

# Internet Technologien – Probleme, Konzepte, Perspektiven & Projekte

Einführung in Technik & Technologie vernetzter Systeme

Prof. Dr. Thomas Schmidt – [t.schmidt@haw-hamburg.de](mailto:t.schmidt@haw-hamburg.de)  
AG Internet Technologien - <http://inet.haw-hamburg.de>



# Organisation

- o Vorlesung ... wie üblich
- + Kurzdiskussionen zu relevanten Artikeln
  - + Alle lesen das `Paper der Woche`
  - + x-er Teams (9 Gruppen) präsentieren:
    - + 1 Slide mit Kernthesen des Papers
    - + 1 Slide mit Diskussionsfragen zu Kernthesen
- o Praktikum ... wie üblich in 2-er Teams
  - 2 Versuche für jeweils zwei Termine
  - Wettbewerb am Schluss
  - Anmeldung ggfs. bei Frau Behn



# Diese Vorlesung behandelt

## Advanced Inter-Networking

Wir wollen

- o Aktuellen Problemen begegnen
- o Standardlösungen verstehen
- o Methoden in Case Studies lernen



# Agenda

- 🕒 Ausgangssituation
- 🕒 Geschäftsmodelle und Akteure
- 🕒 Internet-Evolution vers. Revolution
- 🕒 Skalierungsprobleme
- 🕒 Strukturelle Sicherheit im Backbone
- 🕒 Mobilität: ID-Locator Split
- 🕒 Internet Rendezvous
- 🕒 Internet of Things



The background of the slide is a dense, repeating pattern of various mobile phones, including flip phones, candy-bar phones, and early smartphones, in various colors and orientations. The phones are semi-transparent and overlap each other, creating a textured, grid-like appearance.

Heute sind

- \* die meisten Kommunikationsgeräte Smartphones

- \* Mobil

- \* inzwischen IP-basiert

- \* Telefongespräche unattraktiv gegenüber  
„shared presence“ und Gruppendiensten

- \* BBC Umfrage (2005):  
Mehrheit der Britten unter 25 konsumieren BBC nur noch auf  
Mobiles

- \* 2011 (PewInternet Survey):  
65% der 'Online Adults' nutzen Social Networking Sites

# Morgen sind

- Mehr als 50 Milliarden IoT-Geräte am Netz
- Mehr als 11 Billionen \$ Umsatz (McKinsey) in Interoperabilität
- Industrie 4.0, Smart Cities, Smart Grids, Smart Homes, Smart Cars, Smart Bodies +++
- Mehr Daten als wir uns je vorstellen können

