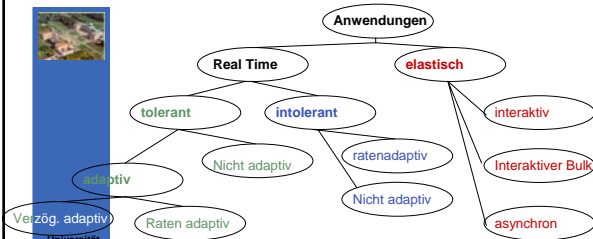


## Taxonomie Anwendungen

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik



11

---

---

---

---

---

---

---

---



## Feine und grobe Klassen

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

- Feingranular für einzelne Anwendungen oder Datenflüsse -> Integrated Services, ATM
- Grobgranular für große Verkehrsklassen und aggregierten Verkehr -> Differentiated Services, auch ATM (für Router)

12

---

---

---

---

---

---

---

---



## Integrated Services (IntServ)

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



### IntServ Arbeitsgruppe

- Dienstklassen in Integrated Services
- Bedeutung und Eigenschaften von RSVP
- RSVP in Hosts und Routern
- RSVP Message Format
- Reservierung
- Probleme mit der IS-Architektur

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

13

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## IntServ Dienstgüte Modell

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



### Integrated Service (IntServ)

neben Best-Effort Service und Differentiated Service(DiffServ) in vielen RFCs der IETF definiert.

Im Integrated-Service-Modell fordert eine Anwendung einen Dienst bestimmter Güte

- bezüglich Bandbreite und Verzögerung bevor sie Daten versendet.
- Die Dienstanforderung (Request) erfolgt durch explizite Signalisierung.

### Zugangskontrolle:

Von der Anwendung wird erwartet,

- dass sie die Daten nur nach einer **Dienstbestätigung (Confirmation)**
- und nur entsprechend dem angeforderten **Verkehrsprofil** sendet.

- Eine Dienstklasse für intolerante Anwendungen (Wiedergabepunkt), Guaranteed by Zwischenspeicherung

- Controlled Load für wenig belastete Netze (vat Audio), Queue WFQ Mechanismus

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Noch einmal: IntServ

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



### Das Netzwerk führt eine **Zugriffverwaltung**

- entsprechend den von den Anwendungen gestellten Anforderungen
- und den zur Verfügung stehenden **Netzwerk-Ressourcen** durch.

Es garantiert die gestellten QoS-Anforderungen

- so lange die Anwendungen nur Daten entsprechend der beantragten **Profilspezifikation** versenden.

Das Netzwerk

- überwacht die Zustände der einzelnen Datenströme,
- muss **Paket-Klassifikation** durchführen,
- diese mit der **Verkehrspolitik** (traffic policy) abgleichen
- und basierend auf Zustand Verkehrspolitik und Status intelligentes Queueing durchführen.

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## IntServ Signalisierung

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Zur Signalisierung von QoS-Anforderungen in einem Integrated Service dient **RSVP**

In Verbindung mit **intelligentem Queueing** werden zwei Dienste umgesetzt:

- **Guaranteed Rate** Service (Verzögerungsgrenze)
- **Controlled Load** Service (einfach RSpec)

Flowspec (Token-Bucket Filter / Token Rate+Bucket Tiefe)

- Verkehrsmerkmale **TSpec**
- Angeforderter Dienst **RSpec**
- Zugangskontrolle über TSpec und RSpec zur Bedienung je von von **WFQ**

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

16

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Also haben wir nun ca. 3 Dienstklassen

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- **Garantierte Dienstqualität** für Anwendungen (festes Delay)
- Predicted Class, Kontrollierte Last und Best Effort Service
- Best Effort service

**Prinzip: eine Infrastruktur für alle Dienste**

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

17

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Eigenschaften von RSVP

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



**Host:**  
Reservierungen von Netzwerkkomponenten

**Router:**  
entlang eines Pfades: etliche QoS Reservierungen entlang der Route, unterstützt Multicast (vic, vat bei MBone), empfängerorientierter Ansatz

**Soft-State**  
zur Robustheit gegen abstürzende Router (verbindungslos), alle 30 sec RESV Nachricht, PATH Nachrichten

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

18

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Eigenschaften von RSVP

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- Empfänger-initiierte Reservierung von Ressourcen
- Robust
- Ausführung im Hintergrund
- Reservierung nur für eine Datenrichtung
- IPv4 und IPv6
- Unicast und Multicast

