



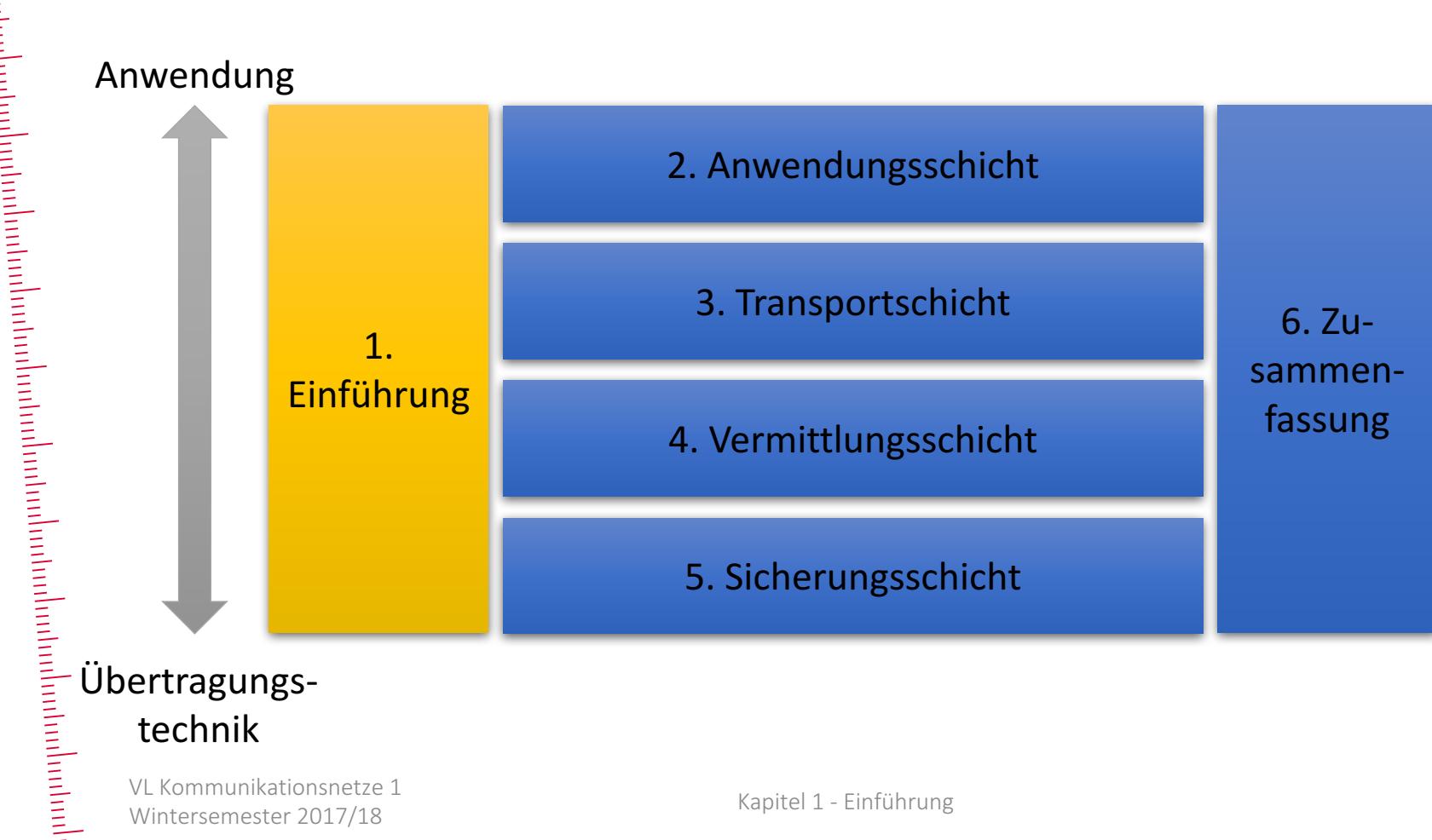
Kapitel 1
**Einführung in die
Kommunikationsnetze**

Vorlesung Kommunikationsnetze 1
Wintersemester 2017/18

Oliver P. Waldhorst

(Basierend auf Materialien von J. Kurose und K. Ross © 1996-2017)

Gliederung der Vorlesung



Das Internet – Eine technische Beschreibung



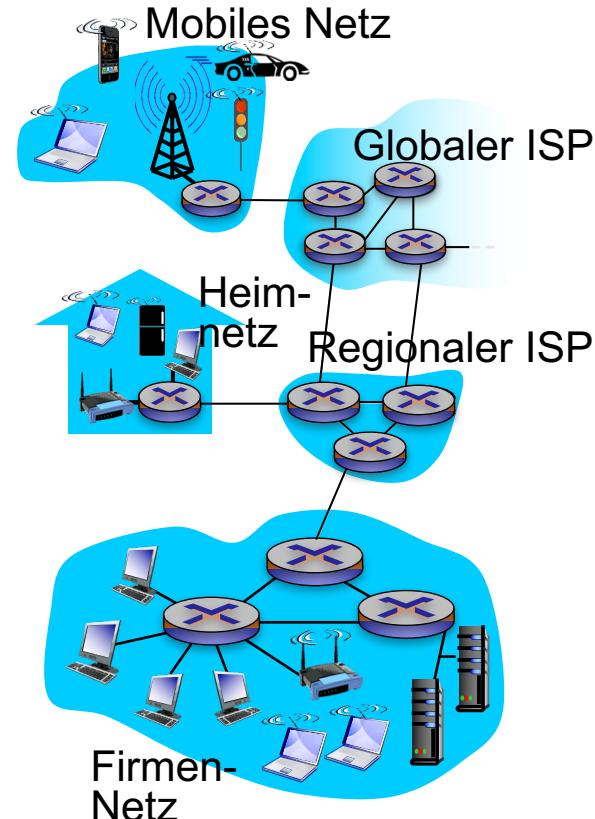
Millionen von verbundenen Rechnern:

- **Hosts = Endsysteme**, betreiben Netzanwendungen
- **Router = Vermittlungssysteme**

Kommunikationsverbindungen

- Glasfaser, Kupfer, Funk, Satellit
- Übertragungsgeschwindigkeit

Paketvermittlung: Weiterleitung von **Paketen** („Daten-Blöcke“)



Das Internet – Eine technische Beschreibung

Internet: „Netz von Netzen“

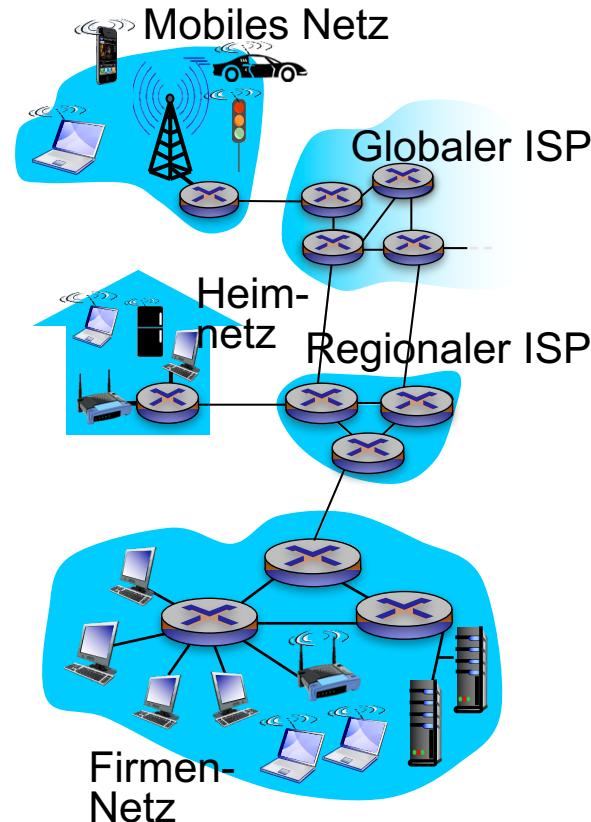
- Miteinander verbundene **Internet Service Provider (ISPs)**

Protokolle kontrollieren das Senden und Empfangen von Nachrichten

- Z.B. TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11

Internet Standards

- Werden von der Internet Engineering Task Force (IETF) festgelegt
- Typischerweise durch **Requests for Comments (RFCs)** beschrieben



Was ist ein Protokoll?

Zwischenmenschliches Protokoll

- „Wie spät ist es?“
- „Ich habe eine Frage“
- Vorstellung

... Senden von spezifischen Nachrichten

... spezielle Aktionen ausgelöst durch Nachrichten oder andere Ereignisse

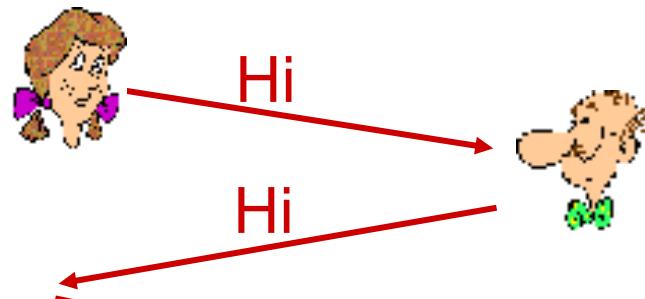
Netzprotokoll

- Maschinen anstatt von Menschen
- Alle Kommunikation im Internet folgt Protokollen

Protokolle definieren Format und Reihenfolge des Nachrichtenaustausches zwischen kommunizierenden Entitäten sowie Aktionen bei Nachrichtenübertragung und/oder -empfang

Was ist ein Protokoll?

Ein zwischenmenschliches Protokoll und ein Netzprotokoll



Zeit
↓



TCP connection request



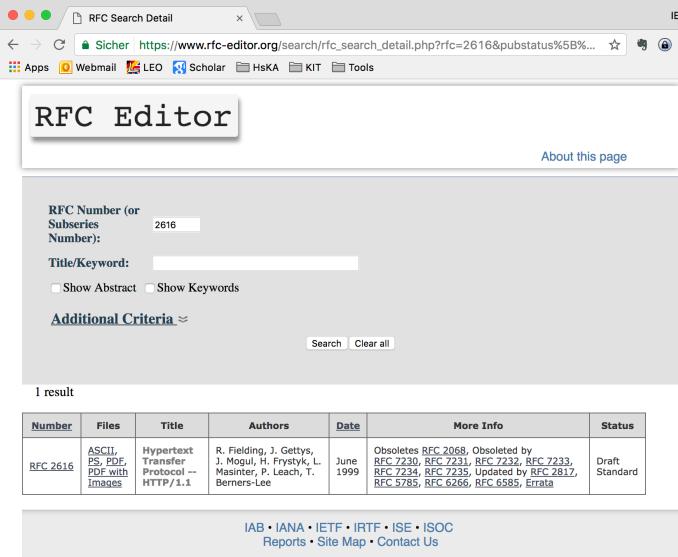
TCP connection response

Get <http://www.awl.com/kurose-ross>

<file>

Internet Standards: Request for Comments (RFC)

- RFCs haben eine eindeutige Nummer (z.B. ist „Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1“ das RFC 2616)
- Können über <https://www.rfc-editor.org/search> gefunden werden
- Historisch: Textdokumente in Festbreitenschrift
 - Heute auch andere Formate verfügbar



The screenshot shows the RFC Editor search interface. A search query for "RFC 2616" has been entered. The results table displays one entry:

Number	Files	Title	Authors	Date	More Info	Status
RFC 2616	ASCII, PS, PDF, PDF with Images	Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1	R. Fielding, J. Gettys, R. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee	June 1999	Obsoletes RFC 2068, Obsoleted by RFC 7230, RFC 7231, RFC 7232, RFC 7233, RFC 7234, RFC 7235, Updated by RFC 2817, RFC 5785, RFC 6266, RFC 6585, Errata	Draft Standard

At the bottom of the page, there are links to IAB, IANA, IETF, IRTF, ISE, and ISOC, along with a Site Map and Contact Us link.

