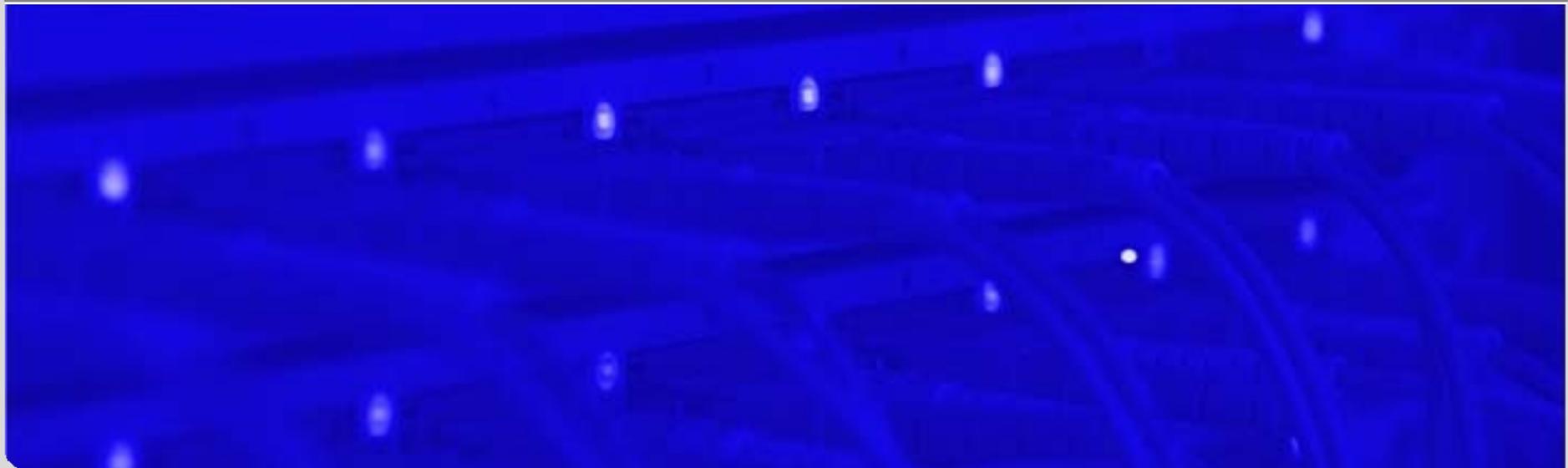


Next Generation Internet

Sommersemester 2017

Privat-Dozent Dr.-Ing. Roland Bless
bless@kit.edu

INSTITUT FÜR TELEMATIK



Kapitelübersicht

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

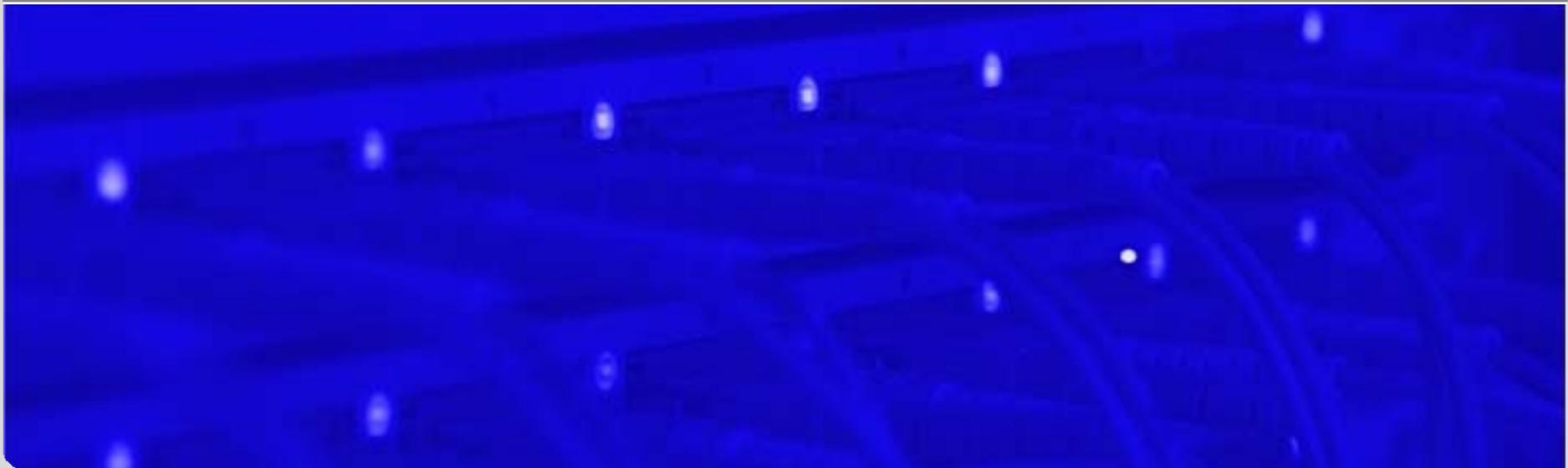
IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Flexible Netze
10. Peer-to-Peer

