

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

Kapitel 4

Routing im Internet - Aufbau und Wegfindung

4. Routingprotokolle im Internet

Inhaltsangabe

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

- Grundlagen – Internetworking: Zusammenschluss mehrerer Netzwerke
- Routen im Internet, Teil 1: Wegfindung

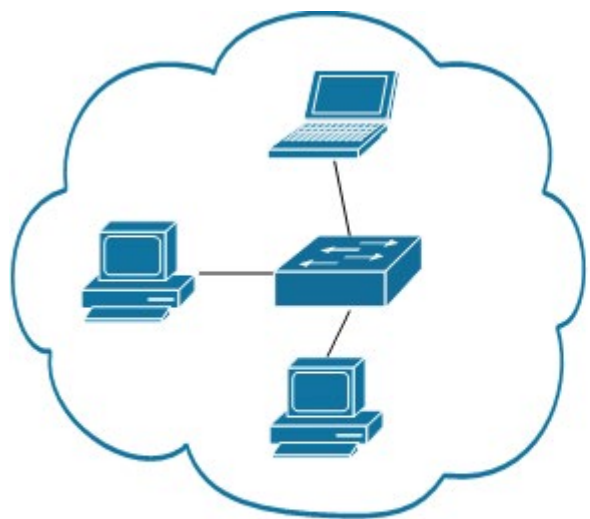
4. 1 Grundlagen Internetworking

Inhalt

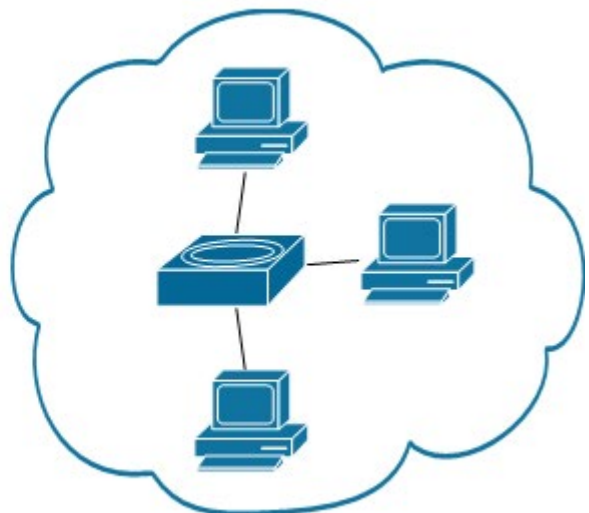
- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

Beispiel:

- Zwei unabhängige Netze (LAN, gilt aber auch für WAN)
- Unterschiedliche Layer-2 Netzwerktechnologien (Ethernet, FDDI)
 - Unterschiedliche Übertragungstechniken
 - Unterschiedliche Adressierungsschemata
- Kommunikation zwischen einem Rechner aus LAN A und einem aus LAN B?



LAN A, Switched Ethernet



LAN B, FDDI

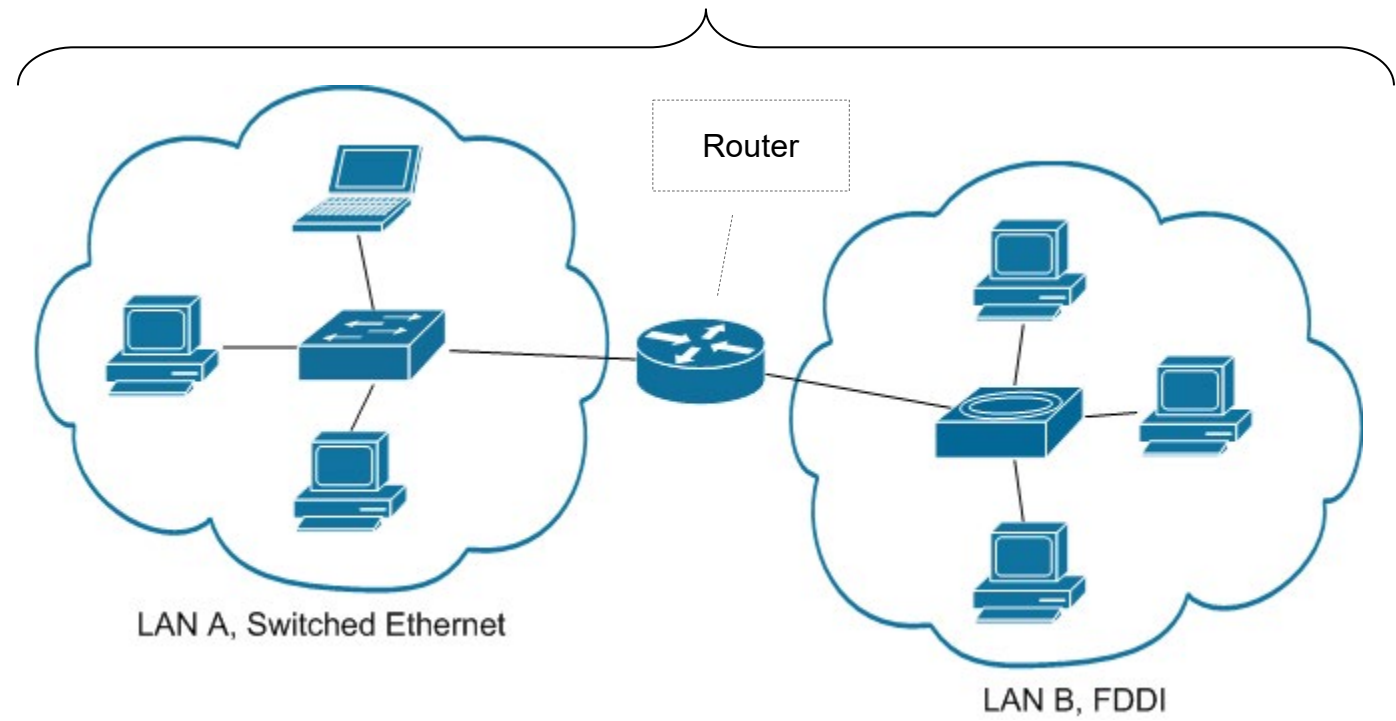
4. 1 Grundlagen Internetworking

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

- Verbindung der beiden Netze über einen Router
 - Spezieller Rechner mit mehreren Netzwerkkarten und spezieller Software
 - Router ist Teilnehmer in beiden Netzwerken
- Der Router koppelt die beiden Netze auf Schicht 3, und leitet („Forwarding“) Pakete zwischen ihnen weiter (→ L3, Vermittlungsschicht)