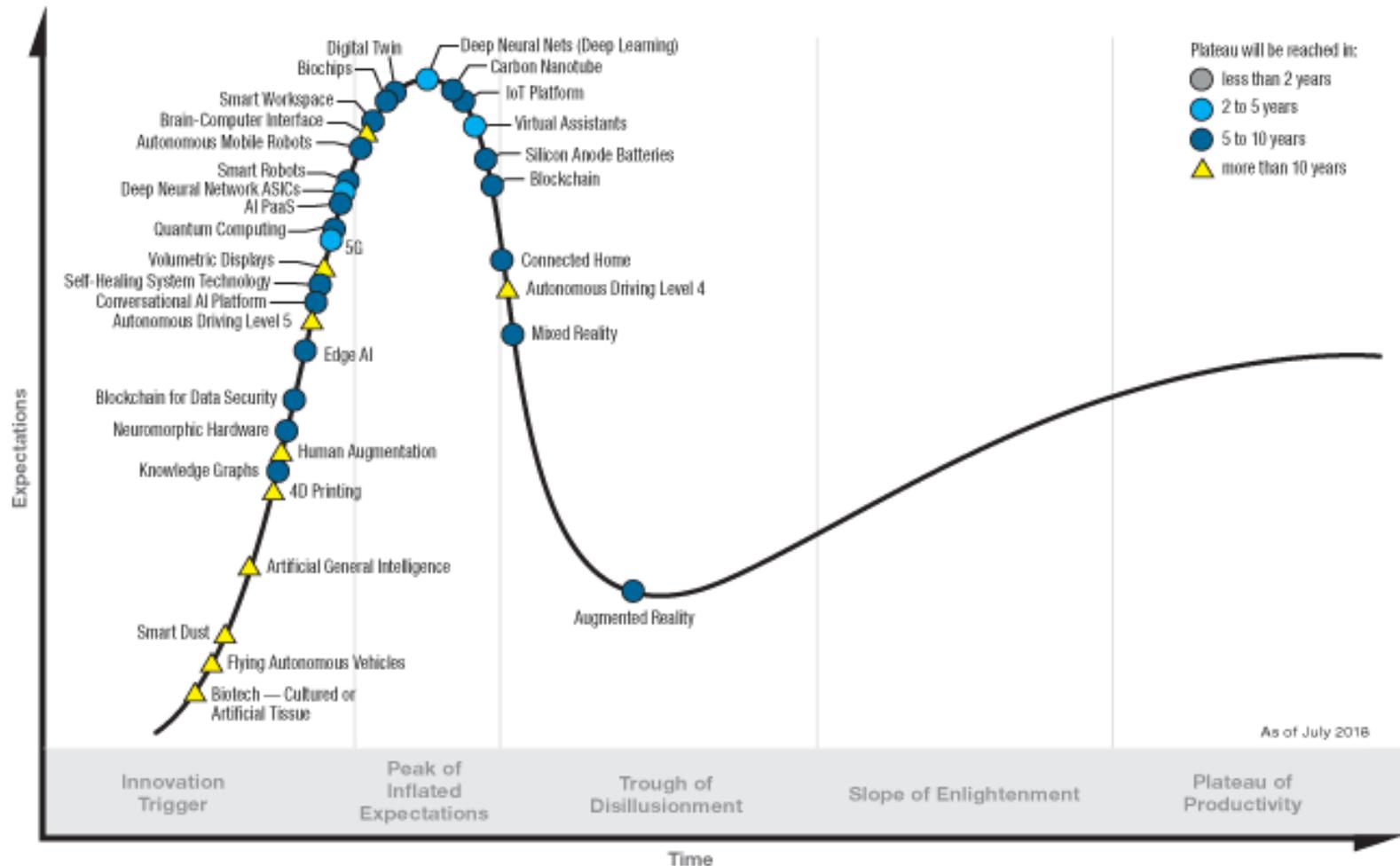


# Networking Research?

- o Netzwerke sind das Rückgrat des Computings
- o Fast alles in der Informatik ist netzbasiert
  - Distributed Computing
  - Big Data
  - Cloud Computing
  - Internet of Things
  - Smart Cities, Cars, Homes, ...
- o Netzwerk-orientierte Firmen gehören zu den wertvollsten
  - Apple wurde erst mit dem iPhone wirklich wertvoll



# Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018



[gartner.com/SmarterWithGartner](https://gartner.com/SmarterWithGartner)

Source: Gartner (August 2018)  
 © 2018 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved.



# Was bedeutet Smart?

In den alten Tagen:

- „Kann denken“ → Computing, KI
- „Kann erinnern“ → Storage, Datenbanken

Heute:

- „Kann schnell finden“ → irgendwo
- „Kann delegieren“ → irgendwem
- „Can Connect“ → überall