Next Generation Internet

1. Einführung

INSTITUT FÜR TELEMATIK

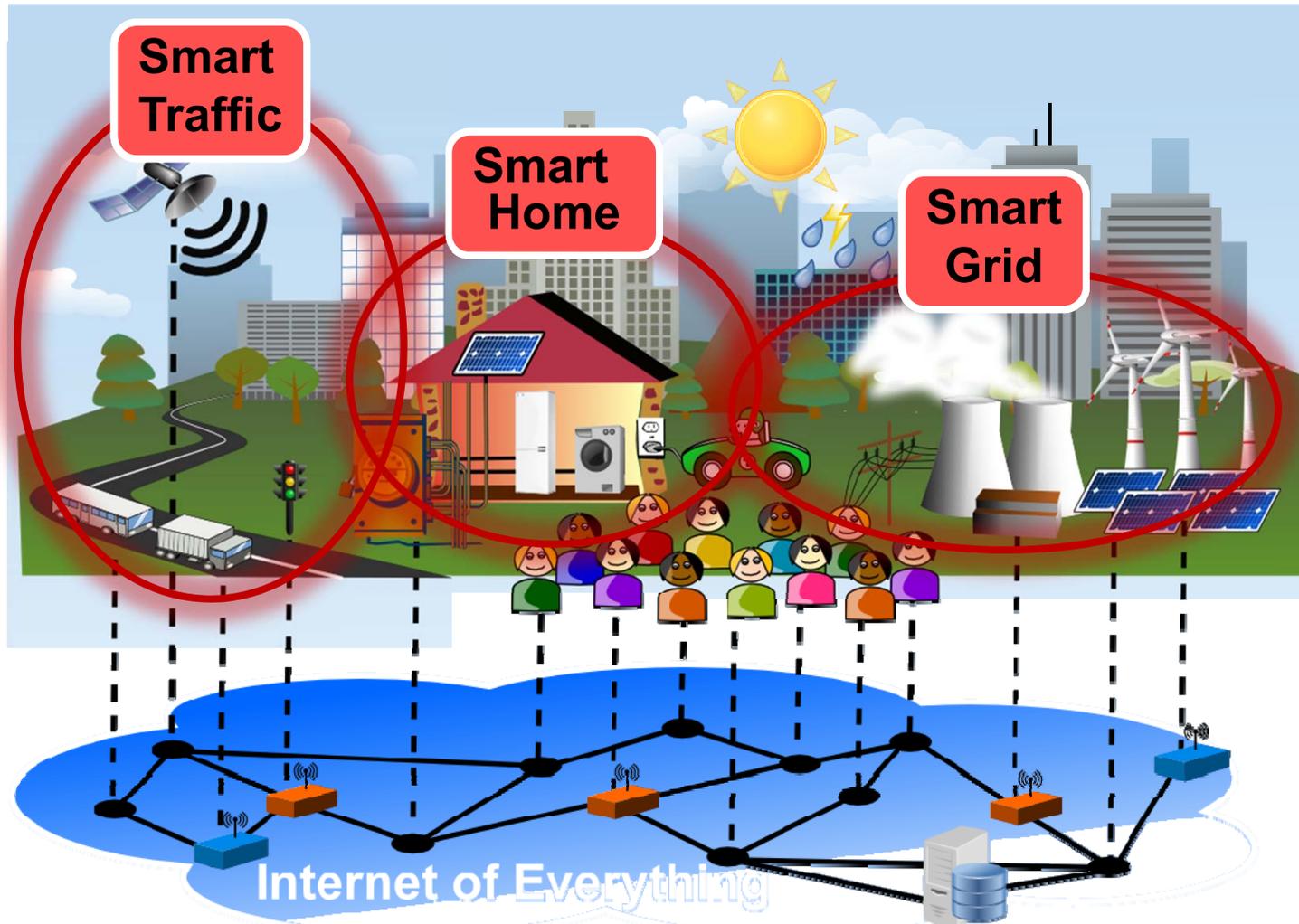


Wozu Internet der nächsten Generation?

Das Internet funktioniert doch...

- Wo ist das Problem?
- Viele neue Anforderungen seit Anbeginn des Internets...
 - Wachstum
 - Dienstgüte
 - Mobilitätsunterstützung
 - Sicherheit
- ...kann es den verschiedenen Herausforderungen auch in Zukunft gerecht werden?
 - Wie?

