

# Vorlesung Einführung in Rechnernetze

## 1. Einführung

**Prof. Dr. Martina Zitterbart**

Dipl.-Inform. Martin Florian, Markus Jung (M.Sc.), Matthias Flittner (M.Sc.)  
[zitterbart | florian | m.jung | flittner]@kit.edu

Institut für Telematik, Prof. Zitterbart



© Peter Baumung

# Herzlich willkommen!

- Prof. Dr. Martina Zitterbart



- Dipl.-Inform. Martin Florian



Wir führen Sie in die spannende und zukunftsweisende Welt der **Rechnernetze** ein !

- Matthias Flittner, M.Sc.



- Markus Jung, M.Sc.



# Pingo!

- Test: Alle gut drauf?
- <http://pingo.upb.de/6466>



# Verwendete Symbole



[Stal11]

Literaturverweis/Webseite



Diese Folie ist zur Information  
(nicht prüfungsrelevant)

Verweise auf **vertiefende Vorlesungen** (Lehrstuhl Prof. Dr. Zitterbart)



Telematik



Next Generation Internet



Netzsicherheit: Architekturen und Protokolle



Mobilkommunikation



Multimediakommunikation

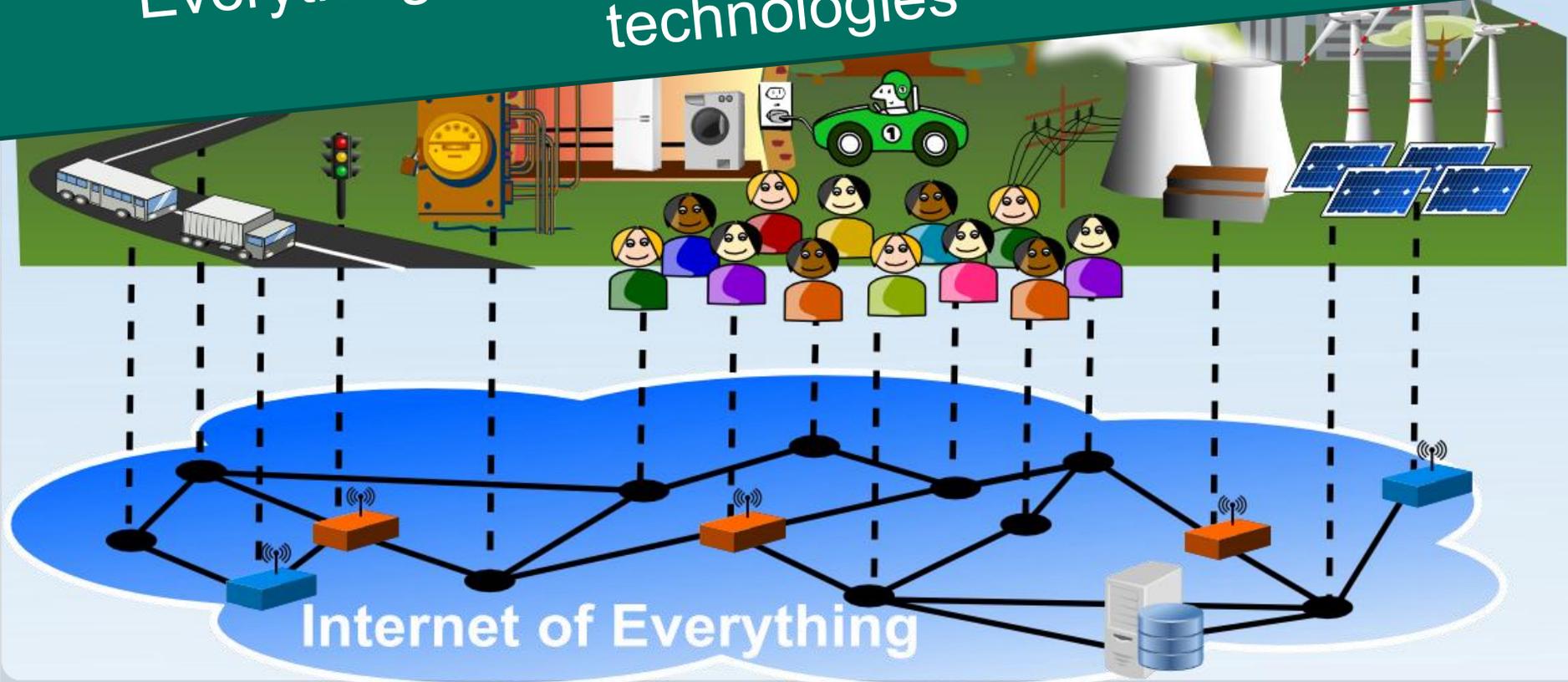


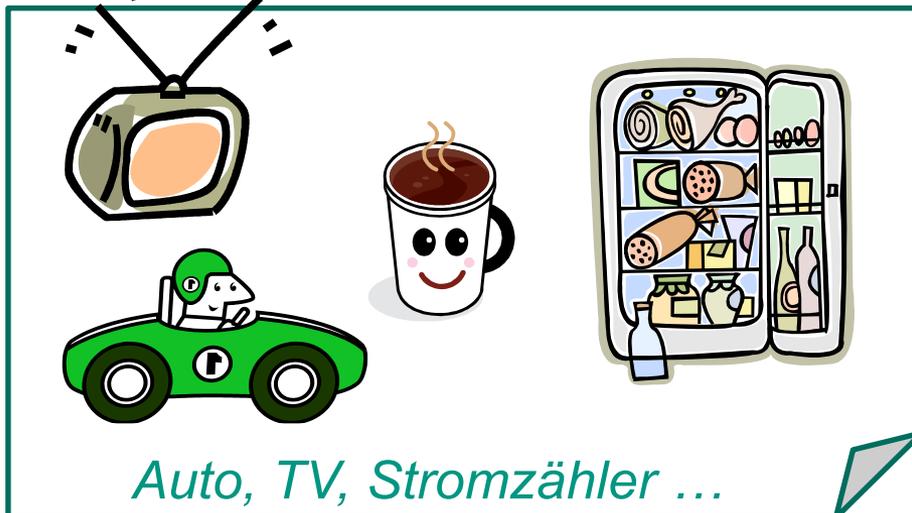
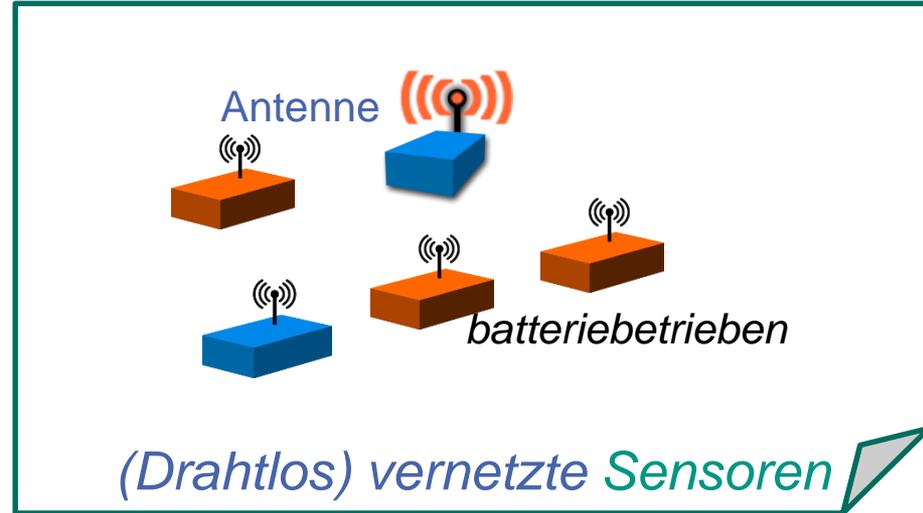
Internet of Everything

In Zukunft: Alles Vernetzt!

# INTERNET OF EVERYTHING !

Everything will be networked by some Internet technologies





**Smart Traffic**

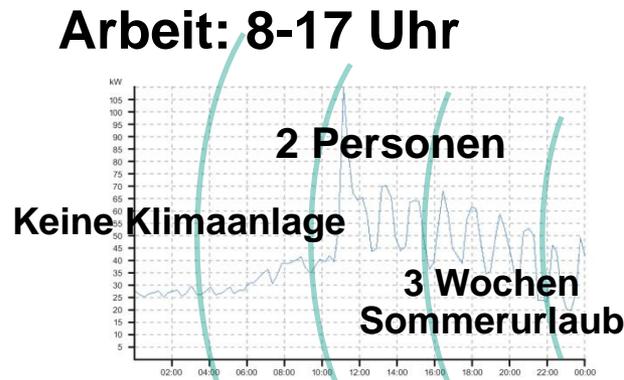
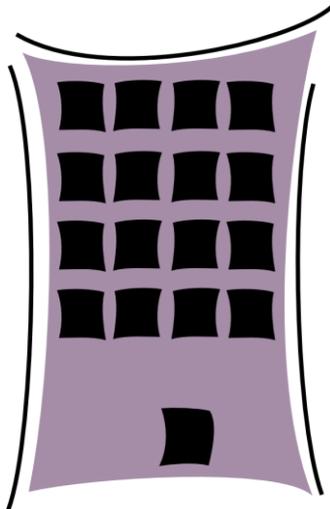
**Smart Home**

**Smart Grid**

**Internet of Everything**

# Smart-Grid, Smart-Home

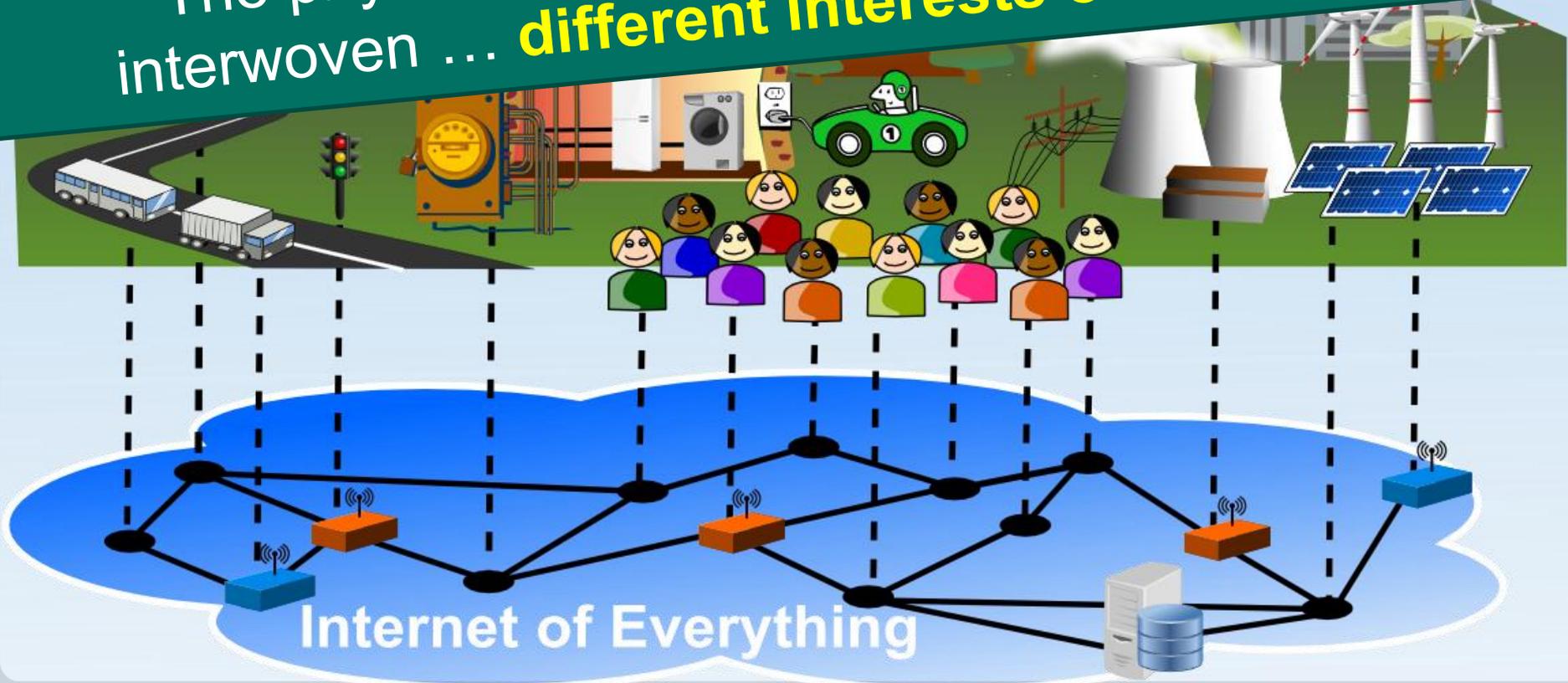
- Smart Metering Daten können höchst private Details verraten
  - Arbeitszeiten, Urlaub, Gewohnheiten...
  - ...Besitz bestimmter Geräte...
  - ...bis hin zum Fernsehprogramm
- Vertrauen wir unserem Stromanbieter?
  - ... **Schutz der Privatsphäre** wichtig



# Unser Demonstrator zum Schutz der Privatsphäre beim Smart Metering - CeBit 2015



The physical and digital worlds get increasingly interwoven ... **different interests of stakeholders**



# The Internet ... beyond technical issues

■ Dave Clark

„The Internet, like society in the large, is **shaped by controlled tussle**, regulated not just by **technical mechanism** but by mechanisms such as **laws, judges, societal opinion, shared values**, and the like.“

- **Tussle**: ongoing contention among stakeholders with conflicting interests
- Tussles occur at run-time
  
- At the beginning of the Internet: group of people that trust each other
  - Cooperation among all players in the Internet



# Internet & Gesellschaft



## ■ Topics

- Ethical issues of an ubiquitous Internet
- Survey on trust definitions
- Implications of...

