

# IP Routing-Protokolle

-

## Einführung

Markus Speer

Zentrum für Informationsverarbeitung

Westfälische Wilhelms-Universität

Münster

E-Mail: [speer@uni-muenster.de](mailto:speer@uni-muenster.de)

Tel.: (0251) 83-31614, Fax: (0251) 83-31653

Veranstaltung vom 26.06.2003 der Vorlesung

Rechnernetze und Internet –

Fortgeschrittene Themen

SS 2003 - Veranstaltungsnummer: 260 158

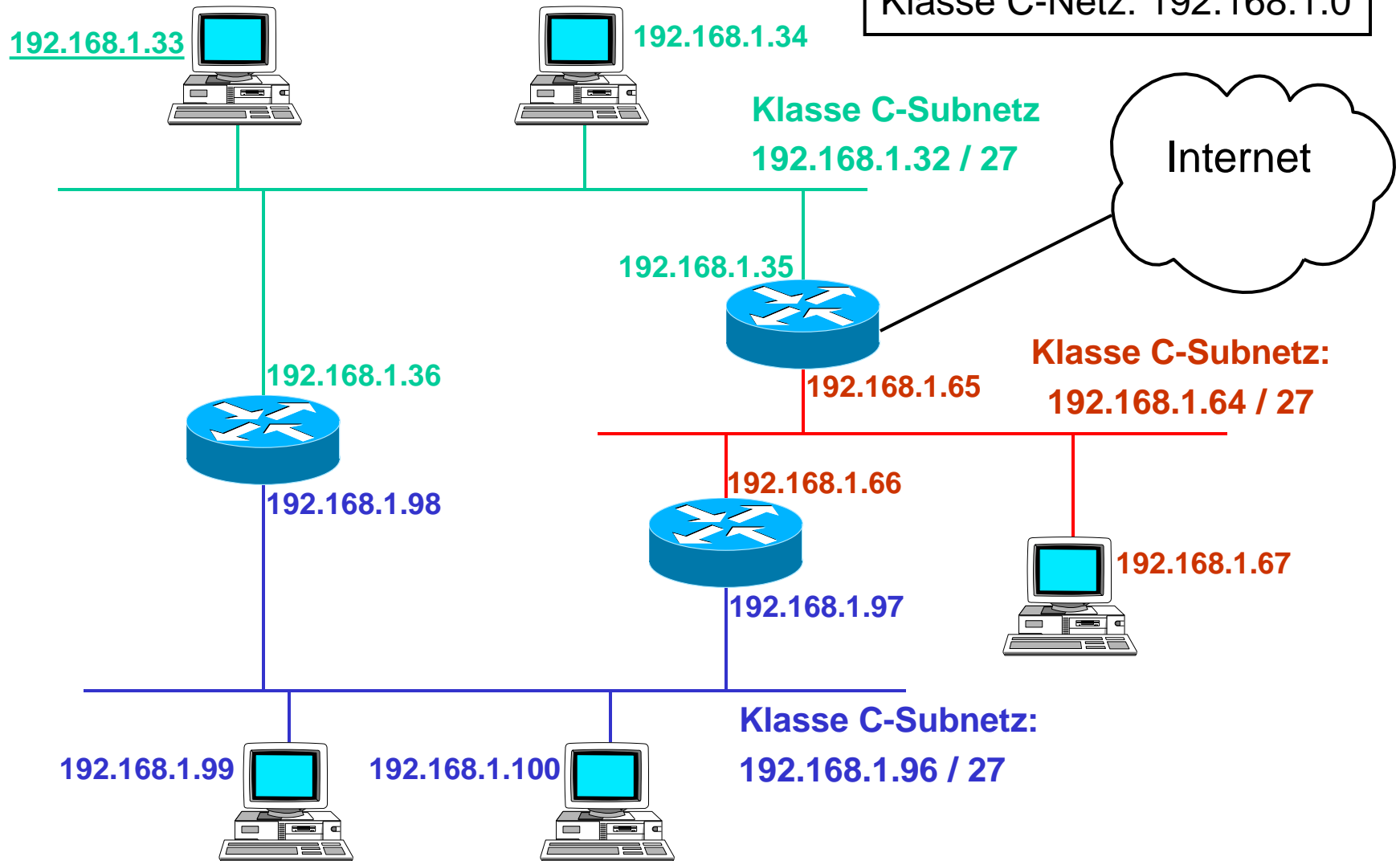
<http://www.uni-muenster.de/ZIV/Lehre/2003-2/RechnernetzeFortgeschritteneThemen/>