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

19

---

---

---

---

---

---

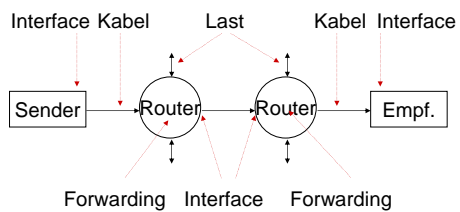
---

---



## Gegenstand der Reservierung

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

20

---

---

---

---

---

---

---

---



## Reservierungsvorgehen

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



1. Sender beginnt mit Reservierungssequenz
2. Entlang des Weges werden betroffene Komponenten gesammelt
3. Empfänger schickt Reservierungsanforderung zurück
4. Router nehmen Reservierung vor
5. Sender erhält Bestätigung der Reservierung
6. Sender beginnt mit der Übermittlung  
...
7. Empfänger gibt Reservierung zurück

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

21

---

---

---


---

---


---

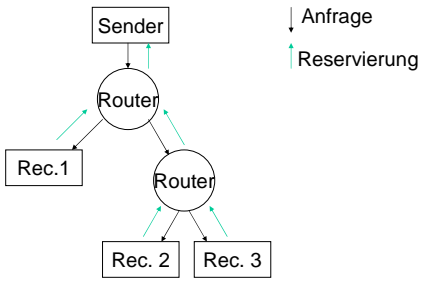
---

---


**RSVP-Signalisierung**
Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste

---





↓ Anfrage  
↑ Reservierung

Universität Potsdam  
Institut für Informatik

22

---

---

---


---

---


---

---

---


**Kontrolle des Verkehrs**
Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste

---



- **Vertrags-Kontrolle**
  - Überprüft, ob in Nutzer Reservierungen machen darf
- **Zuweisungs-Kontrolle**
  - überprüft, ob eine Komponente den Anforderungen genügt
- **Klassifikation von Paketen (Packet Classifier)**
  - ordnet Pakete einer Nutzerklasse / Route zu
- **Packet-Scheduler**
  - Entsprechend der Reservierungen für jedes Interface

Universität Potsdam  
Institut für Informatik

23

---

---

---

---

---

---

---

---


**„Soft State“ Ansatz**
Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste

---



- **Das Ziel:**
  - Freundliches Verhalten gegenüber Mitgliedswechsel oder Routing-Änderungen
  - Keine Blockierungen bei Komponentenausfall
- **Das Konzept:**
  - RSVP überprüft periodisch die Anforderung
  - Bei Unterbleibung der „Refresh“ Nachricht wird die Reservierung gekündigt

Universität Potsdam  
Institut für Informatik

24

---

---

---

---

---

---

---

---



## RSVP-Nachrichten-Format

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

Vers	Flag	Msg-Type	RSVP-Checksumme	
Send-TTL	(reserviert)		RSVP-Länge	
Länge von Objekt 1		Class-Num	Class-Type	
Objekt 1 Spezifikation				
Länge von Objekt 2		Class-Num	Class-Type	
Objekt 2 Spezifikation				
...				

25

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Header Fields

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

- Vers: protocol version number (1)
- Flags: reserved (z.Z. nicht definiert)
- Msg-Type:
  - 1= Pfad    4=ResErr    7=ResvConf
  - 2=Res    5=PathTear
  - 3=PathErr    6=ResvTear
- Checksumme
- Send-TTL: Feststellung von nicht RSVP-Routern
- RSVPLength: gesamte Länge

26

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Probleme mit Integrated Services

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

- Anwendungen müssen angepasst werden
  - bevor Daten versendet werden: Reservierung
- Hohe Anforderungen an Router
  - Router benötigen RSVP Admission Control, Multifield Classification und Scheduling
- Schlechte Skalierbarkeit
  - Zahl der Router wächst nicht mit der Zahl der Endgeräte
- Anforderung an die gesamte Infrastruktur
  - Um zu funktionieren müssen sich alle Teilnehmer das Konzept implementieren
- Probleme mit Subnetztechnologien (IETF ISSLL), Abbildung auf ATM VCs, SBM Subnet Bandwidth Manager bei Ethernets

27

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## IntServSkalierbarkeit???

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



### Wir rechnen nach:

Beispiel OC 48 (2,5 Gbit/s)  
bei je 64 Kbit/s Audio.

Anzahl Flüsse dann  $2,5 \cdot 10^9 / 64 \cdot 10^3 = 39.000$  !

