



**Westfälische
Hochschule**

Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

Quality of Service (QoS) für das Internet Protokoll

Prof. Dr. (TU NN)

Norbert Pohlmann

Institut für Internet-Sicherheit – if(is)
Westfälische Hochschule, Gelsenkirchen
<http://www.internet-sicherheit.de>

if(is)
internet-sicherheit.

- **Ziele und Einordnung**
- **Ausgangssituation**
- **Lösungsansätze**
- **Integrated Service (IntServ)**
- **Differentiated Service (DiffServ)**
- **Ausblick**
- **Zusammenfassung**

- **Ziele und Einordnung**
- Ausgangssituation
- Lösungsansätze
- Integrated Service (IntServ)
- Differentiated Service (DiffServ)
- Ausblick
- Zusammenfassung

Quality of Service (QoS)

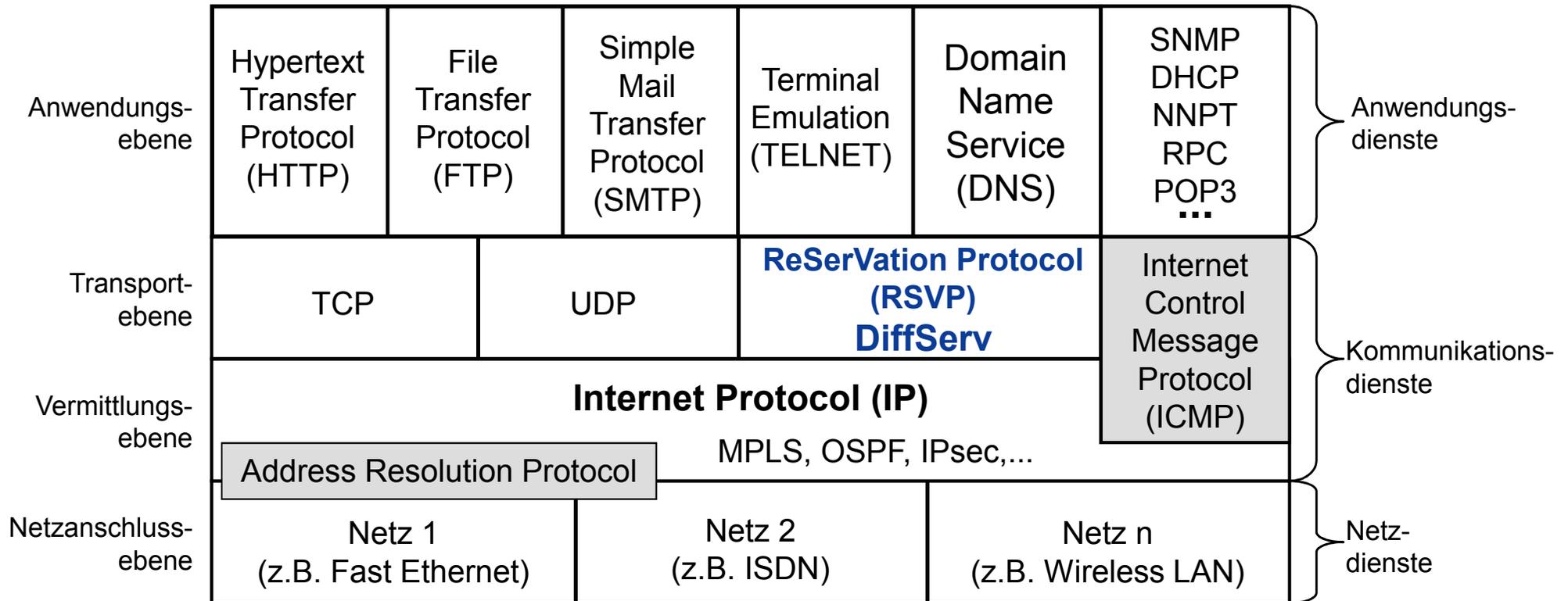
→ Ziele

- Gutes Verständnis für die Notwendigkeit von Quality of Service (QoS).
- Erlangen der Kenntnisse über die Aufgaben, Prinzipien und Mechanismen von Quality of Service (QoS) Protokollen.

Quality of Service (QoS)

→ Einordnung

Internet-Protokollstack



- Ziele und Einordnung
- **Ausgangssituation**
- Lösungsansätze
- Integrated Service (IntServ)
- Differentiated Service (DiffServ)
- Ausblick
- Zusammenfassung

- **Enormes Wachstum des Internets**

(Verdopplung des IP-Datenverkehrs alle 4 Monate)

⇒ je höher die Last, desto größer die Verzögerung

- **Everything over IP**

(Telefon, Radio, Fernsehen, ...)

- **Neue Dienste im Bereich Multimedia**

(Medienserver, Videosever, Konferenzsysteme, ...)

- **Best-Effort-Prinzip**

Der Betreiber des Netzes sagt dessen Benutzern zu, eingehende Übermittlungsanfragen schnellstmöglich und im Rahmen der ihm zur Verfügung stehenden Ressourcen nach besten Möglichkeiten zu bedienen. *Best Effort* ist somit eine pauschale Qualitätzusicherung. **Wichtiger Punkt bei der Netzneutralität!**

Alle IP-Pakete (aller Nutzer) werden im Router gleichberechtigt behandelt!

- Reicht aus für E-Mail, Web-Anwendungen, Telnet, ...)

- Ist aber möglicherweise unzureichend für einige Anwendungen!
(Voice over IP, Konferenzsysteme, Onlinebroking, ...)

Ausgangssituation

→ Neue Anforderungen

Beispiel einer kritischen Anwendung: **Voice over IP**

- Realzeitanwendung mit kontinuierlichen Medien
- Bandbreiten-Anforderung relativ bescheiden (z.B. 8 KBit/s pro Weg)
- Verzögerung: 300 ms (ITU-T - G.114)
- Paketverlustrate: $\leq 1\%$

⇒ **Best-Effort reicht nicht aus!**

(Test von Deutschland nach Korea: Verlustrate von 1 bis 5 %, Verzögerung von 300 ms bis 1s, Jitter 30 bis 45 ms – kommt zusätzlich auf die Verzögerung)

Was ist eine Lösung dieses Problems?

- **QoS-Mechanismen zum Reservieren und Garantieren von Ressourcen**
- **Ziel ist die Vereinbarung von Dienstgüteparametern, um kritische Anwendungen über IP durchführen zu können**

Quality of Service

→ Dienstgüte

Definition von Dienstgüte (Quality of Service)

- Dienstgüte kennzeichnet das definierte, kontrollierbare Verhalten eines Systems bezüglich messbarer Parameter (Steinmetz)
- QoS als Fähigkeit eines Netzes, Dienste für bestimmte Anwendungen von einem Ende der Kommunikation zum anderen zur Verfügung zu stellen (Cisco)