Network Working Group
Request for Comments: 2616
Obsoletes: 2068
Category: Standards Track

R. Fielding
UC Irvine
J. Gettys
Compaq/W3C
J. Mogul
Compaq
H. Frystyk
W3C/MIT
L. Masinter
Xerox
P. Leach
Microsoft
T. Berners-Lee
W3C/MIT
June 1999

Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1

Status of this Memo

This document specifies an Internet standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements. Please refer to the current edition of the "Internet Official Protocol Standards" (STD 1) for the standardization state and status of this protocol. Distribution of this memo is unlimited.

Copyright Notice

Copyright (C) The Internet Society (1999). All Rights Reserved.

Abstract

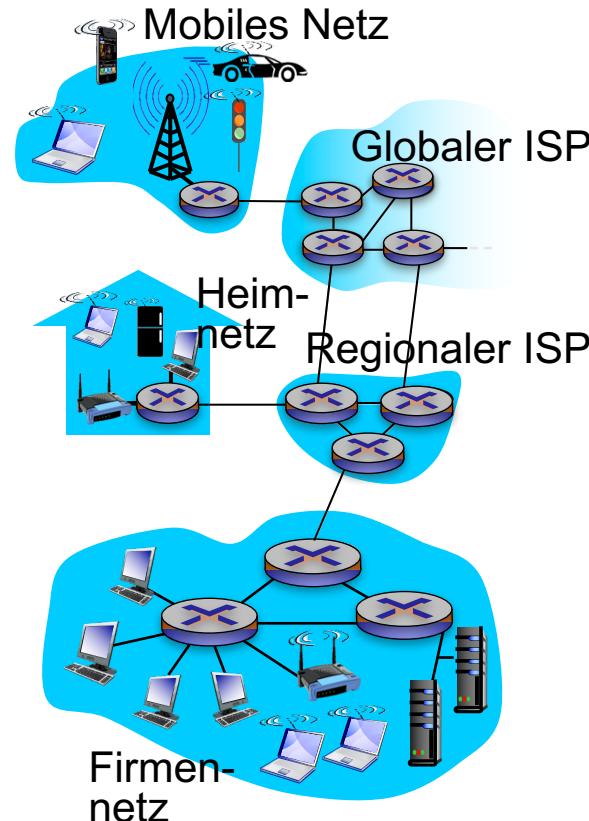
Was ist das Internet – Eine Dienstbeschreibung

Infrastruktur die den Anwendungen (Kommunikations-)Dienste zur Verfügung stellt

- Anwendungen: Web, VoIP, Email, Spiele, E-Commerce, Soziale Netze, ...

Das Internet bietet **Programmierschnittstellen** (**Application Programming Interfaces, API**)

- Erlaubt Daten an anderes Programm zu senden bzw. von anderem Programm zu empfangen
- Analogie zum Postdienst:
 - „Post-API“ fordert Umschlag, Adresse, Briefmarke
 - Verschiedene Zustellungsarten (z.B. Eilzustellung, Einschreiben mit Rückschein)



Ein genauerer Blick auf die Netzstruktur

Der Rand des Netzes

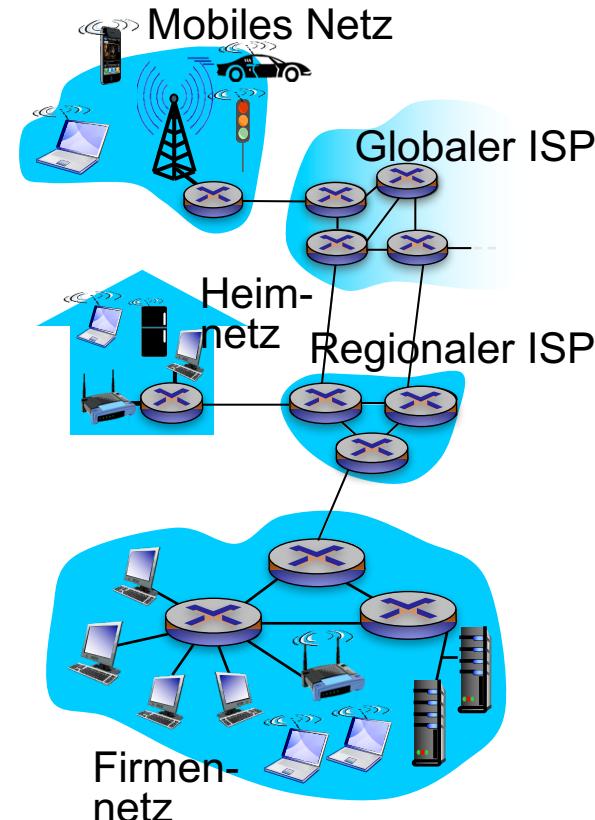
- **Endsysteme: Clients und Server**
- Server oft in Rechenzentren

Zugangsnetze

- Drahtgebunden, drahtlose Kommunikationsverbindungen
- Verbinden Endsysteme mit **Zugangsroutern**

Das Innere des Netzes

- Miteinander verbundene Router
- Netze von Netzen



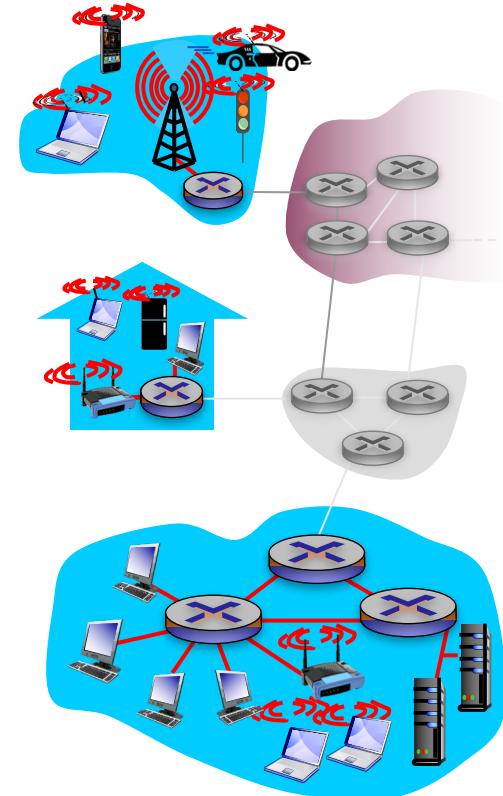
Zugangsnetze

Wie verbinden sich Endsysteme mit Zugangsroutern?

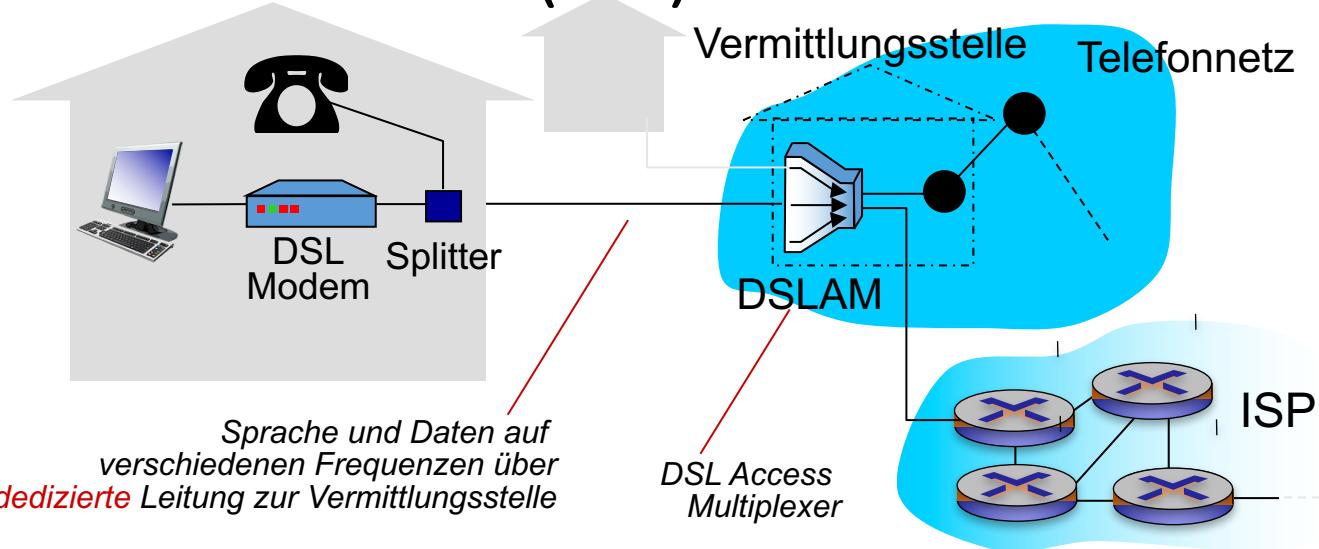
- Heimzugang
- Unternehmensnetze (Firmen, Hochschulen, ...)
- Mobile Zugangsnetze

Zu beachten:

- **Bandbreite / Übertragungsrate** (Bit/Sekunde - b/s, kb/s, Mb/s, ...) des Zugangsnetzes?
- Geteilt oder dediziert?



Beispiel Zugangsnetze: Digital Subscriber Line (DSL)

