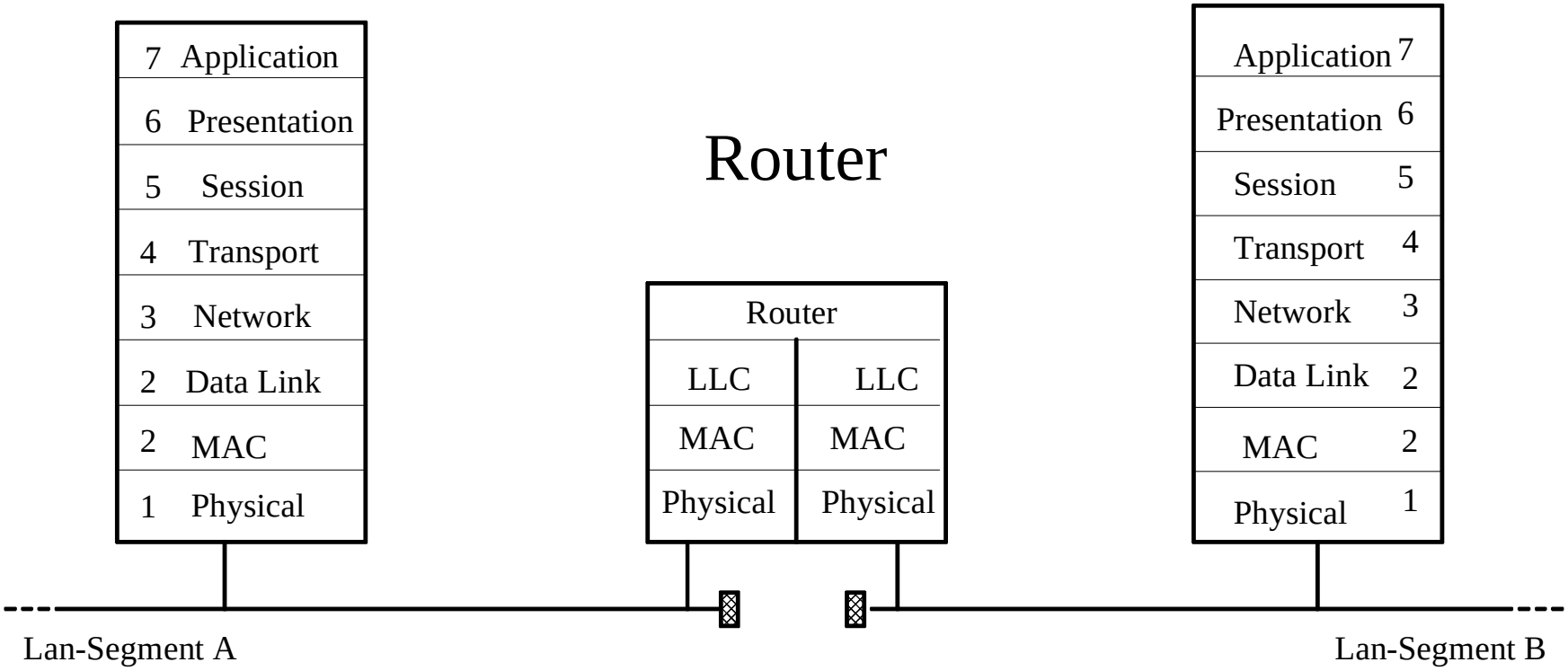
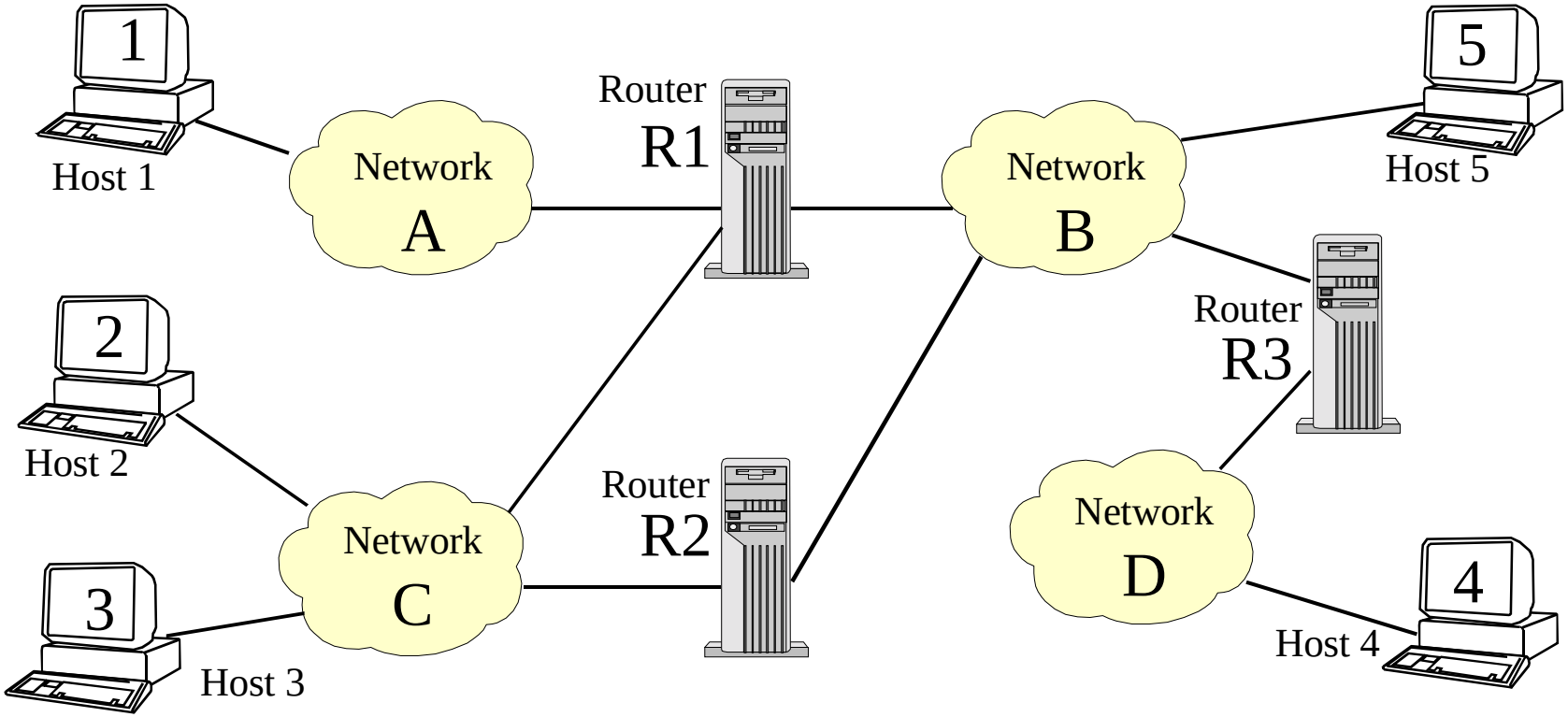
Network Layer