# Themenübersicht: Einführung IP Routing-Protokolle

- Grundlagen
- Autonome Systeme
- Routing-Protokolle: Methoden
- RIP: Routing Information Protocol
- RIP-2

# Kopplung von IP-Subnetzen mit Routern - Beispiel

Klasse C-Netz: 192.168.1.0



# Routing-Tabelle - 2

## (Beispiel für Host 192.168.1.33)

Zieladresse	Next Hop	Schnittst. / Netzwerk- karte	Metrik	Bemerkung
192.168.1.32 / 255.255.255.224	192.168.1.33	eth0	0	direkte Route
192.168.1.64 / 255.255.255.224	192.168.1.35	eth0	1	indirekte Route
192.168.1.96 / 255.255.255.224	192.168.1.36	eth0	1	indirekte Route
0.0.0.0 / 0.0.0.0	192.168.1.35	eth0	1	Default-Route

# Routing-Tabelle - 1

- **Routing: Wegwahl**
- **IP-Router** werden historisch bedingt oft auch **IP-Gateway** genannt.
- **Next Hop**: nächster Router im eigenen (!) Subnetz auf dem Weg zum Ziel
- **Felder in Routing-Tabelle:**
  - Zieladresse (Netz oder Host)
  - **Next Hop**
  - Schnittstelle (Netzwerkkarte)
  - Metrik: Bewertung eines Eintrags
  - evtl. weitere Informationen: Typ, Quelle der Info, ...
- Anzeige mit Kommando **netstat -r**

# Routing-Tabelle - 2

- **Typen von Einträgen in der Routing-Tabelle**
  - **direkte Routen:** Routen zu direkt verbundenen Subnetzen (abgeleitet von vorhandenen Netzwerkschnittstellen)
  - **indirekte Routen:** Routen zu speziellen Zieladressen außerhalb des eigenen Subnetzes
  - **Default-Route:** Route zu allen nicht ausdrücklich aufgeführten Zieladressen

# Routing-Tabelle - 3

- **Routing-Konfiguration bei Endsystemen (PCs):**
  - Subnetzmaske: Festlegung der direkt erreichbaren Systeme
  - Default-Router/Gateway: Weg zu allen anderen Systemen
- **Routing-Tabelle in Endsystemen** (z.B. PCs) besteht meist nur aus:
  - direkten Routen
  - Default-Route
- Redundanz für Endsysteme durch VRRP oder HSRP
  - **VRRP:** Virtual Router Redundancy Protocol (RFC 2338)
  - **HSRP:** Cisco Hot Standby Router Protocol (RFC 2281)