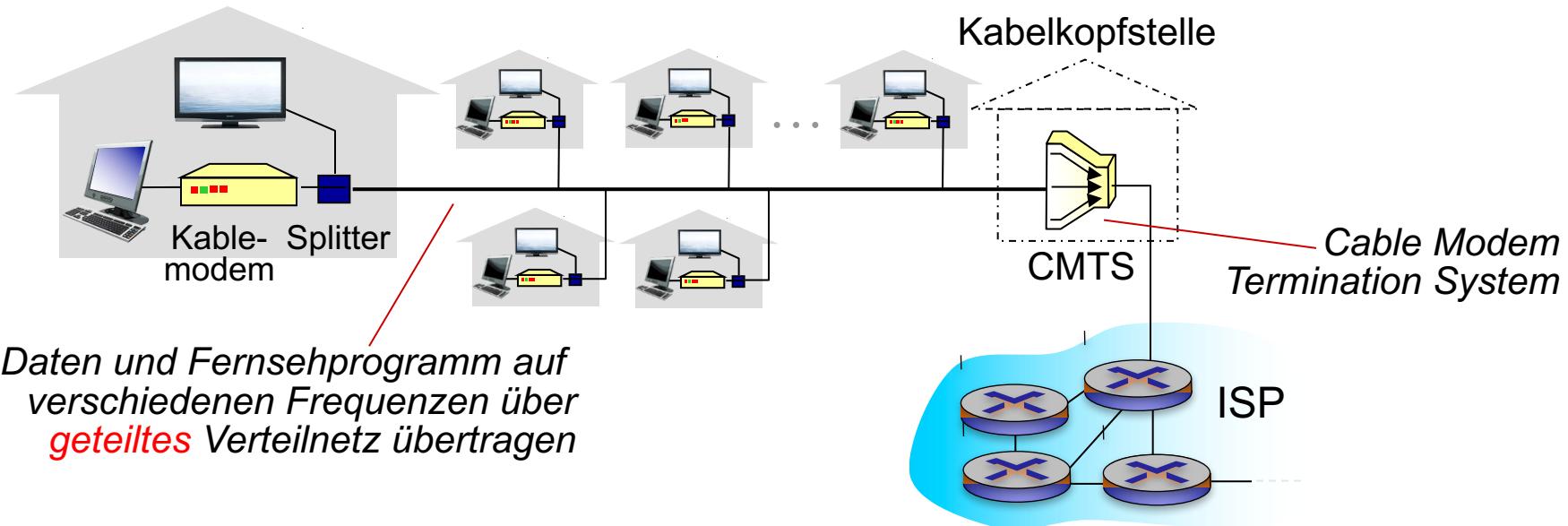


Verwendung von existierenden Telefonleitungen zur Vermittlungsstelle / DSLAM

- Daten gehen ins Internet
- Sprache geht ins Telefonnetz

Bandbreite bis zu 50.000 kbit/s im Download

Beispiel Zugangsnetze: TV-Kabel

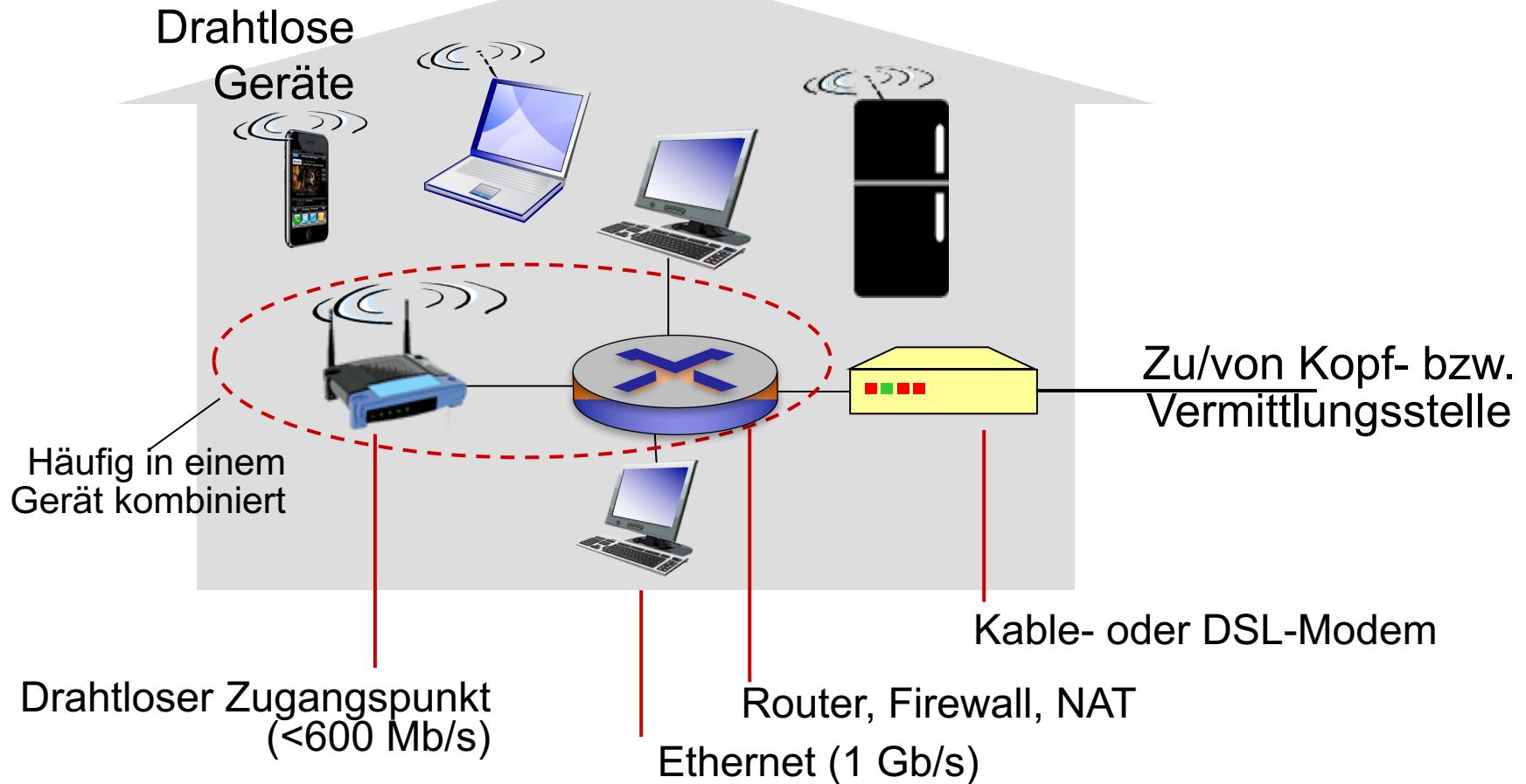


Verwendung existierender Fernsehkabel zum ISP-Router

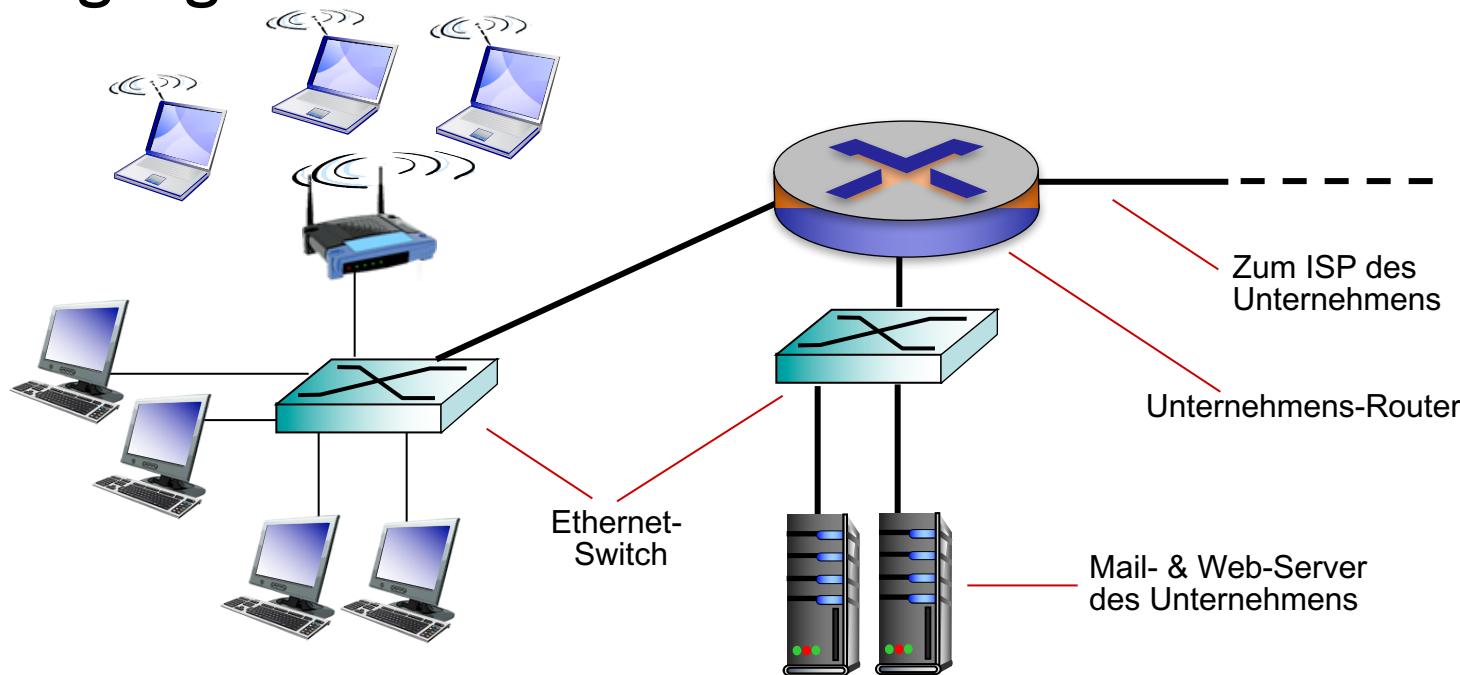
- Haushalte teilen das Zugangsnetz zur Kabelkopfstelle
- Anders als bei DSL!

Bandbreite bis zu 400 Mbit/s im Download

Beispiel Zugangsnetze: Heimnetze



Zugangsnetze: Unternehmensnetze



- Typischerweise genutzt in Unternehmen, Hochschulen, ...
- 10Mb/s, 100Mb/s, 1Gb/s, 10Gb/s Übertragungsrate
- Meistens sind Endsysteme über Ethernet Switches angeschlossen

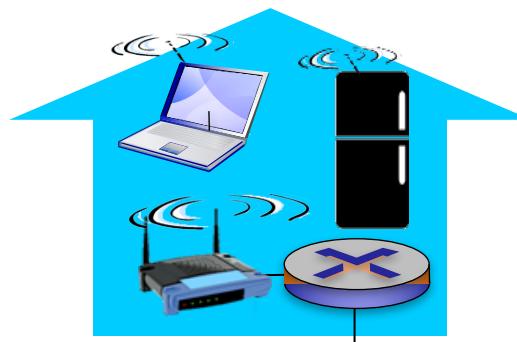
Drahtlose Zugangsnetze

Geteilter drahtloses Zugangsnetz verbindet Endsysteme mit Router

- Über Basisstation bzw. Zugangspunkt

Drahtlose LANs:

- In Gebäuden, Reichweite <100m
- 802.11 b/g/n (WiFi): 11Mbs, 54Mb/s, 600Mb/s Übertragungsrate



Zum Internet

Drahtlose Telekommunikationsnetze

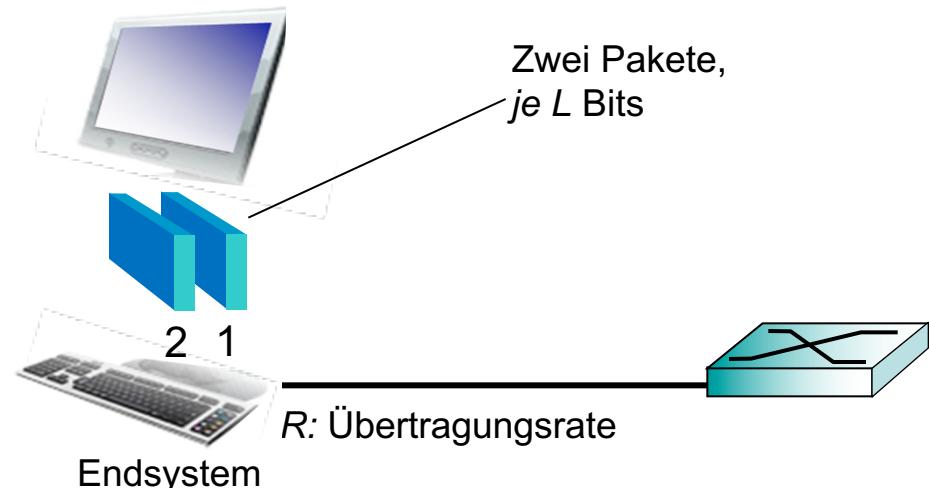
- Von Netzbetreiber angeboten
- Reichweite 10-30km
- 3G, LTE: Datenrate < 100Mb/s