# Interdisciplinary Seminar: Internet and Society

## ■ Privacy in the Post-Snowden Ära

## ■ Interdisciplinary Team

- Computer science (Bless, Hartenstein, Zitterbart)
- Social science (Grunwald, Orwat, Wiegerling)
- Law (Bäcker)



# INTERNET

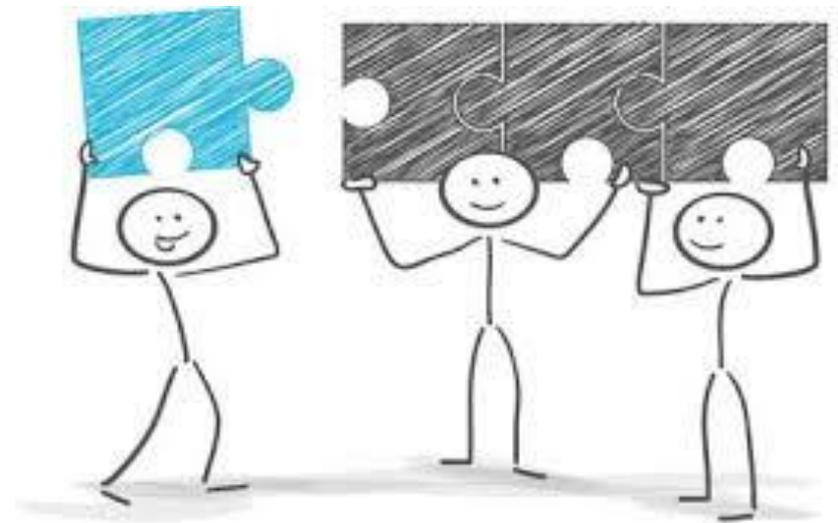
## Interdisciplinary Series of Talks: Internet: Technology & Values

Technology

Values  
/'vælju:z/

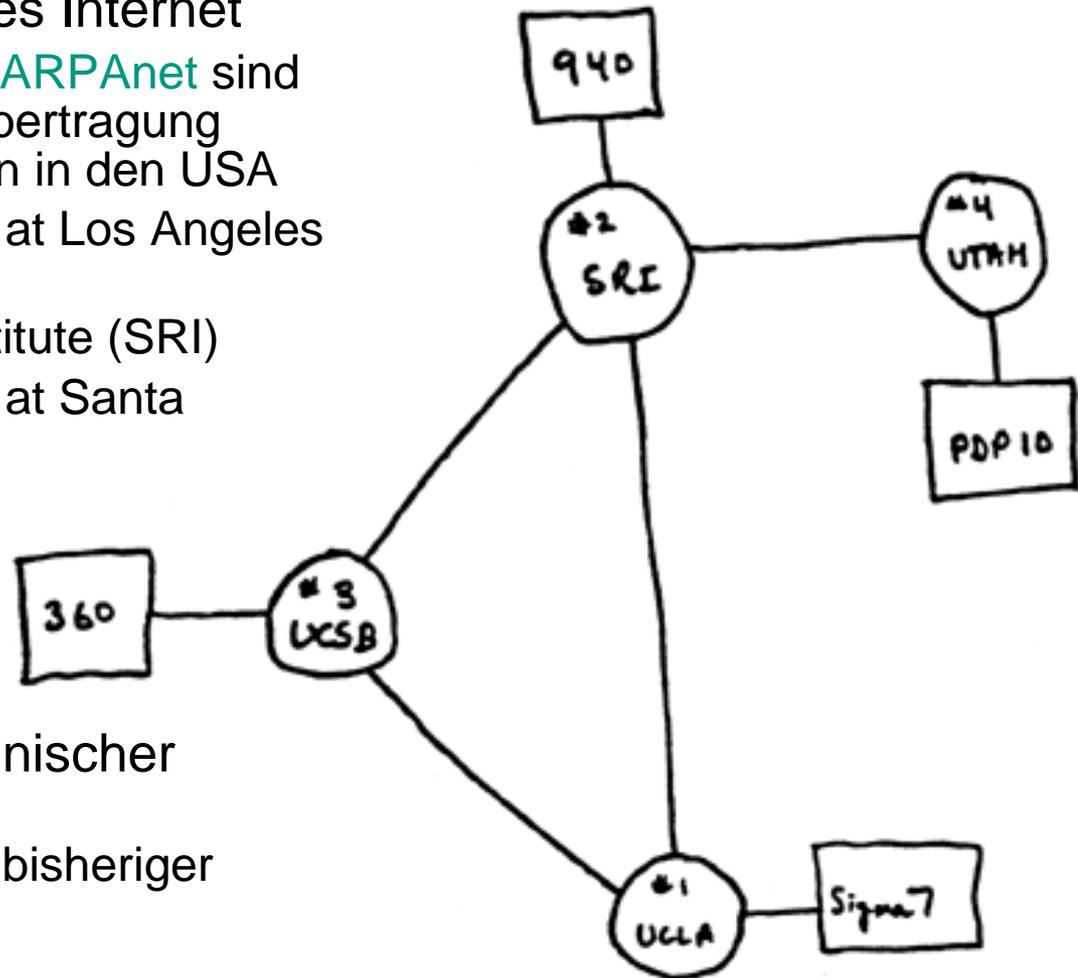
- **Gerrit Hornung** (Universität Kassel)  
Connected Cars zwischen Datenschutz und innovativen Geschäftsmodellen
- **Adrian Perrig** (ETHZ)  
HORNET: High-speed Onion Routing at the Network Layer
- **Jeroen van den Hoven** (TU Delft)  
Ethics and ICT

# Entwicklung Internet / Telekommunikation



# Anfang des Internet

- 1969: „Geburtsstunde“ des Internet
  - Die ersten Knoten von **ARPAnet** sind funktionsfähig: Datenübertragung zwischen vier Rechnern in den USA
  - University of California at Los Angeles (UCLA)
  - Stanford Research Institute (SRI)
  - University of California at Santa Barbara (UCSB)
  - University of Utah



- Telekommunikationstechnischer Paradigmenwechsel
  - **Paketvermittlung** (statt bisheriger Leitungsvermittlung)
  - Dezentral statt zentral

- Schon lange vor dem Internet gab es technische Systeme zur Kommunikation über längere Distanzen
- Telefonie (Sprachkommunikation)
  - Alexander Graham Bell konstruiert **elektromagnetisches Telefon** (1875)
  - Erste automatische(!) **Vermittlungsstelle** (mit 75 Teilnehmern in La Porte, Indiana, USA, 1892)
  - ... *also fast 100 Jahre vor dem Beginn des Internet*
- Rechnernetze vergleichbar mit Verkehrsnetz
  - Inkrementelle Änderungen tragen zum Fortschritt der Netze bei ... Netze sind nie komplett und fertig



# Automatische Telefonvermittlung

- Erste öffentliche automatische Telefonvermittlung in UK
  - 1912 eröffnet
  - Bis 1995 in Betrieb
  - Genutzt für die Vermittlung innerhalb eines Gebäudes



Batterien →



<http://www.seg.co.uk/telecomm/automat1.htm>

<http://pingo.upb.de/>



# Entwicklung der Telekommunikation

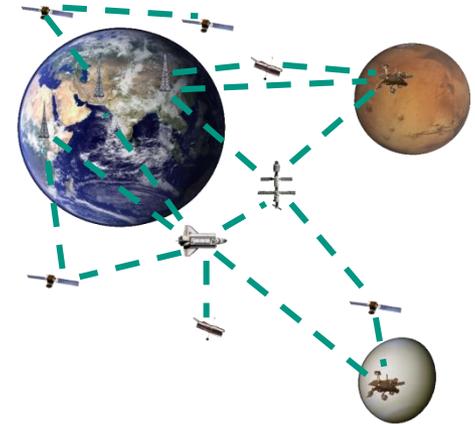
- 1878: Erstes Telefonnetz
  - Wenige Teilnehmer, nur Sprache, analog
  
- 1989: Deutschlandeinführung des **Integrated Services Digital Network (ISDN)**
  - Sprache *digital* (Ende-zu-Ende) übertragen
  - Zusatzdienste (Makeln, Konferenzschaltung...)
  - 64 kbit/s Standard-Übertragungsrate
  
- 1999: Deutschlandstart der **Digital Subscriber Line (DSL)** Technologie
  - Betrieb parallel zum Telefondienst
  - 768 kbit/s Übertragungsrate zum Teilnehmer



# ... sehr unterschiedliche Ausprägungen

## ■ Im Großen: **Interplanetary Internet**

- Kommunikation innerhalb des gesamten Sonnensystems
  - Sehr große Ausbreitungsverzögerungen
  - schwache Signalpegel
- Standardisierung von Architektur und Protokollen



## ■ Im Kleinen: **Sensornetze**

- Netz von winzigen, drahtlos kommunizierenden Rechnern
  - Arbeiten oft selbst-organisierend in Ad-hoc Netzen zusammen
  - Erfassen Phänomene aus der Umwelt
- *Bindeglied zwischen digitaler und analoger Welt*



<http://pingo.upb.de/>



# Themen der Vorlesung

Protokoll  
Brücke  
Medienzuteilung  
Routing  
Schichtenmodell  
Ethernet HDLC  
Internet  
DNS  
Prüfsumme  
ARQ  
IP  
zuverlässig  
ISO/OSI  
Adressen  
TCP  
Rechnernetz  
Sicherheit  
Ports  
UDP  
Störung



# Ziel der Vorlesung

- *Grundlegendes Verständnis* für technische Kommunikationssysteme
- Vorlesung „Einführung in Rechnernetze“ präsentiert
  - Grundlagen, Konzepte und Lösungen für
  - Verfahren, Protokolle und Architekturenum **Rechnernetze / verteilte Systeme** zu realisieren
- **Stammmodul Telematik** liefert vertiefte Behandlung u.a. von zentralen Protokollen im Internet
- **Zum Einstieg ein grober Überblick** zu Rechnernetzen
  - ... am Beispiel des Internet
  - ... am Beispiel einer einfachen Anwendung: EMail



Wir forschen an Kommunikationssystemen.

An **Architekturen**, **Algorithmen** und **Protokollen**  
für  
**sichere**, **effiziente** und **robuste**  
zukünftige Kommunikationssysteme



# Themen unserer Forschung



## ■ Future Internet: Algorithms, Protocols, Architectures

Software-  
defined  
Networking,  
Virtualization,  
Management

Network  
Security &  
Privacy  
Protection

High  
Performance  
Networking

Internet  
of Things /  
of Everything

## ■ Methods & Tools: Evaluation, Design-Process

Analysis &  
Simulations

Prototypes,  
Testbed  
Experiments

Systematic  
Design  
Process

# Selbst aktiv werden?

- Weiterführendes Interesse an der Telematik? Z.B. als
  - Hiwi
  - Bachelor-/Masterarbeiter
  - ... oder als aktiver Teilnehmer an einer/mehreren der Arbeitsgemeinschaften?



- Sowohl die Mitarbeiter als auch ich selbst stehen Ihnen hierzu gerne als Ansprechpartner zur Verfügung
- Schauen Sie doch einfach mal am Institut vorbei!
  - Informatikgebäude am Schloss (Geb. 20.20), 3. Stock

## ■ Termine

- **Vorlesung**      jeden Dienstag      11:30 – 13:00      Daimler Hörsaal
- **Übung**      jeden 2. Mittwoch      11:30 – 13:00      Neue Chemie Hörsaal
  - Termine: 11.05. / 25.05. / 08.06. / 22.06. / 06.07. / 20.07.
- **Hauptklausur**      12.08.2016      11:00 Uhr
- **Nachklausur**      voraussichtlich im März 2017

## ■ Materialien

- Vorlesungsfolien
- Übungsblätter
- Lösungen
- Aktuelle Informationen

### **Vorlesungsseite:**

[http://telematics.tm.kit.edu/ss2016\\_eir.php](http://telematics.tm.kit.edu/ss2016_eir.php)

### **Übungsseite:**

[http://telematics.tm.kit.edu/ss2016\\_eir-uebung.php](http://telematics.tm.kit.edu/ss2016_eir-uebung.php)

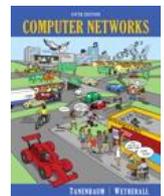
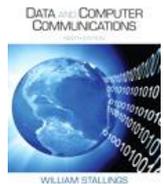
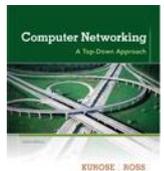
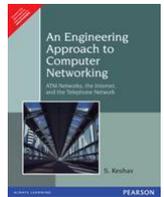
## ■ Ansprechpartner

- Prof. Dr. Martina Zitterbart
- Dipl.-Inform. Martin Florian      [florian@kit.edu](mailto:florian@kit.edu)
- Markus Jung, M.Sc.      [m.jung@kit.edu](mailto:m.jung@kit.edu)
- Matthias Flittner, M.Sc.      [flittner@kit.edu](mailto:flittner@kit.edu)