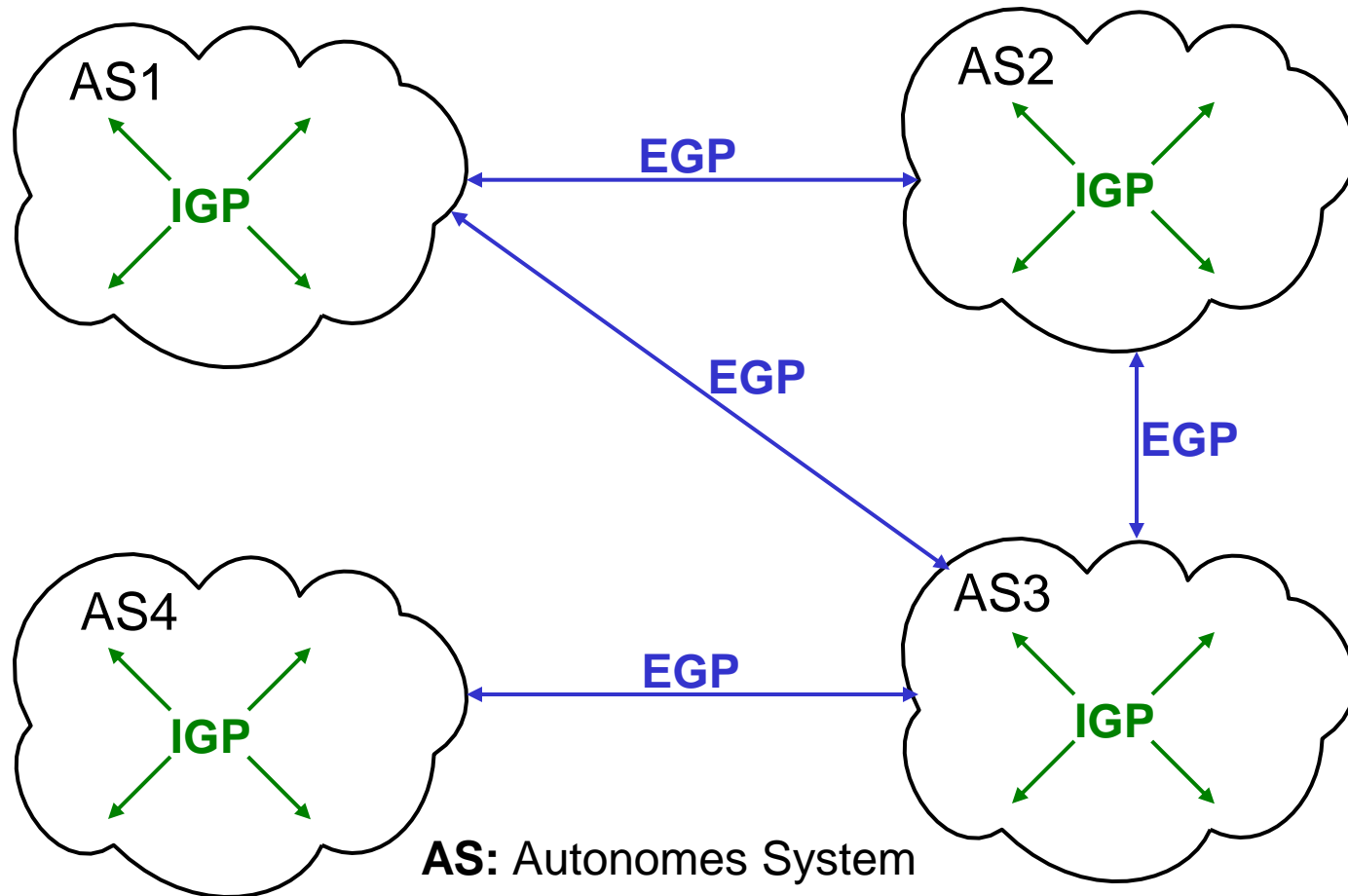
# Routing-Tabelle - 4

- **bei Routern:** oft umfangreiche Routing-Tabelle
- **Routing-Protokolle** zum Austausch von Routing-Information zwischen Routern
- theoretische Möglichkeit der statischen Konfiguration

# Themenübersicht: Einführung IP Routing-Protokolle

- Grundlagen
- Autonome Systeme
- Routing-Protokolle: Methoden
- RIP: Routing Information Protocol
- RIP-2