The network is the  
computer



John Gage, Sun Microsystems, 1984

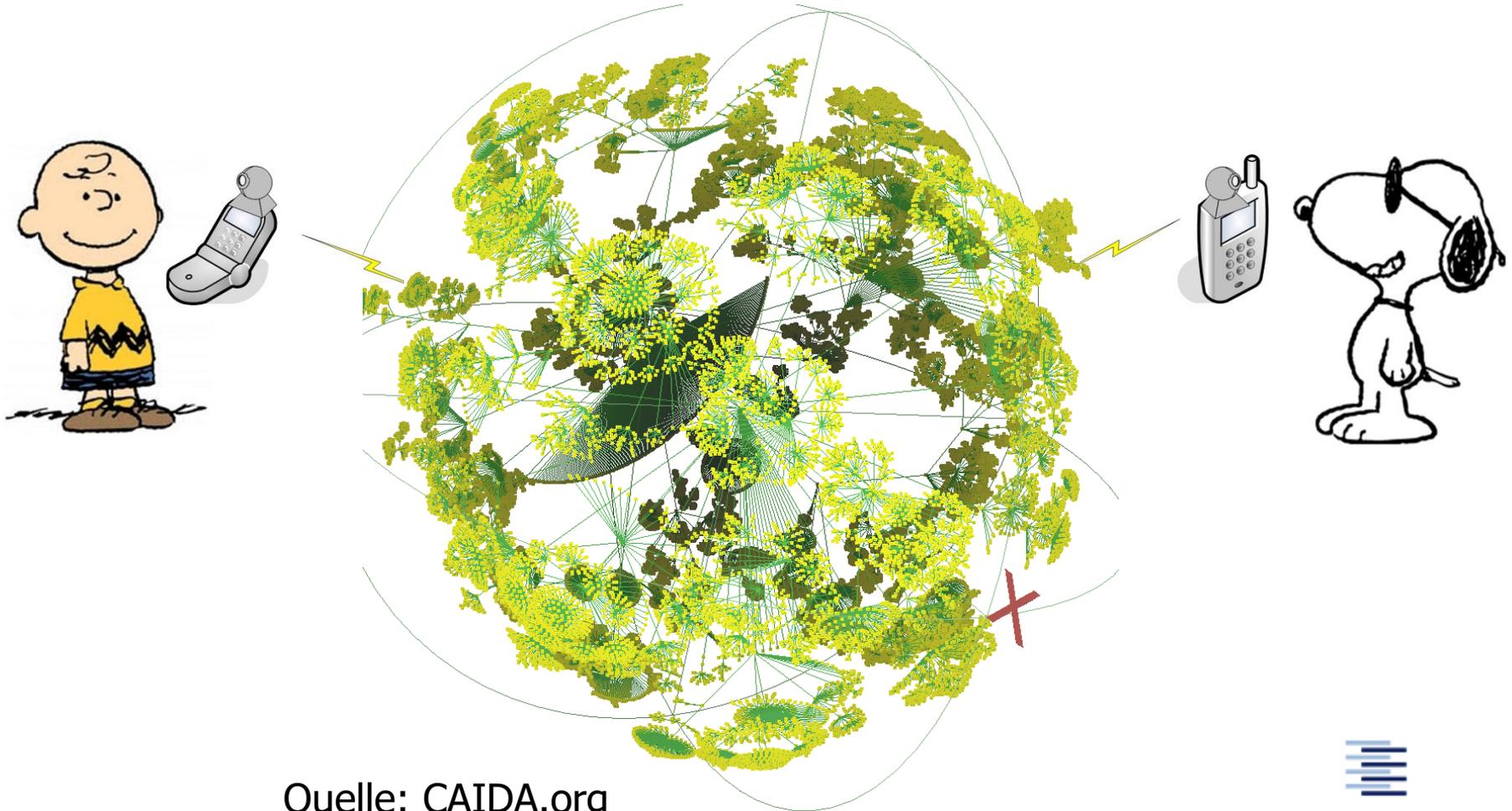
# Konsenzpunkt Konvergenz

- o Konvergenz der Netze
- o Konvergenz der Endgeräte