Aufgabe:	• (logische) Wege zwischen Knoten im Netzwerk herstellen
Funktionen:	• Wegewahl (Routing) • Informationen für die Wegewahl beschaffen (RIP, OSPF) • Multiplexen von Verbindungen über eine Teilstrecke • Flußkontrolle • Fehlerbehandlung
Verbindung:	• Leitungsdurchschaltung (physikalisch) • virtueller Kanal (expliziter Verbindungsaufbau) • Datagram (verbindungslos)



Routing



Network A	direct
Network B	direct
Network C	direct
Network D	R3

Routing Table for R1

Network A	R1
Network B	direct
Network C	R1/R2
Network D	direct

Routing Table for R3

Host 1	R1
Host 2	direct
Host 4	R1/R2
Host 5	R1/R2

Routing Table for Host 3

Wie kann Hoste 3 eine Meldung an R1 schicken ? Die Zieladresse ist ja die von Host1

Network Layer

Im LAN-Segment: Schicht 3 keine besondere Bedeutung; direkte Adressierung

Zwischen Segmenten: Bridging (MAC) oder Routing

Statische oder Nichtadaptive Leitwegbestimmung:

1. Abschätzung des Verkehrs zwischen Knoten
2. günstige Wege zwischen Knoten 'off line' bestimmen
3. Router entsprechend konfigurieren

Dynamische oder Adaptive Leitwegbestimmung:

globale Algorithmen: zentrale Konfiguration der Router (OMC)

lokale Algorithmen: Algorithmen im Router; nur lokale Informationen.

verteilte Algorithmen: Algorithmen im Router; globale Informationen

Router	Brücke
Router kennt nur Netze, nicht jede angeschlossene Station	Brücke muß jede Station des Netzes kennen
Stationen adressieren Router, Router muß nicht jedes Paket prüfen	Brücke muß jedes Paket prüfen
Aufwendige Algorithmen, z.B. L2 ➔ Durchsatzprobleme	Einfache Algorithmen ➔ hoher Durchsatz

Einprotokoll-Router: einfachste Ausführung; routet nur ein Protokoll

Multiprotokoll-Router: mehrere Protokoll-Stacks; routet mehrere Protokolle.

Bridging Router: gleichzeitig Brücke und Router je nach Protokoll:
nicht routingfähig: z.B. NetBIOS oder LAT; routingfähig z.B. IP, IPX,

Namen und Adressen

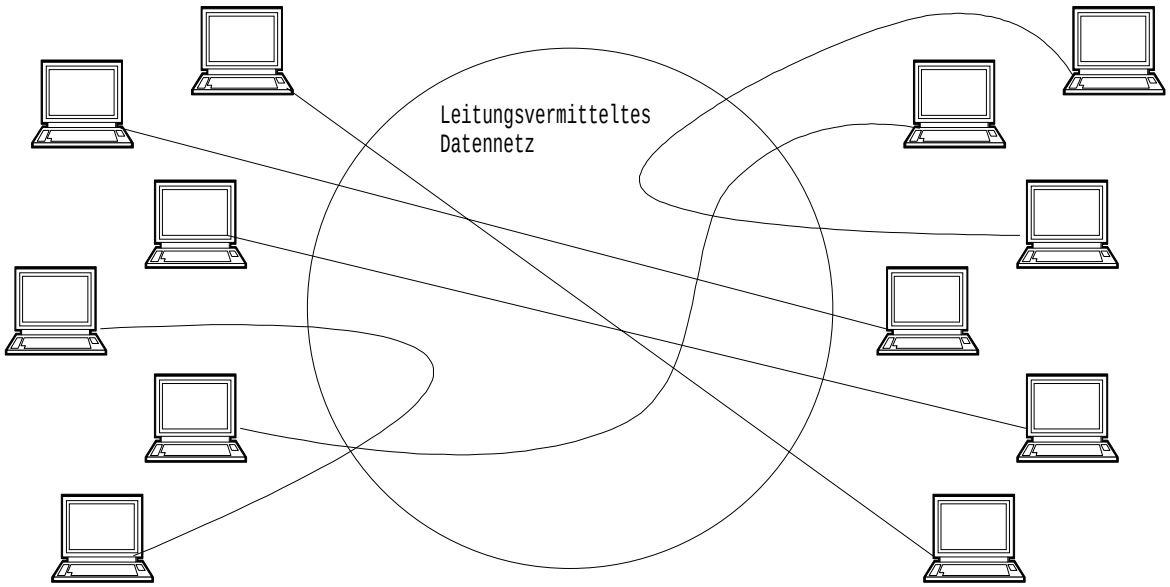
Namen: flache Struktur, nicht organisiert