# Autonome Systeme - 1



**AS:** Autonomes System

**IGP:** Interior Gateway Protocol

**EGP:** Exterior Gateway Protocol

# Autonome Systeme - 2

- **Autonomes System:** Zusammenfassung zentral administrierter Netze mit gemeinsamer Routing-Strategie
- interne Routing-Struktur des *Autonomen Systems* nach außen hin nicht sichtbar
- Austausch von zusammenfassender Routing-Information zwischen verschiedenen *Autonomen Systemen*
- **AS-Nummer:** 16 Bit-Zahl zur eindeutigen Identifizierung eines *Autonomen Systems*

# Autonome Systeme - 3

- **Interior Gateway Protocols (IGPs):**
  - **Intra-Domain-Routing:** Routing innerhalb eines *Autonomen Systems*
  - Beispiele: IGRP, Enhanced IGRP, IS-IS, RIP, RIP-2, **OSPF**
- **Exterior Gateway Protocols (EGPs):**
  - **Inter-Domain-Routing:** Routing zwischen *Autonomen Systemen*
  - Beispiele: EGP, **BGP-4**

# Strukturierung von IP-Netzen - Begriffe

Unterscheidung von funktional verschiedenen Netzbereichen (oft innerhalb eines Autonomen Systems):

- **Backbone:** (Hochgeschwindigkeits-)Netz zur Kopplung von Teilnetzen
- **Core:** Kernbereich des Netzes
- **Edge / Peripherie:** Randbereich des Netzes
- **Access-Bereich:** Anbindung von Fremdnetzen

# Themenübersicht: Einführung IP Routing-Protokolle

- Grundlagen
- Autonome Systeme
- Routing-Protokolle: Methoden
- RIP: Routing Information Protocol
- RIP-2

# Routing-Protokolle: Methoden

- **statisches Routing**
- **Distance Vector Routing-Protokolle:**
  - Versenden (von Teilen) der *Routing-Tabelle (Distance Vector Table)* an die Nachbar-Router
  - **keine vollständige Topologie-Information** in den beteiligten Routern (nur „Next Hop-Informationen“)
- **Link State Routing-Protokolle:**
  - Versenden von *Link State Advertisements* an alle Router innerhalb eines Bereichs
  - **vollständige, identische Topologie-Information** in allen beteiligten Routern