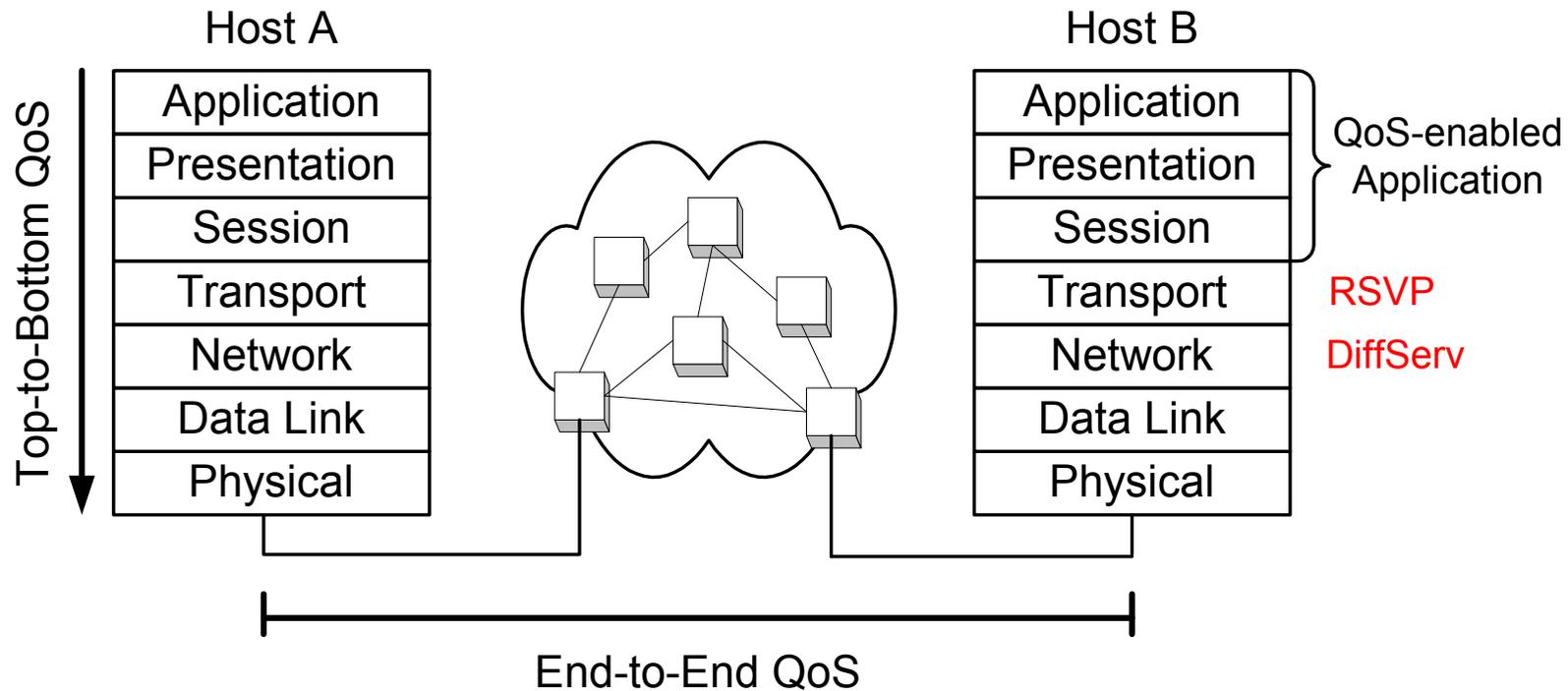
Parameter der Dienstgüte sind:

- **Bandbreite (Bit/s)**
- **Verzögerung (in ms)**
- **Jitter (Schwankungen der Verzögerung)**
- **Verlustrate (in %)**

- Ziele und Einordnung
- Ausgangssituation
- **Lösungsansätze**
- Integrated Service (IntServ)
- Differentiated Service (DiffServ)
- Ausblick
- Zusammenfassung

Lösungsansätze QoS-Protokolle

→ QoS-Protokolle für IP-basierte Netze

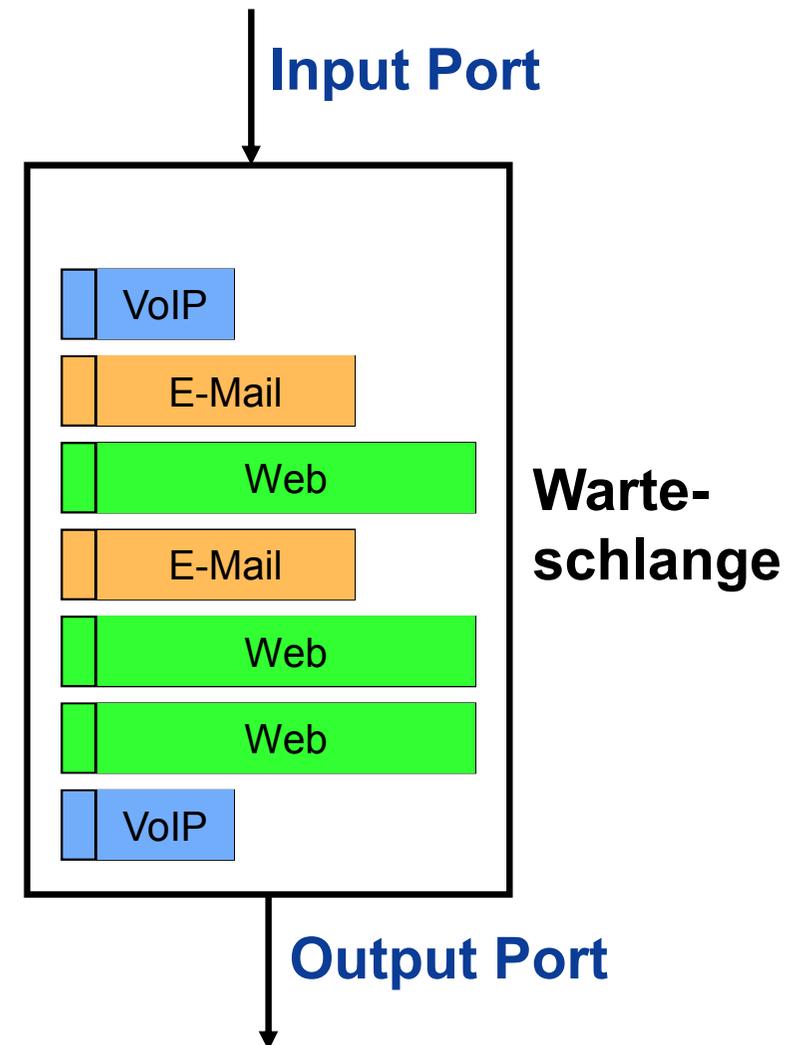


- **Integrated Services (IntServ)**
+ ReSerVation Protocol (RSVP)
- **Differentiated Services (DiffServ)**

Grundsätzliches Prinzip (1/7)

→ Warteschlangen in Routern (1/3)

- Router reihen ankommende Pakete in Warteschlangen am Output Port.
- Wenn die **Warteschlange am Output Port** groß ist, dann tritt eine **Verzögerung** ein.
Es sind mehr Pakete in der Warteschlange, als zur Zeit übertragen werden können.
- Wenn die **Warteschlange am Output voll** ist, dann tritt ein **Verlust** auf, weil die Pakete im Router nicht mehr zwischengespeichert werden können.