Für jede Verbindung  
Zugangskontrollentscheidungen+ggf.  
Zurückdrängen durch Klassifizierung, Policing,  
Warteschlangen

**Die Antwort ist also „Nein“!**

*IntServ ist schön, skaliert aber leider nicht!*

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

28

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Parallelität der Entwicklung der Techniken

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



### Telekoms

### Internet

Analoges Telefon

70

ARPA-Net

ISDN

80

WWW

STM

90

RSVP

ATM

2000

MPLS

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

29

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Übersicht Differentiated Services (Diffserv)

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- DiffServ ist ein anderes Konzept
- DiffServ ist gut für typisches Nutzungsszenario
- DiffServ hat auch Komponenten
- Nur 2 Verkehrsklassen!  
Kennzeichnen der Pakete durch Premium  
oder Best Effort Bit.  
Wo isses? TOS Byte im IP Header.  
Wer setzt das aber? (Edge ...

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## DiffServ Dienstgüte Modell

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



**Differentiated Service (DiffServ)** ist neben dem **Best-Effort Service** und dem **Integrated Service** das dritte QoS-Modell der IETF

DiffServ ist ein velseitiges Modell zur Umsetzung von Dienstgüte-Anforderungen.

Im Gegensatz zu IntServ müssen die Anwendungen bei DiffServ ihre Anforderungen vor dem Datentransport nicht explizit an die Router durch Signalisierung anmelden.

DiffServ setzt QoS-Anforderungen um, indem es QoS-Informationen den Datenpaketen direkt entnimmt.

- IP Precedence Bits werden genauso herangezogen
- DiffServ Code Points für Per Hop Behavior (PHB)
- PHB= z.B. Expedited Forwarding – minimal verzögert
- wie Sender- und Zieladresse.

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

31

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## DiffServ und das Netzwerk

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



Das Netzwerk (sprich Router und Switches) nutzt diese Daten, um den Verkehr entsprechend einer festgelegten Verkehrspolitik

- zu klassifizieren,
- zu kennzeichnen
- zu steuern
- zu optimieren
- sowie zur Durchführung von intelligentem Queueing.

DiffServ-Strategien werden umgesetzt u.a. mit

- CAR – Committed Access Rate
- WRED – Weighted Random Early Detection
- WFQ – Weighted Fair Queuing

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

32

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## DiffServ im Detail

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



- PHB: Expedited Forwarding legt eine niedrigere max. Ankunftsrate fest als seine Weiterleitungsrate (z.B. 100 Mb/sec)
- Edge Router begrenzt
- Länge der Warteschlangen einbezogen in das Machbare, WFQ zwischen EF Paketen und anderen Paketen – In-Pakete werden verworfen
- Verwerfungsschranke vom Kunden angebbbar
- Assured Service über Warteschlangen Selector

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

33

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Konzept DiffServ

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- Aufteilung des Verkehrsstromes in Klassen
- Klassen für z.B. Video, Audio, email
- Getrennte Behandlung der Verkehrsklassen
- nicht individuell, sondern für alle Benutzer zusammen

-> Best Effort, aber ungerecht

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

34

---

---

---

---

---

---

---

---



## DiffServ Router

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- Ingres Router mit symmetrischem Routing
- Klassifikation von Paketen
  - Kennzeichnung von klassifizierten Paketen
  - Zuordnung von Ressourcen zu Kennzeichen

-> Differentiated Services ist nur ein relatives  
Priorisierungsschema

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

35

---

---

---

---

---

---

---

---



## DiffServ Mechanismen

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- Unterstützung vieler Dienste
- Erweiterung existierender Netzwerke
- Trennung von Netzdiensten und Anwendung
- Unterstützung existierender Anwendungen
- keine Änderungen der API und Software
- Trennung von Verkehrsregulierung und „forwarding“

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

36

---

---

---

---

---

---

---

---



## DiffServ hat nicht

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- keine Hop-By-Hop-Signalisierung
- nur wenige Verfahren für „Forwarding“
- keine kostenbestimmende Komplexität
- keine Flaschenhälse
- Keine Kontrolle von mikro-Flüssen oder „per-customer“ Zustände im Core-Netzwerk

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

**DiffServ skaliert aber immerhin!!!**

37

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## DiffServ nach außen

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



- ausschließlich aggregierte Klassifikation im Core-Netzwerk
- einfache Paketklassifikation
- Interoperabilität mit „Nicht DiffServ-Netzwerken“
- einfache Verbreitungsstrategie