Bereits ein sehr einfaches „internet“

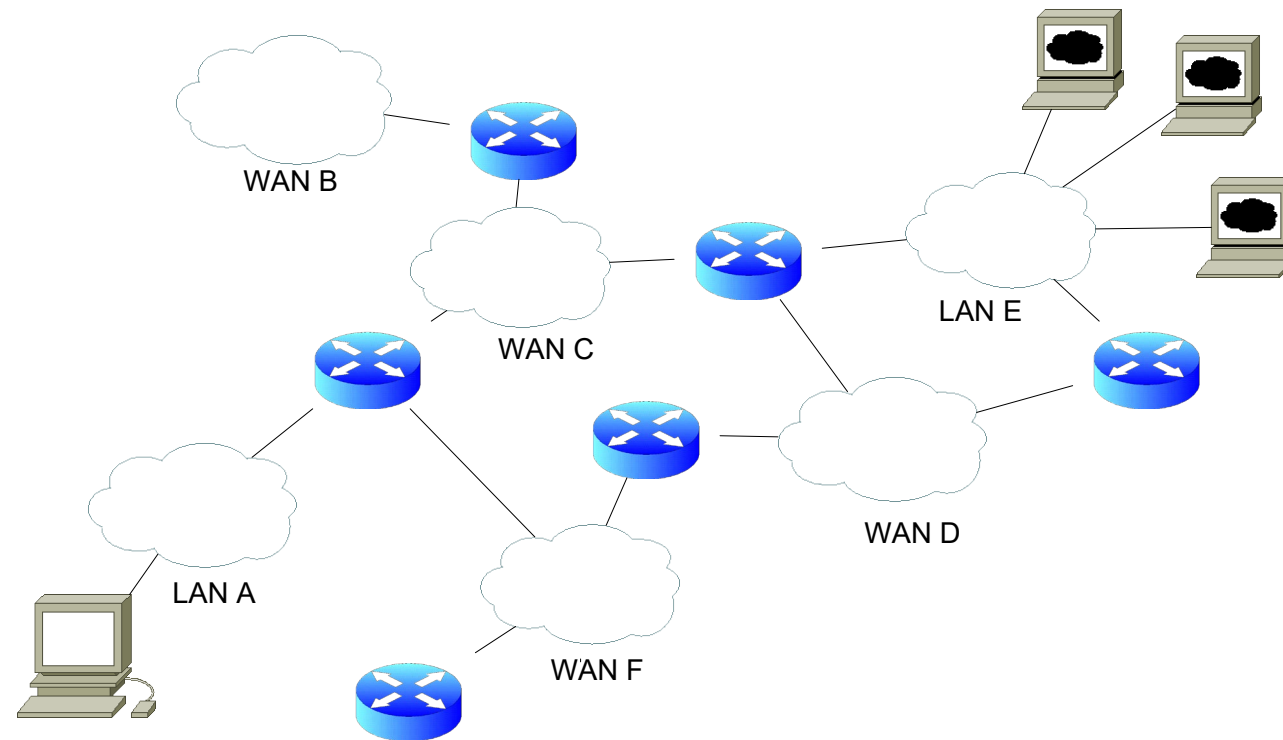


4. 1 Grundlagen Internetworking

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

- Schnell komplexe, vermaschte Struktur aus durch Router verbundenen Netzen („LANs“, „WANs“, „MANs“)
- Die innere Struktur der LANs und WANs interessiert uns in diesem Kapitel nicht, wichtig sind die Router und deren Verbindung zu den einzelnen Netzen

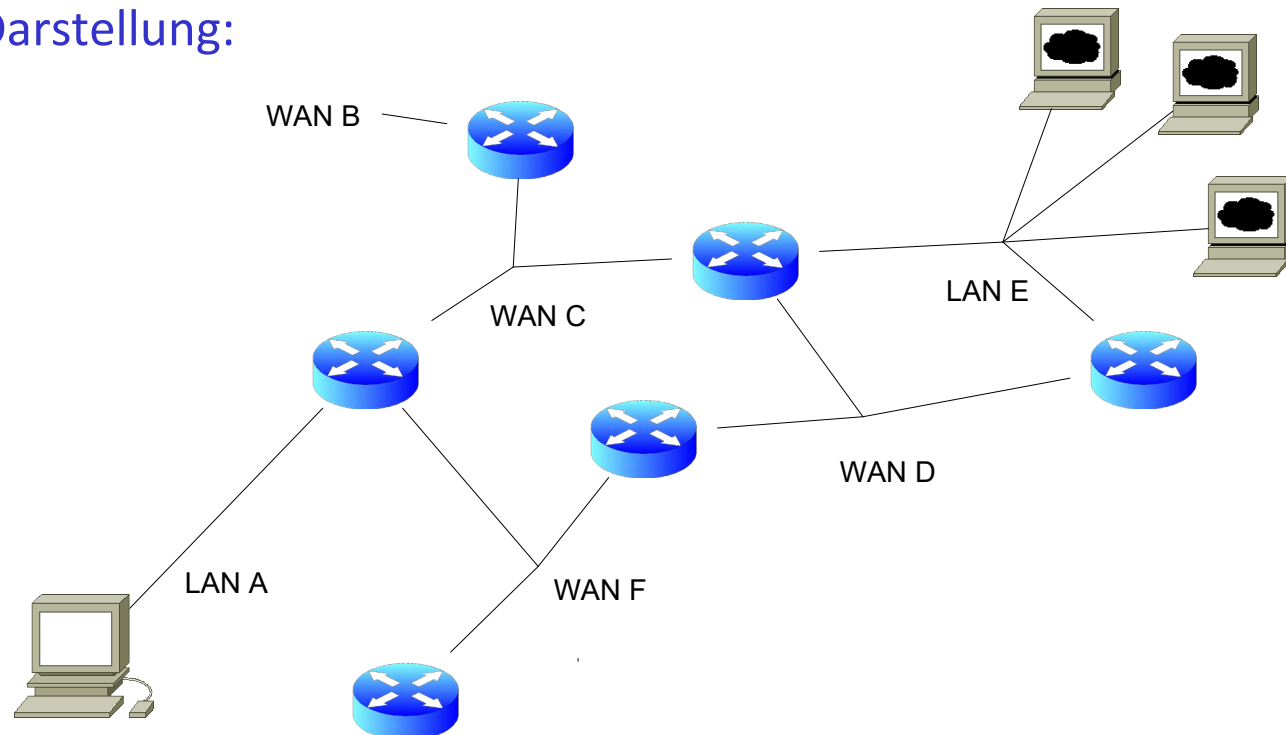


4. 1 Grundlagen Internetworking

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

- Die Router sind die Knoten des internets, die Netze sind die Verbindungen
- Router kümmern sich nur um die Zustellung eines Pakets an das richtige Netz, die Zustellung innerhalb des Netzes an den richtigen Rechner ist Sache des Netzes selbst (z.B. durch den Ethernet-Switch)
 - (vgl. Post: Postverteilzentren sind die Router, aber der Postbote in einer Stadt stellt den Brief an ein Haus zu)
- Weiter vereinfachte Darstellung:



Terminologie:

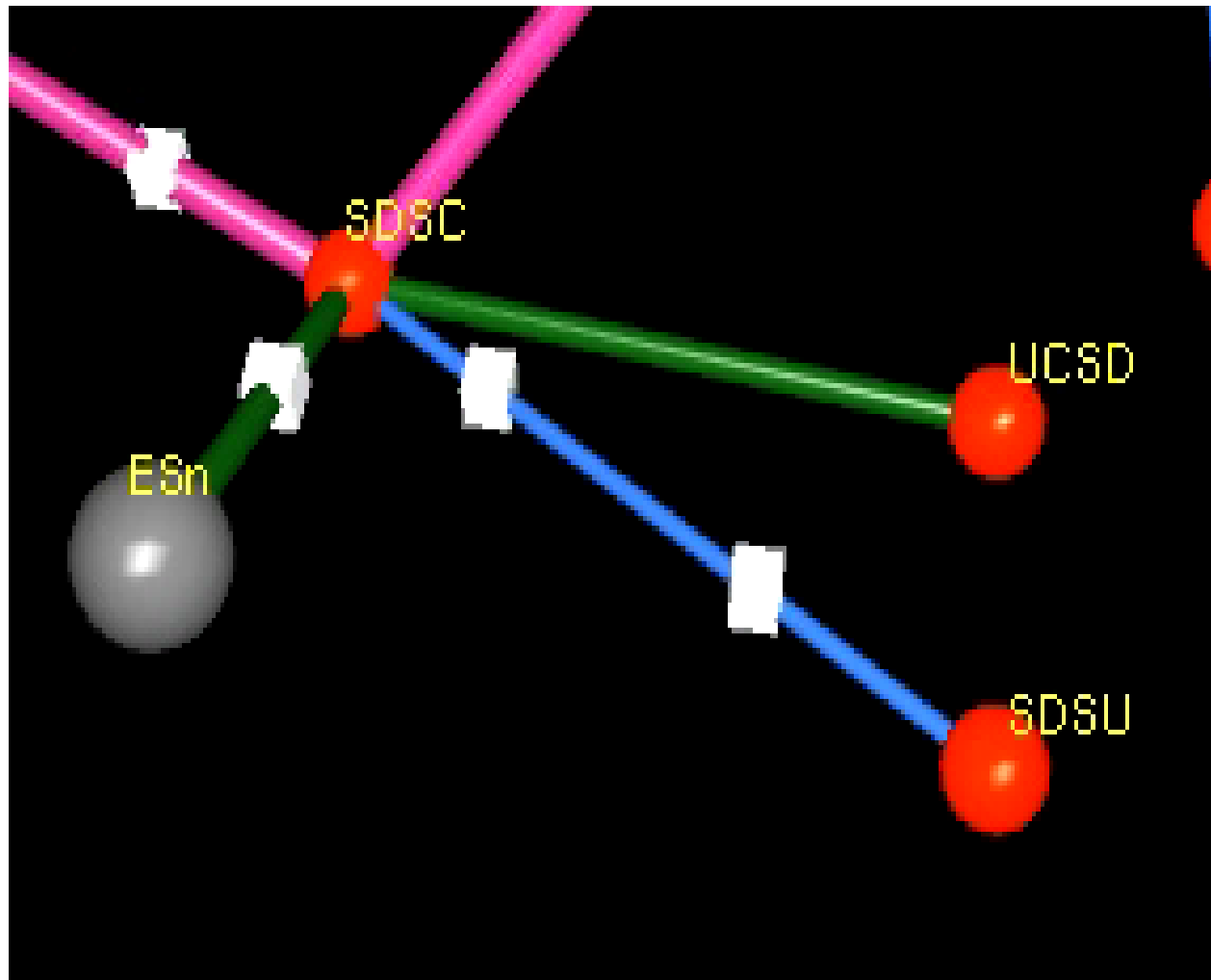
- **i**nternet: Zusammenschluss mehrerer Netzwerke
- **I**nternet: Das globale "Netz der Netze"

4.1 Das Internet - Model



Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW



Internettopologie (Model)

Statistiken 2017

> 3,6 Millarde Nutzer
> 1.8 Zettabyte
Datenaustausch

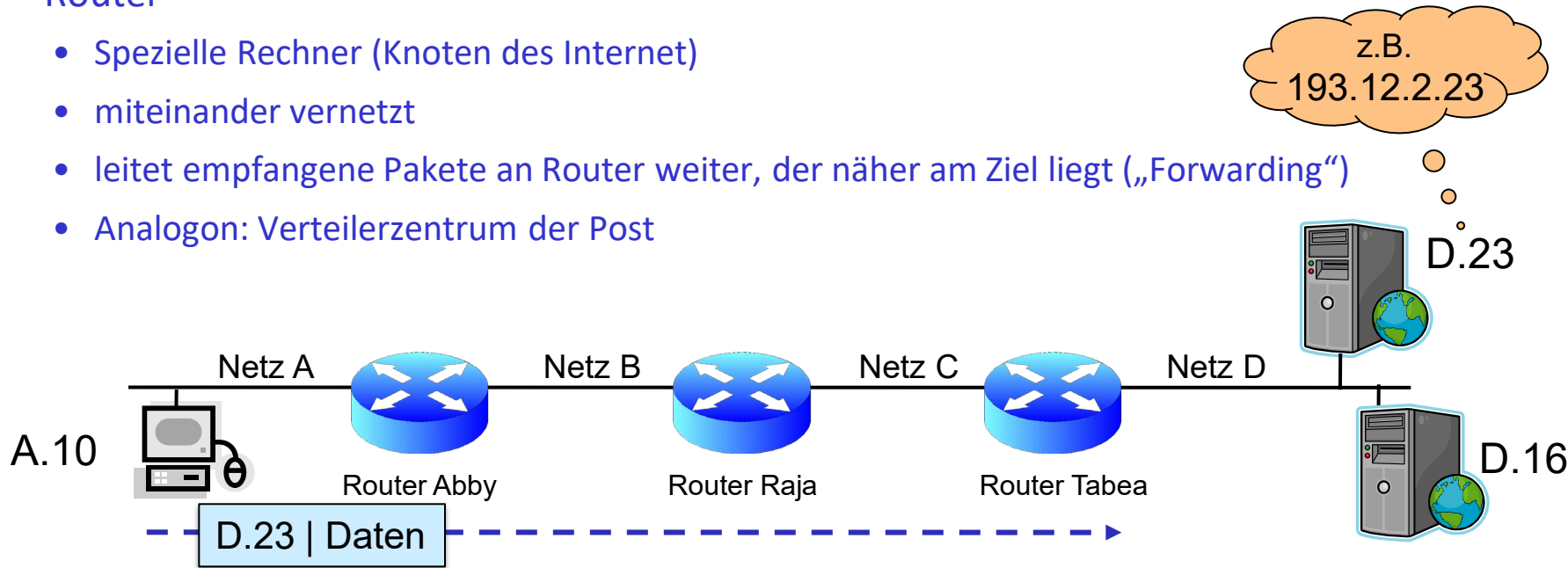
Source:
National Laboratory for Applied
Network Research '2000