Beispiel: Smarte Welt – alles vernetzt



→ Bessere Integration erneuerbarer Energie
→ „Assistierte Leben“

→ *Bessere Organisation des Verkehrs*

1.1 Neue Herausforderungen für das erfolgreiche Internet-Protokoll

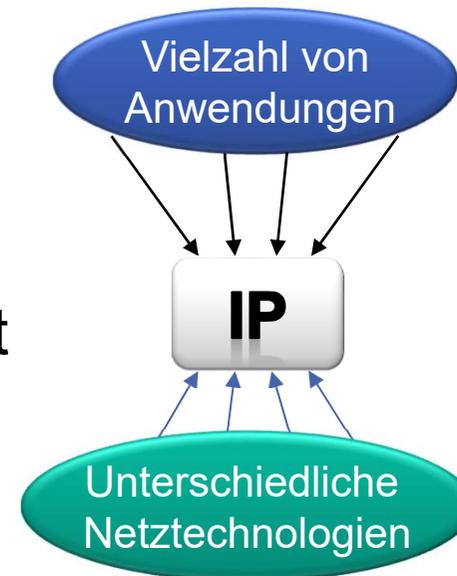
■ Internet Protocol (IP) ist „Motor“ des Internets

- Trend zu IP-basierten Systemen verstärkt sich → „All-IP“
- Vielzahl unterschiedlicher Dienste und Anwendungen über IP gefordert
 - steigende Anforderungen an Übertragungskapazitäten

→ Kann IP den steigenden Anforderungen überhaupt gerecht werden?

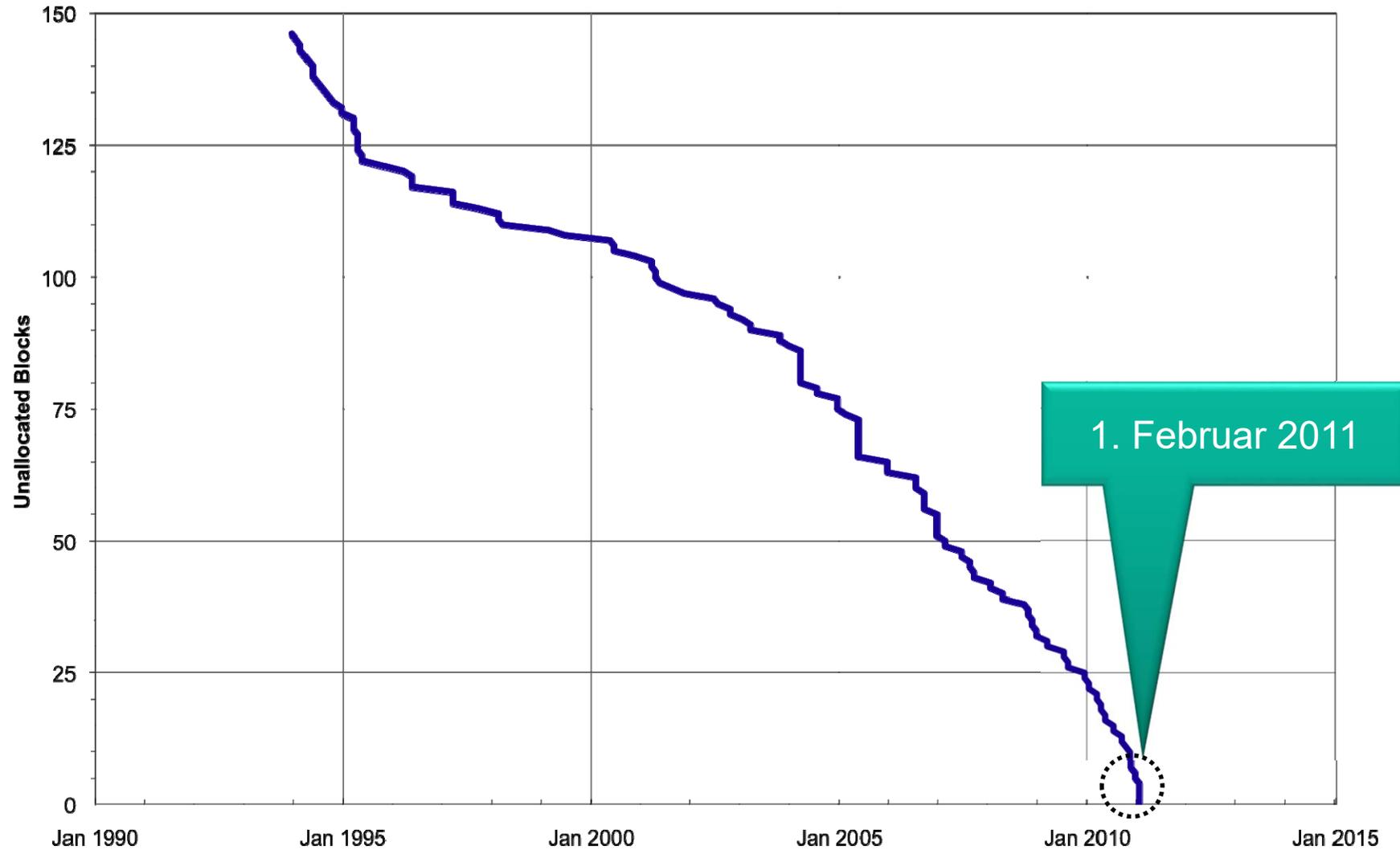
Beispiel:

- Wachstum des Internets an sich
 - Zahl der angeschlossenen Nutzer und Systeme



Wachstum – IP-Adressen

Freier IANA IPv4-Adressen-Pool



Und jetzt?