# Statisches Routing - 1

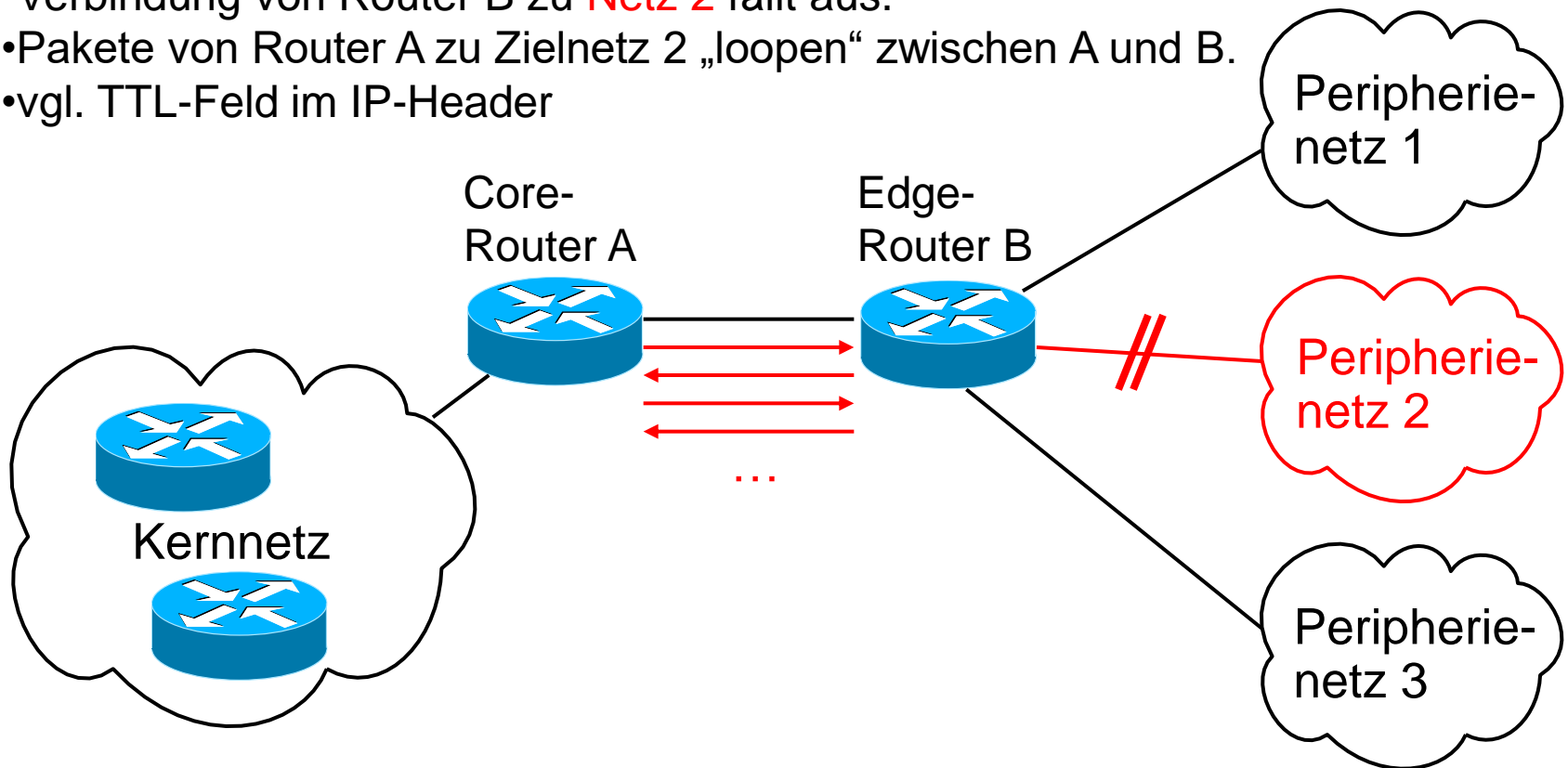
- unabhängig vom aktuellen betrieblichen Zustand des Netzes
- typische Anwendungsfälle:
  - Definition einer Default-Route
  - Vermeidung von durch Routing-Protokolle verursachten Kommunikationskosten
  - Vermeidung von „unerwünschten“ Routing-Protokollen
- fehleranfällig
- Gefahr von sog. Routing-Loops

# Statisches Routing – 2

## Gefahr von Routing-Loops

### Beispielszenario:

- Core-Router A hat statische Route zu **Netz 2** über Router B.
- Edge-Router B hat Default-Route zu Router A.
- Verbindung von Router B zu **Netz 2** fällt aus.
- Pakete von Router A zu Zielnetz 2 „loopen“ zwischen A und B.
- vgl. TTL-Feld im IP-Header