# Literatur Einführung in Rechnernetze



- F. Halsall; **Computer Networking and the Internet**, Addison-Wesley
  - Gutes Nachschlagewerk, recht umfassend.
- S. Keshav; **An Engineering Approach to Computer Networking**, Addison-Wesley
  - Gute systematische Darstellung
- J.F. Kurose, K.W. Ross; **Computer Networking: A Top-Down Approach**, Addison-Wesley
  - Inzwischen der „Klassiker“. Konzentriert sich auf Internet
- W. Stallings; **Data and Computer Communications**. Prentice Hall
  - Deckt einen breiten Bereich der Vorlesung ab, auch ISDN
- A.S. Tanenbaum; **Computer Networks**, Prentice-Hall



# Hilfreiche Literaturquellen

## ■ Internet-Standards

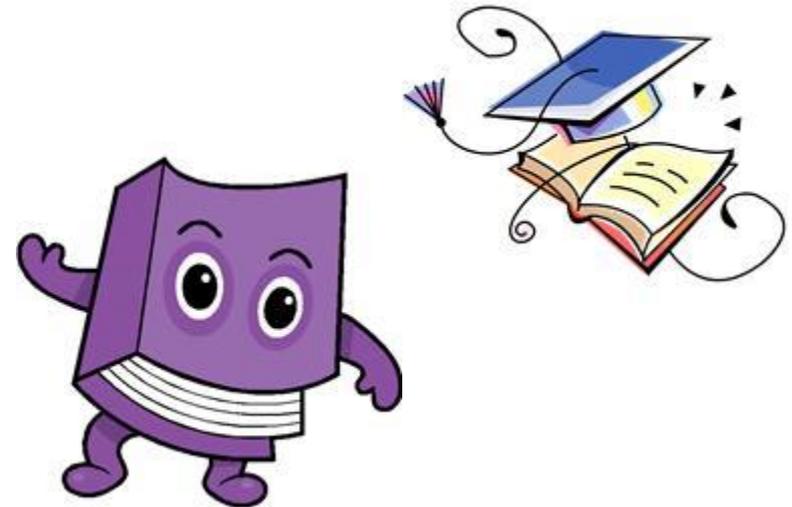
- Die Standard-Dokumente zu den Internet-Protokollen sind online frei zugänglich (<http://www.ietf.org>).
- RFC-Suche (<http://rfc-editor.org/rfcsearch.html>)

## ■ Allgemeines zum Internet

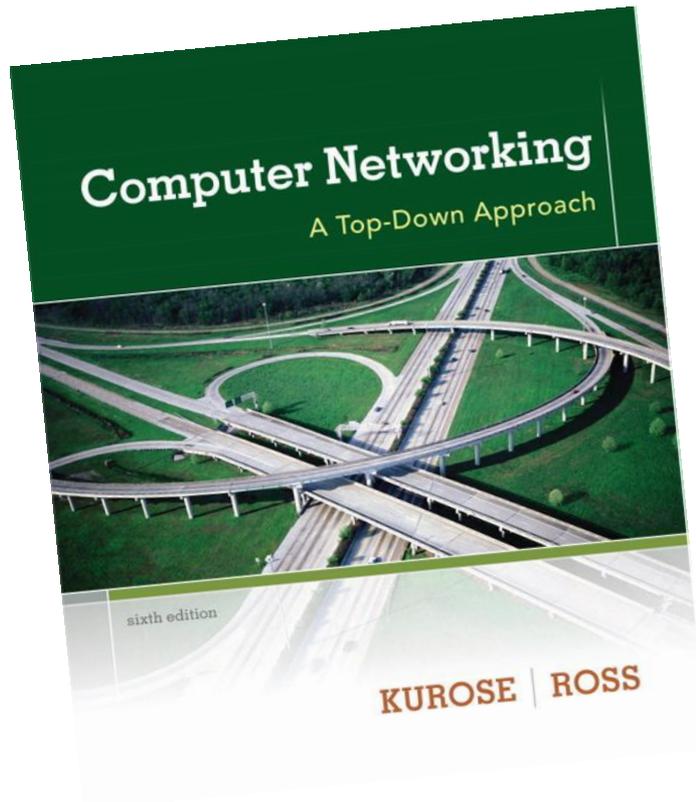
- Informationen über das Internet finden Sie auch unter der folgenden Web-Adresse: <http://www.isoc.org/internet/>

## ■ Artikel in Fachzeitschriften über

- IEEE Bib (<http://ieeexplore.ieee.org>)
- ACM BIB (<http://portal.acm.org>)
- Frei zugänglich aus dem KIT-Netz!



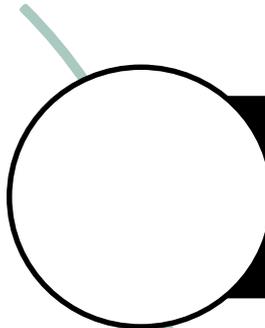
Wir nutzen im Folgenden auch einige Folien /  
Abbildungen aus



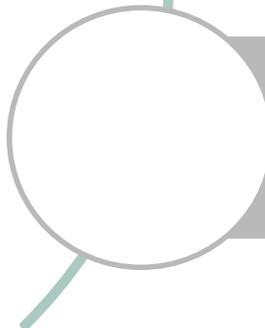
*Computer  
Networking: A Top  
Down Approach*  
6<sup>th</sup> edition  
Jim Kurose, Keith Ross  
Addison-Wesley  
March 2012

# Zur Einstimmung auf die Themen in Einführung in Rechnernetze

*Ein High-Level-Einblick in  
Aufbau und Struktur  
von Rechnernetzen ...*



... am Beispiel des **Internet**



... am Beispiel einer  
einfachen Anwendung: **EMail**

# ... am Beispiel des Internet



# High-level Blick auf das Internet



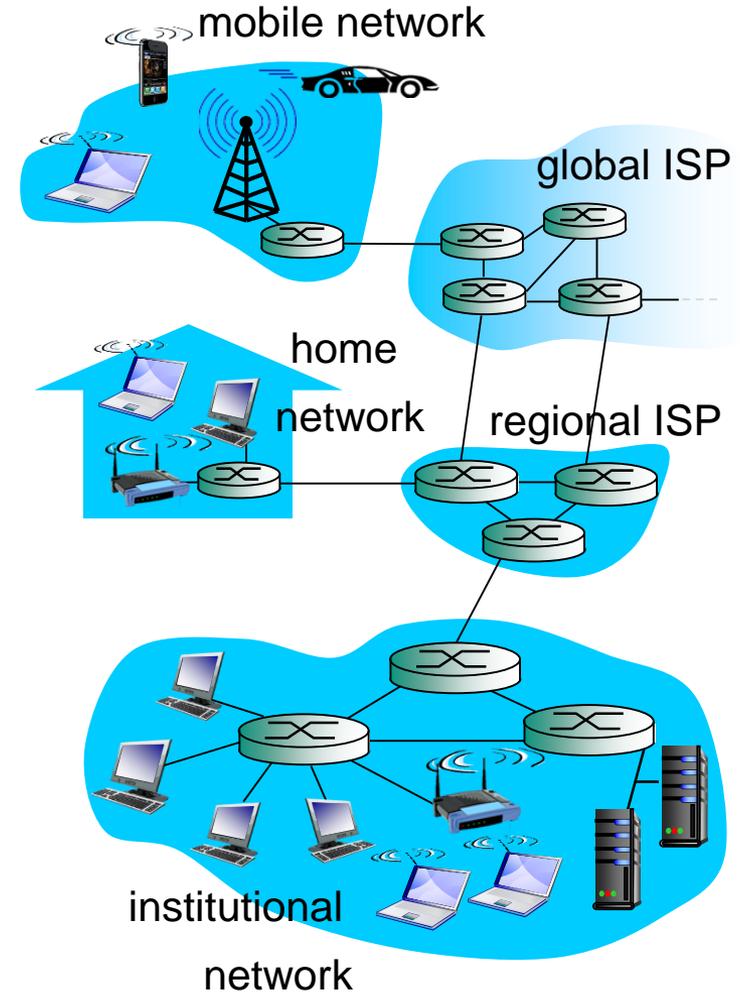
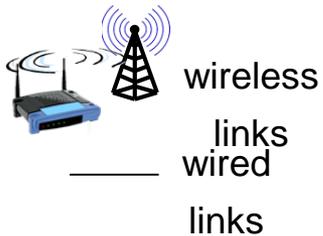
- Millions of connected computing devices:
  - *hosts = end systems*
  - running *network apps*

- *Communication links*

- Fiber, copper, radio, satellite

- *Packet switches* forward packets (chunks of data)

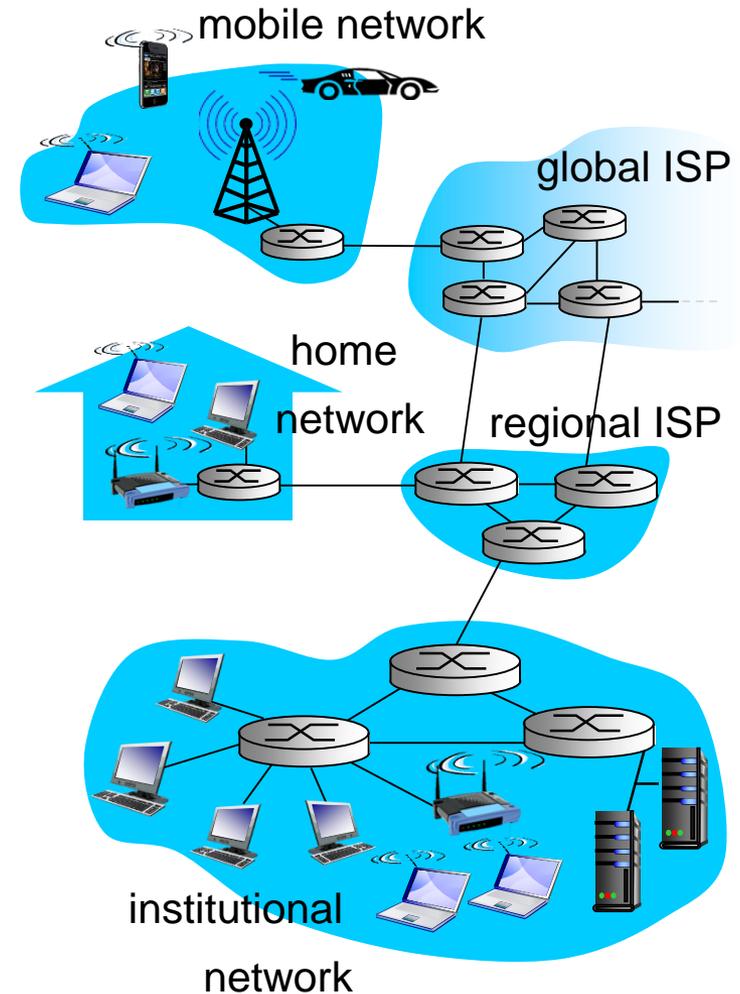
- *Routers and switches*



ISP: Internet Service Provider

# Internet in a Nutshell

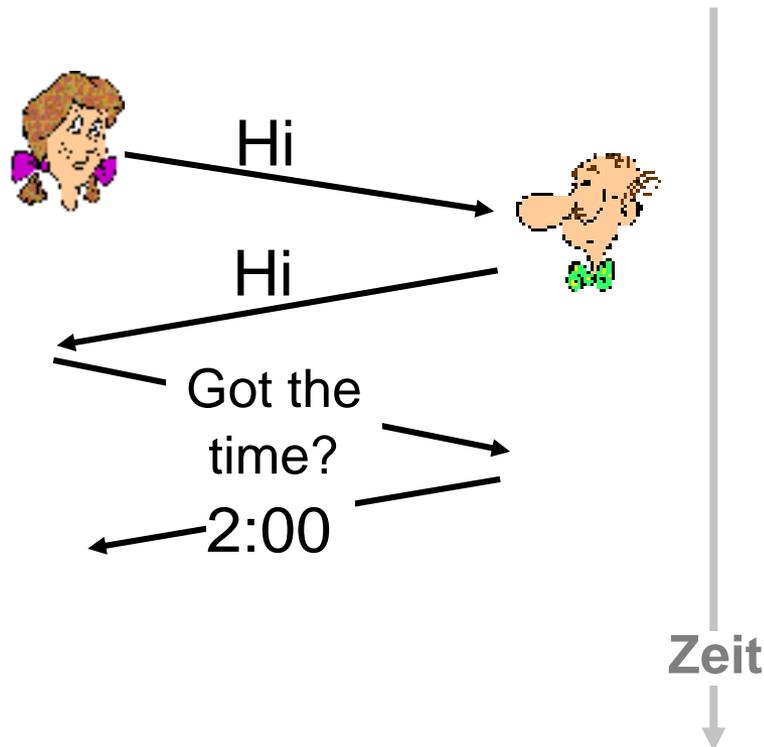
- *Internet*: “network of networks”
  - Interconnected ISPs
  
- *Protocols* control sending, receiving of msgs
  - e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
  
- *Internet standards*
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force



# Was ist ein Protokoll?

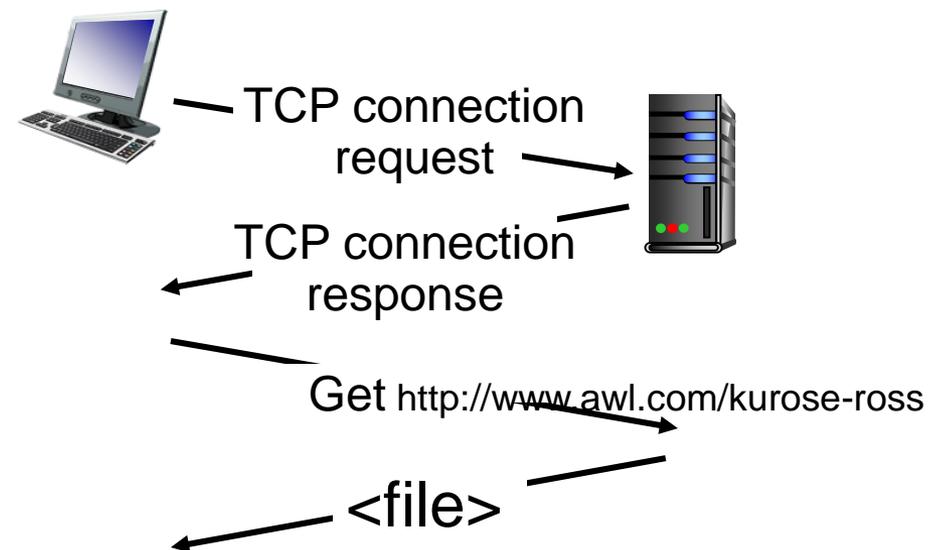
## Protokoll zwischen Menschen

- Bekannt aus dem täglichen Leben



## Protokoll zwischen Computern

- Protokolle sind Grundlage der Abläufe im Internet
- Protokolle definieren Regeln und Formate für den Austausch zwischen Computern



# Beobachtung

- Im Internet werden viele **aus dem täglichen Leben bekannten Abläufe** mit technischen Mitteln abgebildet
  - Herstellung von Kontakt zwischen kommunizierenden Instanzen (hier Menschen)
    - ... „Hi – Hi“ im Beispiel auf der Folie vorher
  - Austausch von „Briefen“
    - Siehe Email
  - Nachschauen in einem Lexikon
    - Wikipedia
  
- Es entstehen dabei aber auch viele Frage, z.B. hinsichtlich **Vertrauen**
  - Wie gut ist der Wikipedia-Artikel?
  - Kam die Email wirklich von dem Absender?
  