- **Problem: Das letzte VoIP-Paket muss warten, bis alle Pakete aus der Warteschlange übertragen sind.**

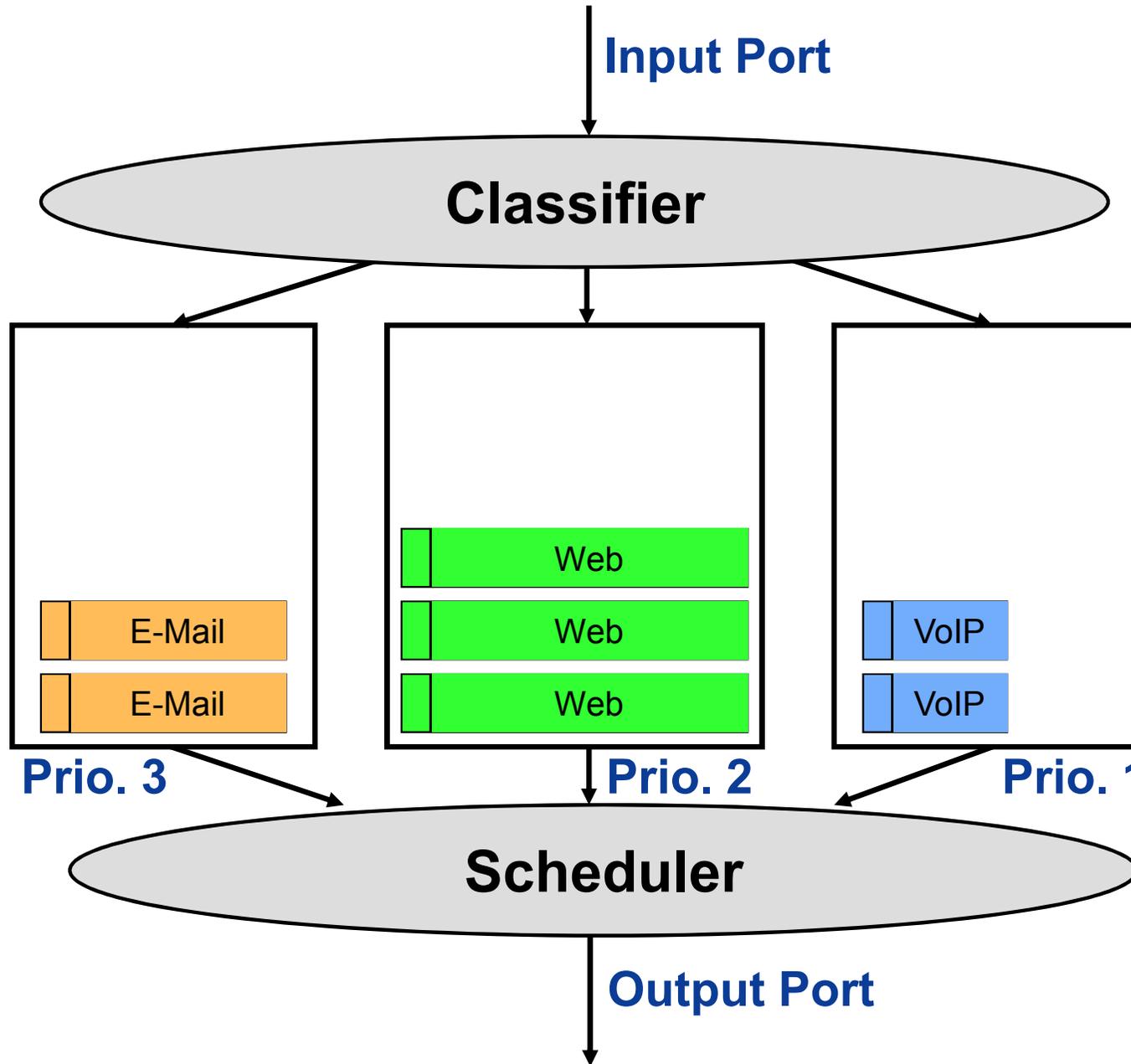
Grundsätzliches Prinzip (2/7)

→ Warteschlangen in Routern (2/3)

- QoS-Mechanismen sorgen dafür, dass die **Pakete** mit höherer Priorität z.B. Telefonie-Pakete (VoIP-Pakete) die Pakete mit niedriger Priorität z.B. E-Mail-Pakete in den **Routern überholen** können.
- Das Grundprinzip im Umgang mit priorisierten Paketen ist die Verwendung von **verschiedenen Warteschlangen für Pakete verschiedener Proirität**.
- Sortiert man die ankommenden Pakete mit Hilfe des Classifiers nach Prioritäten in verschiedene Warteschlangen (Queues) ein, so kann dann mit Hilfe des Schedulers dafür gesorgt werden, dass z.B. die Pakete in der hoch **priorisierten Warteschlange als erstes über den Output Port** versendet werden.
- Nur wenn die priorisierte Warteschlange leer ist, werden Pakete aus Warteschlangen mit niedriger Priorität versendet.

Grundsätzliches Prinzip (3/7)

→ Warteschlangen in Routern (3/3)



Letztes VoIP-Paket

-BE: 53 ms (1 MB/s)

-BE: 1,1 ms (50 MB/s)

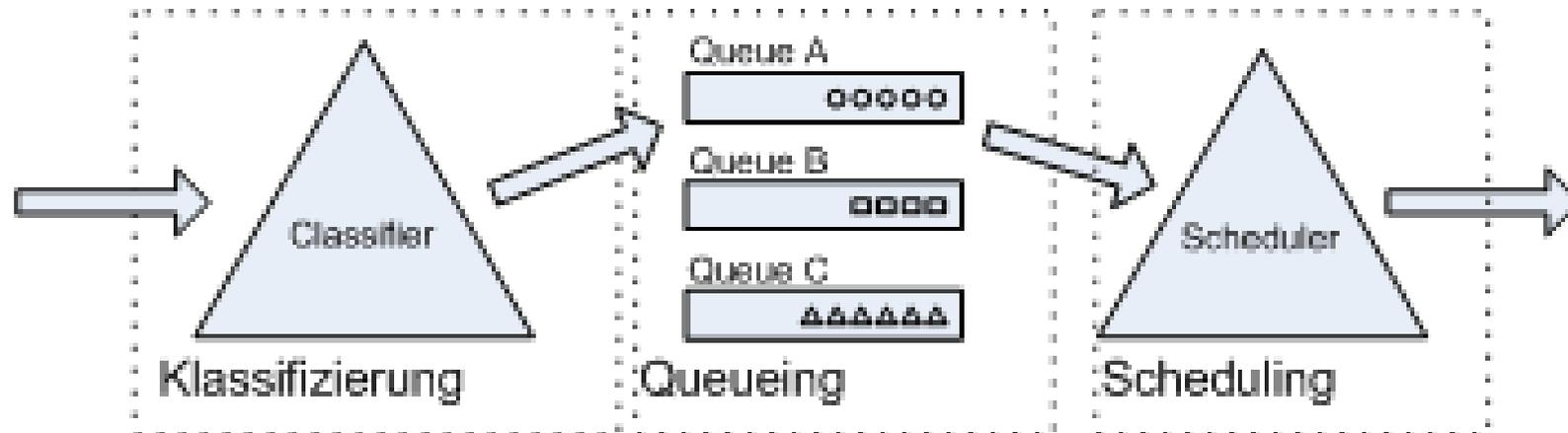
-QoS: 1,3 ms (1 MB/s)

Warte-
schlange
(Queue)

Grundsätzliches Prinzip (4/7)