- IPv4-Adressen
- Don't Panic!
- Das Internet kann nicht mehr so stark wachsen
- IPv6 steht als Nachfolgeprotokoll parat
 - Kapitel 3
 - 128-bit Adressen
 - inkompatibel zu IPv4, aber fast identische Funktionalität
 - sehr schleppende Einführung...

Umfrage zur IPv6-Nutzung

- Nutzen Sie bereits IPv6?
- Pingo <http://pingo.upb.de/8577>



Internet im Wandel (1)

- Geänderte Bedingungen früher → heute
- Situation **früher** (Anfangszeit des Internets um 1970):
 - Datenkommunikation zwischen Forschungseinrichtungen
 - Gemeinsame Ziele
 - Vertrauensbeziehungen zwischen Nutzern
 - Technisch versierte Benutzer
 - Konsistente und kohärente Architektur
- Im Vergleich zu...

Internet im Wandel (2)

■ Heute

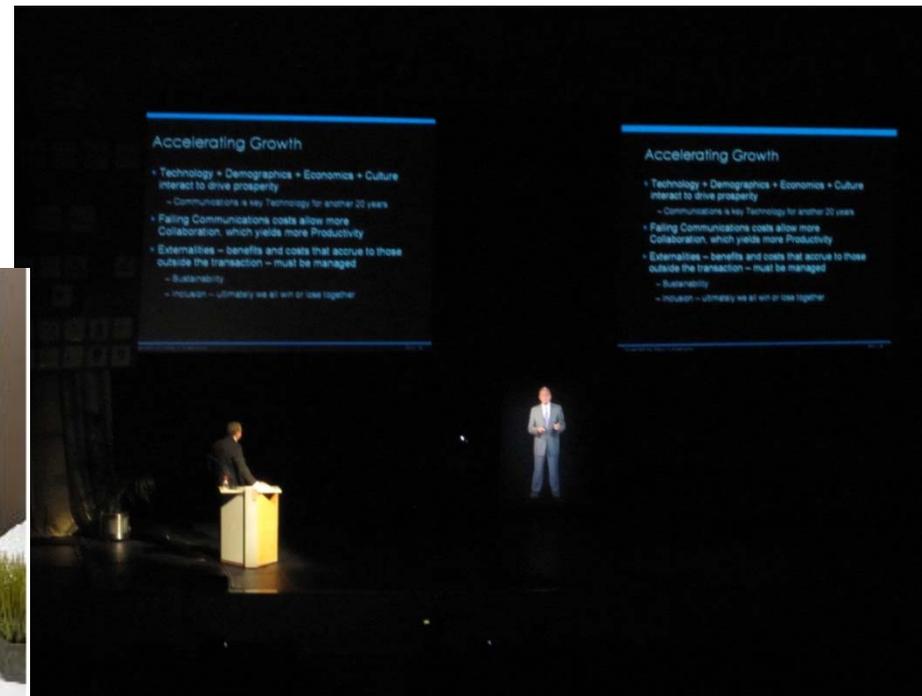
- Globale Infrastruktur der Informationsgesellschaft
- Neue Interessensgruppen und Kommerzialisierung, z.B.
 - Internet Service Provider (Internet-Zugang/-Transport)
 - Diensteanbieter (z.B. Mail-, Webprovider)
 - Inhaltenanbieter (Websites, Video on Demand, ...)
- Verlust der Vertrauensbeziehungen → Sicherheit  
- Normalverbraucher, technisch unbedarf
- Zur Interessensdurchsetzung werden Techniken und Erweiterungen eingebracht, die
 - im Hinblick auf die kurzfristige Bedarfsdeckung erfolgen
 - größtenteils ohne architekturelles Denken erfolgen
 - nicht im Einklang mit der Internet-Architektur stehen
 - die Kohärenz des Internets gefährden



Internet im Wandel – Trends (1)

■ Mehr Multimedia

- Videos, Videos, Videos, ... wenn möglich in (U)HD!
- Voice over IP (Telefonieren über das Internet) 
- „Triple Play“-Anbieter: Daten, Sprache, Video/Fernsehen über IP
- Telepresence
- Teleimmersion



Internet im Wandel – Trends (2)

■ Zunehmend **mobile Nutzung**



- Vielzahl mobiler (drahtloser) Geräte und Nutzer
- z.B. Smartphones, Ad-Hoc-Netze

■ Internet wird zur **kritischen Netzinfrastruktur**



- Cloud Computing verstärkt diesen Trend
- Ziel krimineller Energien, Sicherheit wird essentiell

■ Integration der „Umwelt“ / **Internet der Dinge**



- Sensor-/Aktornetze etc.
- zunehmend Kommunikation zwischen Geräten (Maschine-zu-Maschine)
- schnellere Interaktionen möglich

Internet im Wandel – Probleme (1)