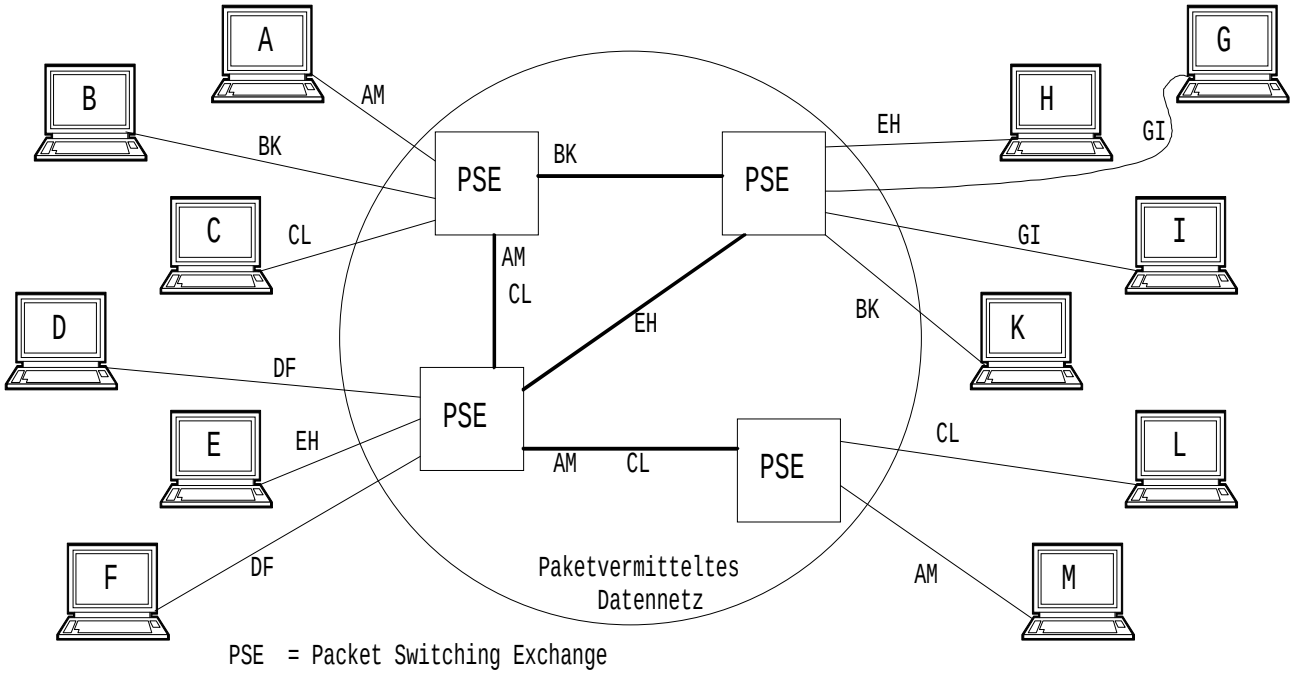
Adressen: hierarchisch strukturiert und meistens weltweit eindeutig

Postanschrift: A. Eizenhöfer Wassertorstr. 10 D-90489 Nürnberg	D 90489 Wassertorstr. 10 A. Eizenhöfer	Kennung des Landes Stadtbezirks im Land Straße im Stadtbezirk Haus in der Straße Person im Hauses
Telefonnummer: + 49 911 5880 113	+ 49 911 5880 113	internationale Nummer Kennung des Landes Stadt in dem Land Organisation in der Stadt Telefonanschluß in der Organisation
E-Mail-Adresse: eizenhoefer@nf.fh-nuernberg.de	de fh-nuernberg nf eizenhoefer	Kennung des Landes Organisation im Land Unterorganisation in der Organisation Teilnehmerr in der Unterorganisation

Leitungs- / paketorientierte Übertragung

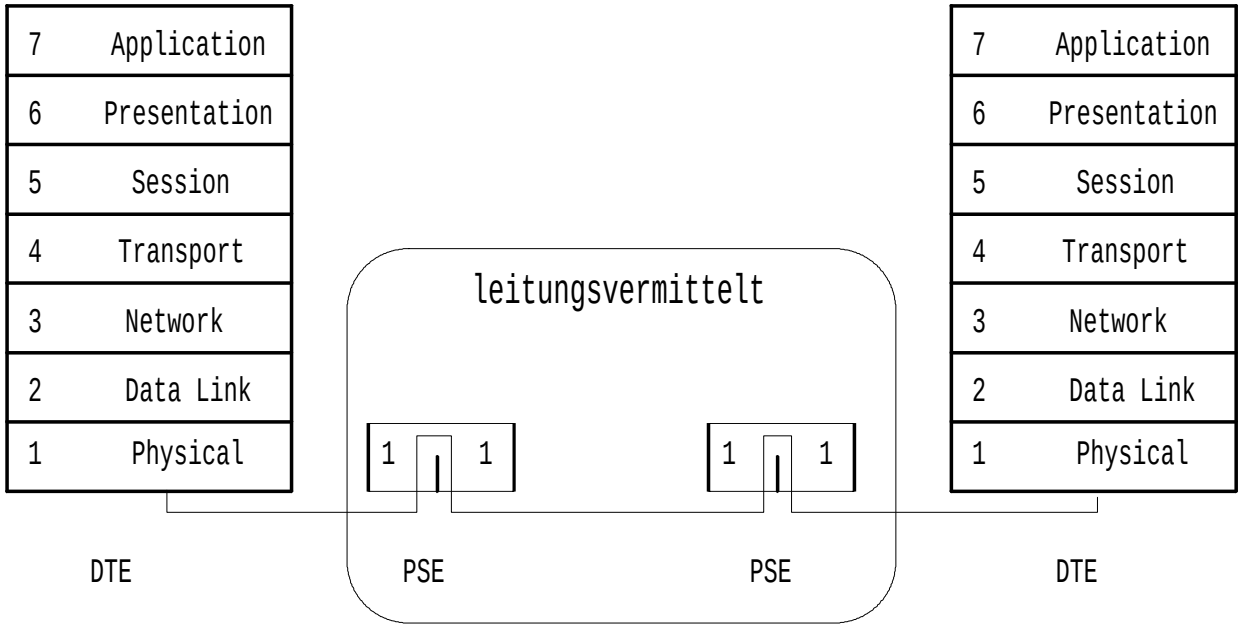
PSPDN Packet Switched Public Data Network
CSPDN Circuit Switched Public Data Network