→ Prinzip von Routern

■ 3-Komponenten-Sicht



■ Klassifizierung

- Pakete werden nach Eigenschaften und Vorgaben klassifiziert

■ Queueing

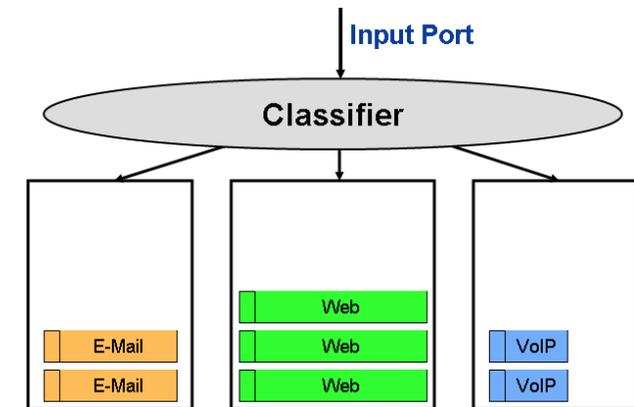
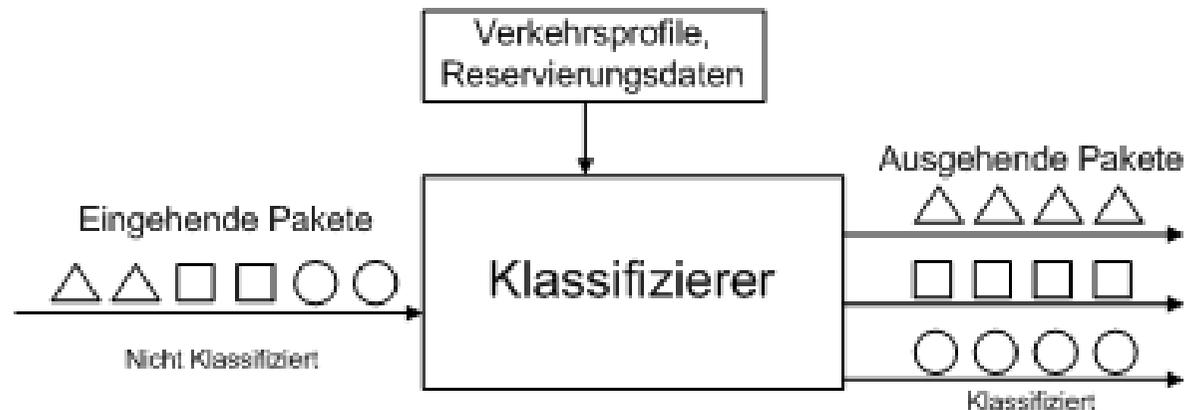
- Pakete werden in verschiedene Warteschlangen geschrieben

■ Scheduling

- Pakete werden nach einem bestimmten Algorithmus versendet

Grundsätzliches Prinzip (5/7)

→ Classifier



- Der Classifier muss die Datenpakete und das definierte Verkehrsprofil kennen.
- Arten von Classifier
 - Behaviour Aggregate Classifier
 - Definiertes Feld im IP-Header (TOS, DS)
 - Multi-Field Classifier
 - Z.B.: IP-ADR, Portnummer,

Grundsätzliches Prinzip (6/7)

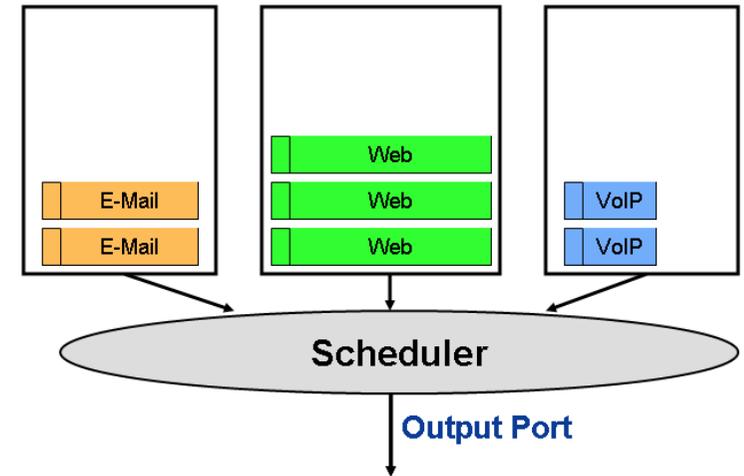
→ Warteschlangen

- Warteschlangen oder auch Queues dienen zum temporären Speichern von Datenpaketen.
- Methoden
 - **Wie sie ankommen (FIFO - First In First Out)**
FIFO-Queues speichern die Pakete in der Reihenfolge in der sie ankommen und geben sie in derselben Reihenfolge wieder aus.
 - **Nach Dringlichkeit (EDF - Earliest Deadline First)**
EDF-Queues speichern die eintreffenden Pakete sortiert nach ihrer zeitlichen Dringlichkeit.
 - **Nach Priorität (verschiedene Warteschlangen)**
Nach Priorität gestaffelte Warteschlangen speichern Pakete nach definierbaren Prioritätsparametern.
Prinzipiell werden diese Priority-Queues durch FIFO-Queues realisiert, die mit zusätzlichen Parametern versehen werden.

Grundsätzliches Prinzip (7/7)

→ Scheduling

- Ist eine Bedienstrategie für die Warteschlangen.
- Legt die Reihenfolge der exklusiven Ressourcennutzung abhängig von einem Scheduling-Algorithmus fest.
- Scheduling-Algorithmen
 - **Round Robin (Reihum)**
 - Alle nacheinander; keiner wird bevorzugt
 - **Simple Priority Queueing**
 - Immer erst hochpriorie Werteschlange bedienen
 - Permanente Bevorzugung der hochpriorien Warteschlange
 - **Weighted Fair Queuing**
 - Round Robin mit Gewichtung
 - Warteschlange mit hohem Gewicht wird öfter bedient