- Die Welt wird durch das Internet nicht unbedingt einfacher ...

# Zur Struktur des Internet

## ■ Netzrand

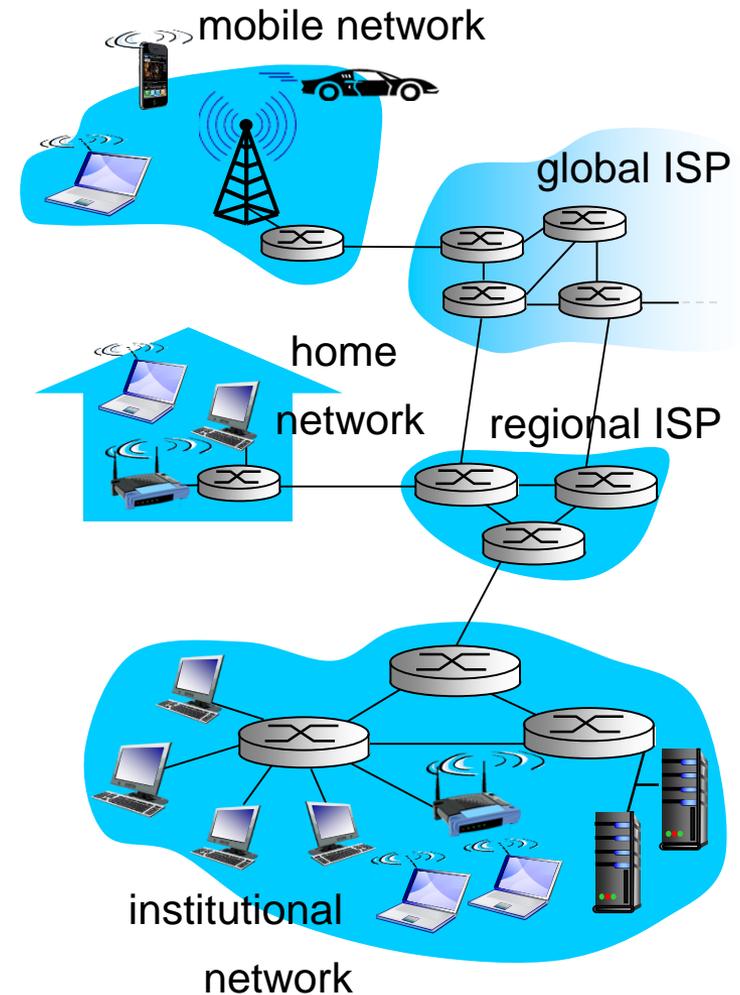
- Endsysteme: Client und Server
- Server sind häufig in Datenzentren

## ■ Zugangsnetz, physikalische Medien

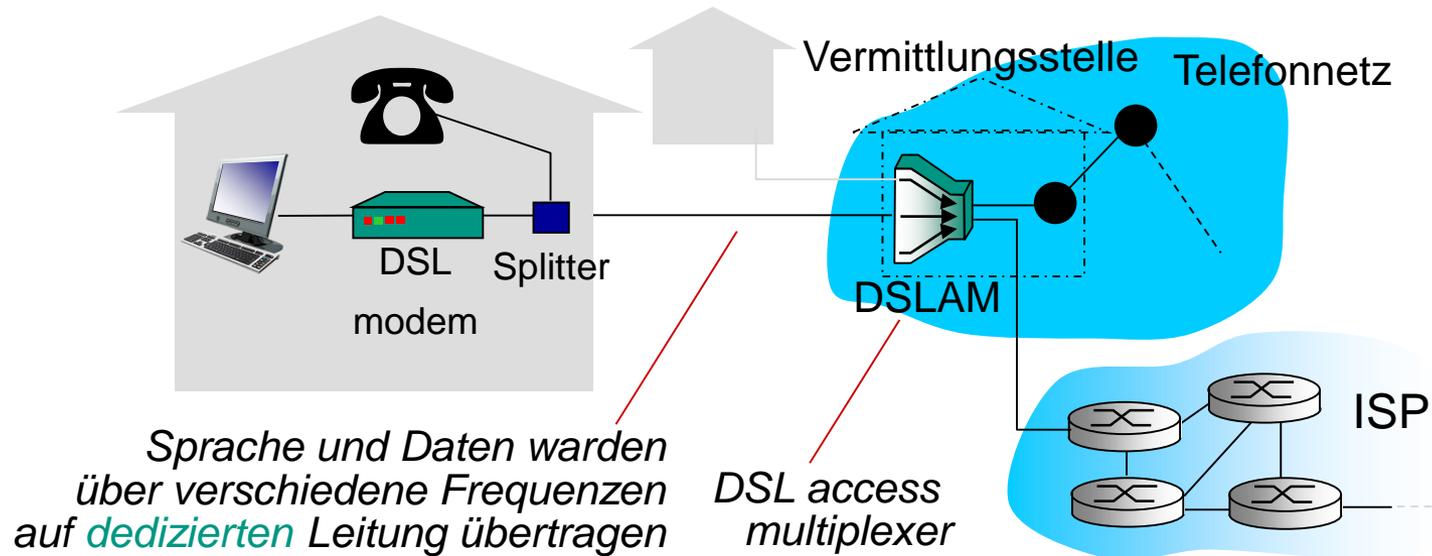
- Heimnetz, mobiles Zugangsnetz
- Drahtgebunden, drahtlos

## ■ Netzkern

- Verbundene Router/Switches
- Netz von Netzen

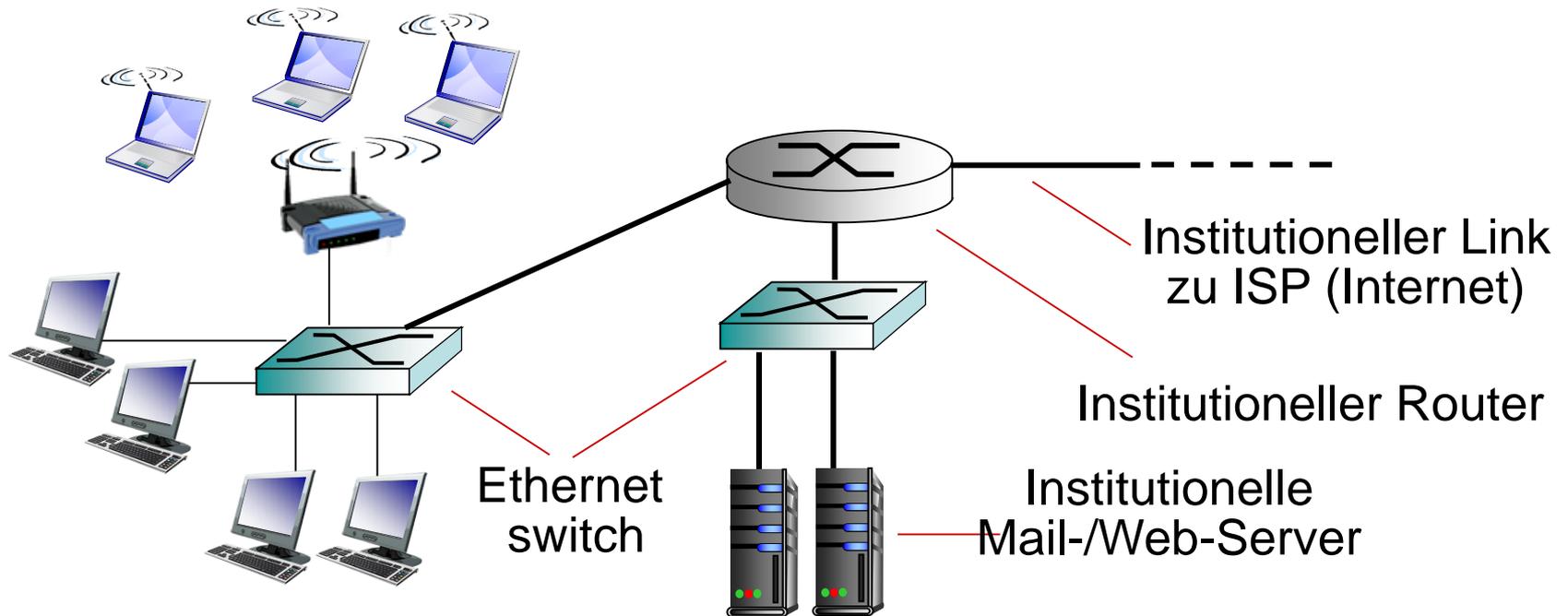


# Zugangsnetz: Beispiel DSL



- Nutzung der **Telefonverbindung** für Zugang zum DSLAM
  - **Daten** werden an das Internet weitergeleitet
  - **Sprache** werden an das Telefonnetz weitergeleitet

# Zugang Enterprise-Netz



- Typischerweise in Firmen, Universitäten etc.
  - 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s, 10 Gbit/s, 100 Gbit/s
  - Heute häufig über Ethernet verbunden

# Drahtlose Zugangsnetze

- Von allen **geteiltes** drahtloses Zugangsnetz
  - Konnektivität zwischen Endsystem und Router
  - Über Basisstation (Access Point)

## Drahtloses LAN

(räumlich eher geringe Ausdehnung,  
802.11.b/g; 11, 54 Mbit/s)



*zum Internet*

## Zugang zu Mobilkommunikationsnetzen

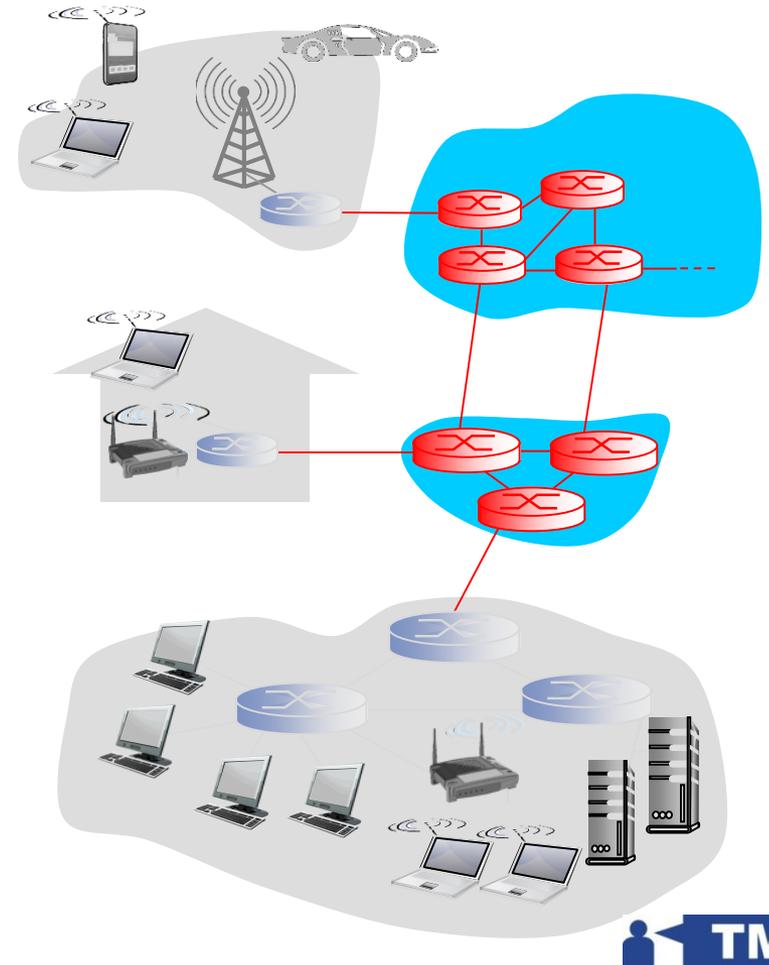
(größere Ausdehnung (mehrere 10 km),  
GSM, UMTS, 1 – 10 Mbit/s)