4.2 Grundlagen Internet

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

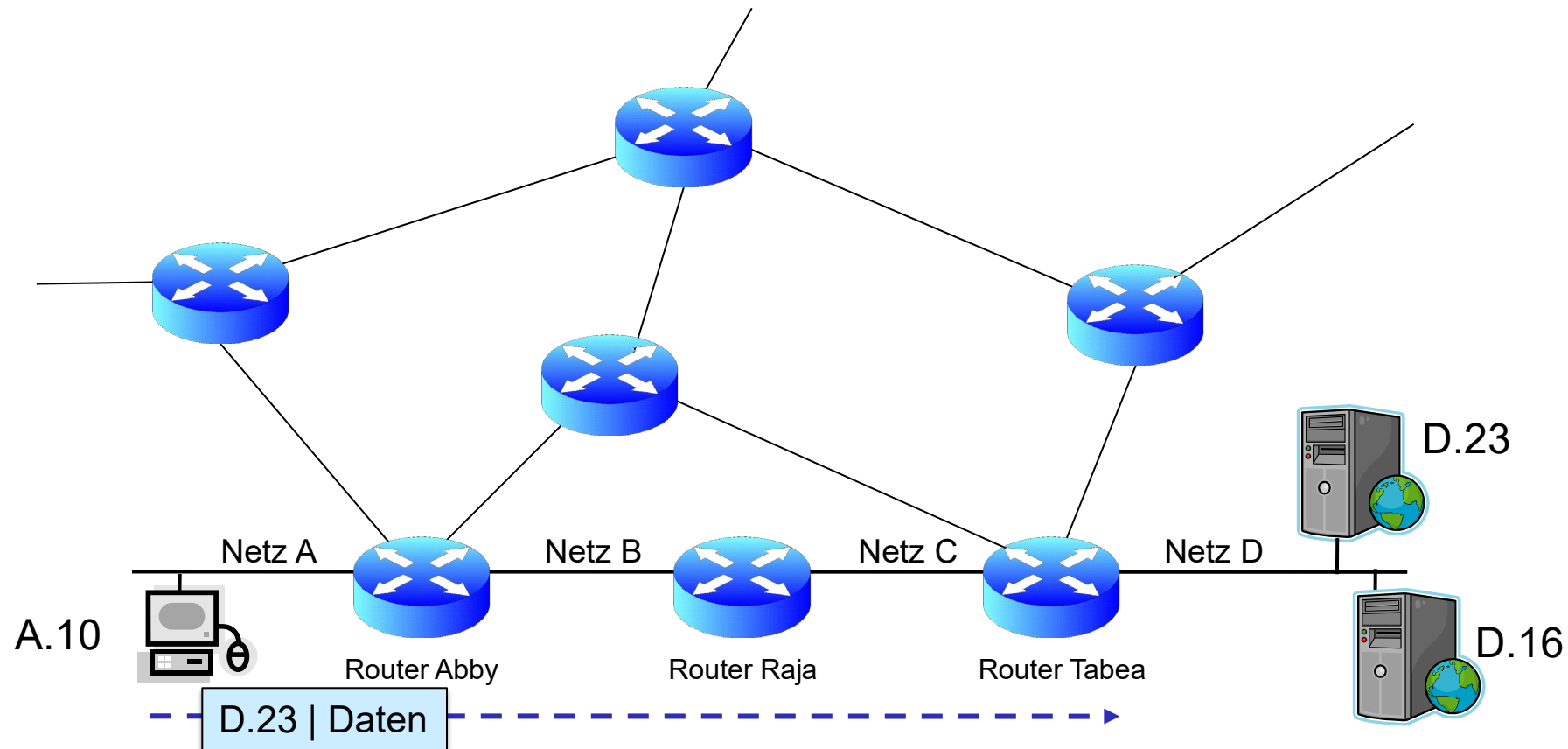
- Wie findet ein Paket sein Ziel?
- Adressierung
 - Jeder Host bekommt weltweit eindeutige Adresse (IP-Adresse, ungleich der Layer 2 Adresse!)
 - Paket besitzt Zieladresse
 - Analogon: Wohnadresse und Brief-Adressfeld
 - Router
 - Spezielle Rechner (Knoten des Internet)
 - miteinander vernetzt
 - leitet empfangene Pakete an Router weiter, der näher am Ziel liegt („Forwarding“)
 - Analogon: Verteilerzentrum der Post



Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

- Wie findet ein Paket sein Ziel?
- Routingtabellen (Wegweiser des Internets)



Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

➤ Wie findet ein Paket sein Ziel?

- Routingtabellen (Wegweiser des Internets)


Zielnetz	Next Hop
A	Lokal
B	Lokal
C	B/Raja
D	B/Raja

Zielnetz	Next Hop
A	B/Abby
B	Lokal
C	Lokal
D	C/Tabea

Zielnetz	Next Hop
A	C/Raja
B	C/Raja
C	Lokal
D	Lokal


"Hop by Hop" – Prinzip:
Jeder Router entscheidet nur den Weg bis zum nächsten Router