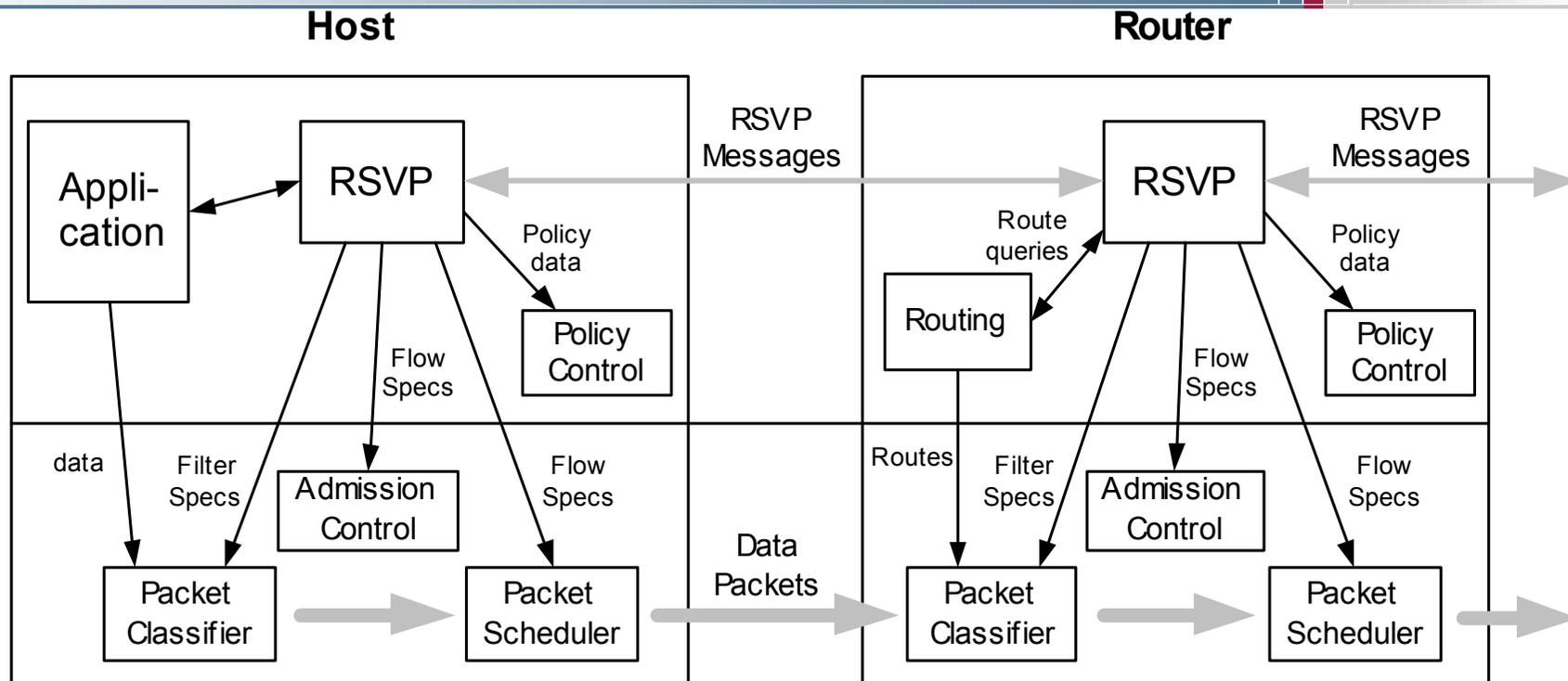


- Ziele und Einordnung
- Ausgangssituation
- Lösungsansätze
- **Integrated Service (IntServ)**
- Differentiated Service (DiffServ)
- Ausblick
- Zusammenfassung

- Das Prinzip des Integrated Service besteht darin, **Ressourcen für individuelle Datenströme bereitzustellen** und somit eine Garantie für einen bestimmten Dienst gewährleisten zu können.
- Dazu müssen die End- und Zwischensysteme, wie Router mit zusätzlichen Funktionseinheiten ausgestattet werden, die unter anderem das Zuteilen der Ressourcen zu den einzelnen Datenströmen regeln.
- Die Funktionseinheit enthält eine **Signalisierungseinheit** und einen **Datenpfad**.
- Das Reservation Protokoll (RSVP) als zentrale Einheit des Modells hat die Aufgabe, die von einer Anwendung initiierte QoS-Anfrage an jeden Router entlang des Datenpfades zu übermitteln.
- Im Protokollstack liegt RSVP direkt über IP und übernimmt die Rolle eines Transportprotokolls für die Signalisierungsnachricht.
- Wenn Admission Control und Policy Control einer Reservierung zustimmen, aktiviert RSVP die Reservierung in den Modulen des Datenpfades.

Integrated Service (IntServ)

→ Übersicht (2/2)



- Die empfangenen Datenpakete werden als erstes an den Classifier weitergeleitet.
- Der Classifier entscheidet, welcher Warteschlange das Paket zugeordnet wird.
- Die Entscheidung hängt von der für dieses Paket bzw. Datenstrom angeforderten Dienstgüte ab.
- Der nachgefolgte Scheduler multiplext Pakete unterschiedlicher Reservierung auf die ausgehenden Schnittstellen (Output Port), zusammen mit den Best-Effort-Paketen, für die keine Reservierung vorgesehen sind.

- **Guaranteed Service:**

Garantierte Bandbreite, Verzögerung, Jitter, Verlustrate
(Anwendungen: Videokonferenzen, IP-Telefonie, ...)

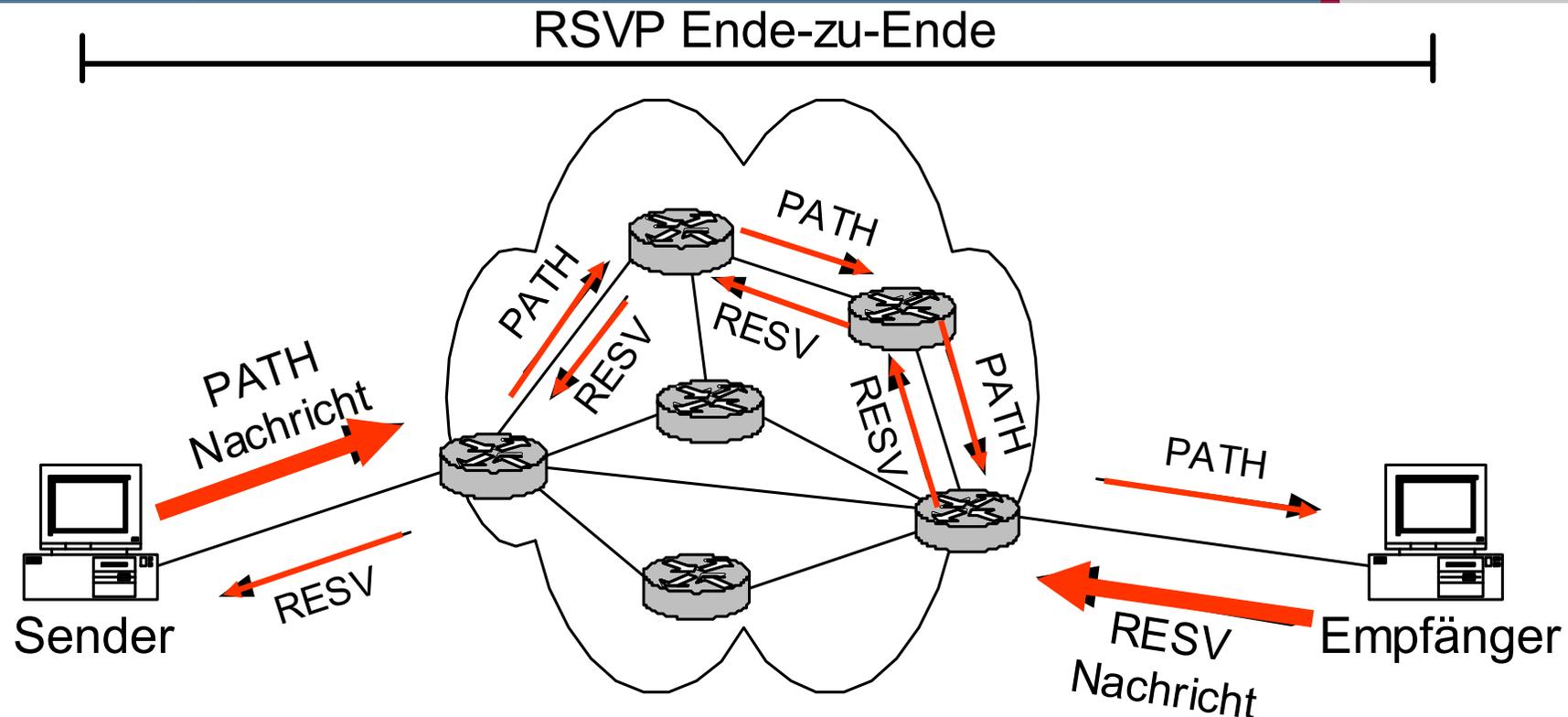
- **Controlled Load Service:**

Dienst wie im unbelasteten Netz (*better than best effort*)
(Anwendungen: Onlinebroking, Audio-/ Video-Streaming, ...)