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

38

---

---

---

---

---

---

---

---

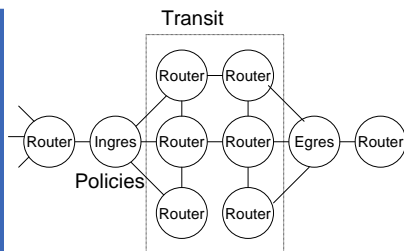
---

---



## DiffServ Netzwerkelemente

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

39

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Übersicht Dienste in DiffServ

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

- **Premium Service**
  - Emulation einer gemieteten Leitung zwischen Quelle und Ziel
- **Zugesichert**
  - User <-> ISP verhandeltes Dienstprofil
  - Service beschrieben durch Tags
  - Bursty-Service
  - Keine QoS-Garantie, aber große Wahrscheinlichkeit
  - nichtkonforme Pakete werden nicht entfernt, aber mit Best-Effort transportiert
- **User Share- Unterscheidung**
  - Verfügbare Bandbreite verteilt an alle Nutzer

40

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Virtual Wire Cross Domains

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

- Virtueller Edge-to-edge Service
- Nicht unterscheidbar von dedizierten Leitungen
- Konfiguration, so dass die Verbindung eine gewisse Datenrate erfüllt unabhängig vom aktuellen Verkehr
- Policy und Shaping,
- Einfach so dass in allen Knoten „arrival“ niedriger ist als „departure“

41

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Wiederholung: Was ermöglichte DiffServ?

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teleendienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

- Differentiated Service Feld (DSField) sind die sechs „most significant bit“ des IPv4 TOS Oktett oder des IPv6 Traffic Class Oktett
- Differentiated Services Codepoint (DSCP) ist der Wert im DSField, den der DS-Knoten auswertet
- Und wir vergessen nie: IntServ ist clever hinsichtlich einzelner Datenflüsse, skaliert nicht!!!
- DiffServ ist fürs Grobe, im Einzelnen noch ausbaubar, skaliert daher.

42

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Differentiated Services Framework (DiffServ)

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



Universität Potsdam  
Institut für Informatik

- Expedited Forwarding (EF)
  - One code point
  - Minimal delay and jitter
  - Highest level of aggregate QoS
- Assured Forwarding (AF)
  - 12 code points
  - 3 drop precedences
  - 4 classes

43

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



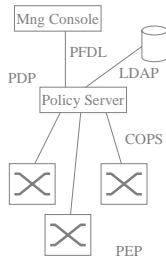
## Policy Framework (IETF)

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



Universität Potsdam  
Institut für Informatik

- Components
  - Policy Enforcement Point (PEP)
  - Policy Decision Point (PDP)
  - Directory
  - Management console
- Protocols
  - Policy Definition Language (PFDL)
  - Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)
  - Common Open Policy Service (COPS)



44

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Und ATM vs. RSVP ?

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



Universität Potsdam  
Institut für Informatik

Da ATM Datenströme in einzelnen VCs verwaltet, ist es mit IntServ gut bedienbar und benötigt kein RSVP (stattdessen Q2931 für Routing von VCs)

- RSVP:
- Empfänger erzeugt Reservierung
  - Soft-State (Refresh/Timeout)
  - Getrennt vom Routenaufbau
  - QoS kann sich dynamisch ändern
  - Empfänger Heterogenität (und Multicast)

- ATM
- Sender erzeugt Verbindungsanfrage
  - Hard-State (explizites Löschen)
  - Gleichzeitig mit Routenaufbau
  - QoS bietet für die Lebensdauer der Verbindung statisch (ist in ABR aber etwas flexibler)
  - Einheitliches QoS für alle Empfänger

45

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# MPLS Multiprotocol Label Switching

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



**Reihe von Techniken**, die für die effektive Implementierung von IP Routern oberhalb von Switchen der Ebene 2 (z.B. ATM) benutzt werden

### Implementierung von DiffServ

1. Das Konzept
2. Unterschiede zu bisherigen Techniken
3. Vorteile von MPLS

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# MPLS Definition

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



MPLS ist ein bei der IETF in Standardisierung befindliches Verfahren

- mit dem man das Problem der Bandbreitenreservierung im Internet lösen will.
- Benötigt wird dies z.B. für VoIP und andere Multimedia-Dienste, die einen verbindlichen QoS voraussetzen.
- Analog zu den meisten proprietären Techniken kennzeichnet auch MPLS die Header von bevorzugt zu übertragenden IP-Paketen mit einem Label (ein bestimmtes Bit wird gesetzt).