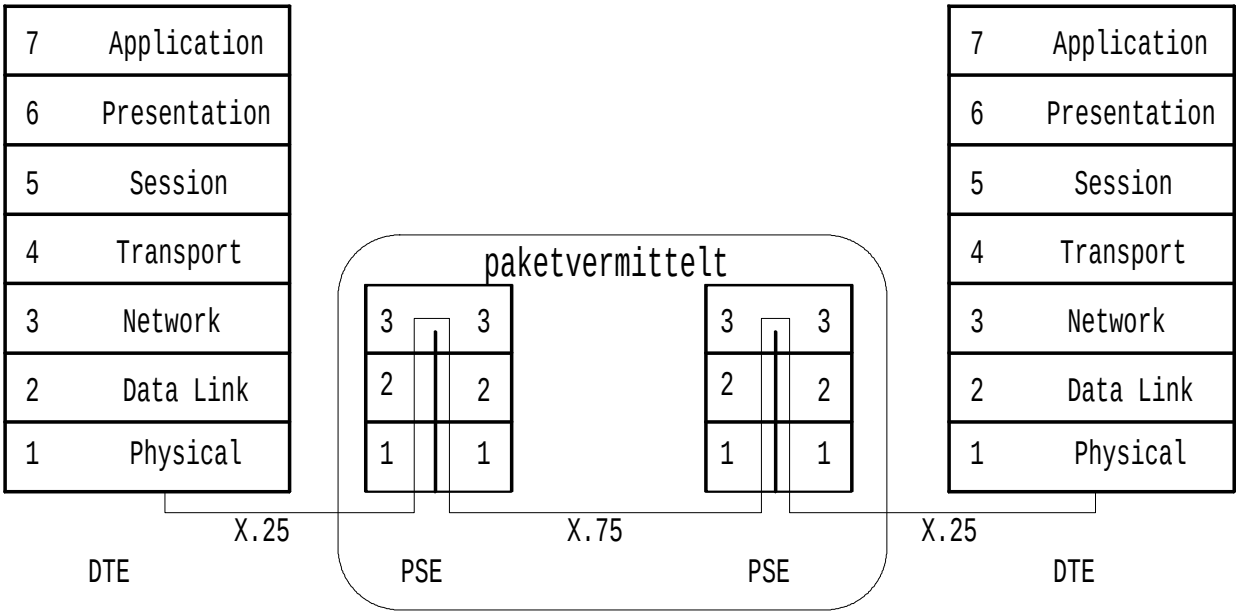


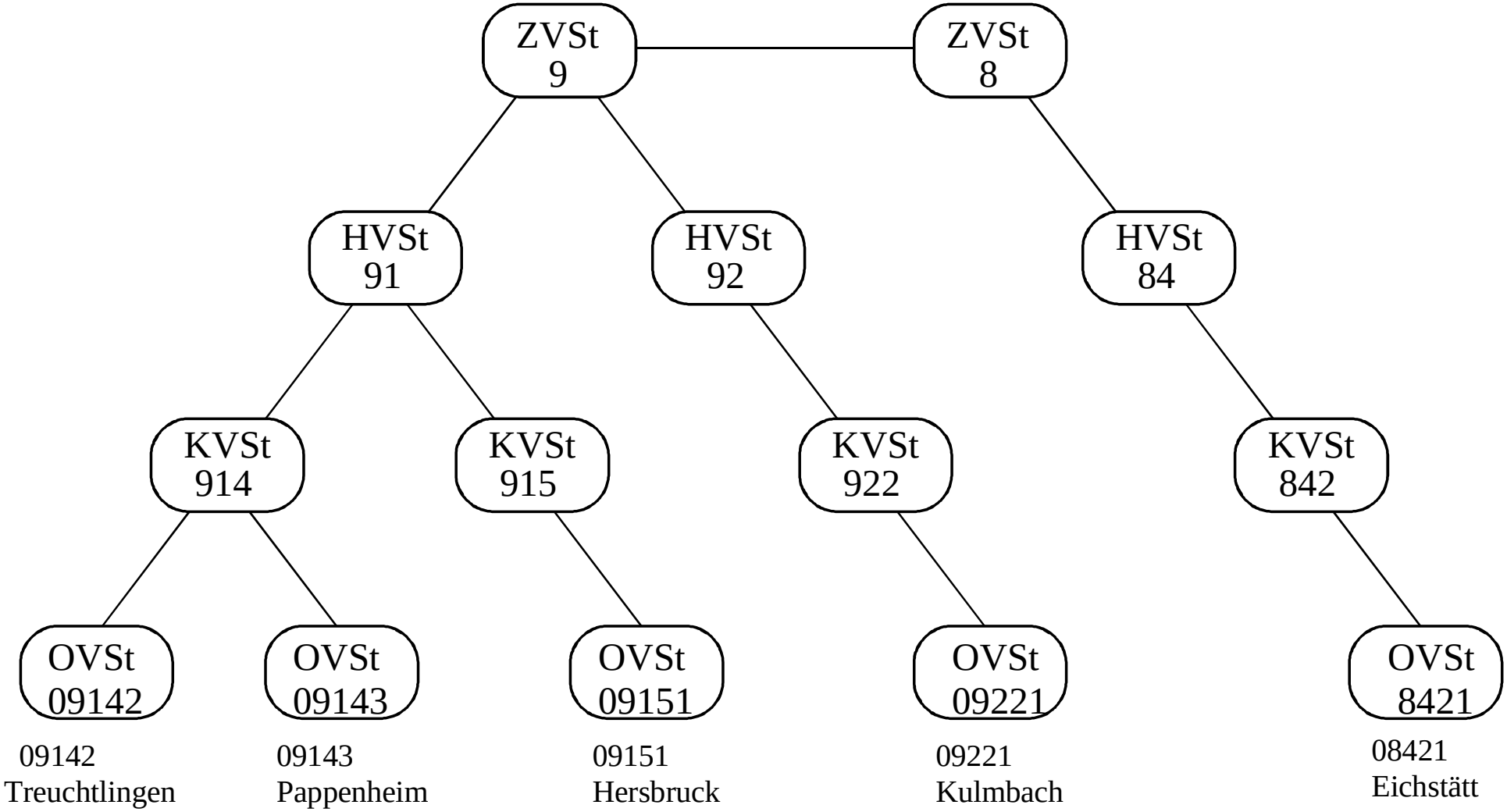


Leitungs- / paketorientierte Übertragung

	dauernde Verbindung	Verbindung nach Bedarf
Leitungsvermittelt	Mietleitung	Wählleitung
paketvermittelt	permanente virtuelle Verbindung PVC	vermittelte virtuelle Verbindung SVC







Routing im hierarchischen Telefon-Netz

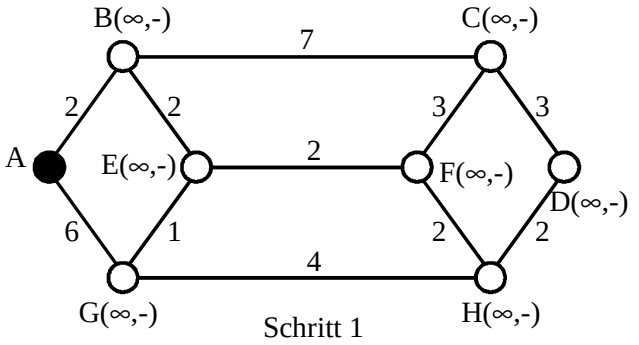
Routing Algorithmen

Algorithmus von Dijkstra = **shortest path first**

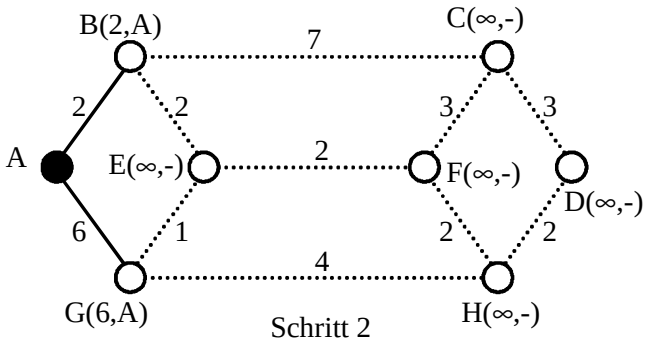
die günstigsten Wegen von allen Knoten nach A:

1. A als festen Knoten markieren;
2. Kosten für die Nachbarn (B und G) des zuletzt markierten Knotens eingetragen.
   Die Knoten merken sich den günstigsten Weg zu A
3. von allen nicht markierten Knoten wird der mit dem günstigsten Weg zu A markiert.
4. Kosten für die Nachbarn des zuletzt markierten Knotens eingetragen
5. von allen nicht markierten Knoten wird der mit dem günstigsten Weg zu A markiert

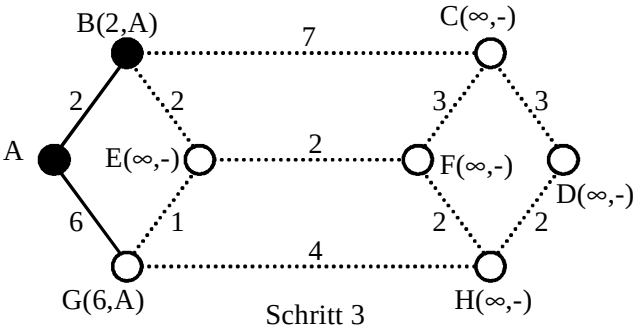
   Schritt 4 und 5 wiederholen bis alle Knoten markiert.