- Die Dienstklasse Controlled Load stellt für ihre Dienste ein unbelastetes Netz bereit, obwohl das Netz insgesamt stark belastet sein kann, d.h. es wird ein unbelastetes Netz vorgetäuscht.

Integrated Service (IntServ)

→ ReSerVation Protocol (RSVP) - Signalisierungsprotokoll



- Der Sender initiiert eine QoS-Anfrage, welche entlang des Datenpfades weitergeleitet wird.
- Jeder Knoten ermittelt, ob er ausreichende Ressourcen besitzt, um die angeforderte QoS zu erfüllen.
- Wird die Anfrage akzeptiert, kann eine Zuteilung der notwendigen Ressourcen erfolgen.
- Können die Ressourcen auf dem gewünschten Kommunikationsweg nicht zugeteilt werden, wird die Anfrage abgelehnt

- **Ähnlich wie Standleitung**
Feste Bandbreite auf der Übertragungsstrecke für die einzelnen Teilnehmer zu reservieren
 - Komplexeste QoS-Technologie mit höchstem QoS-Level
- IntServ arbeitet mit Reservierung, die über das **Resource Reservation Protocol (RSVP)** getätigt wird
 - Hohe Signalisierungsverzögerung
(besonders ungünstig bei kleinen Übertragungsmengen, wie z.B. Fernwerkdiagramme von Sensoren)
 - Hohe Signalisierungslast im Netz
(je Verbindung, ständige Aktualisierung)
- **dynamische Reservierungszustände** („soft states“)
 - Verwaltung von einem Zustand pro Datenfluß (sehr komplex)

- Ziele und Einordnung
- Ausgangssituation
- Lösungsansätze
- Integrated Service (IntServ)
- **Differentiated Service (DiffServ)**
- Ausblick
- Zusammenfassung

Differentiated Service (DiffServ)

→ Übersicht (1/2)

- Das grundsätzliche Prinzip beim Differentiated Service ist die **Differenzierung der übertragenen Datenströme** bezüglich ihrer Anforderung der Quality of Service.
- DiffServ unterteilt ein Netz in sogenannte DiffServ-Domänen.
- Eine Domäne besteht aus einem oder mehreren Netzen, die einer gemeinsamen administrativen Instanz unterstehen.
- Die Grundidee von DiffServ ist nun, Dienste in einige wenige Dienstklassen einzuteilen und für jede Dienstklasse eine bestimmte Handlungsregel (Per Hop Behavior) zu definieren.
- Die Handlungsregel beschreibt das Verhalten eines Netzknotens gegenüber den passierenden Datenpaketen, abhängig von der zugewiesenen Dienstgüte.
- Die Handlungsregeln einer Domäne besitzen nur innerhalb dieser Gültigkeit.

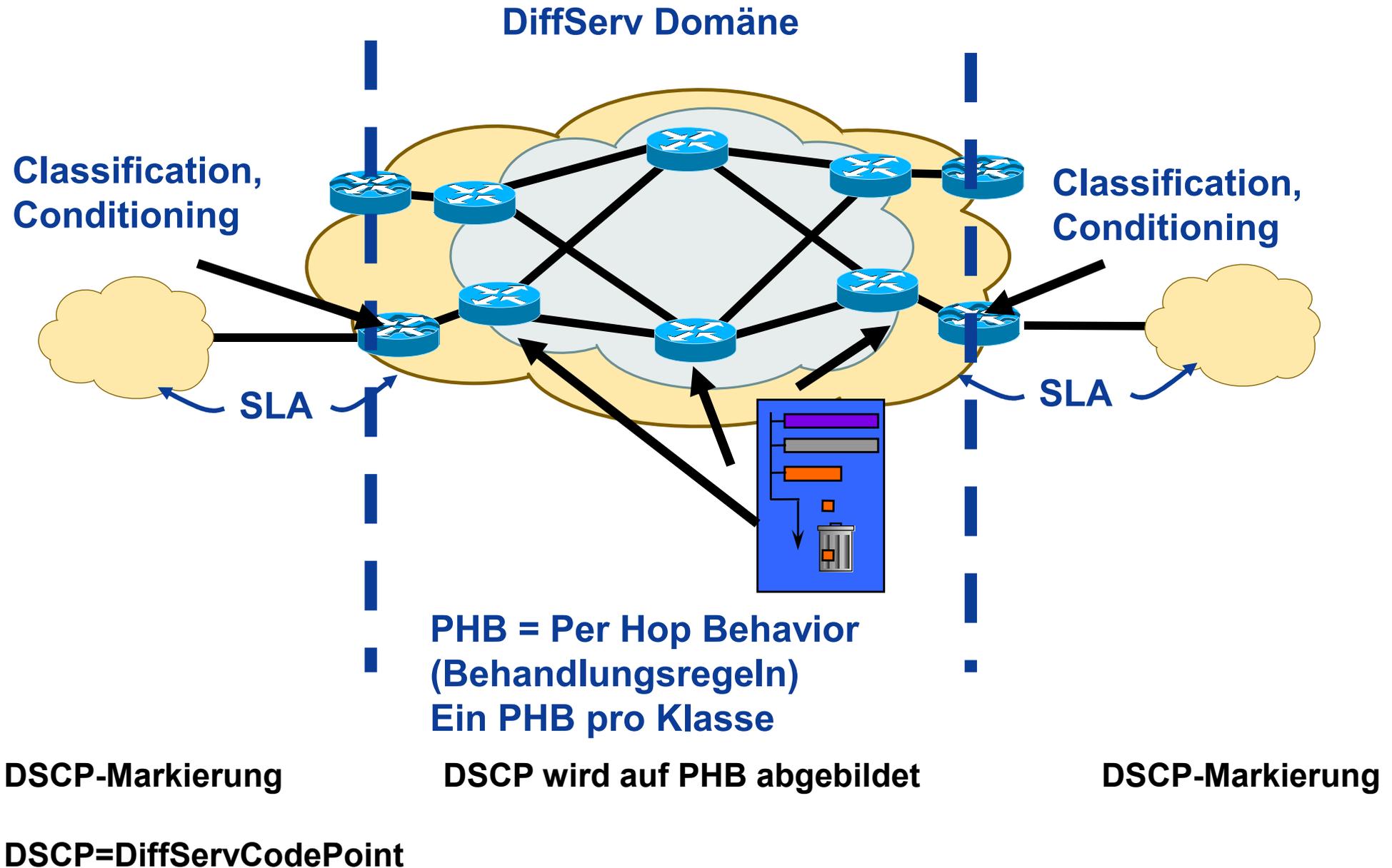
Differentiated Service (DiffServ)

→ Übersicht (2/2)

- In eine Domäne eingehender Netzverkehr wird am Randbereich der Domäne klassifiziert, ausgewertet und über eine Markierung – den sogenannten DS-Codepoint (DSCP - DiffServCodePoint) - einer für diese Domäne geltende Behandlungsregel zugeordnet.
- Im Kern einer Domäne müssen die DSCPs nur noch auf die Behandlungsregeln abgebildet und die Pakete entsprechend weitergeleitet werden.
- Bei dieser Architektur wird beim Übergang in ein QoS-Netz das IP-Paket markiert und in Abhängigkeit einer zur Verfügung und genutzten Klasse eine Qualität garantiert.
- Um einen bestimmten Dienst in Anspruch nehmen zu können, muss dieser in einer Dienstvereinbarung (**Service Level Agreement, SLA**) fixiert werden.
- Dazu wird ein Vertrag zwischen dem Dienstkunden und Dienstanbieter abgeschlossen, der den Weiterleitungsdienst des Kunden festlegt.