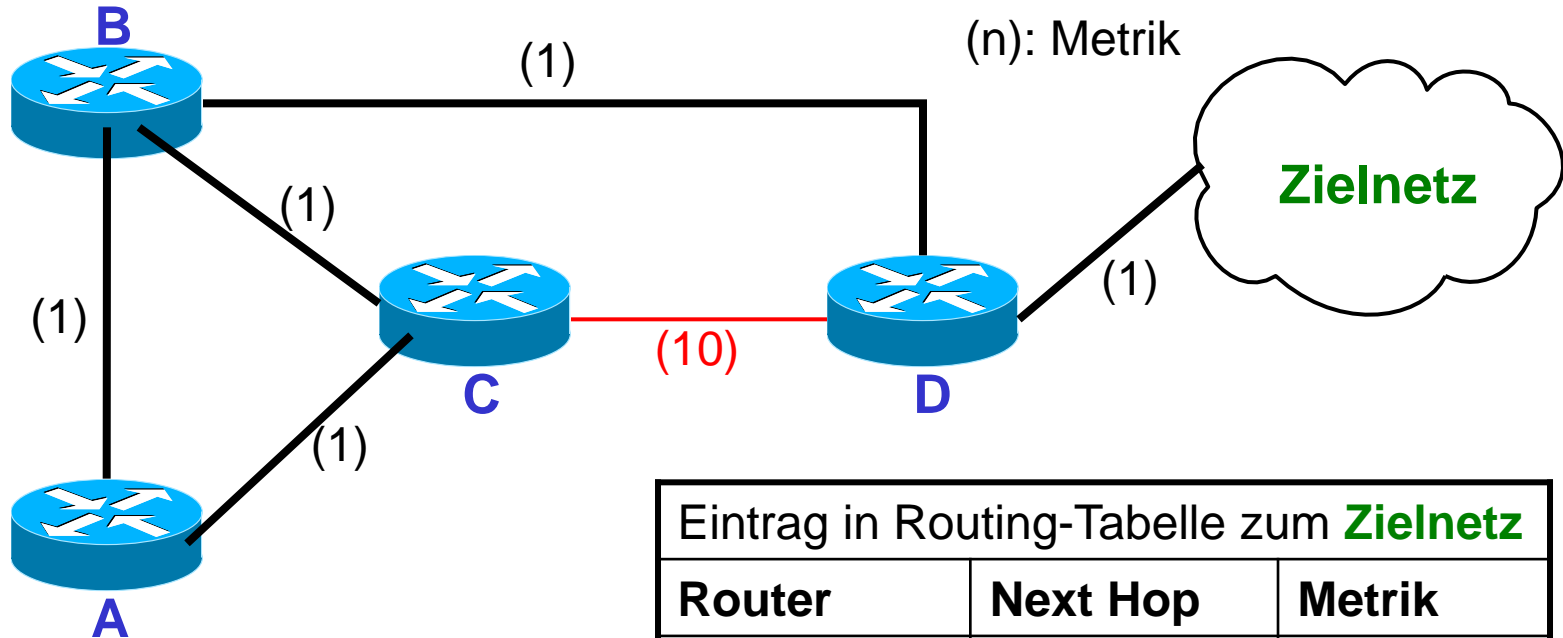


# Distance Vector Routing-Protokolle - 1

- **Versenden (von Teilen) der *Routing-Tabelle* (*Distance Vector Table*)** an die Nachbar-Router
- **keine vollständige Topologie-Information** in den beteiligten Routern
- **Convergence Time:** Dauer bis zur Stabilisierung der Routing-Tabellen
- einfache Implementierung
- Nachteile:
  - Instabilität durch Weiterbestehen veralteter Einträge in Routing-Tabellen
  - Lange Konvergenzzeit in großen Netzen
  - begrenzte Netzgröße wegen Maximalzahl von Hop Counts (RIP, RIP-2)
  - unnötige Übertragung unveränderter Routing-Tabellen

# Distance Vector Routing-Protokolle – 2

(Beispiel aus RFC 1058 / 2453)