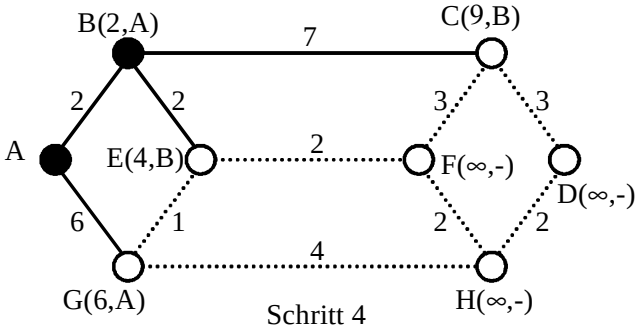
Schritt 1



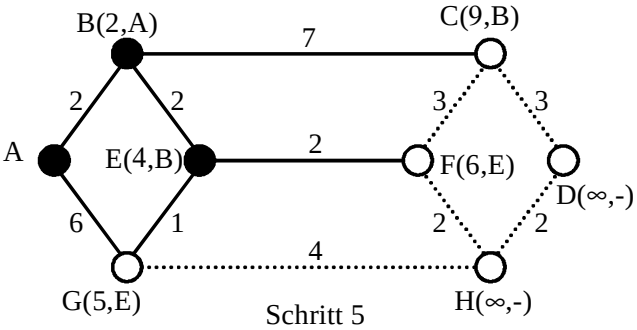
Schritt 2



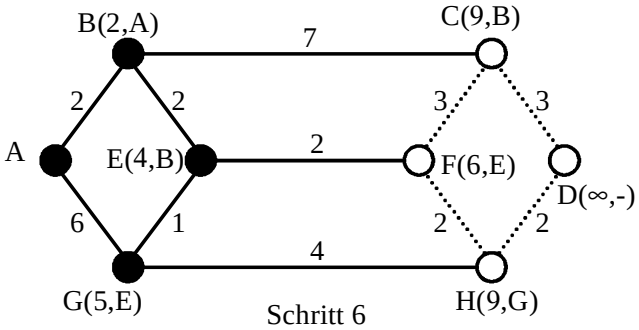
Schritt 3



Schritt 4

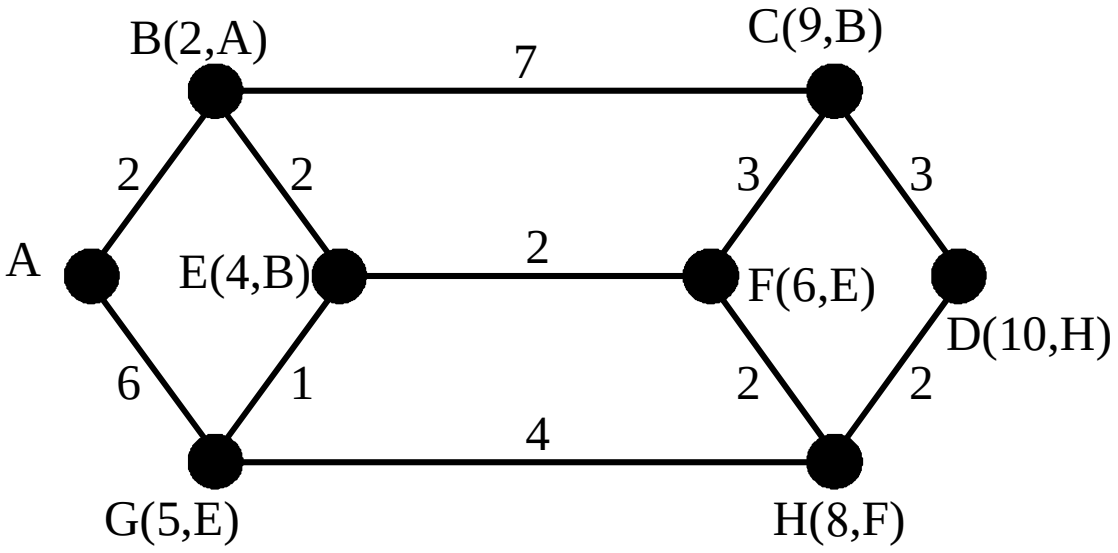


Schritt 5



Schritt 6

Algorithmus von Dijkstra = **shortest path first**



Graph

	nach A	nach B	nach C	nach D	nach E	nach F	nach G	nach H
von A	-	2,B	9,B	10,B	4,B	6,B	5,B	8,B
von B	2,A	-	7,C	8,E	2,E	4,E	3,E	6,E
von C	9,B	7,F	-	3,D	5,F	3,F	6,F	5,D
von D	10,H	8,H	3,C	-	6,H	4,H	6;H	2,H
von E	4,B	2,B	5,F	6,F	-	2,F	1,G	4,F
von F	6,E	4,E	3,C	4,H	2,E	-	2,E	2,H
von G	5,E	3,E	6,E	6,H	1,E	3,E	-	4,H
von H	8,F	6,F	2,D	2,D	4,F	2,F	4,G	-

Routing-Tabelle für alle Router

Der Algorithmus von Dijkstra ist ein 'shortes path' Algorithmus

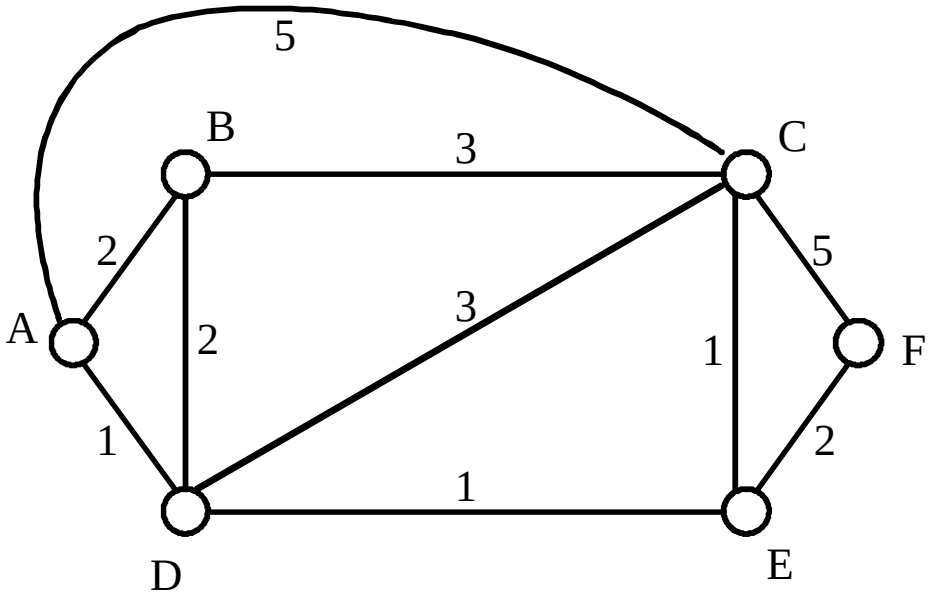
Er eignet sich für die zentralisierte Leitwegbestimmung.

Algorithmus von Floyd

Kann dezentral angewendet werden.

Jeder Knoten ermittelt die Kosten für die Strecken zu seinen Nachbarn selbst.

Die eigene Wegekostentabelle wird an die Nachbarknoten weitergegeben.