Differentiated Service (DiffServ)

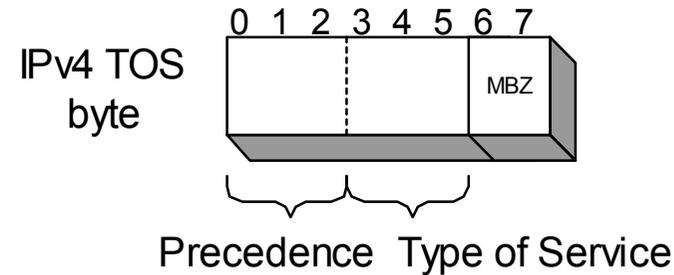
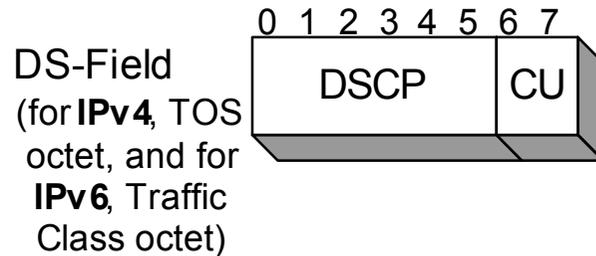
→ Differenzierung der übertragenen Datenströme



Differentiated Service (DiffServ)

→ Adressierung

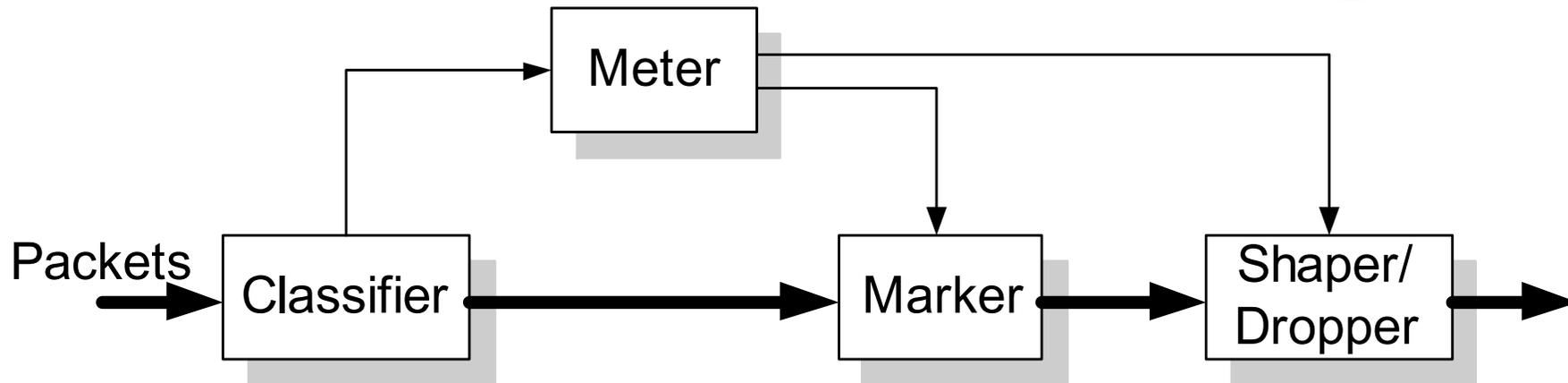
DiffServ CodePoint (DSCP)



- Verkehrsklassen werden durch eine Markierung im TOS Byte des IP-Headers unterschieden
- QoS-Mechanismen werden auf Klassen angewendet (anstatt auf einzelne Flüsse)
- Pro Klasse wird ein Satz von Behandlungsregeln (Per Hop Behaviors) definiert

Differentiated Service (DiffServ)