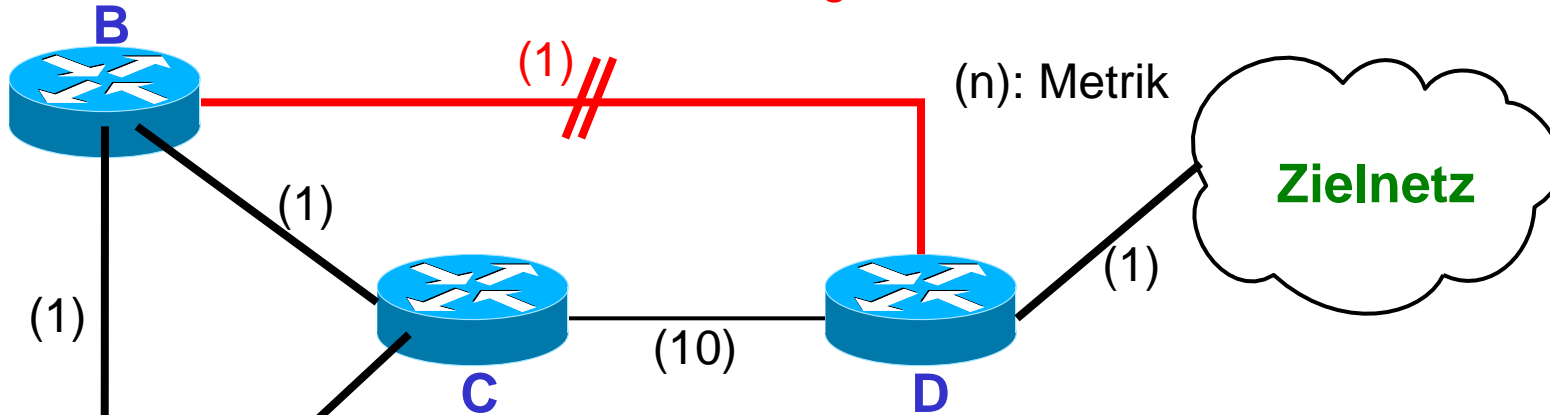
Benutzung der  
Verbindung zwischen  
Router C und D ist  
unerwünscht!

Eintrag in Routing-Tabelle zum <b>Zielnetz</b>		
Router	Next Hop	Metrik
<b>D</b>	direkt	1
<b>B</b>	<b>D</b>	2
<b>C</b>	<b>B</b>	3
<b>A</b>	<b>B</b>	3

# Distance Vector Routing-Protokolle – 3

## Konvergenzzeit

Ausfall der Verbindung zwischen Router **B** und **D**



**Konvergenz des Eintrags in Routing-Tabelle zum Zielnetz**

Router	Next Hop, Metric	N. H., M	N. H., M	N. H., M	N. H., M	N. H., M	N. H., M
<b>D</b>	dir, 1	dir, 1	dir, 1	dir, 1	dir, 1	dir, 1	dir, 1
<b>B</b>	unreach	<b>C</b> , 4	<b>C</b> , 5	<b>C</b> , 6	...	<b>C</b> , 11	<b>C</b> , 12
<b>C</b>	<b>B</b> , 3	<b>A</b> , 4	<b>A</b> , 5	<b>A</b> , 6	...	<b>A</b> , 11	<b>D</b> , 11
<b>A</b>	<b>B</b> , 3	<b>C</b> , 4	<b>C</b> , 5	<b>C</b> , 6	...	<b>C</b> , 11	<b>C</b> , 12

dir: directly connected  
unreach: unreachable

Zeit →

# Distance Vector Routing-Protokolle - 4

- **Counting To Infinity:** langes Weiterbestehen fehlerhafter (veralteter) Einträge in Routing-Tabellen bei Ausfall von Verbindungen
- -> Definition einer endlichen Metrik als Unendlich (**Infinity**), d.h. nicht erreichbares Ziel
- **Split Horizon:** Vermeiden des *Counting To Infinity*-Problems, keine Rückmeldung einer Route zum entspr. Next Hop
- **Split Horizon with Poison Reverse:** Rückmeldung mit Metrik Unendlich zur sofortigen Erkennung fehlerhafter Schleifen
- **Triggered Updates:** sofortige Mitteilung an die Nachbar-Router bei Änderung einer Metrik in der Routing-Tabelle