Endsysteme: Senden von Paketen

Sendefunktion auf einem Endsystem:

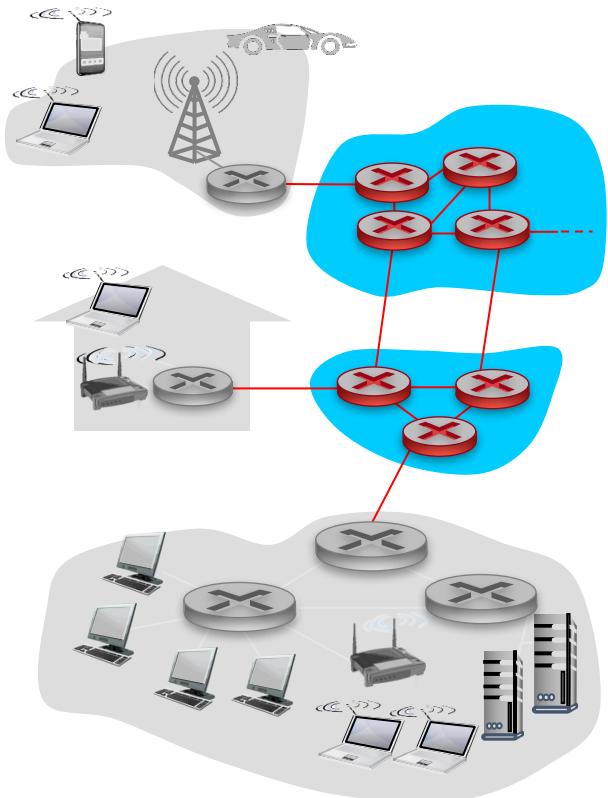
- Annehmen von Nachrichten der Anwendung
- Aufteilen in kleinere Einheiten (**Pakete** der Länge L Bit)
- Übertragen des Pakets in das Zugangsnetz mit **Übertragungsrate R**
 - Übertragungsrate der Verbindung, auch **Verbindungskapazität** oder **Verbindungsbandbreite**



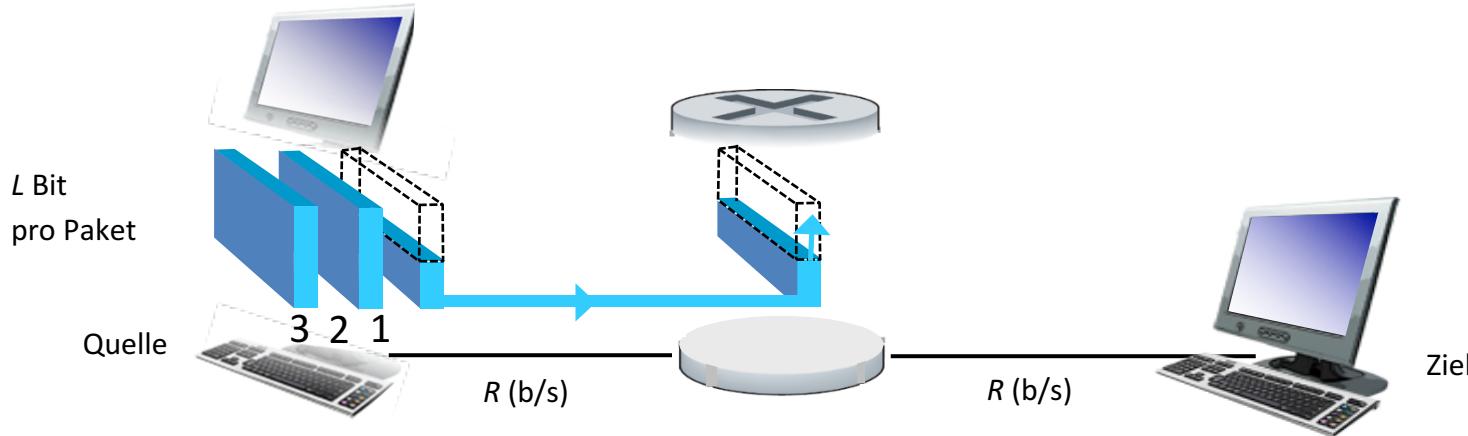
Paket- übertragungs- verzögerung	Zeit um L -bit über die Verbindung = zu übertragen	$\frac{L \text{ (b)}}{R \text{ (b/s)}}$
--	--	---

Das Innere des Netzes

- Geflecht von verbundenen Routern
- **Paketvermittlung:**
 - Pakete werden von einem Router zum nächsten weitergegeben
 - Jeweils über physische Verbindung zwischen den Routern, mit voller Übertragungsrate



Paketvermittlung: Store-and-Forward



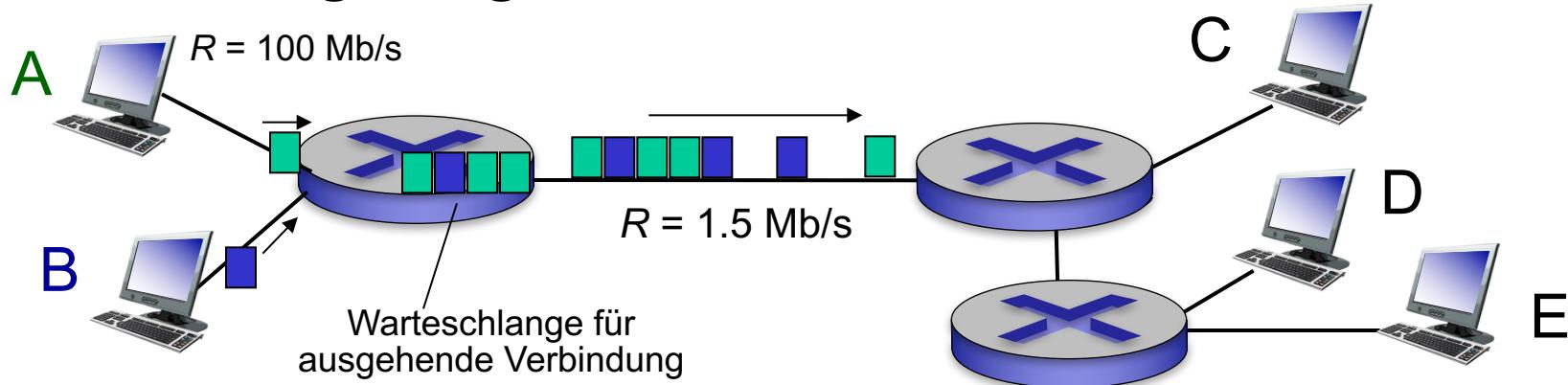
- **Store and Forward** (Speichern und Weiterleiten): Das komplette Paket muss am Router ankommen, bevor es über den nächsten Link übertragen wird
- Übertragung eines L -Bit Pakets über R (b/s) Verbindung dauert L/R
- Ende-zu-Ende-Verzögerung im Beispiel $2L/R$ (bei Vernachlässigung der Ausbreitungsverzögerung)

Beispiel bei einem Hop:

- $L = 7,5 \text{ Mb}$
- $R = 1,5 \text{ Mb/s}$

! Ein-Hop Verzögerung?

Paketvermittlung: Warteverzögerung und Paketverluste



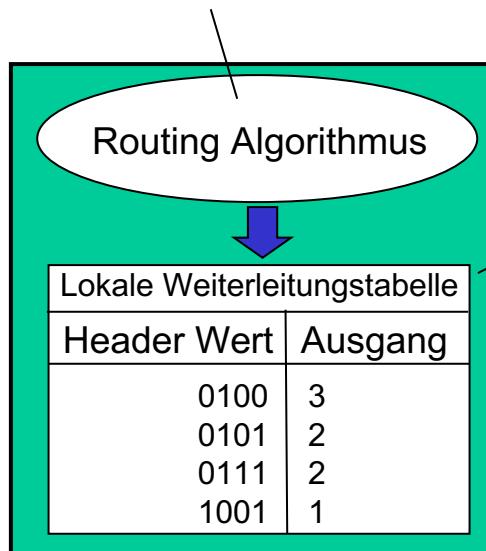
Wenn die **Ankunftsrate** (in b/s) für eine Verbindung die **Übertragungsrate** übersteigt

- Pakete müssen in einer Warteschlange auf Übertragung über die Verbindung warten → **Warteverzögerung**
- Pakete können verworfen werden, wenn der Speicher des Routers (Puffer) voll ist → **Paketverlust**