- o Konvergenz der Dienste

➔ Konvergenzpunkt: Das Internet Protokoll IP



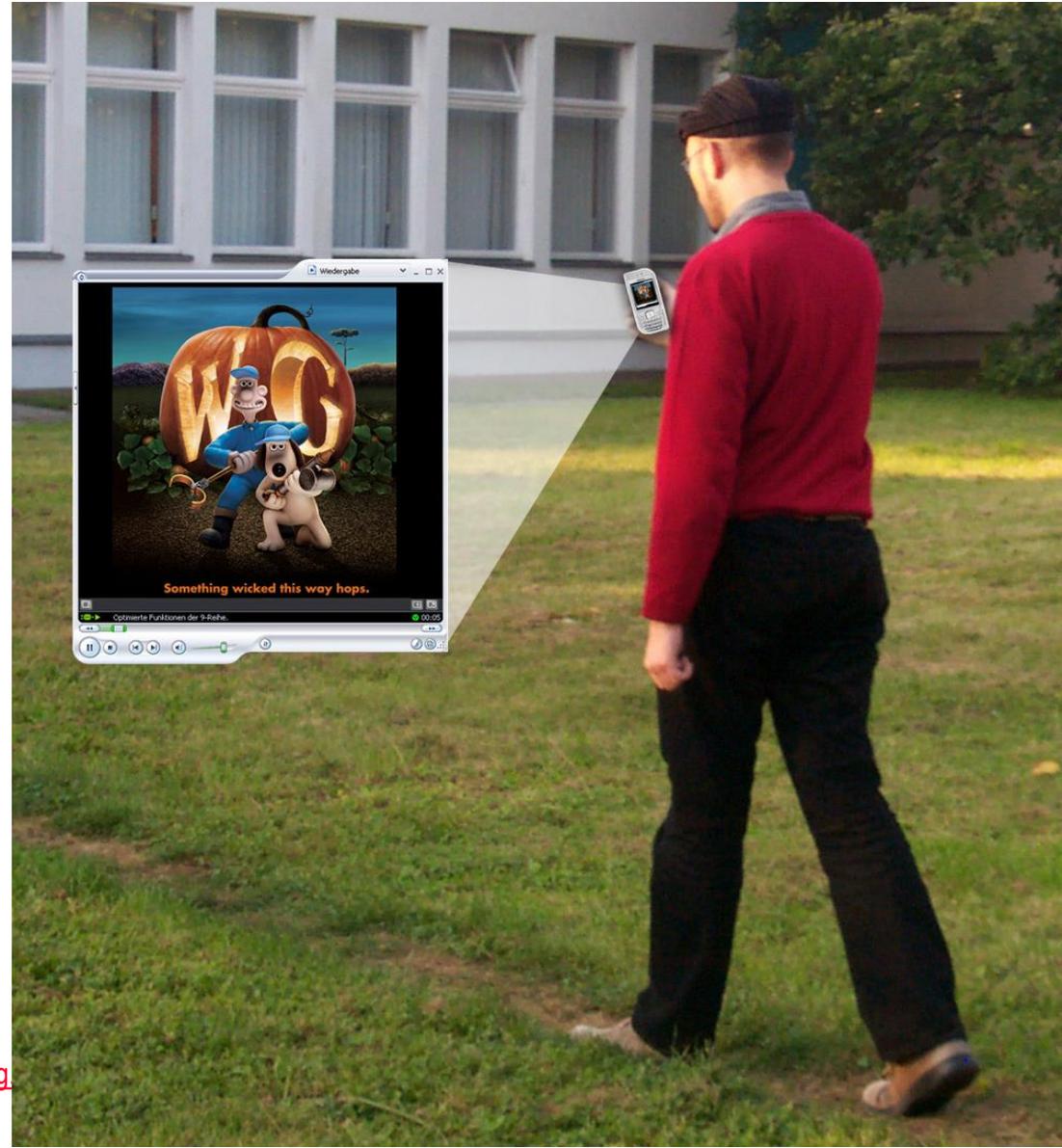
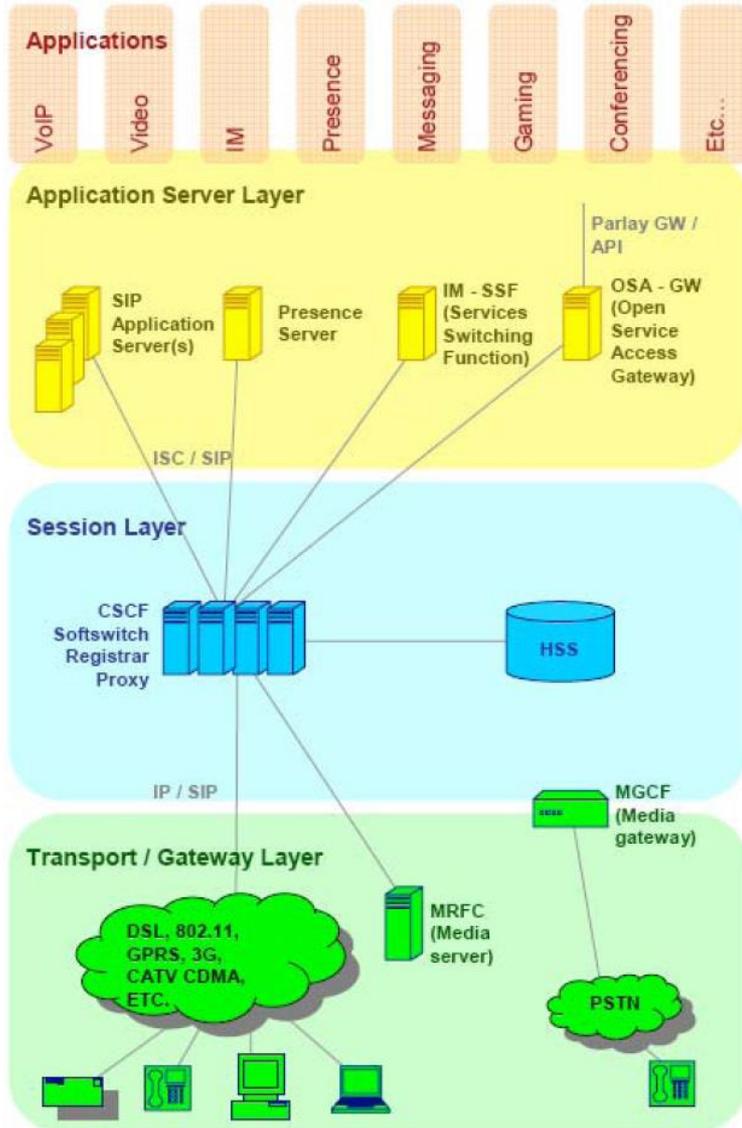
# Perspektivwechsel