Netz A



Router Abby

Netz B


Netz C


Router Raja


Netz D


Router Tabea


A.10




D.23 | Daten



D.23



D.16



4.3 Weiterleitung - Paradigmen

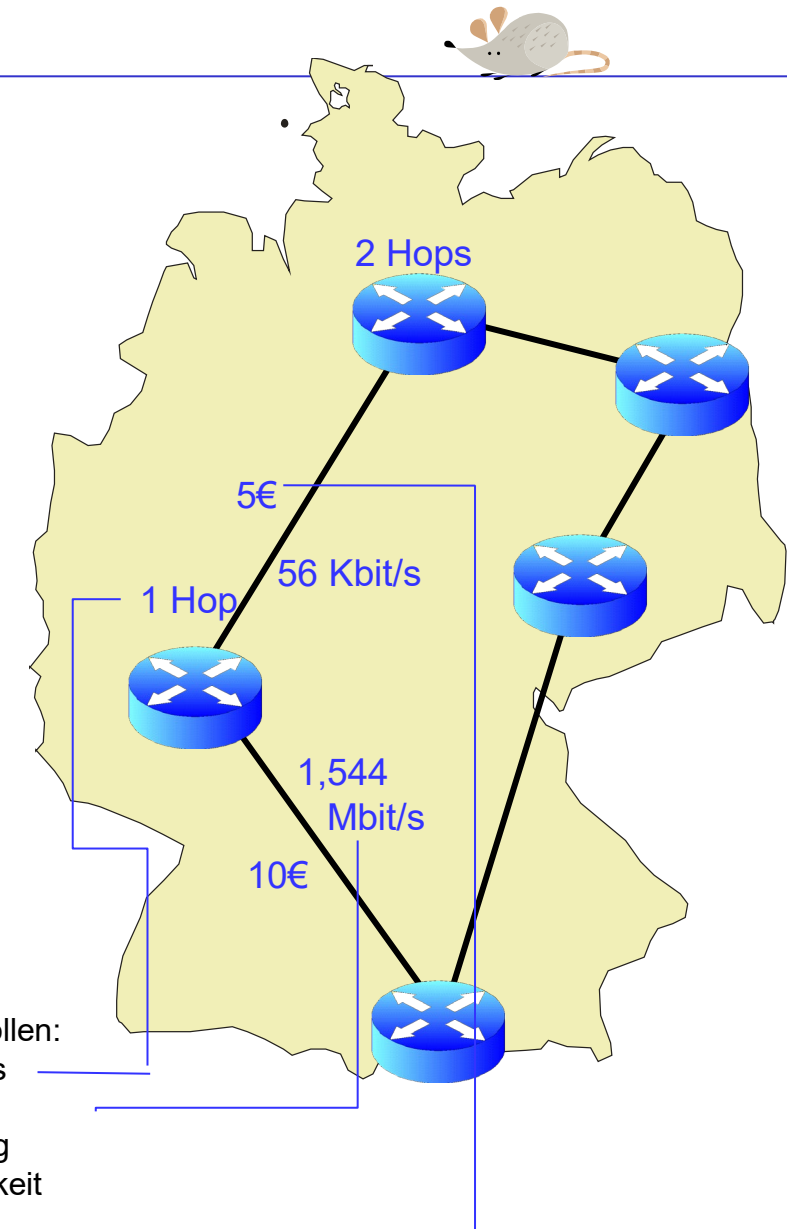
Inhalt

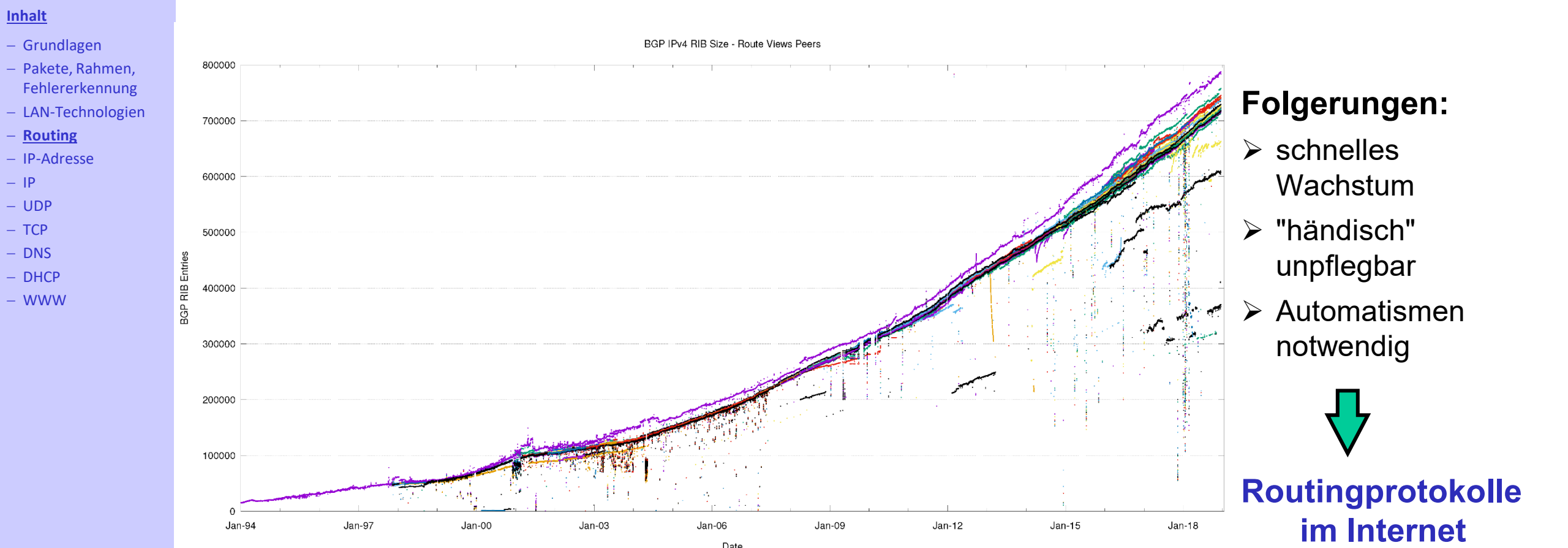
- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

- Zielbasiertes Weiterleiten
 - Absenderadresse nicht ausgewertet
- "Hop by Hop" Routen
 - IP-Paket folgt den Einträgen der Routingtabelle
 - Netzwerkpfade müssen schleifenfrei ("loop free") sein
- "Least cost" Routen
 - Nur der beste Weg/Pfad wird in der Routingtabelle berücksichtigt
 - Bester Pfad ist der Pfad zwischen Sender und Empfänger, der die geringste Summe der entsprechenden Teilmetriken hat

Metriken von Routing-Protokollen:

- Anzahl Hops
- Bandbreite
- Verzögerung
- Zuverlässigkeit
- Last
- Kosten





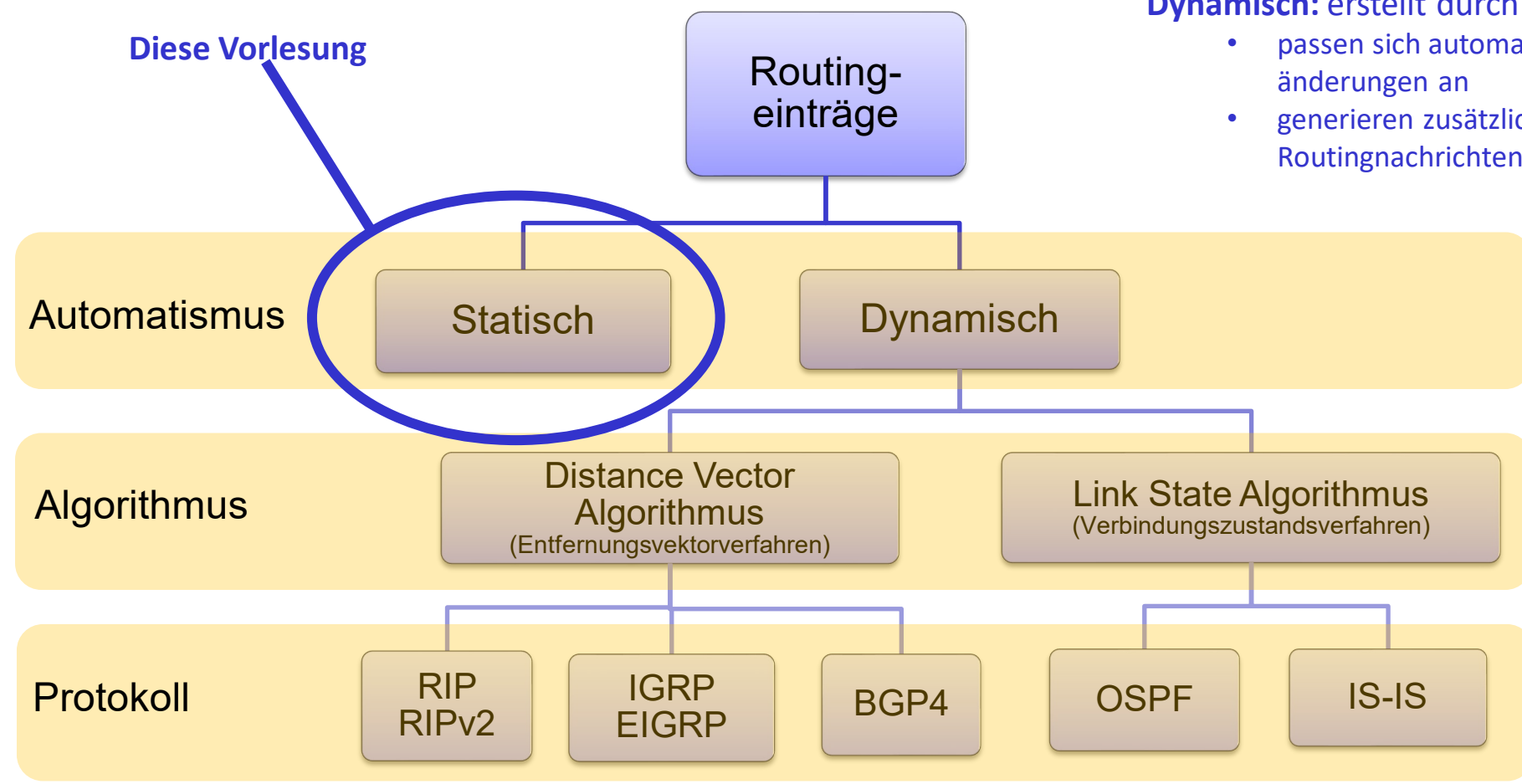
Anzahl der IPv4 Routingtabelleneinträge seit 1994 (von Route View Peers)