*zum Internet*

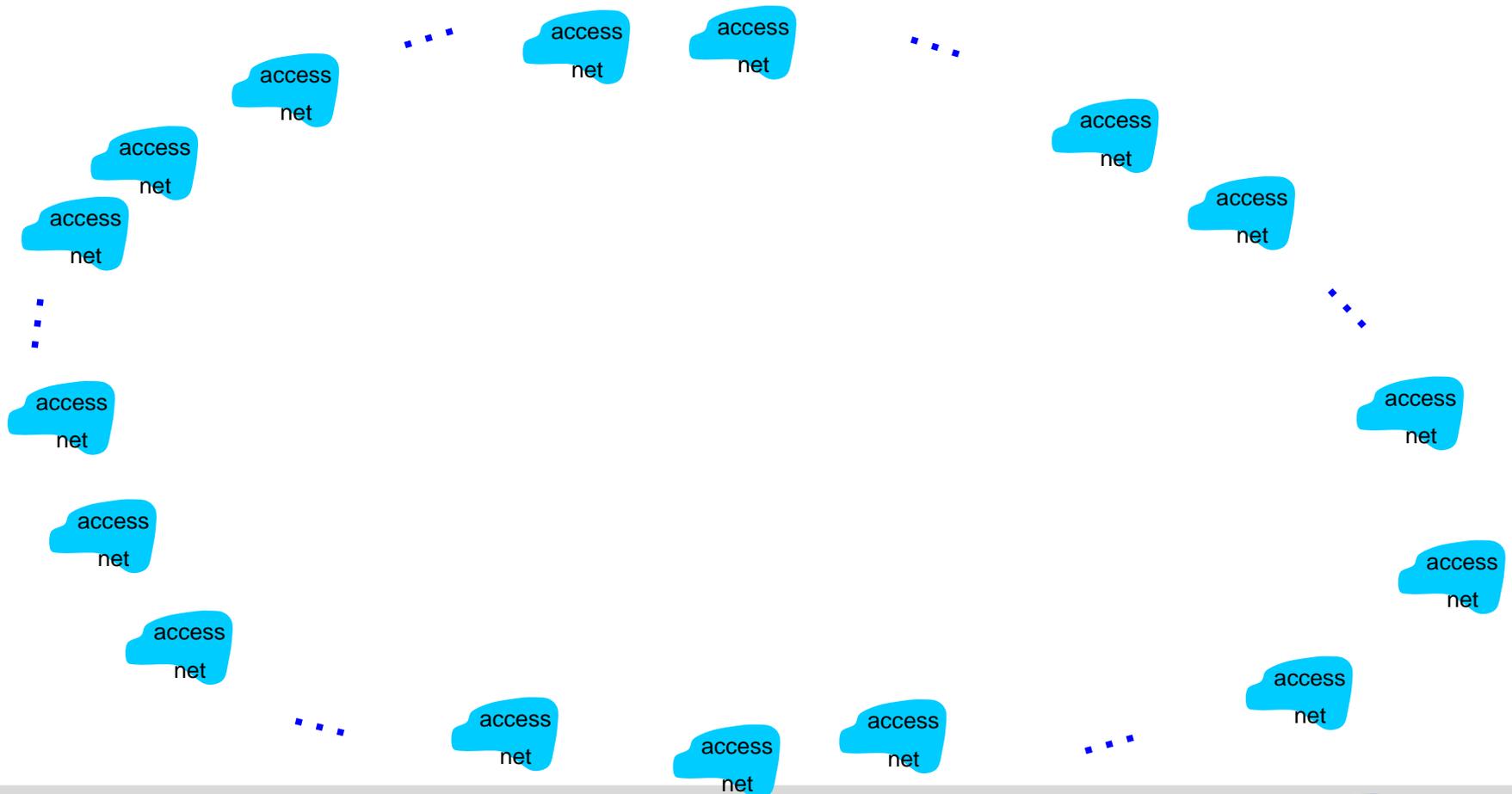
# Netzkern

- Einsatz von **Paketvermittlung**
  - Endsysteme gliedern Nachrichten der Anwendungen in Pakete
  
- **Netz aus** miteinander verbundenen Routern
  - Pakete werden von einem zum nächsten Router weitergeleitet auf dem Weg von der Quelle zur Senke.



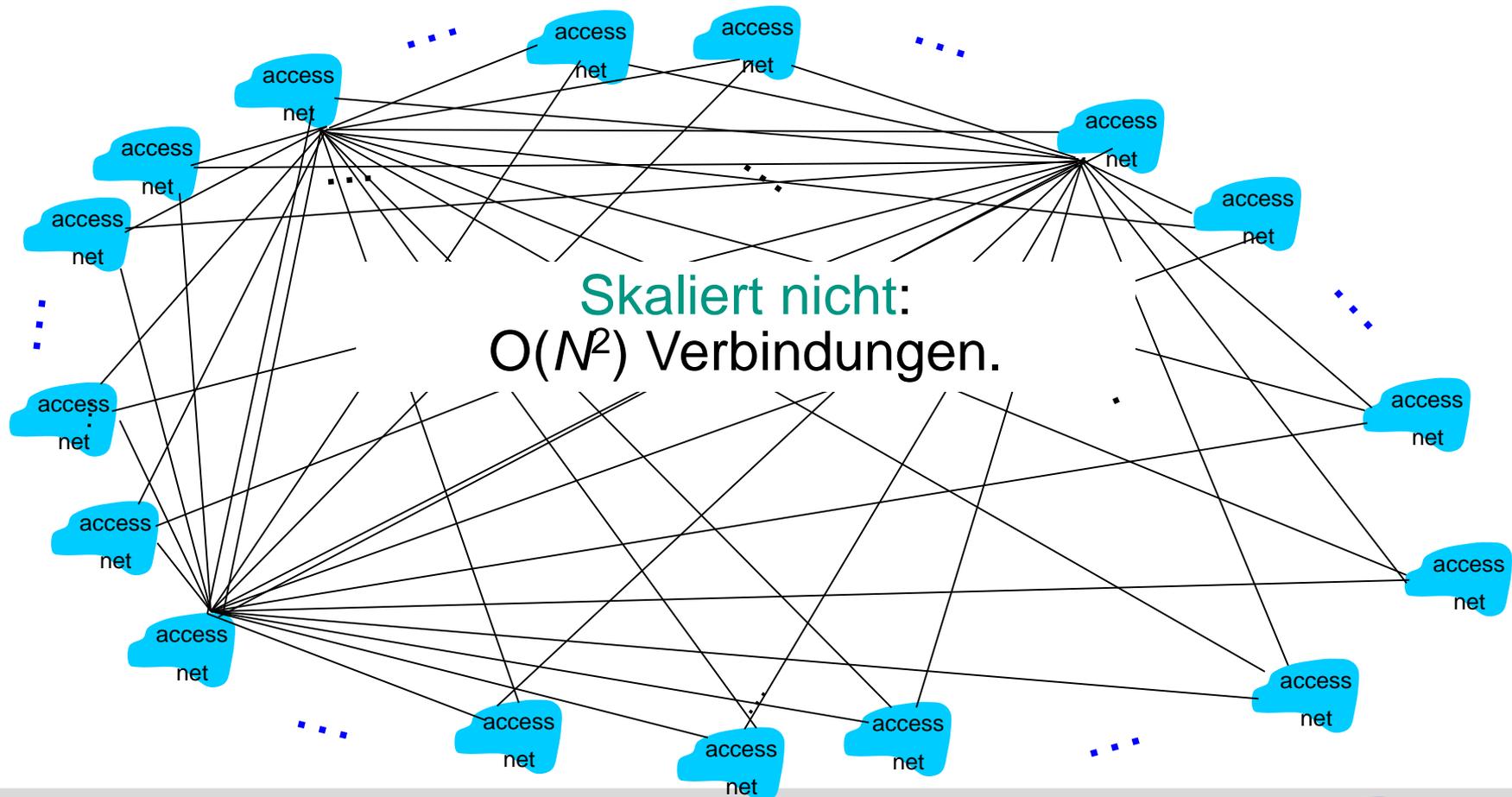
# Interne Struktur: Netz von Netzen

- Frage: wie Millionen von Zugangs-ISPs miteinander verbinden?



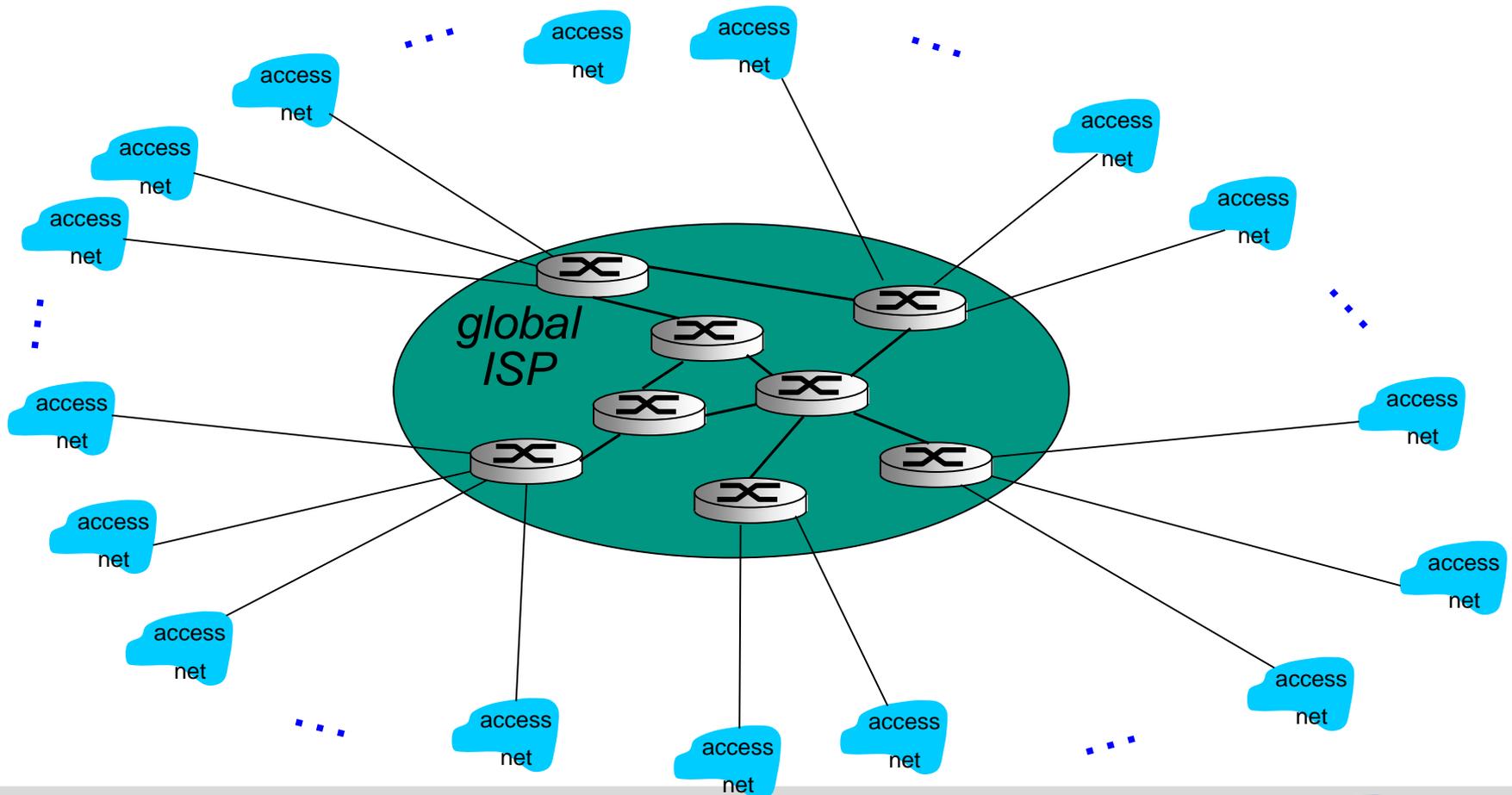
# Interne Struktur: Netz von Netzen

- *Option:* jedes ISP mit jedem anderen ISP verbinden?