Quelle: CAIDA.org



# Perspektivwechsel



# Das Problem der Geschäftsmodelle

Das Internet hat durch seine universelle, offene und globale Natur viele tradierte Geschäftsfelder bedroht:

- ▶ Proprietäre Kommunikationsdienste

Aber auch viele neue Geschäftsfelder eröffnet

- ▶ Aufbruch des Pareto-Gesetzes / „Living on the long tail“
- ▶ Indirekte „Multiparty Modelle“



# Geschäftsmodelle als Problem für das Internet?

- o Das Internet Ökosystem verändert sich ständig
  - Am Rand (Internet Edge)
  - Im Kern (Internet Core)
  - In den Angeboten (OTT: Over The Top)
  - In der Nutzung
  - Im Missbrauch
- o Die Internet-Wirtschaft altert – mit Monopolisierungstendenzen



# Ursprüngliche Internet Hierarchien

## Peering Hierarchy

## Business Relations

Tier 1: Global Internet Core

Settlement Free

Tier 2: National/Regional ISPs

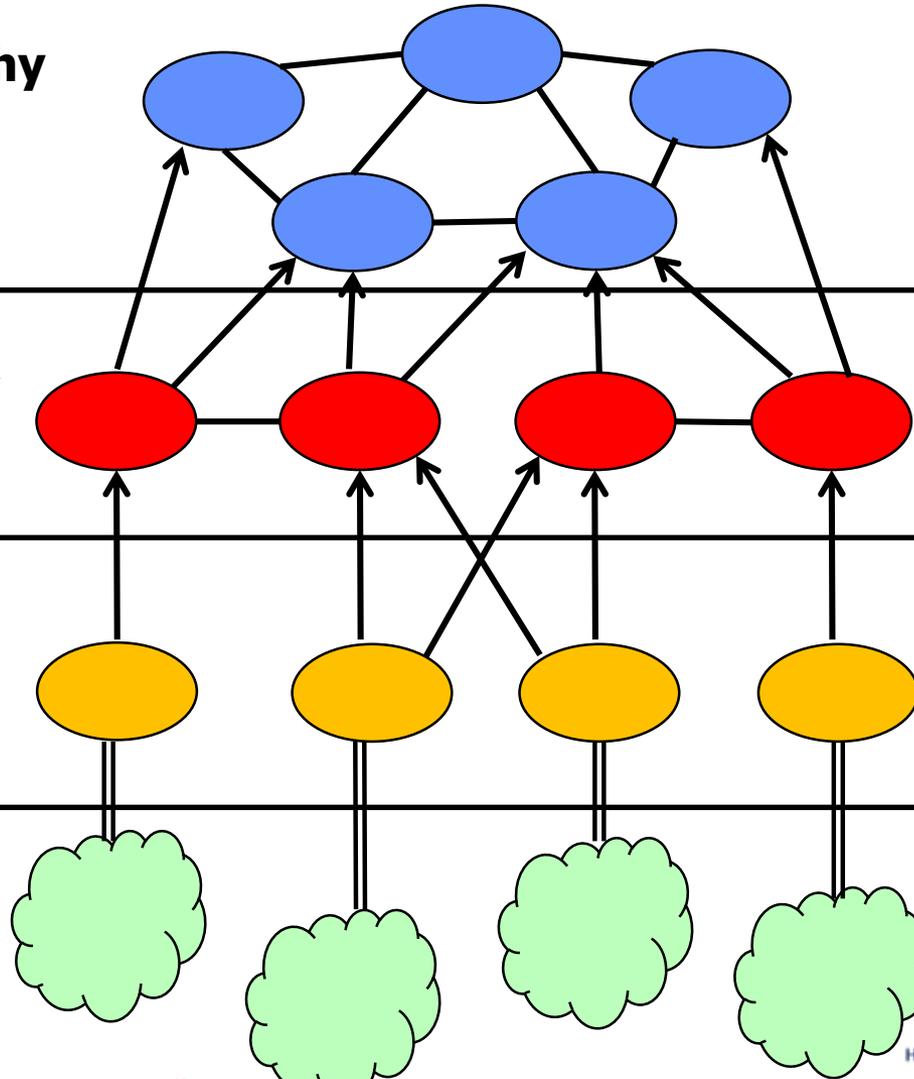
Pay for BW

Tier 3: Stub Networks, Local Eyeballs

Pay for Upstream

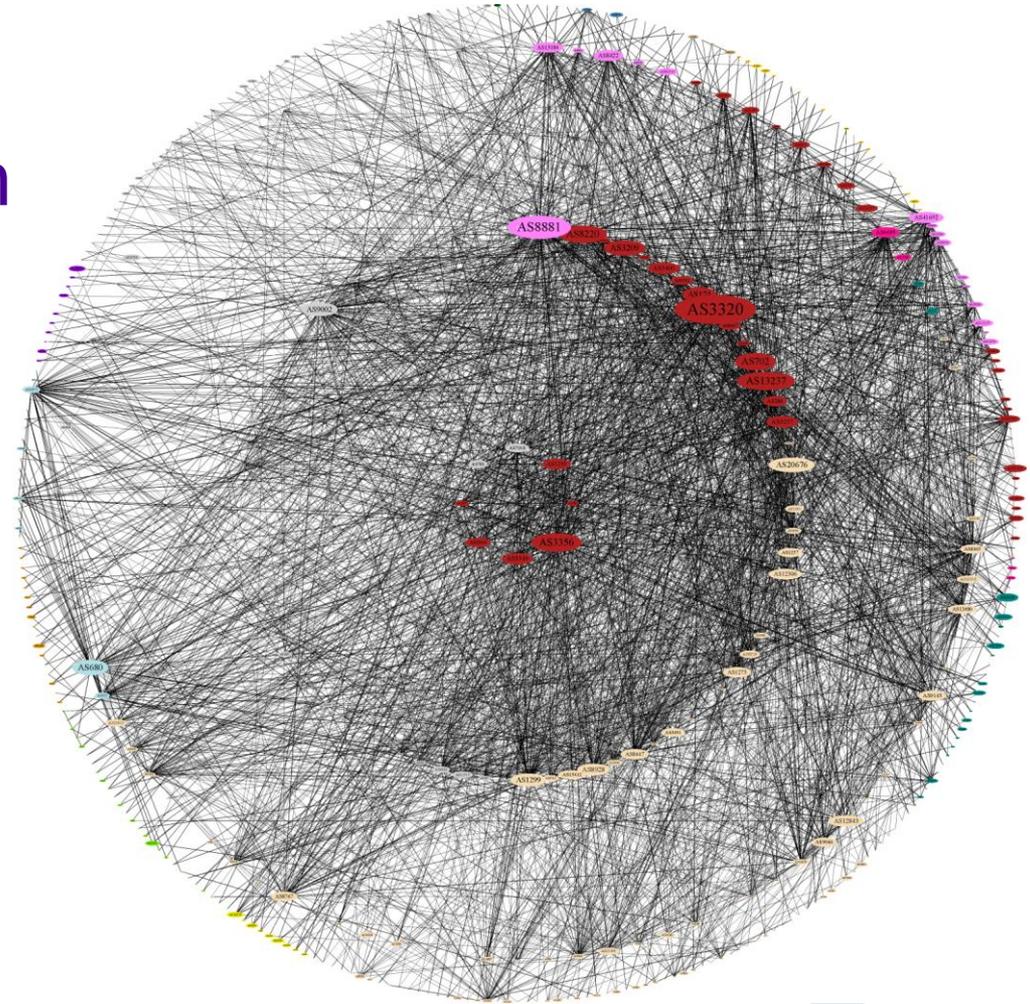
Customer IP Networks (without ASN)