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

Statisch: händisch erstellt
Dynamisch: erstellt durch Routingprotokolle

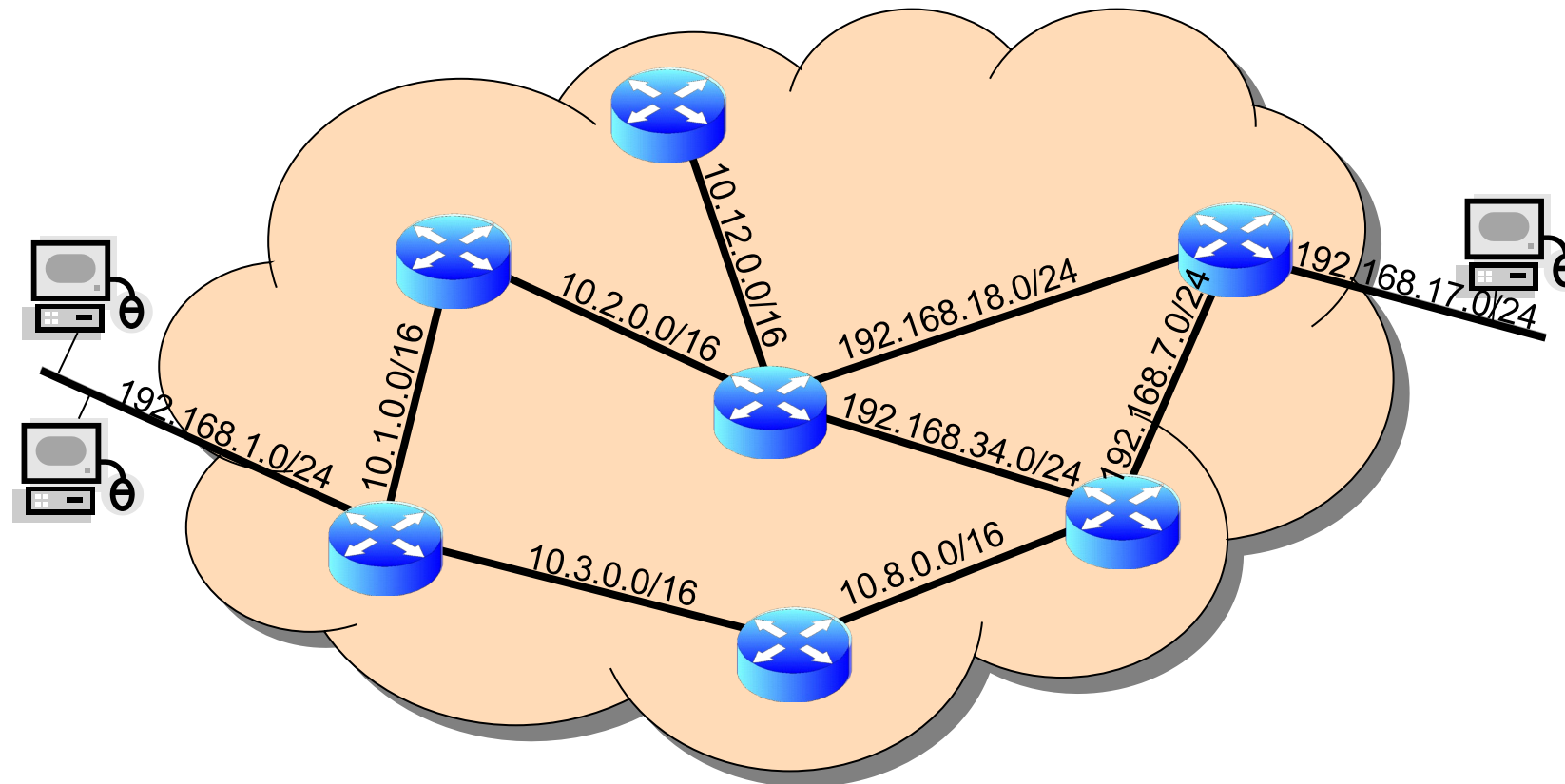
- passen sich automatisch an Topologieänderungen an
- generieren zusätzlichen Overhead durch Routingnachrichten



4.6 Beispiel

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW



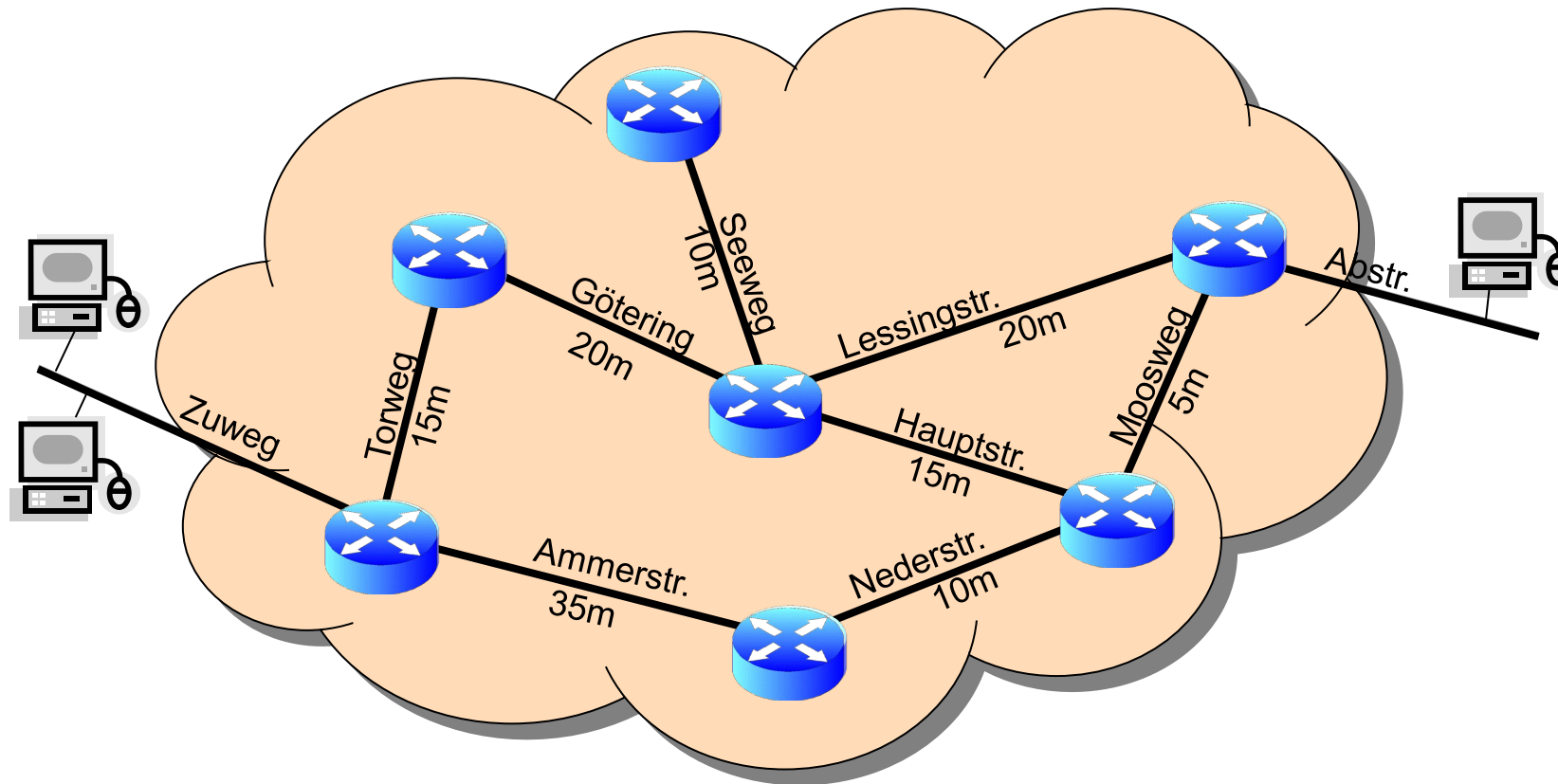
Ein etwas komplexeres internet (Netz aus Netzwerken). Gesucht sind die Routing-Tabellen der Router.