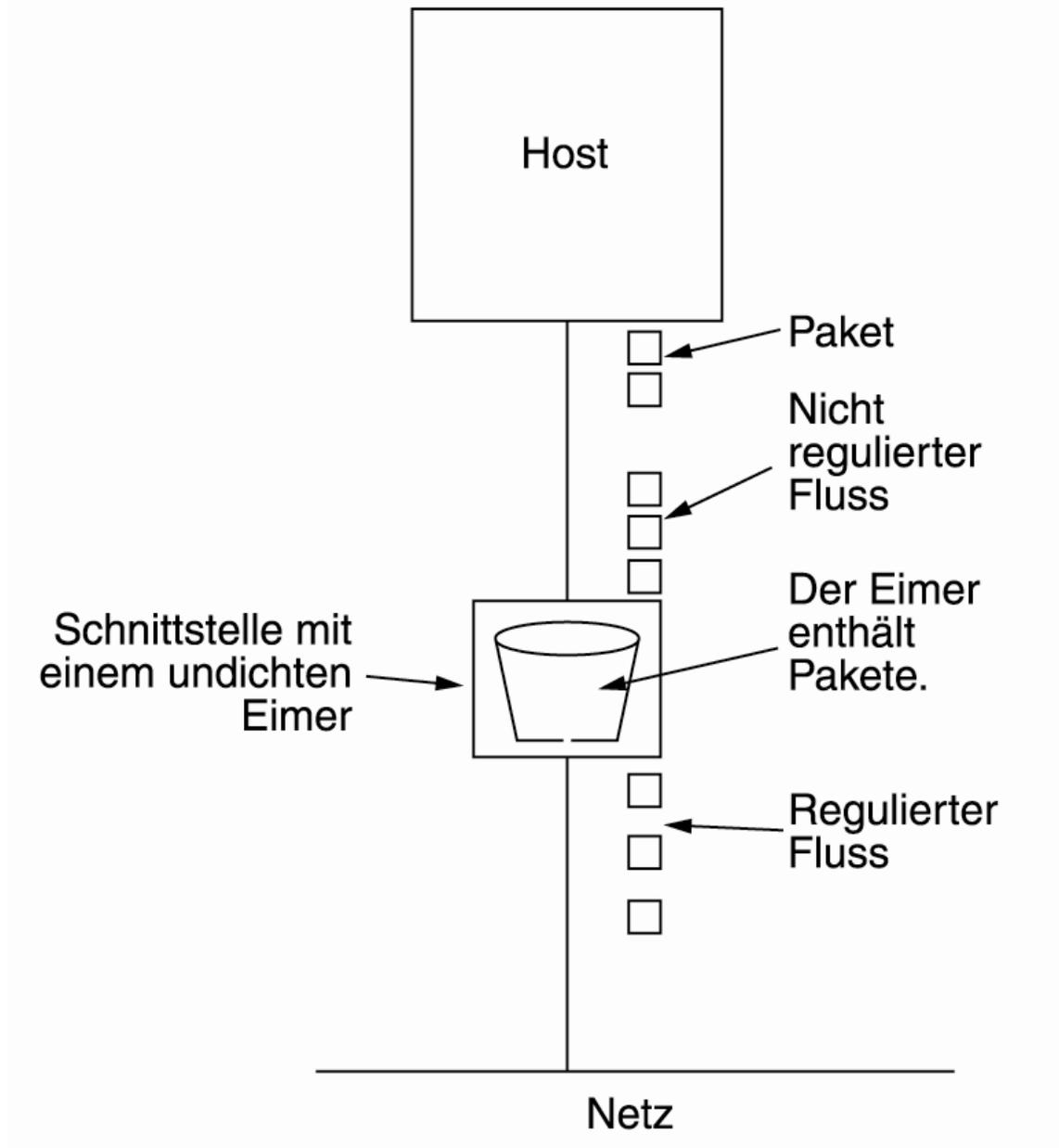
→ Mechanismen



- Der **Classifier** identifiziert die Dienstklasse der eintreffenden Dateneinheiten. Die Identifikation kann anhand des DSCP erfolgen, falls das Paket aus einer andern Domäne kommt und bereits markiert wurde.
- Mit dem **Meter** wird überprüft, ob der Datenverkehr dem TCS (Traffic Condition Agreement) festgelegten Verkehrsprofil entspricht (Durchsatz, Verzögerung, ...).
- Der **Marker** kann die IP-Pakete entsprechend markieren. Er kann die Klasse der IP-Pakete verändern, falls die ursprüngliche gewünschte Klasse nicht realisiert werden kann.
- Der **Dropper** wird verwendet, um einen zum festgelegten Verkehrsprofil nicht konformen Datenverkehr zu drosseln, z.B. bei isochronen Anwendungen.
- Der **Shaper** wandelt einen unregelmäßigen Datenverkehr (z.B. Burst-artig) in einen regelmäßigen Datenverkehr. (Jitter) → Leaky-Bucket Algorithmus

Differentiated Service (DiffServ)

→ Leaky-Bucket Algorithmus: Prinzip



Differentiated Service (DiffServ)

→ 2 spezifizierte Behandlungsregeln

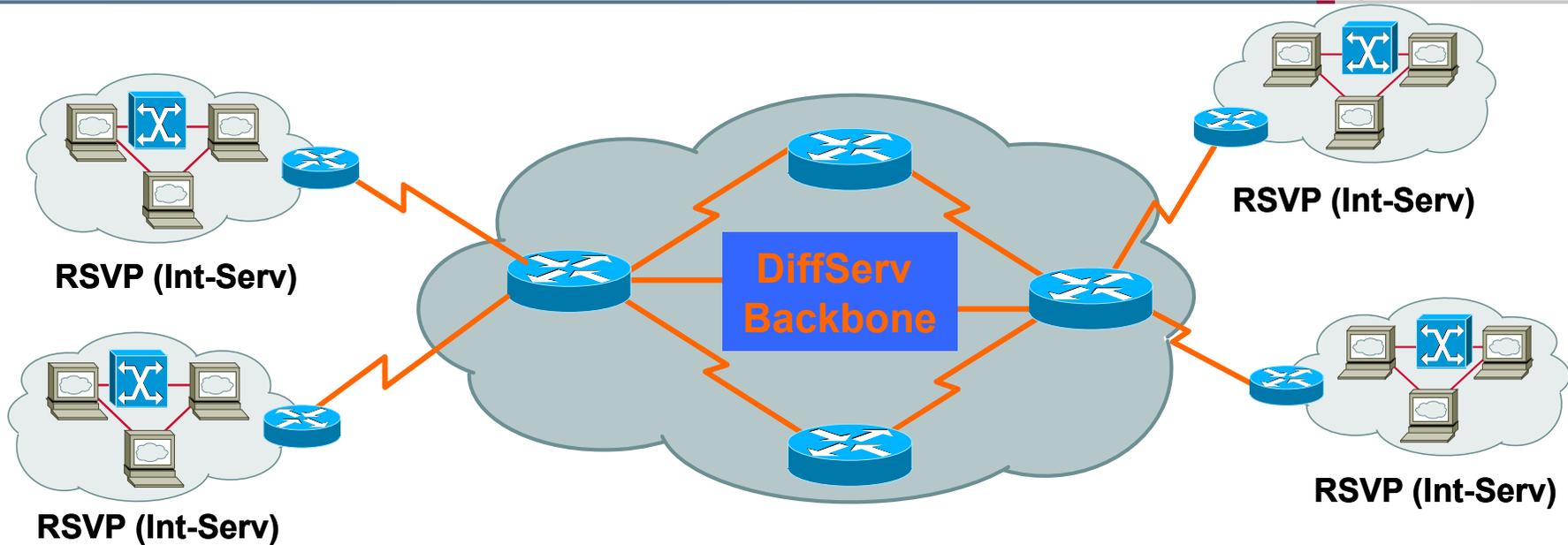
- **Expedited Forwarding (Premium Service)**
 - Garantierte Grenzen für Verzögerung, Verluste und Jitter
 - Service Level Agreement spezifiziert die Bandbreite
 - Ähnlich einer Standleitung
- **Assured Forwarding**
 - Emuliert ein leicht belastetes Netz
 - 4 Klassen mit getrennten Ressourcen (Puffer, Bandbreite)
 - Innerhalb jeder Klasse 3 unterschiedliche Verlustwahrscheinlichkeiten (low, medium u. high)
- **Default Forwarding (Best-Effort)**

- Mehrere unterschiedliche Verkehrsströme mit ähnlichen QoS-Anforderungen können zu einem größeren Verkehrsbündel zusammengefasst werden, das im Netz auf gleiche Weise behandelt wird
- Der minimalisierte Ansatz erspart Komplexität
 - Verwaltung von einem Zustand pro Klasse (Man spart die vielen Zustände und deren Verwaltung im Netz)
 - Implizite Signalisierung der Dienstgüte über Markierung im Type of Service Feld (IP-Header)
 - Markierung der entsprechenden QoS-Klasse wird nur einmal und zwar am Eingang in das DiffServ-Netz vorgenommen

- Ziele und Einordnung
- Ausgangssituation
- Lösungsansätze
- Integrated Service (IntServ)
- Differentiated Service (DiffServ)
- **Ausblick**
- Zusammenfassung

Ausblick

→ QoS-Architektur für das Internet



- **Endsysteme**
 - Reservieren über RSVP (IntServ)
- **Weitverkehr**
 - Dienstklassen zuteilen, Markierung
 - Einfache und schnelle Bearbeitung und Weiterleitung
- **Weiterer Standard:** Multi Protocol Label Switching (MPLS)

- Ziele und Einordnung
- Ausgangssituation
- Lösungsansätze
- Integrated Service (IntServ)
- Differentiated Service (DiffServ)
- Ausblick
- **Zusammenfassung**

Quality of Service im Internet

→ Zusammenfassung

- Steigende Nachfrage nach Quality of Service (QoS) (bestes Beispiel: Integration von Sprache)
- **QoS Systeme**
 - Schaffen keine neuen Ressourcen (z.B. Bandbreite)!
 - Sie kontrollieren die Ressourcen-Vergabe und bieten so eine höher Dienstqualität für einen gewissen Zeitraum
 - Sind komplexe Systeme
 - Ersetzen nicht die notwendige Netz-Dimensionierungen
- **Aufgabenstellung bei der Umsetzung von QoS**
 - Es sind enorme Umstrukturierungen in den Netzen der Dienstanbieter notwendig
 - Preismodell für unterschiedliche Dienste
 - Abrechnung der erbrachten Dienste (Accounting/Billing)
 - Kontrollmechanismen



**Westfälische
Hochschule**

Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

Quality of Service (QoS) für das Internet Protokoll

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Fragen ?**

Prof. Dr. (TU NN)

Norbert Pohlmann

Institut für Internet-Sicherheit – if(is)
Westfälische Hochschule, Gelsenkirchen
<http://www.internet-sicherheit.de>

if(is)
internet-sicherheit.