Pay for Access

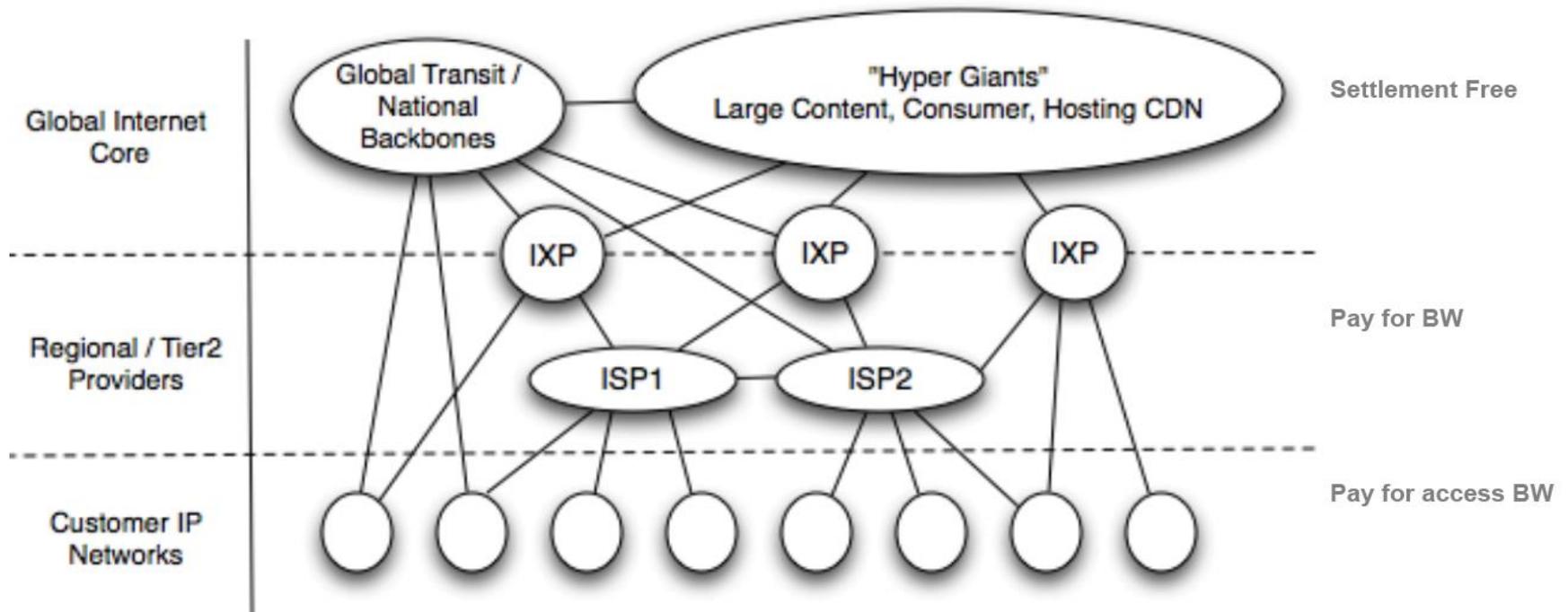


# Routing Analyse

o Wenige topologisch herausstehende Provider in Deutschland



# Abflachende Internet-Topologie



Quelle: G. Labovitz, et al.: Internet Inter-Domain Traffic, SIGComm 2010

# Internet Core

- o IXPs: Große wachsen überregional/transkontinental
  - Ausdehnung der L2 Infrastruktur reduziert Hops, birgt aber hohe Geschäftsrisiken durch Infrastrukturkosten
  - Peering an (großen) IXPs wird teurer
- o Tier1/große ISPs: Hohe Kapazitäten im privaten Peering
  - Ausbau und Ausnutzung globaler Präsenz und Infrastruktur, Fusionen
  - Teilweise: Erschließung großer Internet-Zugangsmärkte (Eyeballs)
  - Kundenbasis als Grundlage für Paid Peering