# Link State Routing-Protokolle

- **Flooding:**
  - Versand von spezieller Routing-Information (**Link State Advertisements**) und nicht ganzer Routing-Tabellen
  - zuverlässiger Versand
  - Versand an **alle** (d.h. nicht nur an benachbarte) Router innerhalb eines Bereichs
- **vollständige, identische Topologie-Datenbank** in allen beteiligten Routern
- Berechnung der Routing-Tabelle aus der Topologiedatenbank (Shortest Path First-Algorithmus)
- komplexe Implementierung

# Themenübersicht: Einführung IP Routing-Protokolle

- Grundlagen
- Autonome Systeme
- Routing-Protokolle: Methoden
- RIP: Routing Information Protocol
- RIP-2

# RIP: Routing Information Protocol - RFCs

- RFC 1058 (*HISTORIC*): Routing Information Protocol
- RFC 2453 (*STD 56*): RIP Version 2
- RFC 1722 (*STD 57*): RIP Version 2 Protocol Applicability Statement
- RFC 1724 (*DRAFT STD*): RIP Version 2 MIB Extension

# RIP - Protokollbeschreibung

- Interior Gateway Protocol
- Distance Vector Routing Protocol
- UDP-basierend
- Portnummer: 520
- maximale Datagrammgröße: 512 Bytes (evtl. mehrere Datagramme)
- Datagrammadressierung:
  - IP-Netzwerk- bzw. Subnetzwerkbroadcast
  - MAC-Broadcast
  - bei Point-to-Point-Links und nicht-broadcast Multi-Access-Netzen Unicast-Adressierung der Nachbar-Router
- Active Mode: Senden und Empfangen von Routing-Tabellen
- Passive (Silent) Mode: nur Empfangen von Routing-Tabellen

# RIP - Arbeitsweise

- **Zwei Pakettypen:**
  - Request: Abfrage spezieller Ziele oder der ganzen Routing-Tabelle
  - Response:
    - alle 30 Sekunden
    - Antwort auf ein Request-paket
    - bei Änderung der eigenen Routing-Tabelle (sog. *Triggered Updates*)
- **Ein Eintrag in der Routing-Tabelle wird ungültig:**
  - falls eine günstigere Alternative gefunden ist
  - falls er in sechs aufeinanderfolgenden *Responses* nicht mehr enthalten ist
- **Metrik 16 bedeutet *nicht erreichbar (Infinity)*.**

# RIP - Handhabung von Subnetzmasken

- Keine Unterstützung von Subnetzmasken im RIP-Paketformat
- evtl. Konfiguration von Subnetzmaskeninformation außerhalb des RIP-Protokollablaufs möglich
- Bei gesetzten Bits im Host-Teil einer IP-Adresse wird von einer Host-Route ausgegangen
- **Einsatz von RIP in Umgebungen mit variabler Subnetzmaske nicht möglich**

# Aufbau eines RIP-Paketes

<- 32 Bits ->

Command	Version	must be zero
Address Family Identifier		must be zero
IP Address		
must be zero		
must be zero		
Metric		

bis zu 25  
Routing-  
Einträge

# Themenübersicht: Einführung IP Routing-Protokolle

- Grundlagen
- Autonome Systeme
- Routing-Protokolle: Methoden
- RIP: Routing Information Protocol
- RIP-2

# RIP-2

- Erweiterung von RIP
- Unterstützung variabler Subnetzmasken
- Unterstützung von CIDR/Supernetting
- Interoperabilität mit RIP-1
- Beibehaltung der Metrik 16 als Infinity
- Unterstützung eines authentifizierten Austauschs von Routing-Information
- Multicast-Adressierung der Nachbar-Router möglich: 224.0.0.9

# Aufbau eines RIP-2-Paketes

<- 32 Bits ->

Command	Version	unused
Address Family Identifier		Route Tag
IP Address		
Subnet Mask		
Next Hop		
Metric		

bis zu 25  
Einträge