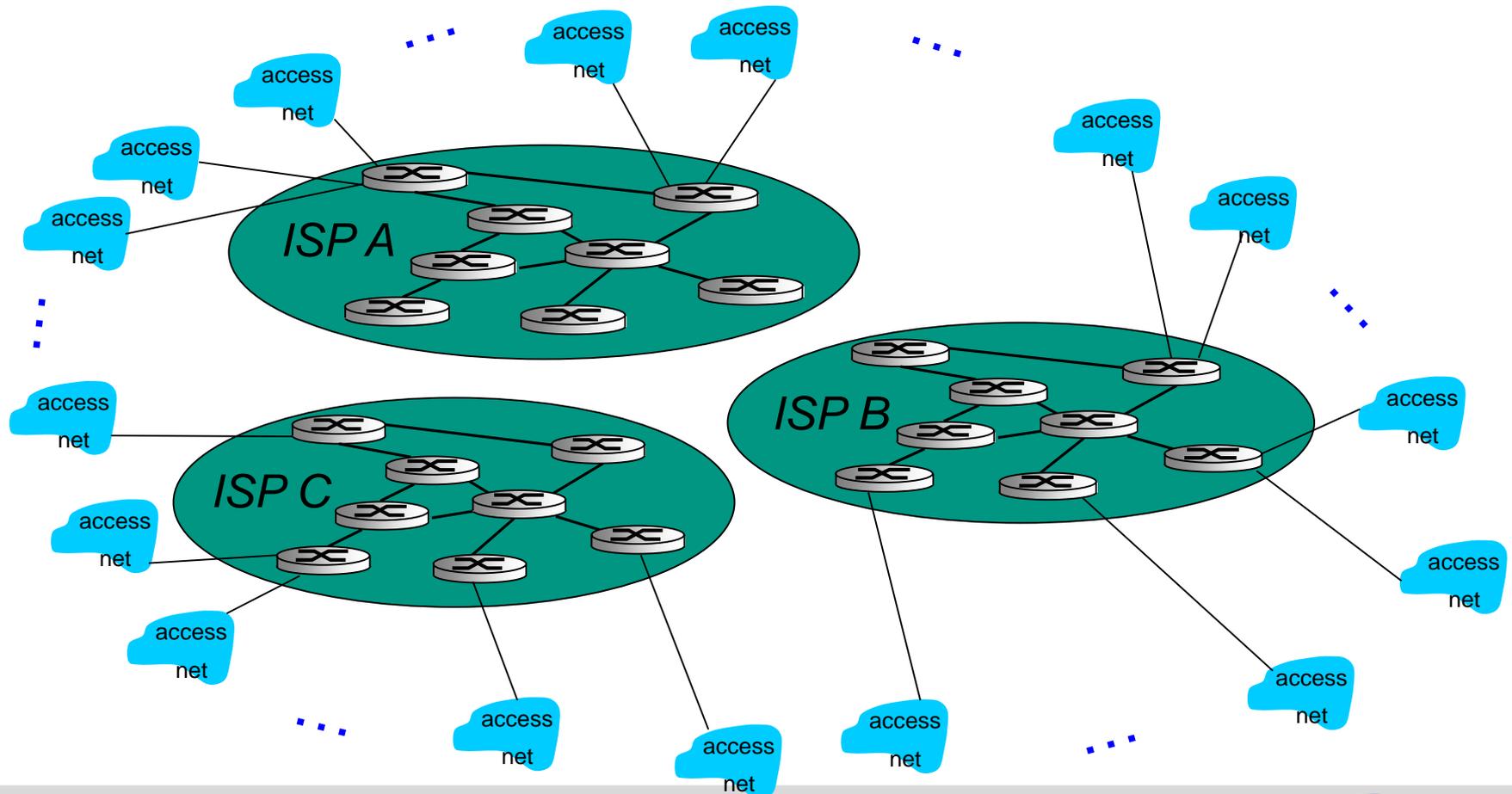
# Interne Struktur: Netz von Netzen

- *Option:* jeden Zugangs-ISP mit einem globalen Transit-ISP verbinden?
  - Vertrag zwischen **Kunde** und **Provider**