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Was ist Label Switching?

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



### Label Switching

- Weiterleitungsverfahren für Datenpakete, das bisherige Routing-Verfahren, die möglichst lange übereinstimmende Adressbereiche finden und weiterleiten,
- Mithilfe eines Label-Ersetzungsverfahrens (lokale Adressen).

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# IP versus Label Switching

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



## IP Switching

D=net.host des Zieles

D Last



Tabellen mit 200'000 Einträgen  
Pro Paket: komplettes Durchsuchen

Net1	Ausgang 1
Net2	Ausgang 2
Net3	Ausgang 1
...	...
Net n	Ausgang 1

## Label Switching

L=zugeordnet vom Edge-Router

L D Last



Sehr kleine Label-Tabellen

L1	Ausgang 1
L2	Ausgang 2
L3	Ausgang 1

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

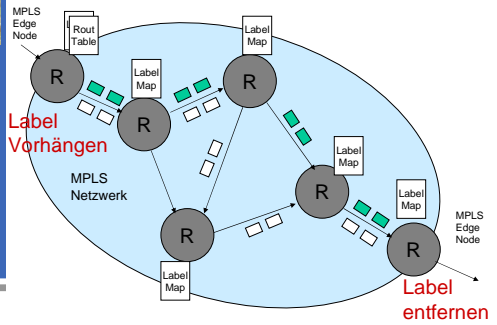


# MPLS Beispiel

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



## Routing-Tabelle mit Pfaden



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Label Format

Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste



- Exp (Experimental): Class of Service
- S (bottom of Stack)
- TTL (Time to live)

---

---

---

---

---


---

---


---

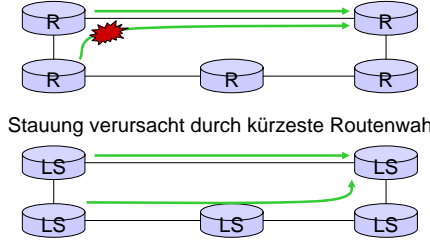
---

---


**Fehlerbehandlung bei Stauungen**
Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste

---





Stauung verursacht durch kürzeste Routenwahl

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

52

---

---

---

---

---


---

---


---

---

---


**Signalisierung für MPLS**
Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste

---



Kategorie	CD-LDP	RSVP
Transport-Mechanismus	Transport über TCP	Raw IP Packete
Status-Management	Hard State	Soft State, benötigt per Flow refresh
Benötigte Nachrichten	Request and Mapping	Path, Resv, ResvConf
Architektur	Basiert auf LDP	Basiert auf RSVP

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

53

---

---

---

---

---


---

---


---

---

---


**Vorteile von MPLS**
Netzwerktechnologien und multimediale Teledienste

---



- Unterstützt explizite Routen
- Kann für den Aufbau von Virtuellen Private Netzwerke verwendet werden
- Multiprotokoll und Multilink
- Unabhängige Entwicklung von Management und Forwarding
- Möglichkeit für Inter Domain Routing
- Unterstützt alle Verkehrstypen

Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

54

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Unterschiede zwischen Routing und Switching

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

	Konventionelles Forwarding (Routing)	Label Switching
Forwarding Entscheidungen	Basiert nur auf der Adresse	Basiert auf mehreren Parametern QoS, VPN
Vollständige Analyse der Header	In jedem Knoten	Nur ein mal, beim Edge-Router

55

---

---

---

---

---

---

---

---



## Literatur

Netzwerktechnologien  
und multimediale  
Teledienste



Universität  
Potsdam  
Institut für  
Informatik

- Tanenbaum
- „Resource Reservation Protocol (RSVP)“, RFC 2205, Sept. 1997
- „An Architecture for Differentiated Services“, RFC 2475, Dec 1998
- Y. Bernet et al., „A conceptual Model for DiffServ Routers“, work in Progress, Internet Draft, March 2000
- G.S.Kuo (Ed.), „Multiprotocol Label Switching“, Feature Topic of IEEE Communications Mag., Dec. 1999
- G.Armitage, „MPLS: The Magic Behind the Myths“, IEEE Communications Mag., Jan 2000
- Larry L. Peterson, Bruce S. Davie: Computernetze, dPunkt Verlag
- Ankur V. Chadda, Carsten Rossenhövel: Funkschau 13/2004 „Multiprotocol Label Switching in der Praxis“

56

---

---

---

---

---

---

---

---