Ziel: 'shortes path' zum Knoten A

Schreibweise D, 3 : die Meldung zum Knoten A wird nach D geschickt und hat die Kosten 3

Schritt	Knoten B	Knoten C	Knoten D	Knoten E	Knoten F
Init	- , ∞	- , ∞	- , ∞	- , ∞	- , ∞
1	**A, 2**	**A, 5**	**A, 1**	- , ∞	- , ∞
2	**A, 2**; D, 3; C, 8 ;	A, 5; B, 5; **D, 4**;	**A, 1**; B, 4; C, 8;	C, 6; **D, 2**;	**C, 10**;
3	**A, 2**; D, 3; C, 7;	A, 5; D, 4; B, 5; **E, 3**; F nicht	**A, 1**; B, 4; C, 8; E nicht;	C, 6; **D, 2**; F, 12;	C, 9; **E, 4;**
4	**A, 2**; D, 3; C, 6;	A, 5; D, 4; B, 5; **E, 3**; F, 9;	**A, 1**; B, 4; C, 6; E nicht	C nicht; **D, 2**; F,6;	C, 8; **E, 4;**
5 keine Verän- derung	**A, 2**; D, 3; C, 6;	A, 5; D, 4; B, 5; **E, 3**; F, 9;	**A, 1**; B, 4; C, 6; E nicht	C nicht; **D, 2**; F, 6;	C, 8; **E, 4;**

Split Horizon:

Ein Router schickt keine Information über ein Netz an seinen benachbarten Router,
wenn der benachbarte Router einen besseren Weg zu dem Netz hat.

Es lassen sich z.B. loops vermeiden

Triggered Updates:

Versenden der Routingtabelle nach einer Änderung (z.B. Streckenausfall)
Triggered Updates sind besonders gekennzeichnet, damit sie nicht von alten periodischen Updates überschrieben werden.

RIP: Routing Information Protocol

Protokollklasse: Distance-Vector-Protocol

- Algorithmus von Floyd:
- Broadcast der Routingtabellen alle 60s (periodic update) und triggered update
- Informationen nur über benachbarte Router
- Kriterien für Weg: Verzögerungszeit (1 Tick = 1/18s) und Zahl der Hops

Ziel	Ticks	Hops	Aging	MAC-Address output port	MAC-Address next hop
Netz 1	53	2	7068	528	2053
Netz 2	24	1	3597	528	2053
Netz-3	20	1	76	1875	97026
Netz-4	168	3	12673	528	2053

NLSP: Netware Link Service Protocol
OSPF: Open Shortest Path First

Protokollklasse: Link-State-Protocol

- Algorithmus von Dijkstra
- jeder hat Router den kompletten Plan des Netzwerkes
- Verbindungen (Link State) werden ständig überprüft
- Verteilen von Routing-Informationen nur nach Änderungen (Multicast)
- Hierarchische Strukturen
- ‘load balancing’ : Verteilung von Last auf verschiedene Wege und
  ‘load splitting’ : Auslastung von mehreren gleichwertigen Pfaden

OSPF Open Shortest Path First

zwei Hierarchieebenen: Area und Backbone.
Die Hierarchieebenen werden manuell vorgegeben.

CIDR Classless Inter Domain Routing: es gibt keine IP-Adressklassen (A,B,C,D)
Domains werden durch Angabe von IP-Adresse + Subnetzmaske gebildet).
OSPF erlaubt unterschiedlich lange Subnet-Masken.

LANs werden zu Pseudoknoten zusammengefaßt, die von einem Router,
dem ‘Designated Router’, vertreten werden.

Für den Austausch von OSPF-Meldungen sind zwei Multicastadressen (Class-D Adressen)
reserviert: 224.0.0.5 = All OSPF-Routers und 224.0.0.6 = All designated OSPF-Router.

Local State = Beschreibung eines Routers in der Datenbank bestehend aus
(List of interfaces) + (list of neighbouring routers)

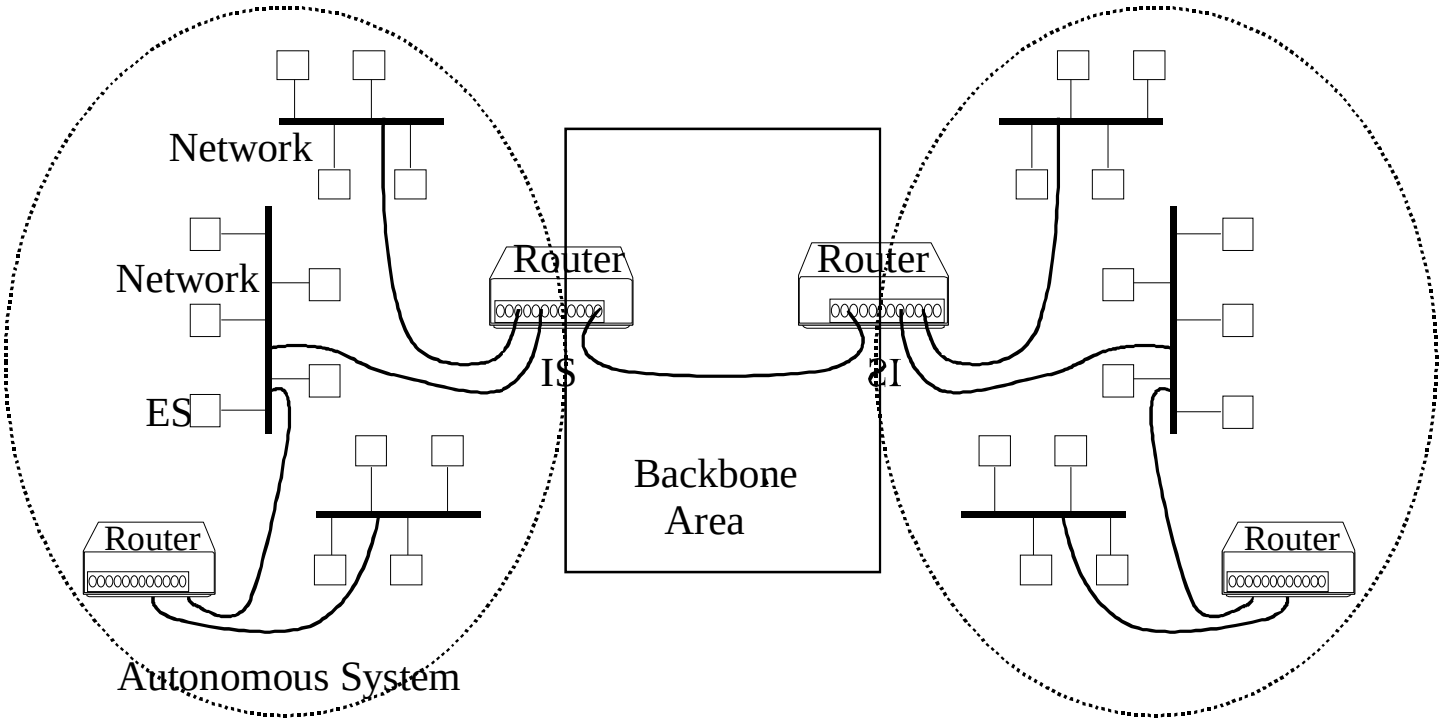
Wegeberechnung: Bitrate,
BER,
Verfügbarkeit,
Verzögerungszeit,
tatsächliche Übertragungskosten (Datex-P) usw.