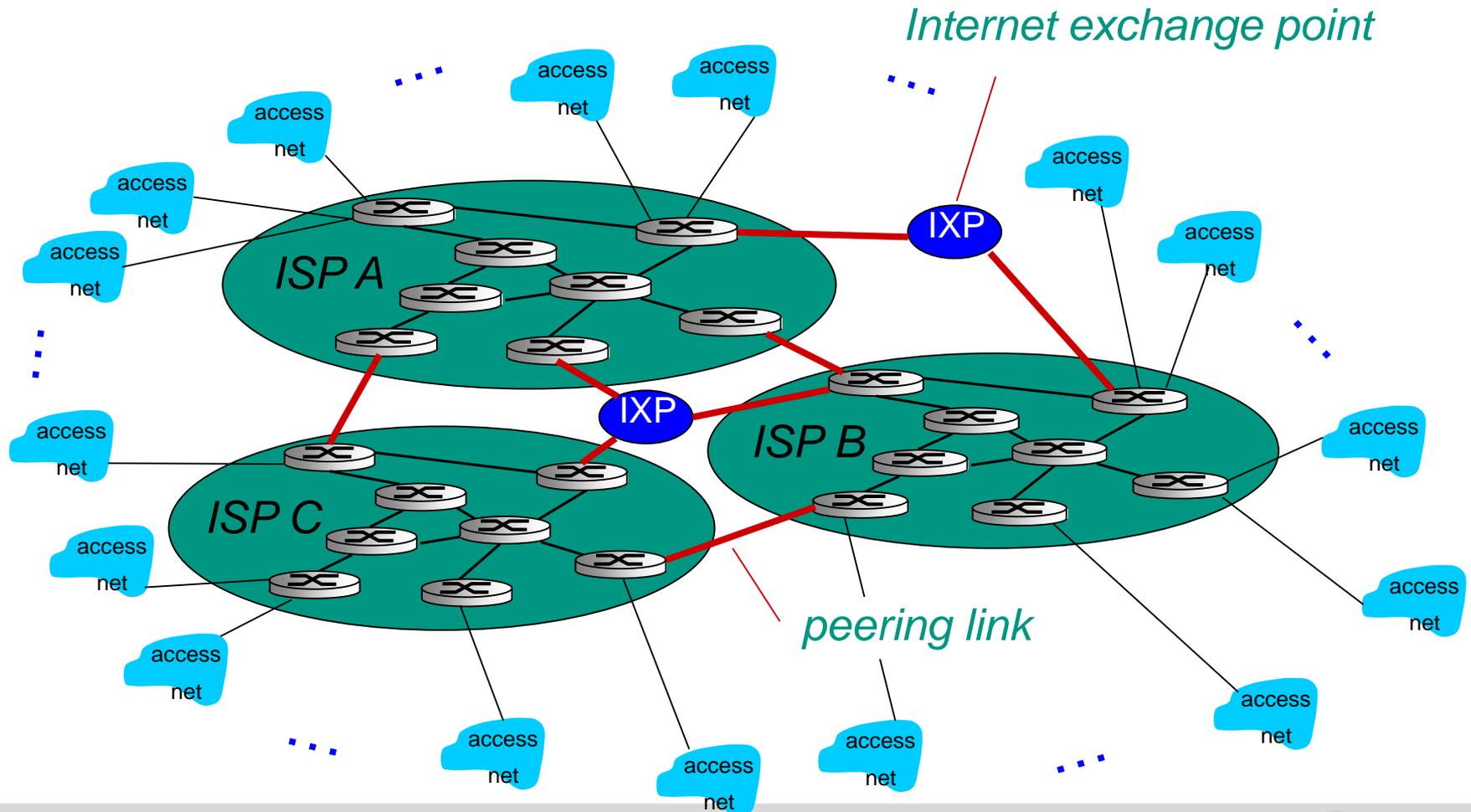
# Interne Struktur: Netz von Netzen

- ... es wird Konkurrenten geben



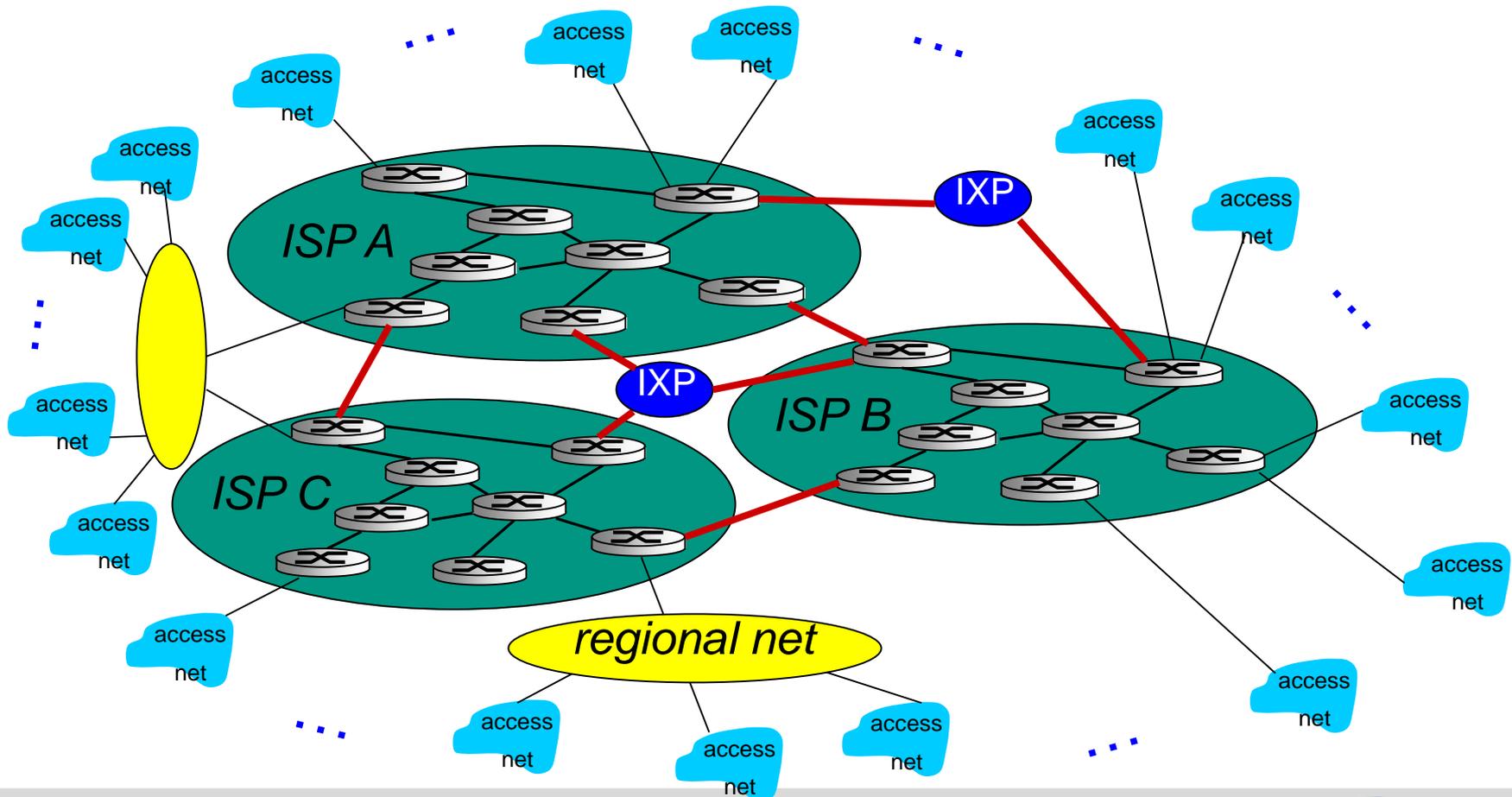
# Interne Struktur: Netz von Netzen

- ... die Konkurrenten müssen miteinander vernetzt werden



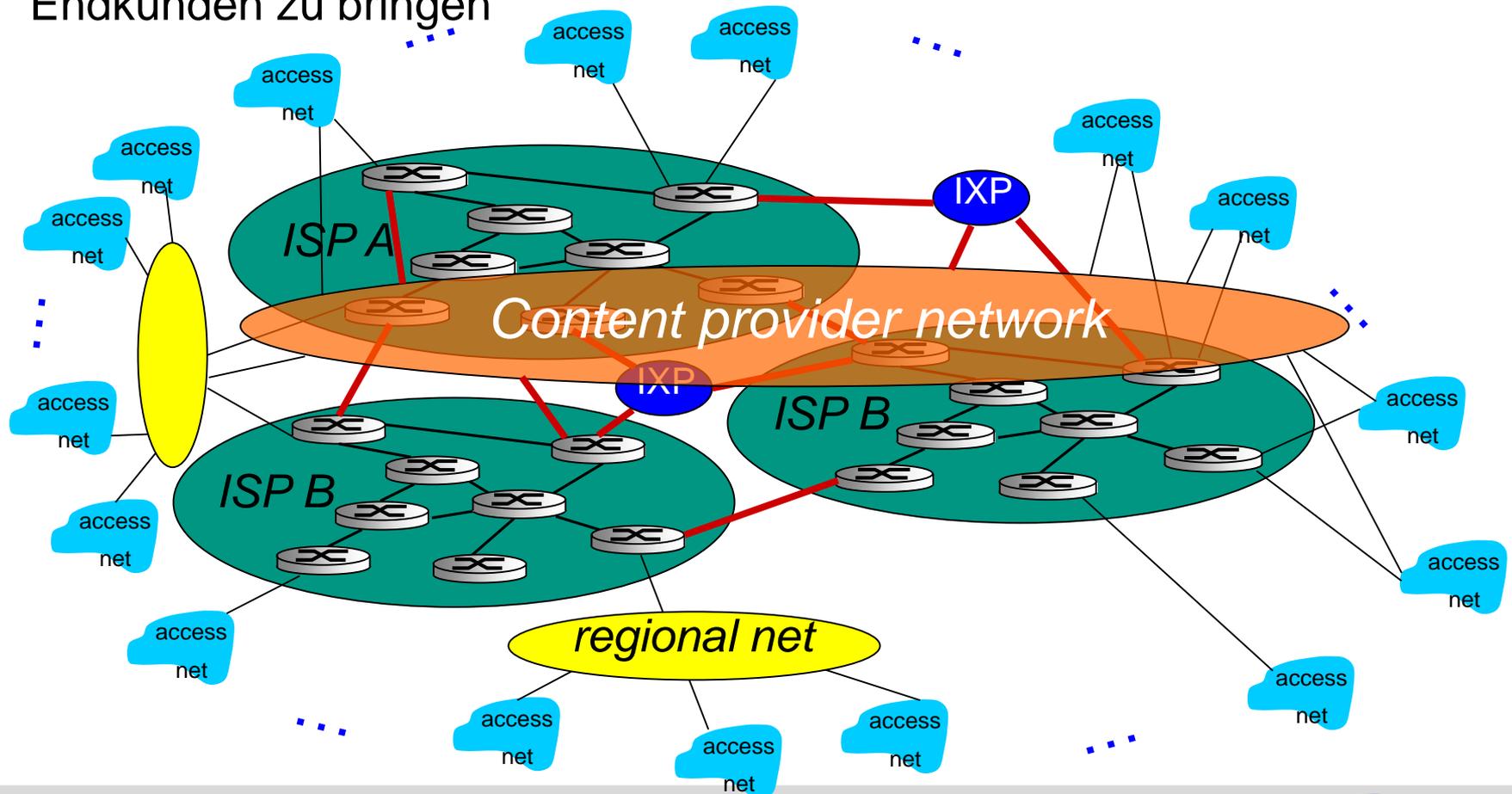
# Interne Struktur: Netz von Netzen

- ... und regionale Netze können Zugangsnetze mit ISPs verbinden



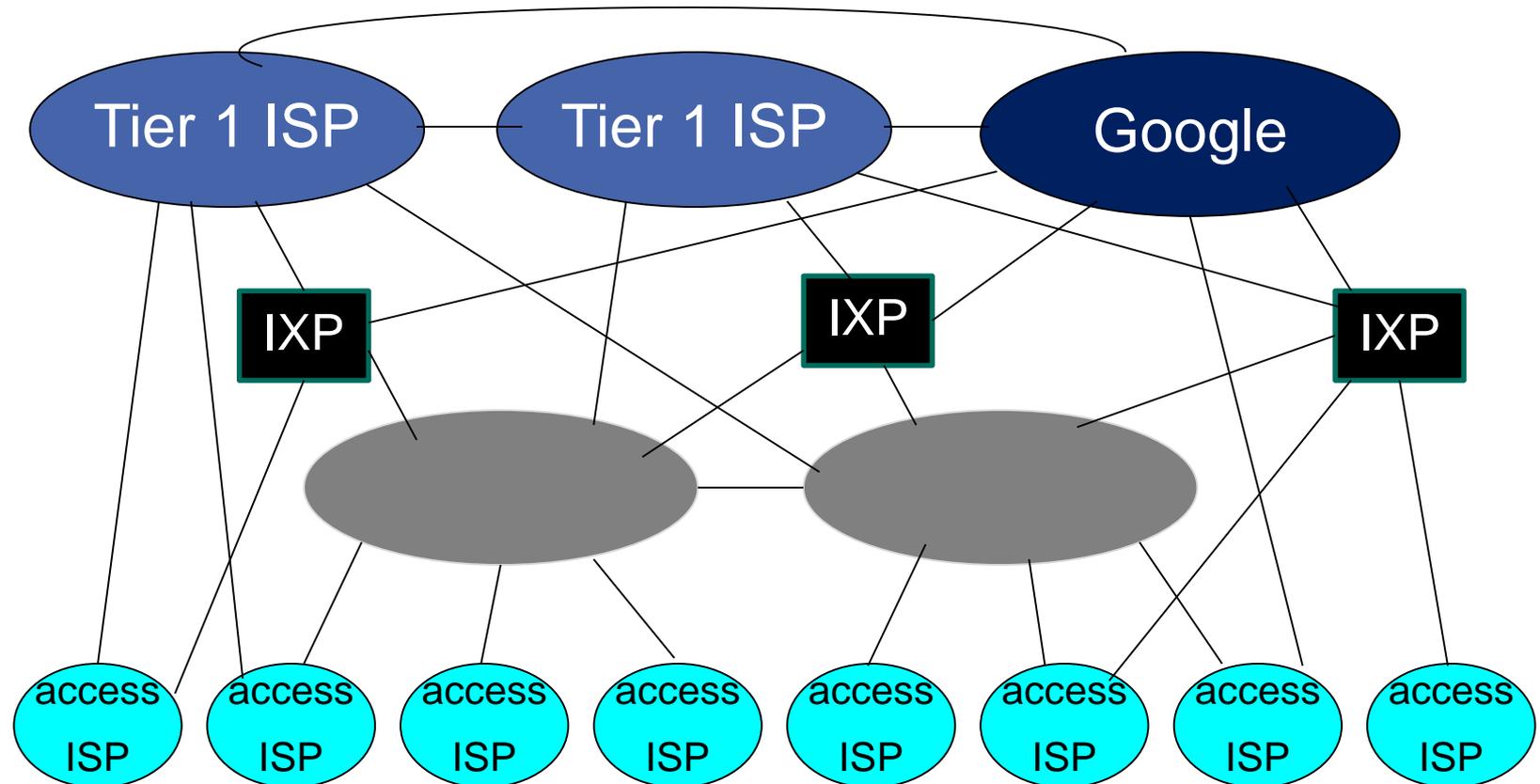
# Interne Struktur: Netz von Netzen

- ... und Content-Provider (z.B. Google, Microsoft, Akamai) können ihre eigenen Netze betreiben, um Dienste/Content näher zu den Endkunden zu bringen



# Interne Struktur: Netz von Netzen

- Im Zentrum: wenige sehr gut verbundene Netze



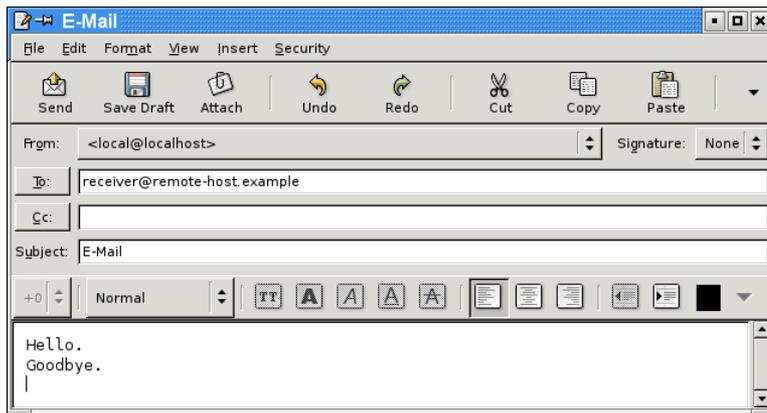
# ... am Beispiel einer einfachen Anwendung: EMail



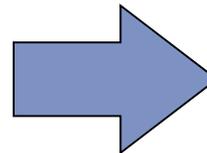
## 1.2 Beispiel E-Mail

### Austausch von Nachrichten zwischen zwei Rechnern

- Immense Nutzung (Stand 2010, [Radi09])
  - 1,4 Milliarden E-Mail-Nutzer
  - 247 Milliarden E-Mails / Tag (81% Spam)
- Praktisch als allgemein verfügbar wahrgenommen
- Funktioniert meist problemlos
  
- Anwendung trivial:



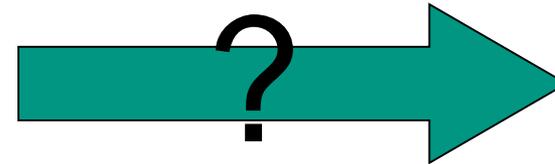
*Verfassen und Absenden  
einer Nachricht*



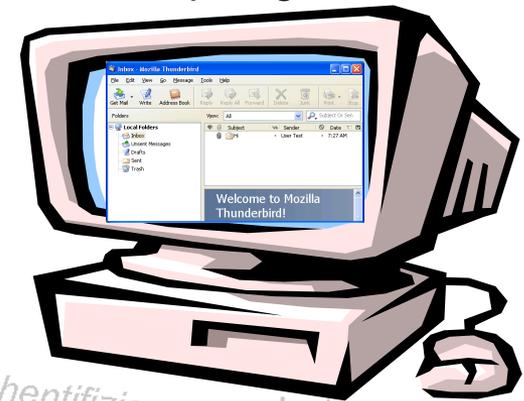
*Empfangen  
einer Nachricht*

# Beispiel E-Mail – Big Picture

Sender



Empfänger



Server zur  
Namensauflösung

Authentifizierungs-  
Server

Was passiert alles „hinter den Kulissen“?

Senders-  
E-Mail-Server

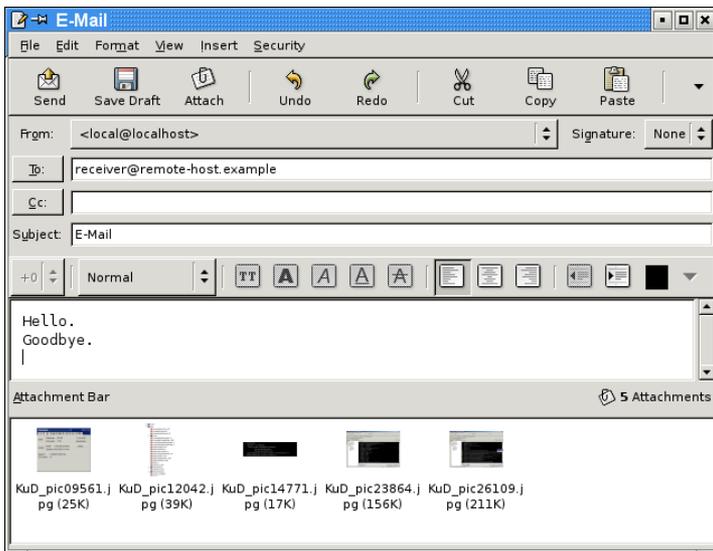
Zwischensystem  
(Vermittlungssystem)

Dateneinheit

Empfangs-  
E-Mail-Server

# Beispiel E-Mail

- Problem: Sender und Empfänger können unterschiedliche E-Mail-Programme verwenden
  - Empfänger muss E-Mail-Daten interpretieren können
- Austausch der E-Mail-Daten (Header, Text, Anhänge) in einheitlichem Format



Darstellung/  
Kodierung

```
From local@localhost Tue Jan 19 13:33:41 2006
Return-path: <local@localhost>
Envelope-to: receiver@remote-host.example
Delivery-date: Tue, 19 Jan 2006 13:33:41 +0200
Received: from [192.168.16.31] (helo=[192.168.16.31]) by
mxintern.example.example with esmtp (Exim 4.34)
id 1EHgNN-00058X-9T; Tue, 19 Jan 2006 13:33:29 +0200
Message-ID: <432FF388.20632139@example.example>
Date: Tue, 19 Jan 2006 13:33:28 +0200
From: <local@localhost>
User-Agent: Debian Thunderbird 1.0.2 (X11)
MIME-Version: 1.0
To: receiver@remote-host.example
Subject: E-Mail
Content-Type: multipart;
Content-Length: 153929
Lines: 2198

This is a multi-part message in MIME format.
-----000809030800010905000400
Content-Type: text/plain;
Content-Transfer-Encoding: quoted-printable

Hello
Goodbye

-----000809030800010905000400
Content-Type: application/jpg;
name="KuD.jpg"
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Disposition: inline;

JVBERi0xLjIKJcDIzNINCjEgMCEvYmoKPDwKLlRpdGx1IChNaWNYb3NvZ
dCA1E1ludGVyZG9tYWluIFJvdXRpbmcgU2VjdxJpdHkpCi9BdXRob3Igc
b3IpcCI9DcmVhdG9yIChwZGZGYWN0b3J5IHd3dy5wZGZmYWNoZ3J5LmNvb
IChwZGZGYWN0b3J5IDEuNjQgXChXaW5kb3dzIFhQIEdlcm1hbWpKQovQ
ICHEOjIwMDUwTEZMTC0zU3R0Pgp1bWVhYmRmYmoKNCAlIG9iag8PAovR
```

# Beispiel E-Mail

- E-Mail-Client übergibt E-Mail an eigenen E-Mail-Server (zum Versand an Empfänger)
  - Nutzung des lokalen Netzes
    - z.B. Ethernet oder WLAN
  
- Verbindung mit Empfangsserver
  - Eigener E-Mail-Server benötigt zur Zustellung Verbindung zum E-Mail-Server des Empfängers
    - Was ist eine Verbindung?
    - Wie wird sie auf- und wieder abgebaut?
    - Worauf „lauscht“ der Empfangsserver und wie erreicht man ihn?