- Die heutige Internet-Architektur kann zahlreiche zukünftige Anforderungen unterschiedlicher Interessensgruppen nicht mehr erfüllen → Mehr dazu in [Kapitel 2](#)
- Multimedia: Erweiterte Anforderungen an die Übertragungscharakteristika (Echtzeit) 
 - **Dienstgüte** für Multimedia-Anwendungen
→ differenzierte Behandlung von Daten
 - Erweiterungen für [Gruppenkommunikation](#) erforderlich
→ **IP-Multicast**
 - z.B. für IP-TV, Tele-Kooperation – netzbasiertes Arbeiten/Lernen im Team
- Nie erwartete Anzahl angeschlossener Systeme
 - IP-Adressen werden Mangelware → neue Version von IP: **IPv6**
 - Komplexität steigt, Verwaltbarkeit sinkt → Selbstorganisierende Systeme

Internet im Wandel – Probleme (2)

■ Mobile Systeme



- Erweiterungen von IP erforderlich → Mobile IP

■ ECommerce



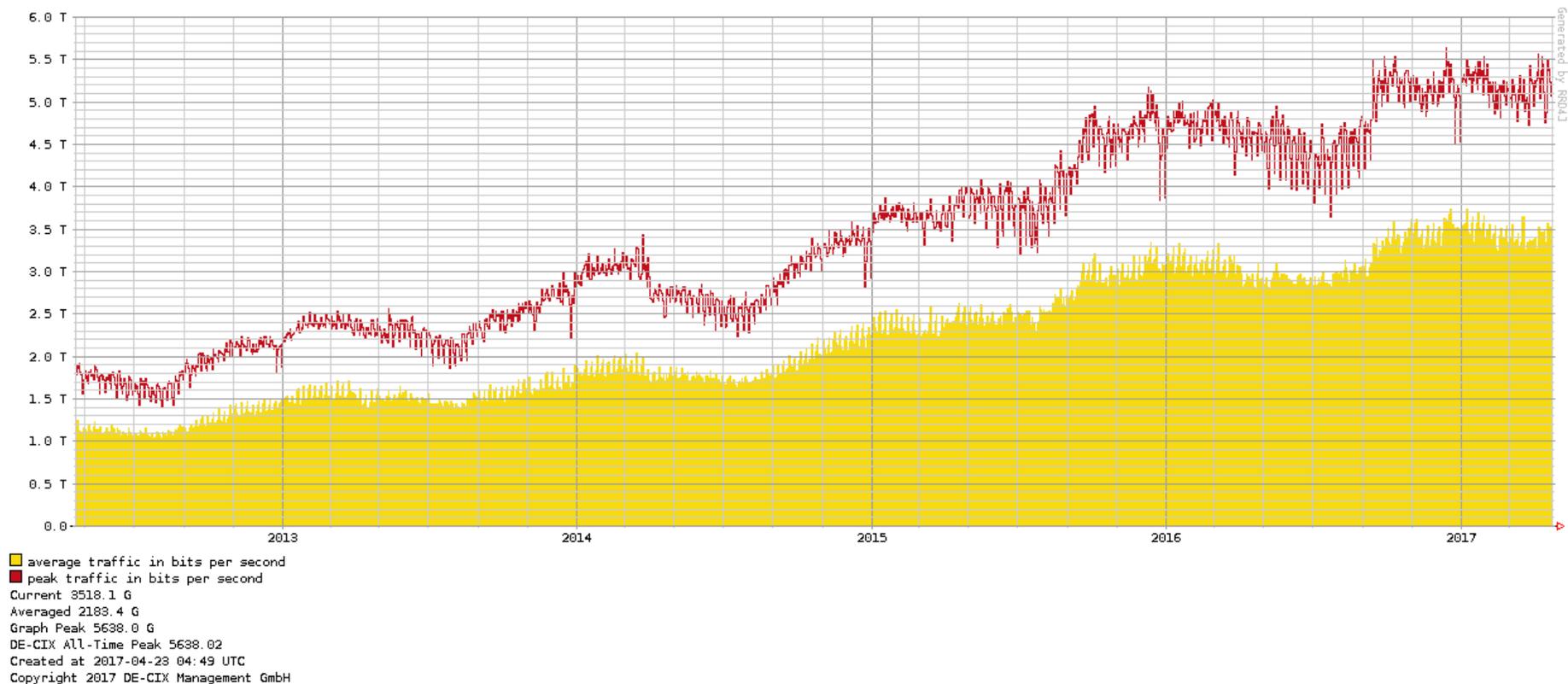
- Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit ...
- Multi-Homing notwendig → Routing-Skalierbarkeit

■ Einführung neuer Dienste im Internet

- Steigende Zahl unterschiedlicher Dienste
→ flexible Dienstplattformen, Peer-to-Peer
- Trend zu „Software-Defined Networking (SDN)“
 - Flexibilisierung von Netzen durch Trennung von Kontroll- und Datenebene

Stetiger Bedarf an höheren Datenraten...