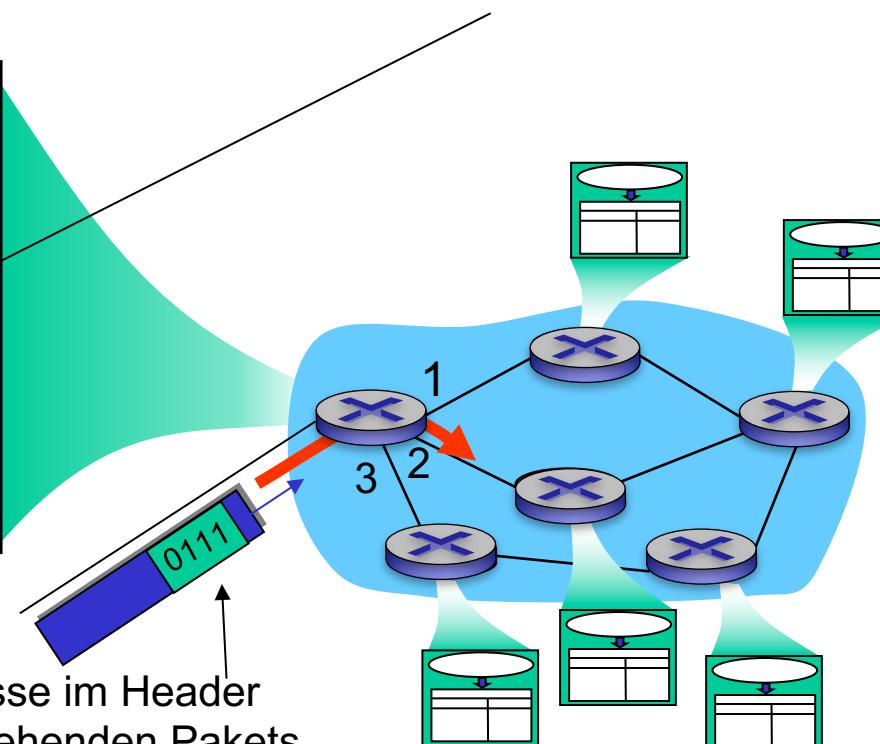
Kernfunktionen des Netzinneren

Routing: bestimmt Pfad eines Pakets zwischen Quelle und Ziel

- **Routing Algorithmus**



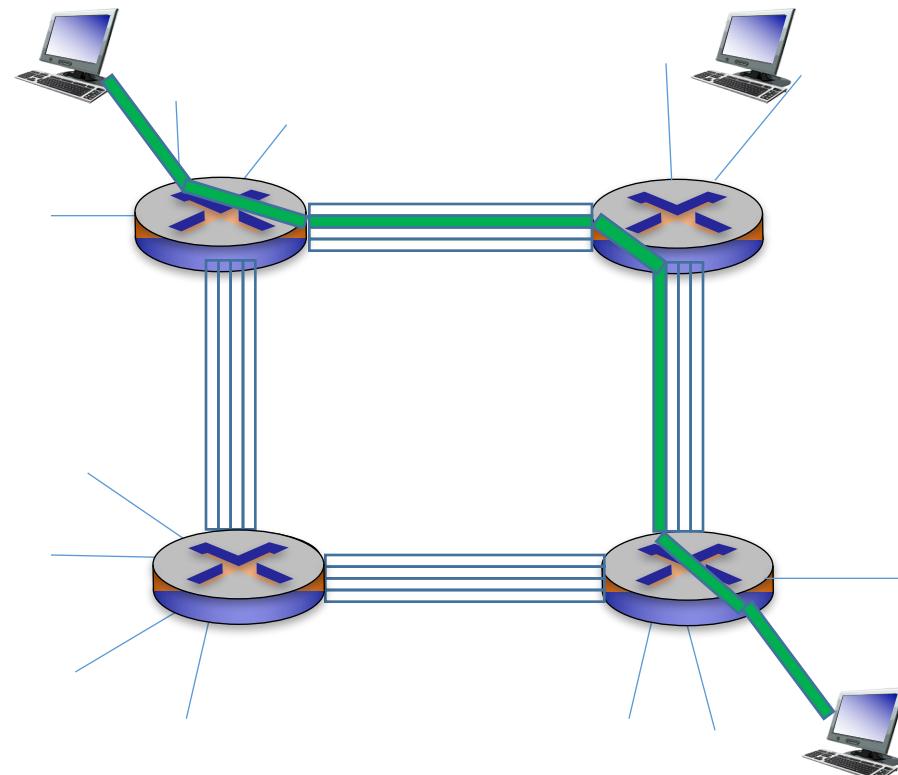
Forwarding: Weiterleiten eines Pakets zwischen Router-Eingang und passendem Ausgang



Alternative: Leitungsvermittlung

Ende-zu-Ende Ressource für „Anruf“ zwischen Quelle und Ziel reserviert

- Im Beispiel hat jeder Link vier Leitungen
 - Anruf bekommt zweite Leitung im oberen, erste Leitung in rechter Verbindung
- Dedizierte Ressourcen
 - Garantierte Leistung
- Leitungssegment liegt brach wenn nicht verwendet (nicht geteilt)
- Typischerweise in traditionellen Telefonnetzen verwendet

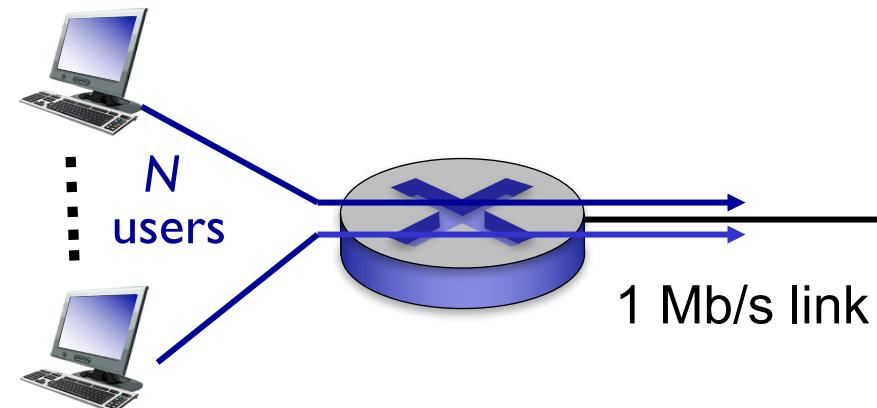


Paket- vs. Leitungsvermittlung

Paketvermittlung erlaubt mehr Nutzer im Netz!

Beispiel:

- 1Mb/s Verbindung
- Pro Nutzer
 - 100Kb/s wenn „aktiv“
 - Aktiv 10% der Zeit



! Leitungsvermittlung

- Wie viele gleichzeitige Nutzer?

! Auslastung Paketvermittlung

- Wahrscheinlichkeit, dass bei 35 Nutzern > 10 gleichzeitig aktiv sind?

Paket- vs. Leitungsvermittlung

Ist Paketvermittlung der Sieger???

- Gute Idee für Verkehr mit Lastspitzen (**bursty**)
 - Teilen der vorhandenen Ressourcen
 - Einfacher, kein Verbindungsaufbau
- Aber: Große Überlastungen möglich!
 - Protokolle für zuverlässige Übertragung, Staukontrolle notwendig!
- Offene Frage: Kann man Garantien analog Leitungsvermittlung in paketvermittelten Netzen bieten?
 - Bandbreitegarantien für Audio / Video Apps
 - Ist ein ungelöstes Problem!

Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen

Endsysteme verbinden sich mit dem Internet über Zugangs-ISPs (Internet Service Provider)

- Lokal, ISPs von Unternehmen und Hochschulen

Die Zugangs-ISPs müssen auch verbunden werden

- Dann können beliebige Endsysteme Daten austauschen

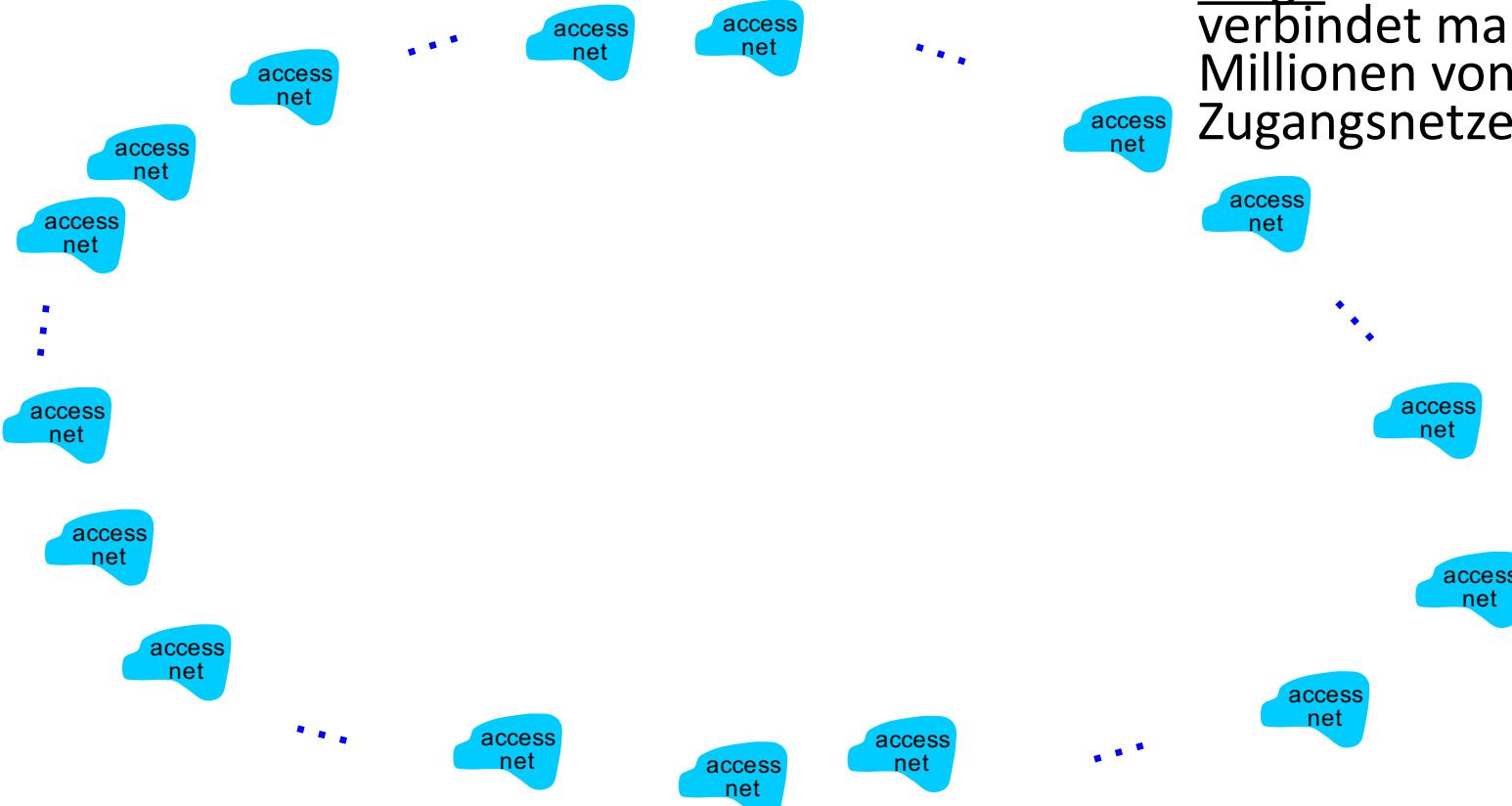
Das resultierende Netz von Netzen ist sehr komplex

- Entwicklung wurde von kommerziellen und politischen Überlegungen getrieben

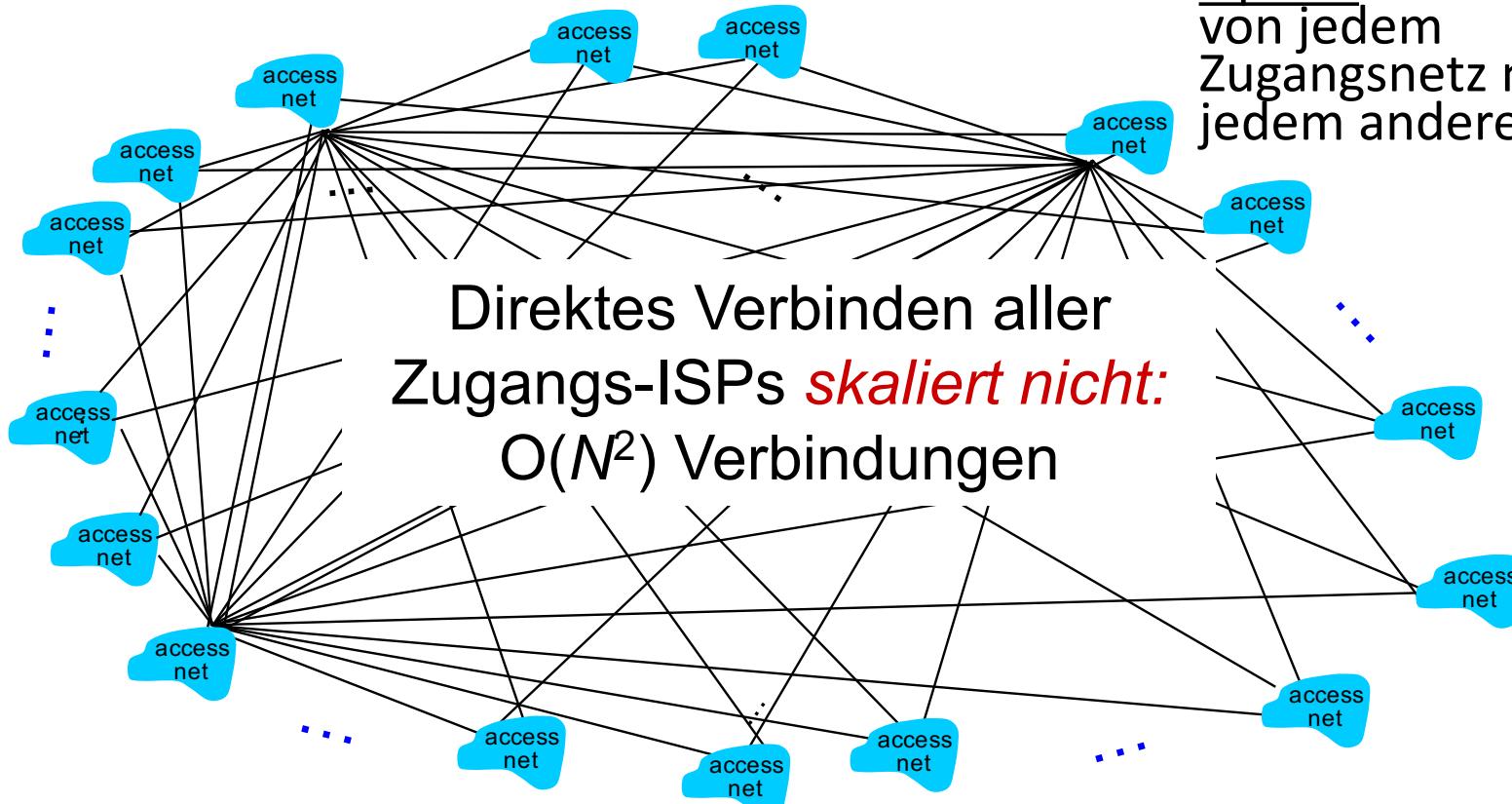
Wir beschreiben die aktuelle Internet-Struktur in einem schrittweisen Ansatz!

Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen

Frage: Wie verbindet man Millionen von Zugangsnetzen?

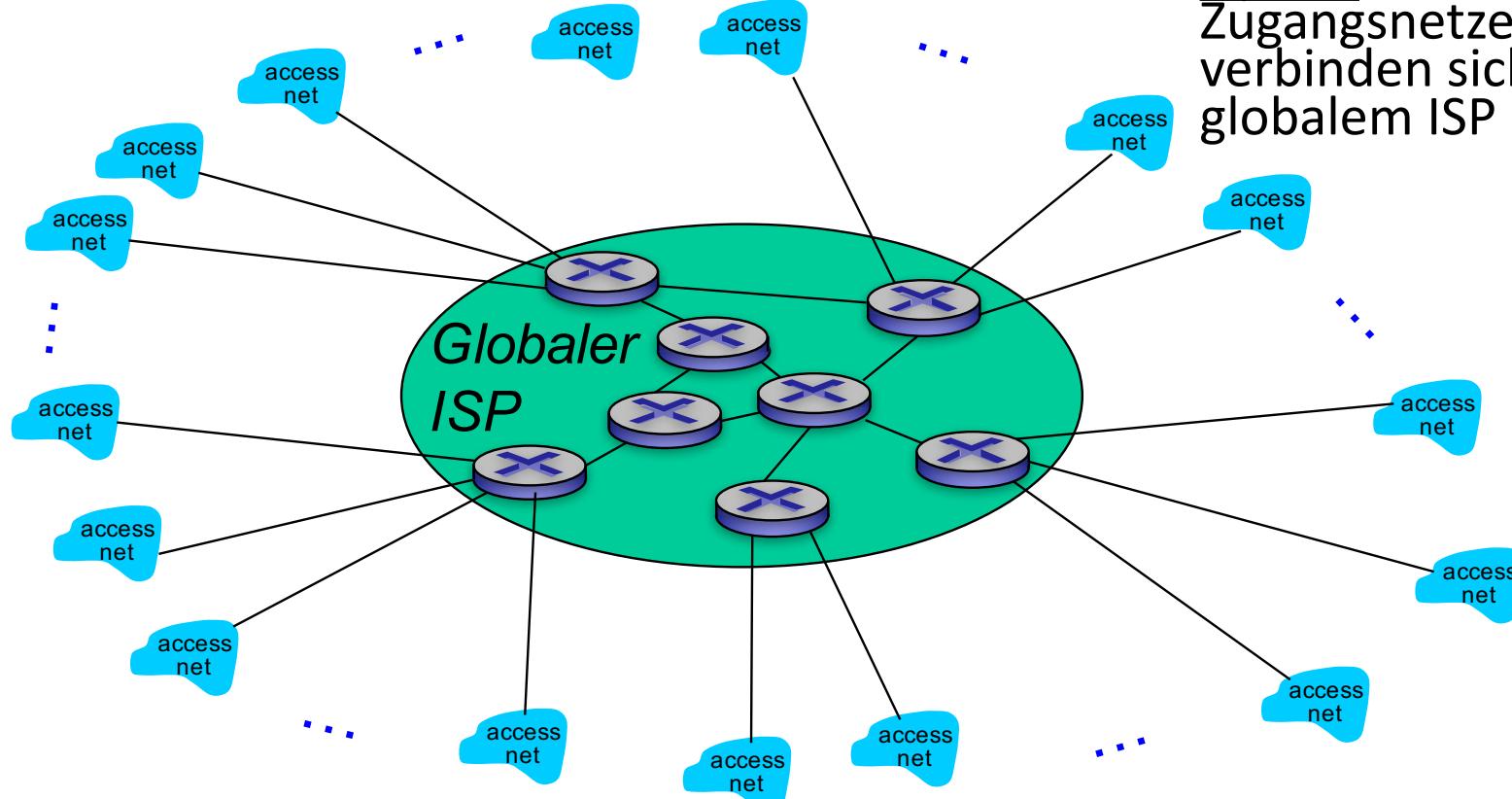


Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen



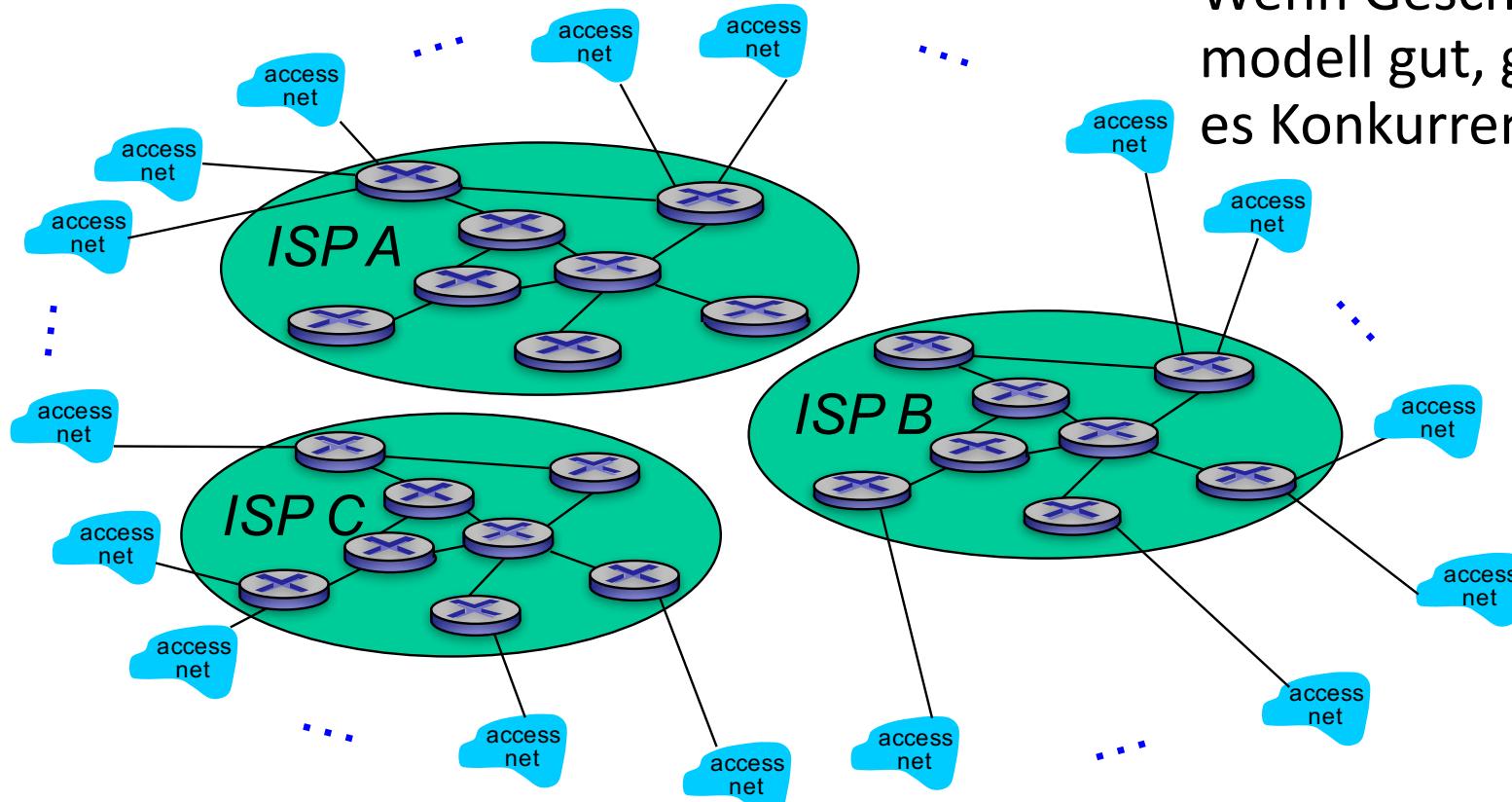
Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen

Option: Alle Zugangsnetze verbinden sich mit globalem ISP



Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen

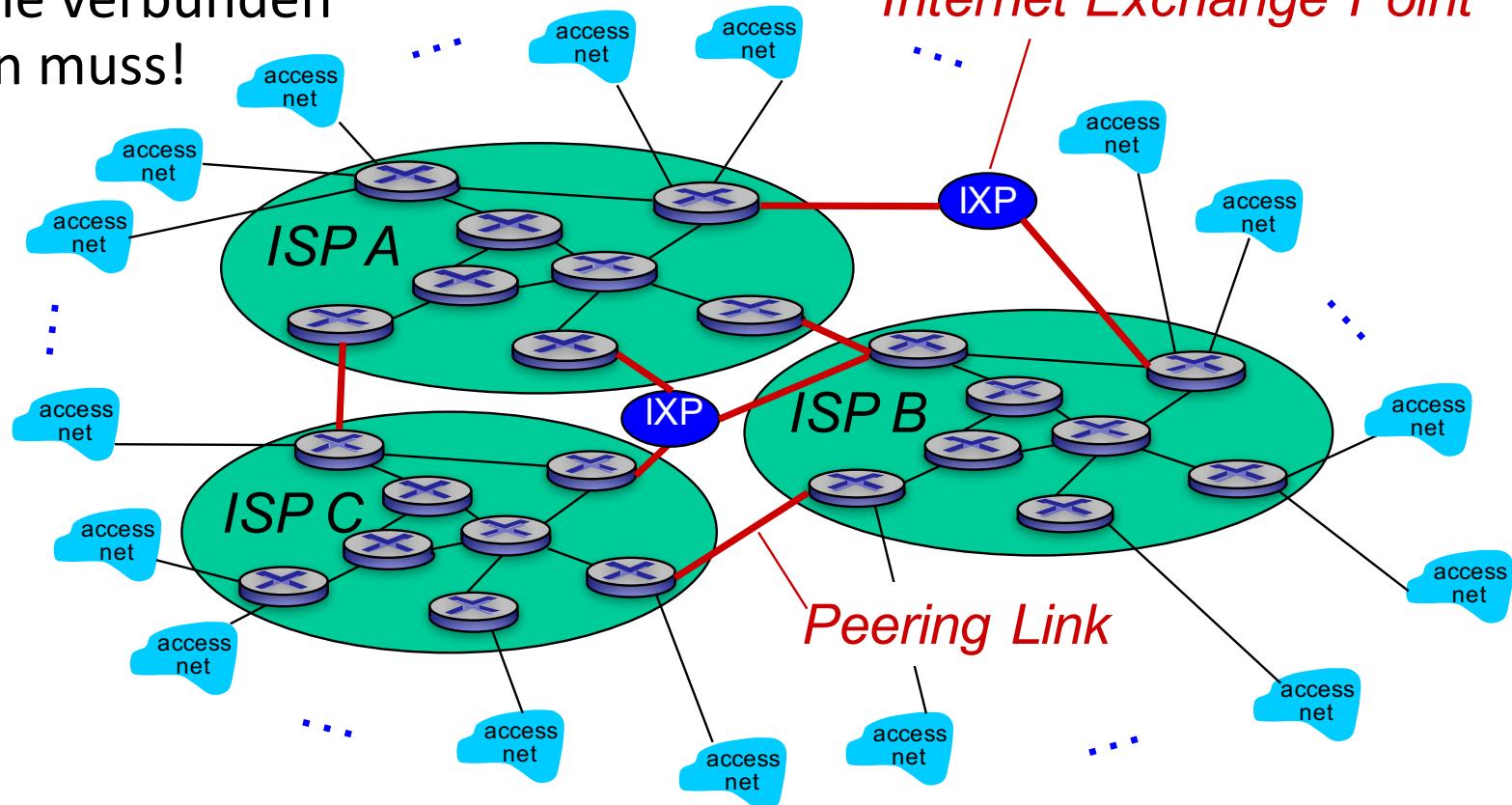
Wenn Geschäftsmodell gut, gibt es Konkurrenz!



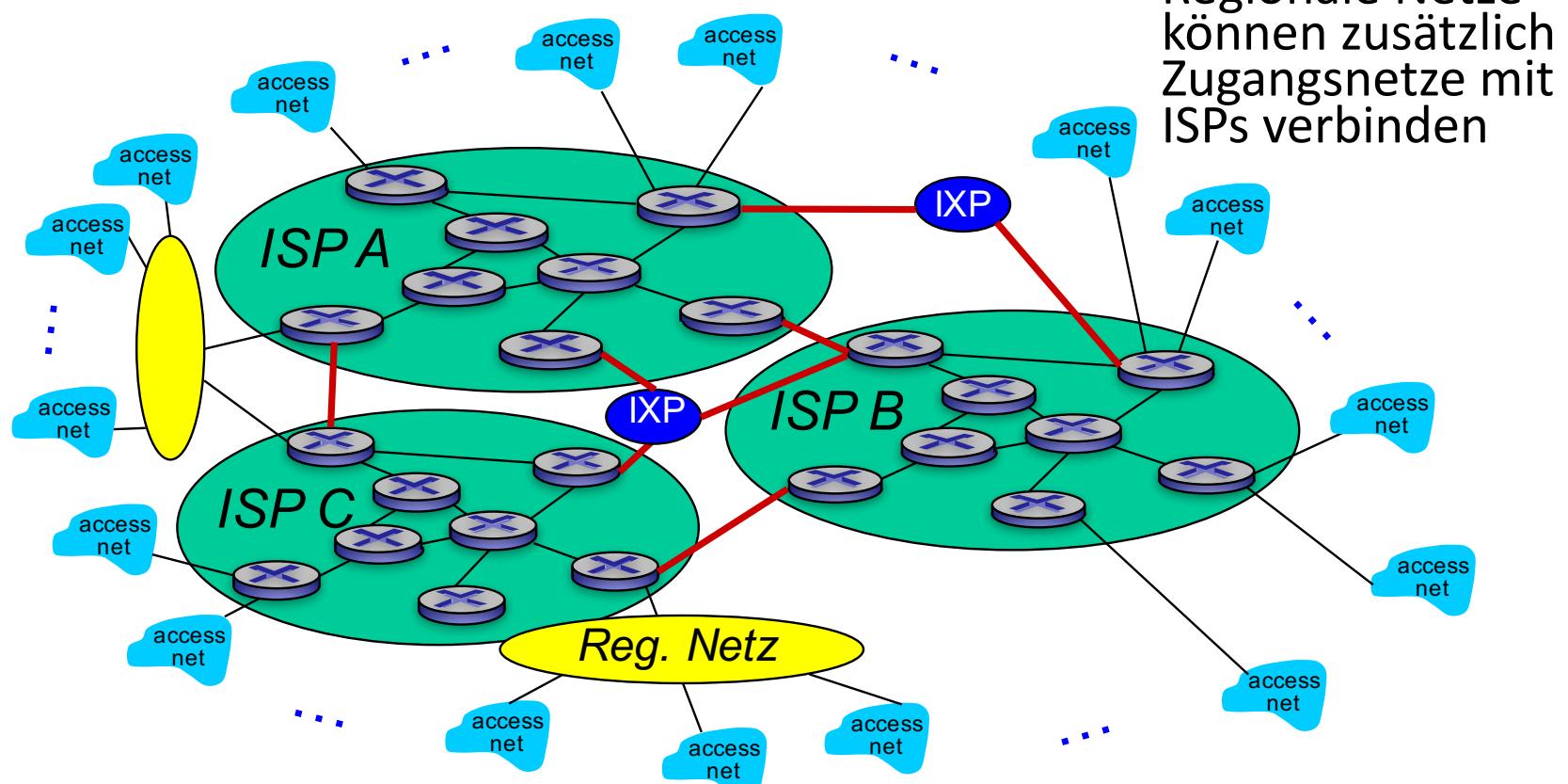
Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen

...die verbunden
sein muss!

Internet Exchange Point

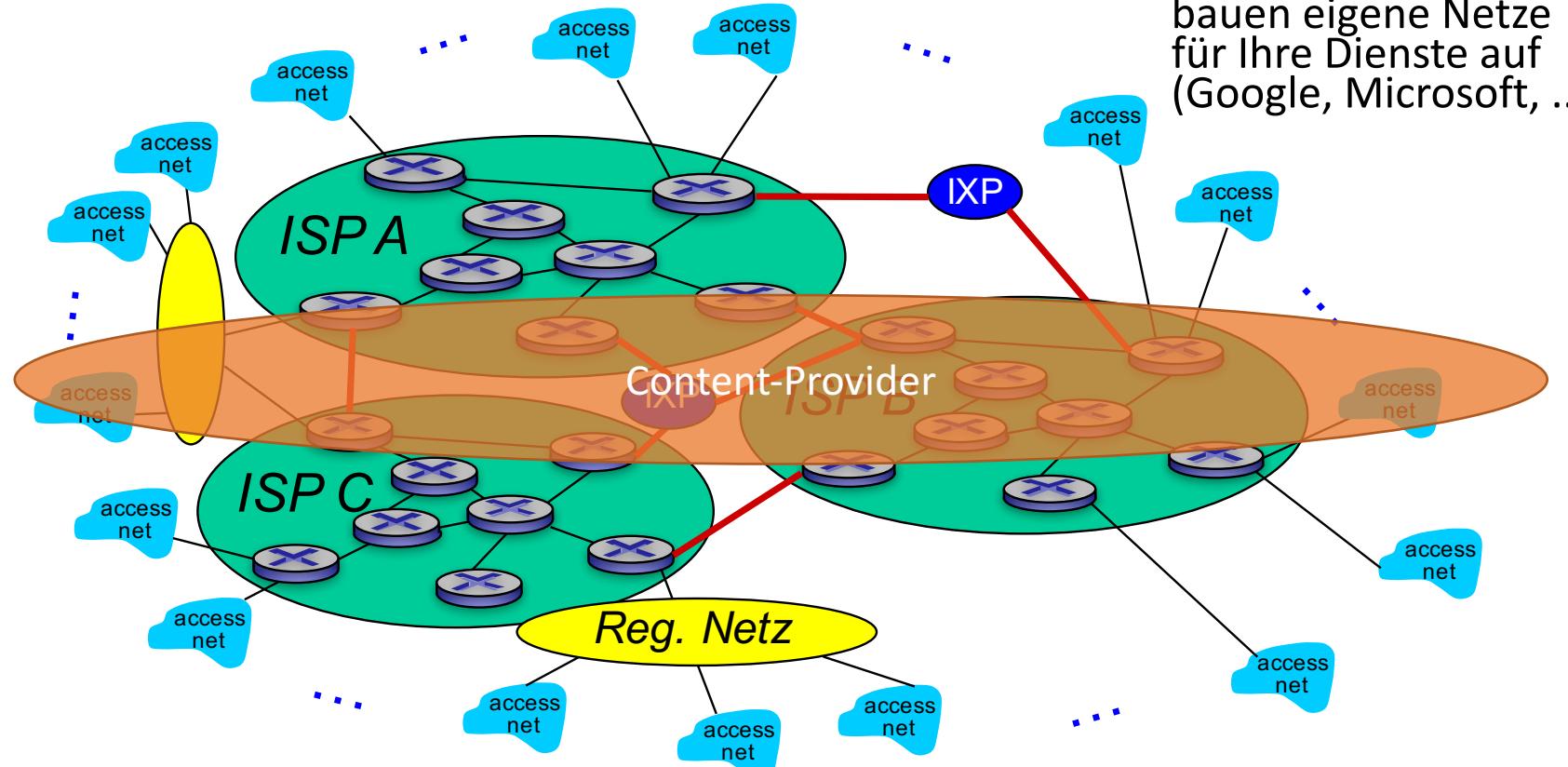


Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen

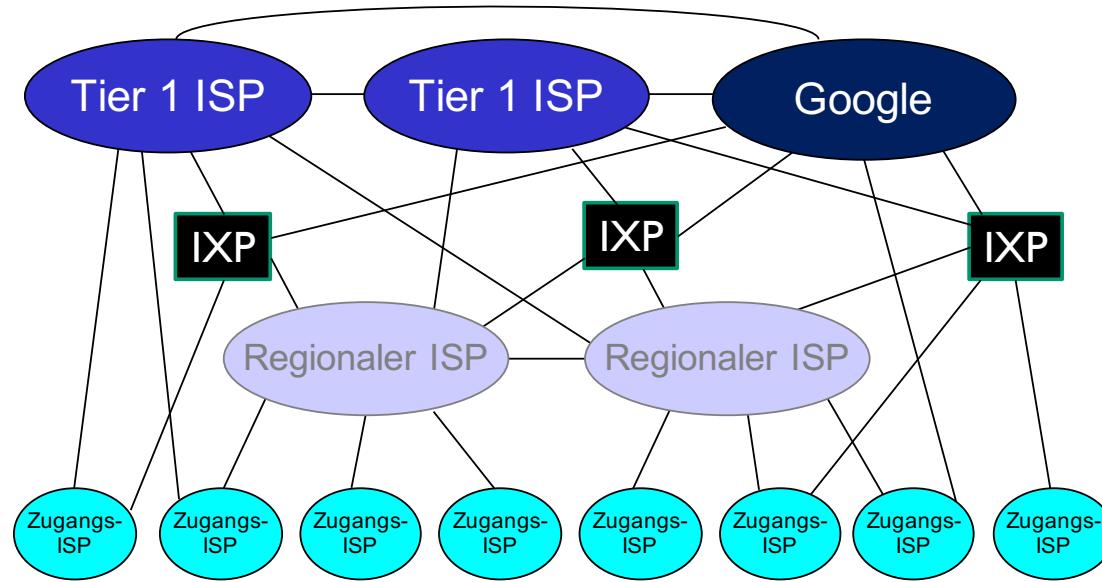


Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen

Und Content-Provider
bauen eigene Netze
für Ihre Dienste auf
(Google, Microsoft, ...)