# Beispiel E-Mail

- Empfängersuche: Zustellung an welchen Server?
- Auflösen der Empfänger-E-Mail-Adresse in Netzadresse
  - Abfrage an Domain Name System (DNS) [Karr08]
  - Globale, verteilte, hierarchische Datenbank
    - Hochgradig leistungsfähig (durchschnittlich 52 Milliarden Anfragen pro Tag)
    - Skalierbar (über 80 Millionen Domains weltweit) [Veri10]

Beispiel: Suche E-Mail-Server-Adresse der Domain „@kit.edu“:

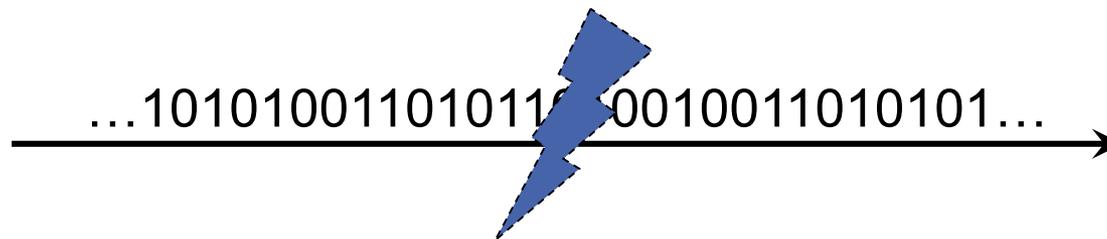
```

> Dig kit.edu MX
[...]
;; ANSWER SECTION:
kit.edu.          3600    IN      MX      10 scc-mailin-02.scc.kit.edu.
kit.edu.          3600    IN      MX      10 scc-mailin-03.scc.kit.edu.
kit.edu.          3600    IN      MX      10 scc-mailin-01.scc.kit.edu.

> dig scc-mailin-01.scc.kit.edu
[...]
;; ANSWER SECTION:
scc-mailin-02.scc.kit.edu. 3600 IN      A      129.13.185.194
  
```

# Beispiel E-Mail

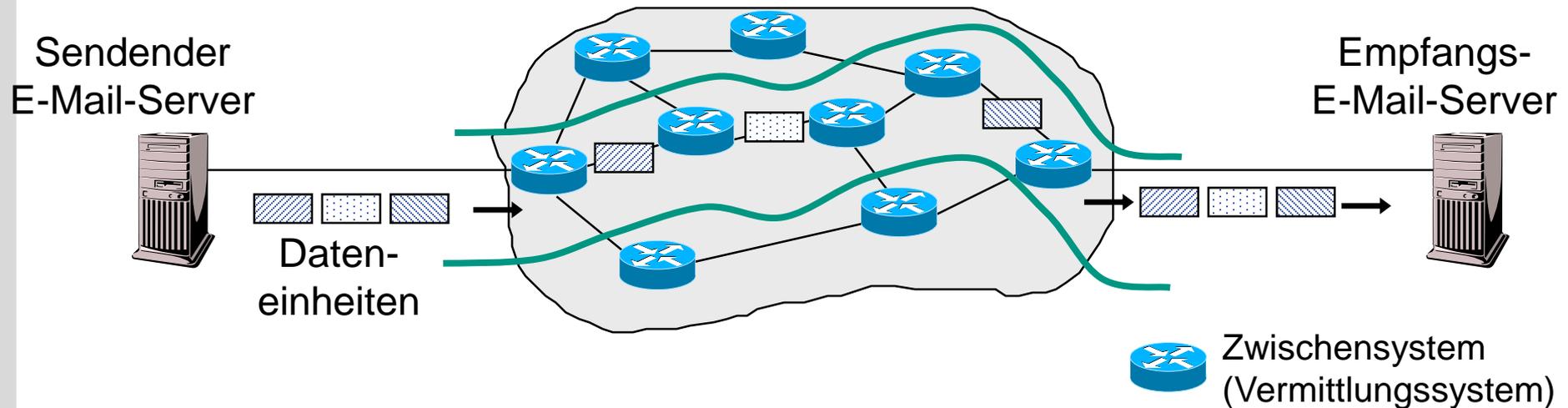
- Problem: Bei der Übertragung über das Internet können Fehler auftreten
  - Verfälschung der Daten
  - Verlust von Daten
  - ...



- Zuverlässiger Transport zum Empfänger
  - Durch Mechanismen wie
    - Prüfsummen
    - Zeitgeber (Timer)
    - Gegebenenfalls Wiederholung von Daten
  - Protokolle regeln die Kommunikation

# Beispiel E-Mail

- Transport über das **Paketvermittelte Internet**
  - Datenstrom in „Dateneinheiten“ (Pakete) zerteilen
    - Jedes Paket benötigt Informationen zum voneinander unabhängigen Transport und dem späteren Wiederaussetzen des Ausgangsstroms
  - Wegewahl (Routing)
    - Zwischensysteme müssen Weg(e) zum Ziel finden (hier: Empfangsserver)
      - Wege können sich dynamisch ändern (z.B. nach Leitungsausfall)

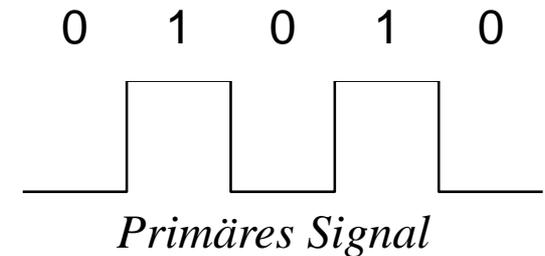


# Beispiel E-Mail

## ■ Transport über physikalische Leitungen

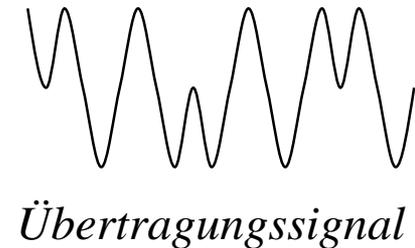
### ■ Codierung in Bitstrom

- Verschiedene Codierungsverfahren



### ■ Modulation auf das genutzte Medium

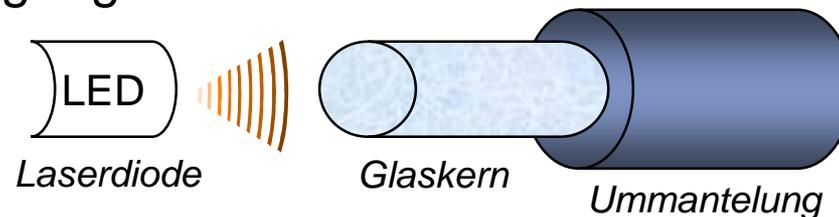
- z.B. Funkwellen, Glasfasern, Twisted-Pair-Kabel



### ■ Störeinflüsse in Betracht ziehen

- z.B. durch Fehlerkorrekturmechanismen robuste Übertragung anstreben

## ■ Beispiel: Übertragung über Glasfasern



# Beispiel E-Mail

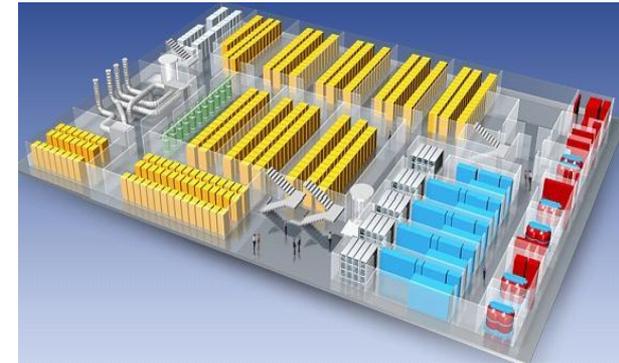
- E-Mail ist asynchroner Nachrichtenaustausch
- Empfangen und Bereithalten der Nachricht für den Empfänger
  - verschiedene Formen möglich
    - von einfachen Dateien bis zur Datenbank
  - hohe Anforderungen an Skalierbarkeit
    - viele Abfragen und quasi pausenlos eingehende E-Mails
    - KIT: 6 Millionen E-Mails/Monat, ca. 3 E-Mails/s
    - 1&1: 5 Milliarden E-Mails/Monat, ca. 2000 E-Mails/s
  - Mechanismen, um **gleichzeitigen** Zugriff zu regeln
    - Locking-Verfahren
    - Backup im Betrieb
  - E-Mail-Aktion (Eingang, Abrufen, Löschen, Verschieben) in etwa vergleichbar mit Datenbank-Transaktion



# Beispiel E-Mail: Das Internet ist nicht virtuell

## ■ Rechenzentrum der 1&1 AG in Karlsruhe\*

- 2000m<sup>2</sup> Grundfläche UG,  
1200m<sup>2</sup> Dachfläche Technik
- Investitionskosten: 12 Mio. Euro
- 11 Räume für 660 Racks
  - mehr als 25000 Server
  - 4000 TeraByte Speicherkapazität
- 5 Elektroversorgungsblöcke (je 2 MW Leistung)
- über 8 MW Leistungsaufnahme
  - (Stadt Karlsruhe: ca. 361 MW)
- über 70.000.000 kWh pro Jahr
- 5 Generatoren mit jeweils 2.4 MW
  - 48.000 Liter Diesel/Tag
- 8 Kaltwassersätze mit je 700 kW (= 5600 kW)
- 61 Umluftkühlgeräte mit je 100 kW



\* Stand: 2011

# Beispiel E-Mail

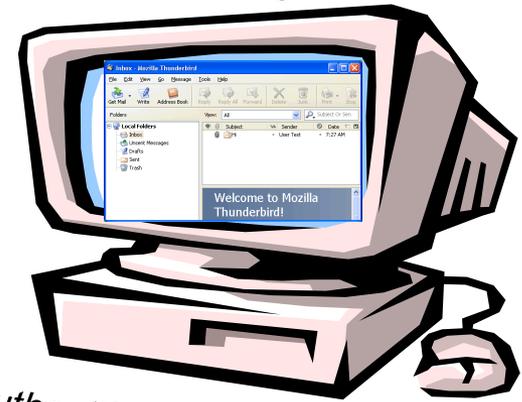
- Abholen der Nachricht durch den Empfänger
  - Protokoll zum Abrufen der E-Mails vom Server
  - Authentifizierung und Autorisierung
    - Empfänger muss sich „ausweisen“, darf nur eigene E-Mails abrufen
  - Auspacken der Nachricht aus dem Transportformat
    - Nachrichtenkopf darstellen
    - Text darstellen
    - Anhänge abspeichern
  
- Beim Thema E-Mail noch viele weitere Aspekte und Techniken, z.B. bezüglich
  - Skalierbarkeit
  - Verschlüsselung
  - ...

# Beispiel E-Mail – Big Picture

Sender



Empfänger



Server zur Namensauflösung



...1011010010...

E-Mail-Server example.com?  
192.168.66.6

Authentifizierung, Verschlüsselung



Ende-zu-Ende-Kommunikation

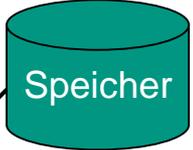
neue E-Mails?  
E-Mails!

Sender E-Mail-Server

Zwischensystem (Vermittlungssystem)

Dateneinheit

Empfangs-E-Mail-Server



... soweit

■ Ein grober Überblick zu Rechnernetzen



... am Beispiel des Internet



... am Beispiel einer einfachen Anwendung: EMail

- *... soll ein Gefühl vermitteln um was es geht und wie das Internet grob strukturiert ist.*



- [Arte10] arte, [Internet und Geopolitik](#), Mit offenen Karten, April 2010
- [Bit11] Bittorrent Inc., [Pressemitteilung](#), 1. Januar 2011 (online verfügbar)
- [Cisco10] Cisco Inc., [Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology](#), Juni 2010 (online verfügbar)
- [Eins11] 1&1 Internet AG, <http://www.1und1.de/UnternehmenRechenzentren> (2011)
- [Heise09] Heise Online, [Philips stellt Net TV vor](#), Februar 2009, <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Philips-stellt-Net-TV-vor-201269.html>
- [Karr08] D. Karrenberg, [DNS Root Name Servers - Frequently Asked Questions](#), Internet Society Member Briefing, Februar 2008, <http://www.isoc.org/briefings/020/>
- [Labo10] C. Labovitz, S. Lekel-Johnson, D. McPherson, J. Oberheide, F. Jahanian, [Internet Inter-Domain Traffic](#), August 2010, ACM SIGCOMM 2010, Neu-Deli, Indien
- [Radi09] radicati Group, Mai 2009, <http://www.radicati.com/?p=3237>
- [Skype06] S. A. Baset und H. Schulzrinne, [An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol](#), April 2006, IEEE INFOCOM 2006, Barcelona, Spanien
- [Spie06] K.-P. Kerbusk, M. Rosenbach und Th. Schulz, [Alles wächst zusammen](#), Spiegel 07/2006 (online verfügbar)
- [Veri10] VeriSign, [The Domain Name Industry Brief](#), Februar 2010, <http://www.verisign.com/domain-name-services>

Einige weitere Informationen zum Institut

# ANHANG

# Überblick über das Institut für Telematik

## Professoren

- Prof. Dr. Sebastian Abeck (seit 1996)
- Prof. Dr. Michael Beigl (seit 2010)
- Prof. Dr. Veit Hagenmeyer (seit 2014)
- Prof. Dr. Hannes Hartenstein (seit 2003)
- Em. Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Gerhard Krüger (1971-2013†)
- Prof. Dr. Wilfried Juling (seit 1998)
- Prof. Dr. Bernhard Neumair (seit 2010)
- Prof. Dr. Achim Streit (seit 2010)
- Prof. Dr. Martina Zitterbart (seit 2001)



## Mitarbeiter

- Ca. 40 wissenschaftliche Mitarbeiter
- Technische Mitarbeiter, Sekretärinnen/Verwaltungsangestellte

## Institutsleitung

- Prof. Dr. M. Zitterbart

## Post-Docs

- PD Dr. Roland Bless



## Wissenschaftliche Mitarbeiter

- Helge Backhaus
- Robert Bauer
- Matthias Flittner
- Martin Florian
- Polina Goltsmann
- Mario Hock
- Markus Jung
- Michael Kaufmann (extern)

# Ansprechpartner für Fragen zu Modulen

- ... für Studierende der Informatik und Informationswirtschaft
  - Mario Hock ([mario.hock@kit.edu](mailto:mario.hock@kit.edu))
  
- ... zur Anerkennung von Veranstaltungen an ausländischen Universitäten
  - Martin Florian ([florian@kit.edu](mailto:florian@kit.edu))