■ Verdoppelung etwa alle drei Jahre



Kapazitätsprobleme

■ Beobachtbar:

- zunehmende Verkehrsmenge, vor allem durch multimediale Inhalte: Videos, Internet-TV, Streaming (4k)
- leistungsfähigere mobile Geräte (Smartphones, Tablets)
- Cloud Computing
- Netzausbau geht nicht schnell genug voran → Kapazitätsprobleme → Drosselung der Datenraten

■ Prognosen benötigter Kapazitäten schwierig

- Was ist die nächste „Killeranwendung“?
 - WWW, P2P, YouTube, Facebook, ...
 - Cisco Prognose: 2019
 - 80% sind Video-Inhalte (incl. file sharing)
 - Video-on-demand-Verkehr wird sich verdreifachen bis 2019 (ca. 6 Milliarden DVDs pro Monat)

■ Ressourcenmangel → Dienstgüteunterstützung

Anwendungsbeispiel A/V-Konferenz

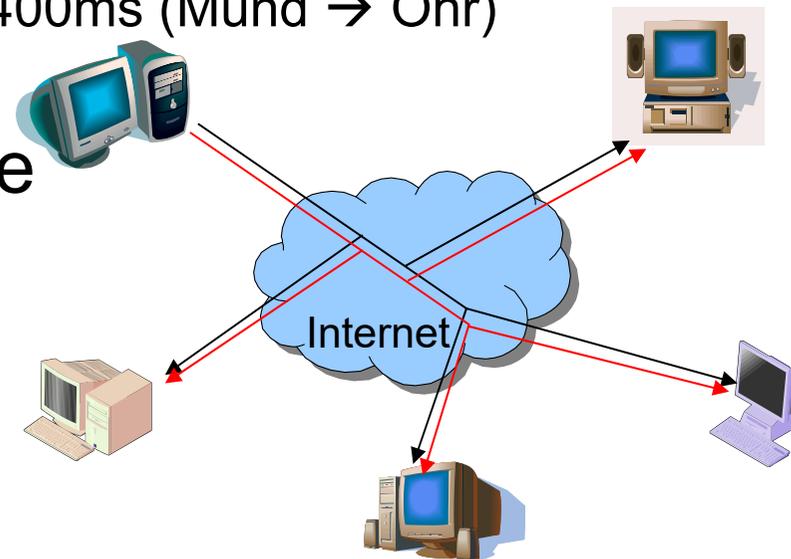
■ Interaktive Echtzeitanwendung

- Interaktion → rechtzeitige Zustellung der Daten wichtig
- Strenge Anforderungen an die Verzögerung
 - gut wenn $\leq 150\text{ms}$, nicht über 400ms (Mund → Ohr)