Gezeigt ist das IPv4 Adressschema, das jedem Netz einen Namen der Form a.b.c.d/x gibt. Mit $a, b, c, d \in [0, 255]$ und $x \in [0, 32]$

4.6 Beispiel

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

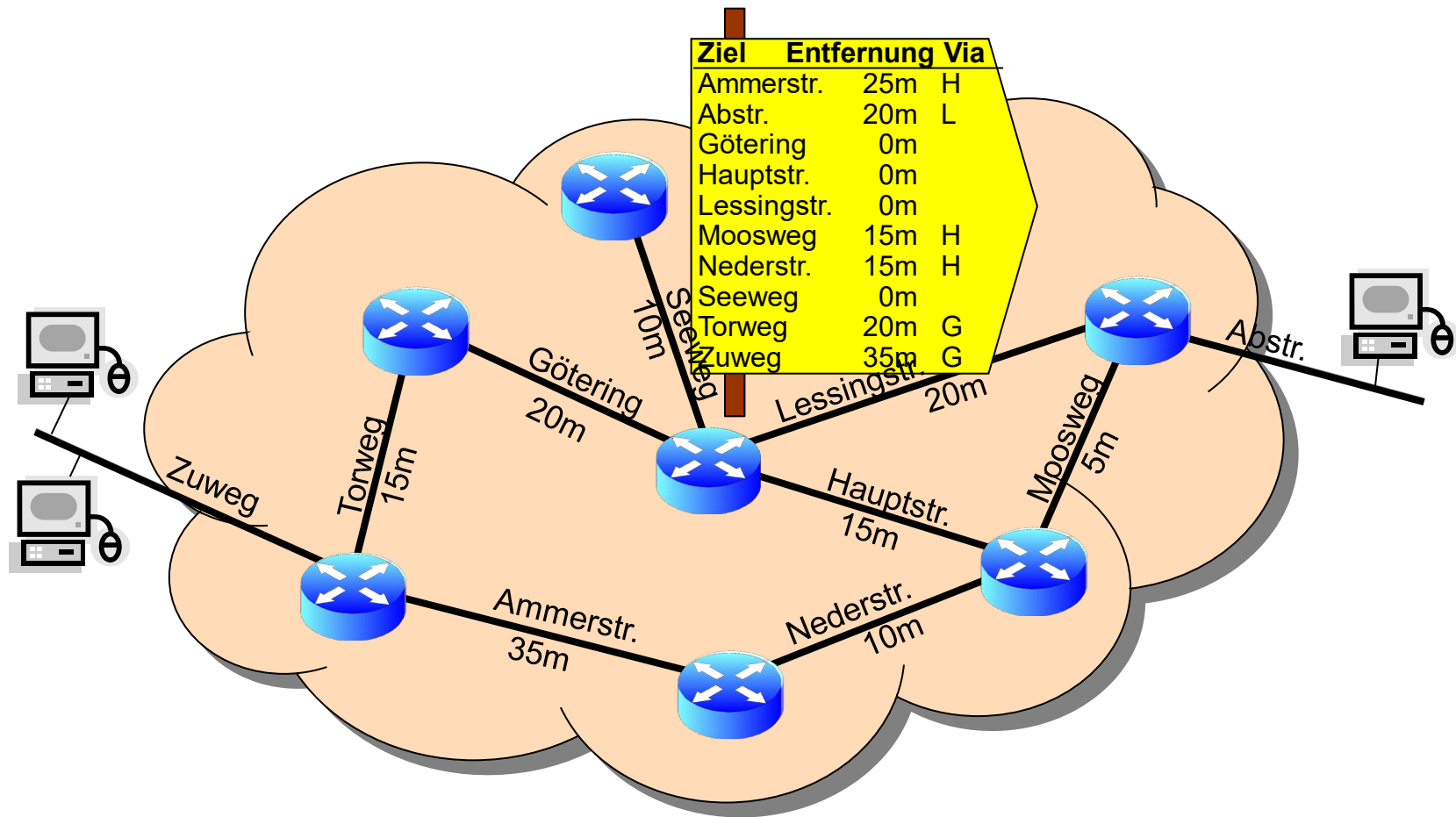


Analoges Problem: Straßennetz. Statt IPv4 Adressschema werden Straßennamen verwendet. Gezeigt ist auch die Metrik (Länge der Straße).

4.6 Beispiel

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

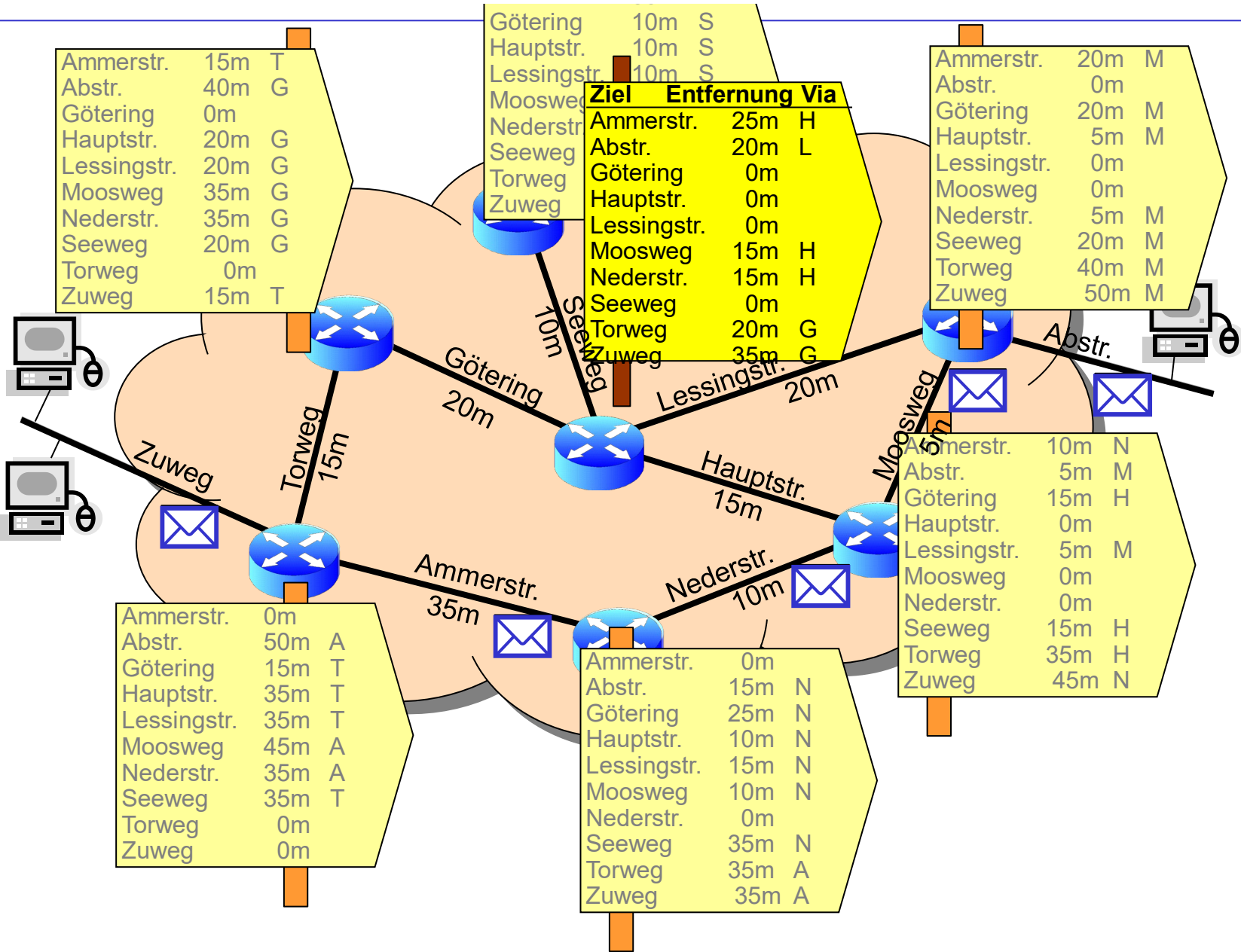


Vereinfachte Routing Tabelle des zentralen Routers. Der kürzeste Weg z.B. zur Ammerstraße führt über die Hauptstraße und ist 25m (=Länge Hauptstr. + Länge Nederstr.) lang.
H: Hauptstraße, L: Lessingstraße, G: Götering sind die direkt angeschlossenen Straßen.