Die entscheidenden Erweiterungen gegenüber RIP sind:

- Für jeden Type-of-Service des IP-Headers können verschiedene Routen berechnet werden.
- Eine Route kann nach den Kosten beurteilt werden, wobei die Kosten sich etwa an Bandbreite, Verzögerung, Zuverlässigkeit und so weiter orientieren.
- Existieren mehrere Routen mit gleicher Beurteilung zu einem Ziel, kann OSPF alle Routen gleichzeitig benutzen, um die Last zu verteilen.
- OSPF kann im Gegensatz zu RIP mit Subnets arbeiten, also anhand der IP-Adresse und der Subnet-Mask die Net-ID und den Host-ID erkennen.
- Direkte Verbindungen zwischen zwei Routern benötigen keine IP-Adresse an jedem Ende.
- Um die Komplexität großer autonomer Systeme zu verringern, ermöglicht OSPF die Aufteilung eines Netzes in Areas.

- Durch verschiedene Autorisierungsverfahren wird sichergestellt, daß nur dazu berechtigte Router Informationen weitergeben können.

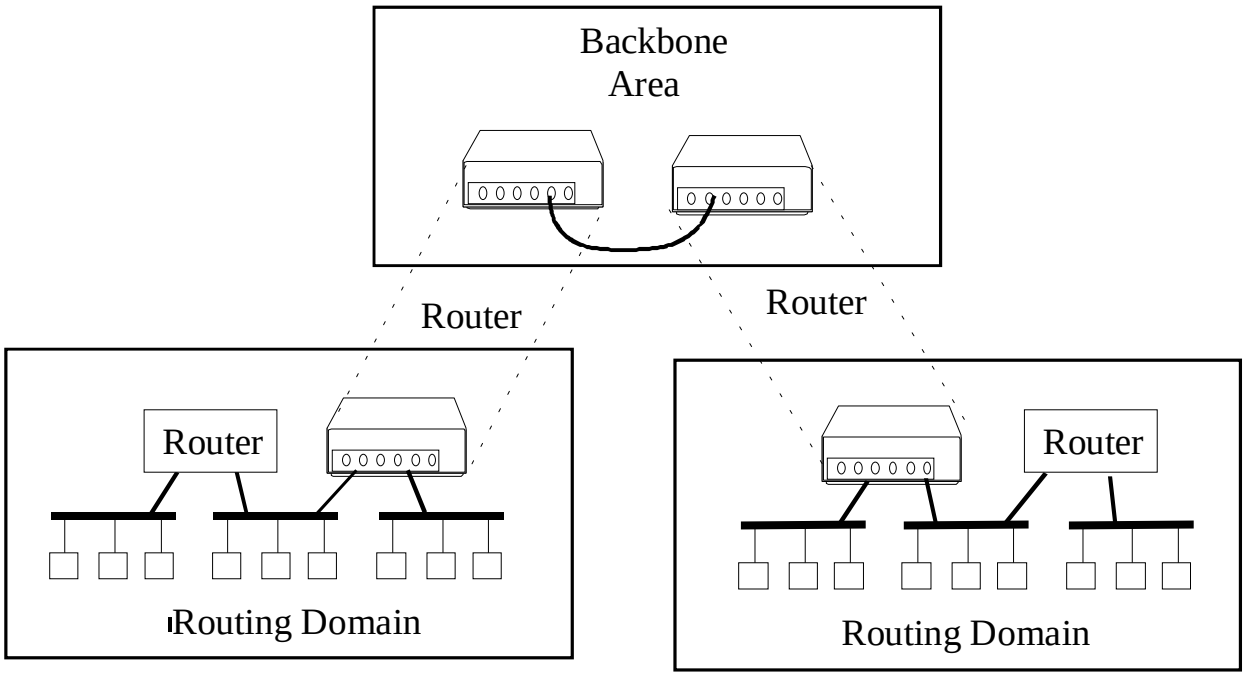
Hierarchisches Routing



ES = Endsystem (PC)
IS = Intermediate System (Bridge, Router)

ES-IS-Protokoll = IP, IPX
IS-IS-Protokoll = RIP, NLSP

Autonomes System AS (= Routing Domain) : Netzwerk einer bestimmten Organisation (z.B. Fachhochschule).
Routingprotokoll von AS zu AS: **EGP** = Exterior Gateway Protocol) oder **BGP** = Border Gateway Protocol)
Routingprotokoll innerhalb eines AS: RIP,. NLSP, OSPF



Logisches Bild mit 2 Hierarchie-Ebenen