■ Gruppenkommunikation

■ Verschiedene Medienströme mit unterschiedlichen Anforderungen bezüglich

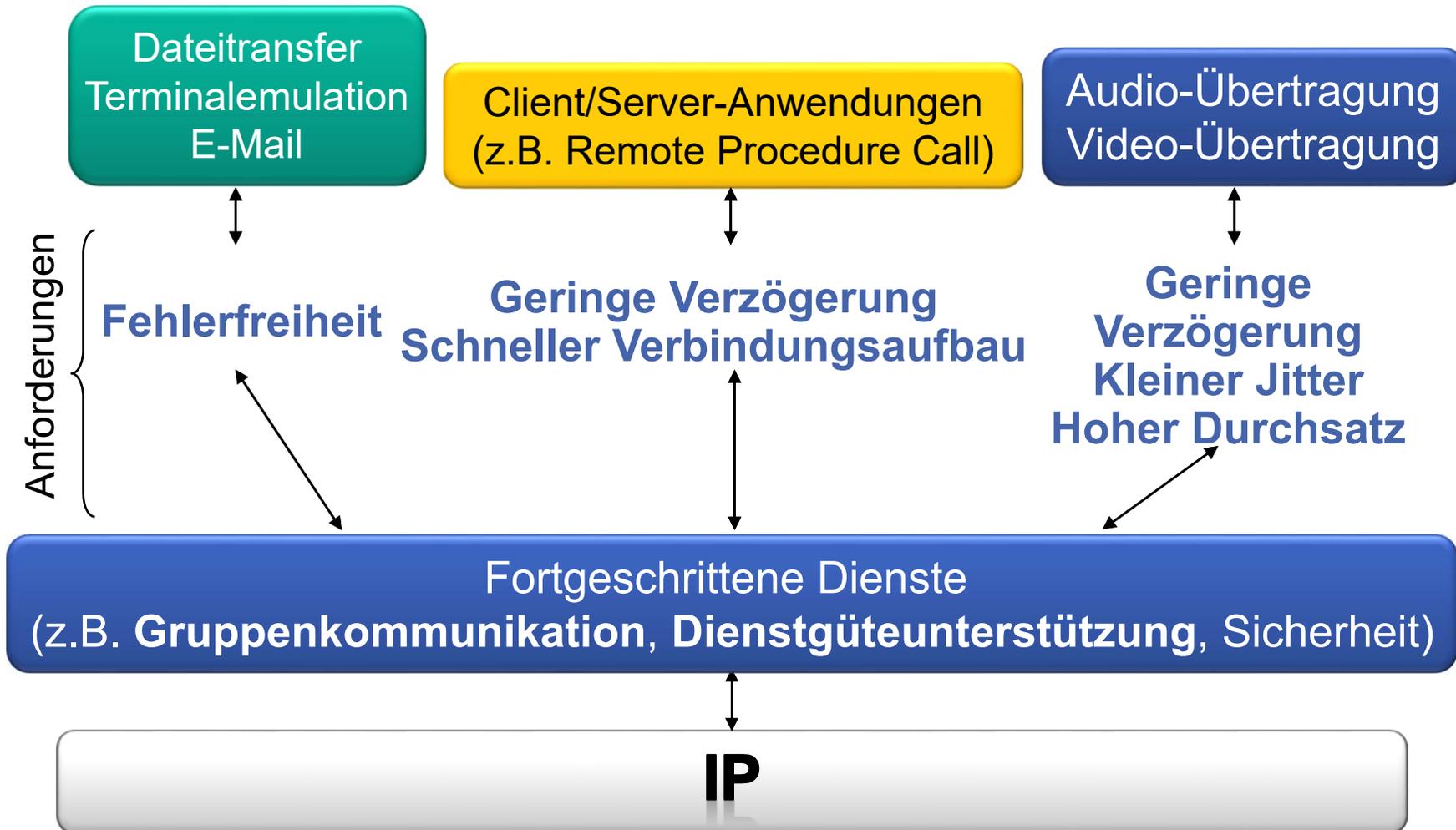
- Bandbreite
- akzeptabler Verlustrate



■ Transport über Best-Effort-basiertes Internet?

- keine Zusicherung über Paketlaufzeit
- keine Zusicherung über Paketzustellung

Unterschiedliche Anwendungsanforderungen



Anwendungsbeispiel

Gruppenkommunikation

- **Gruppenkommunikation** ist aus dem Alltagsleben bekannt
 - Informationsaustausch in einer Gruppe von Menschen
 - z.B. Gespräch bei einem gemeinsamen Abendessen
- Gruppenkommunikation wird zunehmend auch bei rechnergestützter Kommunikation gefordert
 - als Groupware bzw. Computer Supported Cooperative Work (CSCW) bezeichnet
- Anwendungsbeispiele rechnergestützter Gruppenkommunikation
 - Verteiltes Arbeiten in Teams
 - Videokonferenzen mit Whiteboard und Werkzeugen zur Abstimmung
 - Open Distance Learning / ELearning
 - Push-Technologien; gezielte Informationsverteilung
 - z.B. Wetterinformation, Nachrichten, Software
 - Auktionen
 - Verteilte Spiele



Anwendungsbeispiel

Verteilte Multiplayer Online Games

- Interaktion → Echtzeitanforderungen
- Internet bietet heutzutage noch **unzureichende Unterstützung für Dienstgüte**
 - Bandbreite ist momentan weniger das Problem, da leitungsvermittelte Wählzugänge beim Spieldesign vorgesehen
 - **Geringe Verzögerung wichtig**
 - je nach Spiel zwischen 150ms und 250ms Umlaufzeit noch akzeptabel
 - Bevorzugung des Echtzeitverkehrs
→ differenzierte Weiterleitung
 - Zahl der Nutzer pro Server limitiert → was passiert bei Massive Multiplayer Online Games?

Was ist dabei „Next Generation“ ?

■ Gruppenkommunikation

- Skalierbarkeit für große, heterogene, verteilte Gruppen?
- Heutzutage über Server oder Vollvermaschung realisiert
- **Multicast** ist ressourcenschonende Lösung
 - Multicast-Unterstützung keineswegs flächendeckend vorhanden
 - wird im Zuge von IP-TV teilweise betreiberintern eingesetzt
- Sicherheit?

■ Dienstgüte

- essentiell zur Unterstützung multimedialer Anwendungen
 - derzeit im Internet kaum unterstützt, schon gar nicht global
 - Probleme
 - Skalierbarkeit von Lösungen für globale Kommunikationssysteme
 - Fairness („Netzneutralität“), Gebühren, Management ...

Weitere Aspekte...

■ Flexibilität

- Einführung neuer Dienste **im Netz** wird heute eigentlich nicht unterstützt
 - Keine einfache Unterstützung in netzinternen Systemen
 - Kein breiter Einsatz von IPv6 und Multicast bisher

■ Mobilität und Multi-Homing



- Mobile IP nicht flächendeckend vorhanden; lässt viele Probleme offen
- Internet wird zur kritischen Infrastruktur, daher mehr Zuverlässigkeit erwünscht
 - Absicherung durch mehrfache Anbindung
 - Site-Multi-Homing
 - Wirft Probleme mit wachsenden Routingtabellen auf
 - Skalierbares Multi-Homing für IPv6 (Kap. 3)

Zusammenfassung

Im heutigen Internet fehlt Unterstützung für die Bereiche

■ Dienstgüte

- Notwendig für interaktive Anwendungen

■ Mobilität

- Noch nicht beim Entwurf des Internets berücksichtigt

■ Sicherheit

- Unerwünschter Datenverkehr, DDoS-Problematik

■ Skalierbares Site-Multi-Homing

- Notwendig zur zuverlässigen u. robusten Anbindung!