4.6 Beispiel

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW



Routingtabellen
aller Router mit
optimalen
Wegen. Pakete
eines linken PCs
mit Ziel rechter
PC nehmen den
Weg:
Zuweg→
Ammerstraße→
Nederstraße→
Moosweg→
Abstraße

Der Alternativweg
über Götering ist
um 5m länger.

4.7 Aufbau des Internets

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

Das Internet ist hierarchisch aufgebaut

➤ Lokale Netze und Endsysteme (LAN):

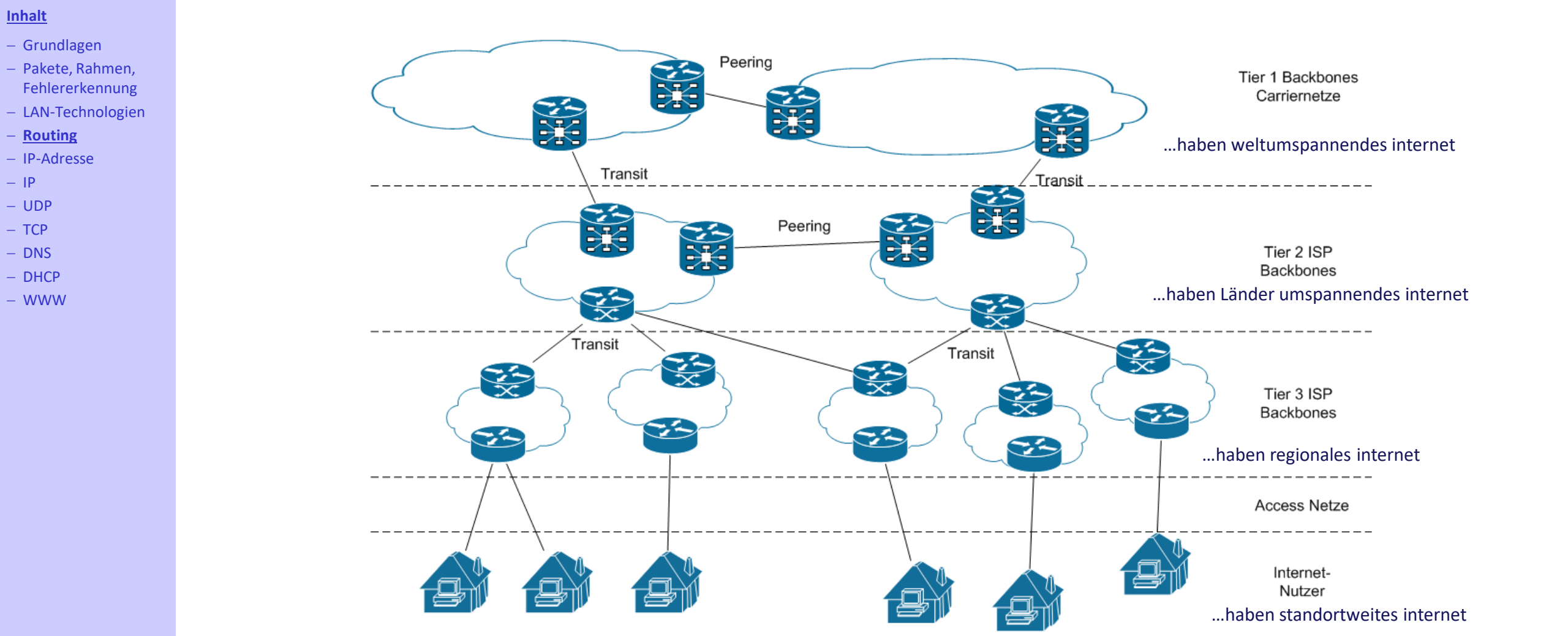
- Stellen die kleinste Einheit dar
- Sie sind die Nutzer des Internets

➤ Zugangsnetze (Access Networks) (WAN bzw. MANs):

- Sorgen für die Anbindung der Endsysteme an die Netze der großen Netzbetreiber
- Sind der „Anschluss“ ans Internet, z.B. ADSL-Wählleitungen oder Standleitungen

➤ Kernnetze (Internet-Backbone) (WAN):

- Transport gewaltiger Datenmengen zwischen den einzelnen Routern, die die Knotenpunkte des Backbones darstellen
- High-Performance WAN-Technologien, Standleitungen zwischen den Routern
- Werden von Internet-Service-Providern (ISPs) und Netzbetreibern unterhalten
- ISPs verbinden ihre Netze untereinander (Peering)
- ISPs verkaufen einander Transit-Dienste



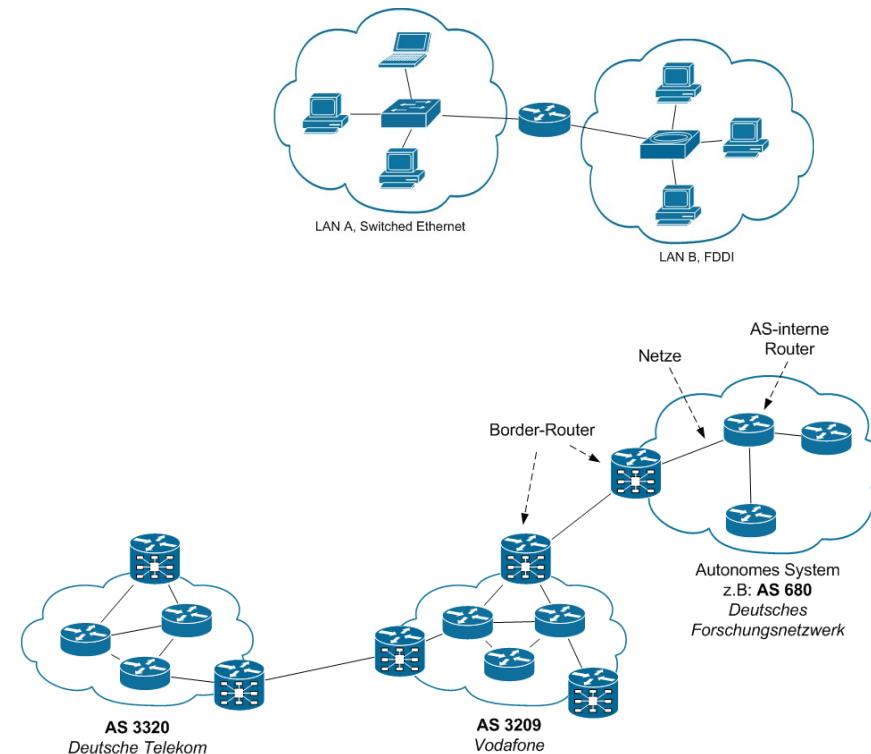
Tier 1 Carrier: Sprint, Above Net, Deutsche Telekom, Level 3, AT&T, NTT...

4.8 Zusammenfassung und Ausblick

Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW

- Dieses Kapitel gab einen Überblick über
 - das Verbinden von Netzen über Router, Geräte der Vermittlungsschicht
 - die damit einhergehende Fragestellung der Wegewahl in einem Netz der Netze
 - die Struktur des Internets
- Wechsel der Terminologie:
 - Netze aus L2-Sicht sind jetzt „reduziert“ zu Verbindungen zwischen Routern
 - Die Router stellen die Knoten des L3-Netzes dar
- Wie geht's weiter?
 - IP Adressräume (IPv4 und IPv6) und Subnetze
 - Routingtabellen, Teil2
 - Das Internet-Protokoll und seine Helfer



Inhalt

- Grundlagen
- Pakete, Rahmen, Fehlererkennung
- LAN-Technologien
- **Routing**
- IP-Adresse
- IP
- UDP
- TCP
- DNS
- DHCP
- WWW



Ende