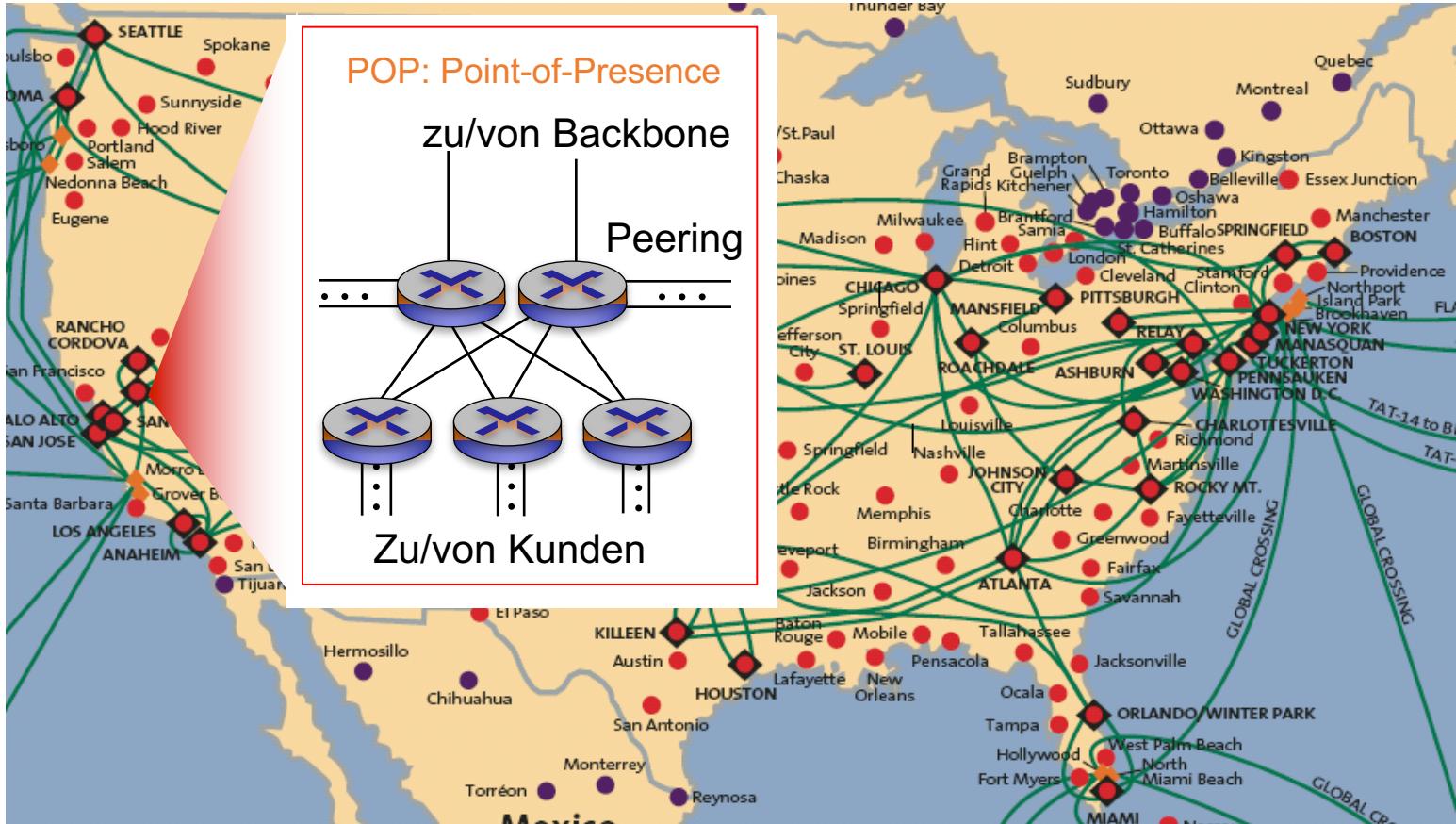
Struktur des Internets: Ein Netz von Netzen



Im Zentrum: Kleine Zahl gut verbundener, großer Netze

- „Tier-1“ kommerzielle ISPs (z.B. AT&T, Level 3, Sprint, NTT) mit internationaler Abdeckung
- Content-Provider Netze (z.B. Google): Private Netze, die die Rechenzentren mit dem Internet verbinden, häufig unter Umgehung von Tier-1 und Regionalen ISPs

Beispiel Tier-1 ISP: Sprint



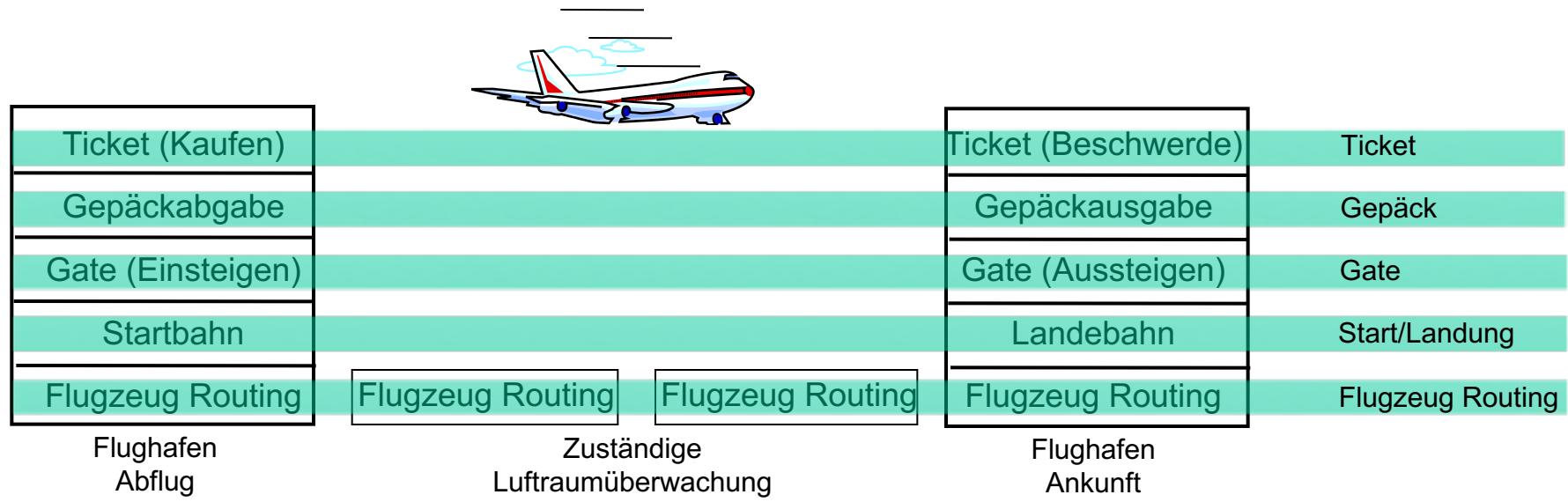
Protokollsichten

Netze sind komplex mit vielen Bausteinen:

- Endsysteme
- Router
- Verbindungen mit verschiedenen Übertragungsmedien
- Anwendungen
- Protokolle
- Hardware, Software
- ...

Frage: Wie kann die Struktur des Netze diskutiert werden?
oder
Wie kann das Netz strukturiert diskutiert werden?

Beispiel: Organisation einer Flugreise



Schichten: Jede Schicht implementiert einen Dienst

- Mit eigener Schicht-internen Aktionen
- Aufbauend auf den Dienst der Schicht darunter

Warum Schichten?

Vereinfacht den Umgang mit komplexen Systemen

- Explizite Struktur ermöglicht, Teile des Systems zu identifizieren und zueinander in Beziehung zu setzen
 - Schichtenmodell ist Referenzmodell für die Diskussion
- Modularisierung vereinfacht Wartung, Updates
 - Änderungen der internen Implementierung einer Schicht transparent für den Rest des Systems
 - Z.B. ist bei einer Änderung am Gate der Rest nicht betroffen

Probleme durch Schichten?

ISO/OSI Referenzmodell

Standardisiert von der **International Organization for Standards (ISO)** als **Open Systems Interconnection Model (OSI)**

- **Anwendungsschicht:** Unterstützung für Netzanwendungen
 - Beispiele: FTP, SMTP, HTTP
- **Darstellungsschicht:** Ermöglicht Anwendungen Bedeutung von Daten zu interpretieren, z.B. Verschlüsselung, Kompression, Konvertierung
- **Sitzungsschicht:** Synchronisation, Checkpoints, Wiederherstellung von Übertragungen
- **Transportschicht:** Datenübertragung zwischen Prozessen
 - Beispiele: TCP, UDP
- **Vermittlungsschicht:** Routen von Nachrichten von Quelle zu Ziel
 - Beispiele: IP, Routing Protokolle
- **Sicherungsschicht:** Datenübertragung zwischen benachbarten Netzelementen
 - Beispiele: Ethernet, 802.11, PPP
- **Bitübertragungsschicht:** Bits „auf der Leitung“
 - In dieser Vorlesung nicht behandelt!



Der Internet-Protokollstapel

Weniger Schichten:

- Anwendungsschicht: OSI-Schicht 7 (+6, +5)
- Transportschicht: OSI-Schicht 4
- Internet-Schicht: OSI-Schicht 3
- Netzzugangsschicht: OSI-Schicht 1+2

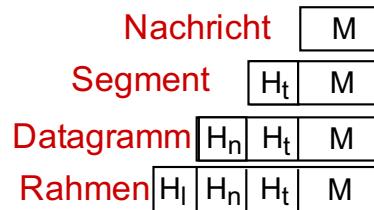
Darstellung- und Sitzungsschicht fehlen im Internet-Protokollstapel!

- Müssen bei Bedarf von Anwendung implementiert werden
- Werden sie wirklich benötigt?

Wir betrachten im weiteren die ISO/OSI Schichten 7, 4, 3, 2!



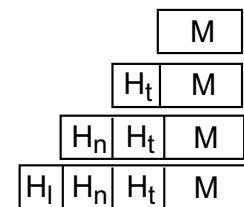
Kapselung



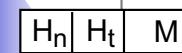
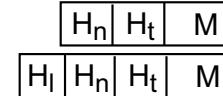
Quelle



Switch



Ziel



Router

Zusammenfassung Kapitel 1

Das Internet ist ein komplexes System!

- Millionen verbundener Endsysteme
- Unterschiedliche Zugangs- und Verbindungstechnologien
- Netz von Netzen

Grundlegende Prinzipien

- Paketvermittlung
- Store-and-Forward mit endlichen Puffern (Paketverluste!)
- Trennung Routing und Forwarding

Schichtenmodell für Protokollstapel

- Erleichtert Diskussion, Wartung, Implementierung

Ab jetzt werden wir Top-Down den Protokollstapel erkunden!