Schwerpunkte der Vorlesung

- Die Vorlesung konzentriert sich auf fortgeschrittene Internet-Techniken
 - „Neues“ zu IP
 - Probleme der heutigen Internet-Architektur, IP Version 6
 - Dienstgüte
 - Basismechanismen und verschiedene Internet-basierte Architekturen
 - Gruppenkommunikation
 - auf unterschiedlichen Ebenen von Kommunikationssystemen (z.B. Routing und Transport)
 - Flexible Netze
 - aktive und programmierbare Netze
 - Peer-to-Peer-Netze und –Anwendungen
 - Software-Defined Networking
- ... weiteres gibt's in anderen Vorlesungen



1.2 NGI: TM-Aktivitäten

- Management von Dienstgütemechanismen
 - Dienstgüte in virtuellen Netzen, für Industrie 4.0
 - Staukontrolle/Active Queue Management für 100+Gbit/s
- Selbstorganisation
 - Overlays/Peer-to-Peer in verschiedenen Projekten
 - Simulationsumgebung OverSim <http://oversim.org>
- Neue Netzarchitekturen
 - Komponentenbasierte Ansätze
 - Dienstkomposition
 - Netzvirtualisierung, SDN und Cloud Computing
- Immer **interessante SA/DA/BA/MA !!!**
 - Einfach mal im Institut vorbeikommen und informieren

Quality-of-Service Standard...

- ... und die Ideen des Instituts für Telematik werden eingesetzt!
 - Lower Effort PDB (Per Domain Behavior)  [RFC 3662]
 - „schlechtere“ Dienstklasse als Best Effort ?!?
 - Hintergrundverkehr (Peer-to-Peer-Netze, Backups, ständige Datenspiegelung, Multimedia-Verteildienste)
 - der normale Best-Effort-Verkehr soll nicht durch Massendaten beeinträchtigt werden (z.B. Testverkehr, nicht zeitkritische GRID-Daten)
 - dennoch keine Totalsperrung oder statische Limitierung bestimmter Dienste
 - sehr einfach aufzusetzen und zu administrieren
 - Fritzbox: Hintergrundanwendungen
- Revival: draft-ietf-tvswg-le-phb

Standardisierungsaktivitäten am Institut

Internet Engineering Task Force (IETF)

- Lower Effort PDB  [RFC 3662]
- Multicast in DiffServ-Netzen  [RFC 3754]
- QoS Signalisierung (Next Steps in Signaling WG)
 - Mitarbeit an Protokollentwürfen  [RFC 5978]
 - Implementierungen vorhanden
 - Interoperabilitätstests  [RFC 5981]
- P2P SIP
 - Implementierung des Basisprotokolls RELOAD
 - P2P NS (verteilter Namensdienst)
- Mobilitätsunterstützung im Internet
 - Optimierungen für MobileIPv6 (Early Binding Updates)
 - Credit Based Authorization (Anwendung in weiteren Protokollen)
 - NETLMM Security
- Active Queue Management

bwNet 100G+



- Begleitendes Forschungsprogramm zum 100G-Ausbau des Landeshochschulnetzes Belwue
- Unis: Ulm, Tübingen, KIT
- Flexible High Performance Plattform
 - Mit Software-Defined-Networking-Konzepten
- Themen u.a.
 - 100G Ende-zu-Ende-Transport
 - Transportprotokolle für 100G
 - Dienstgüte
 - Sicherheit

- Europäisches Projekt
 - Secure Networking for a Data Center Cloud in Europe
- Themen
 - Software-Defined Networking
 - Network Function Virtualization
 - Cloud Computing
- Multi-Paradigmen SDN
 - Content Centric Networks, Geocast, Publish Subscribe

Telematik-Infrastruktur

- Gigabit to the Desktop
- Router-/Cloud-Testbed
- SDN-Testbed
- 100 Gbit/s Testbed
- IPv6 im Wirkbetrieb
(seit über 16 Jahren!)
- Kaffee- bzw.
Espresso-maschine 😊



Homework!

Bitte lesen!

- [Clark88] D. Clark, *The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols*. Proc SIGCOMM 1988, Sept 1988.
<http://ccr.sigcomm.org/archive/1995/jan95/ccr-9501-clark.html>
- [SaRD81] J. Saltzer, D. Reed, and D. Clark, *End-To-End Arguments in System Design*. 2nd International Conf on Dist Systems, Paris France, April 1981. ACM Transactions in Computer Systems 2, 4, November, 1984, pages 277–288.
<http://web.mit.edu/Saltzer/www/publications/endtoend/endtoend.pdf>