# Internet Edge

- o Marktfenster für Eyeballs: Zahl der Endkunden
  - Großer Kundenzugang definiert Marktstellung
  - Regulierung gegen Monopole in der Zugangsinfrastruktur: Last Mile & Funk-Frequenzen
- o Leistung am Internet-Rand wächst überproportional
  - Bandbreite, Rechnerleistung, Zahl der Engeräte
  - Signifikante Bedrohungsquelle: Botnets/Exploits, DDoS (Gamer)



# Beispiel: IoT Edge

- o Massives Aufkommen von vernetzten Controllern
  - Meist (sehr) ressourcenbeschränkt
  - Kostenoptimiert – wenig qualitätsoptimiert
  - Protokolle meist UDP-basiert, schwach gesichert (ICS), hoher Amplifikationsfaktor (COAP, MQTT-SN)
- o Heterogene Deployment-Optionen in 5G Funknetzen
  - Vertical Slices
  - Erwartet: Industrial/OEM private Networks
  - Neue Anforderungen an Daten-Sicherheit und Privatheit (Autonomes Fahren)



# OTT Content-Verteilung

- o Internet Content-Popularität ist Zipf-verteilt
  - Populäre Inhalte können in Caches gehalten werden
- o Content-Verteilung ist dominiert von den ‚großen Sieben‘:  
Akamai, Amazon, Apple, Facebook, Google, Microsoft, Netflix
  - Alle großen Provider haben eigene CDNs aufgebaut
  - Deployment-Modelle: Eigene Verteil-ASNs, Edge Caches, MULTI-CDNS
  - Tendenz zum Rand vorzudringen
- o Pervasive Encryption verhindert Caching bei ISPs
  - CDNI Initiative gescheitert



# Marktstrategien der Content Provider

- o Dominanz der IT-Infrastrukturen
  - Wenige (Content) Provider verfügen über dominierende (Cloud) Infrastrukturen
- o Kontrolle von Basisinfrastruktur
  - Eigene Kabel- und Funknetzprojekte
  - Beteiligung an Kabelnetzbetreibern
- o Kontrolle über Endsysteme
  - Betriebssysteme, Browser
  - Deployment-Hoheit E2E
- o Wirkung: ISPs geraten in Sandwich-Position

## Amazon

- **Hawaiki** (major capacity buyer)
- **JUPITER** (part owner)

## Facebook

- **AEConnect** (major capacity buyer)
- **Asia Pacific Gateway (APG)** (part owner)
- **MAREA** (part owner)
- **Pacific Light Cable Network (PLCN)** (part owner)
- **JUPITER** (part owner)

## Google

- **FASTER** (part owner)
- **INDIGO-Central** (part owner)
- **INDIGO-West** (part owner)
- **Junior** (sole owner)
- **Monet** (part owner)
- **Pacific Light Cable Network (PLCN)** (part owner)
- **Southeast Asia Japan Cable (SJC)** (part owner)
- **Tannat** (part owner)
- **Unity/EAC Pacific** (part owner)

## Microsoft

- **AEConnect** (major capacity buyer)
- **Hibernia Express** (major capacity buyer)
- **New Cross Pacific (NCP) Cable System** (part owner)
- **MAREA** (part owner)

<https://blog.telegeography.com/telegeographys-content-providers-submarine-cable-holdings-list>



# Neue Dienste und Protokolle

Das Snowden/NSA Trauma prägt aktuelle Designentscheidungen

- Pervasive E2E Encryption und Obfuscation

## 1. Quic

- Verhindert Flussidentifikation durch Verbindungsmultiplexing sowie Verschleierung von Connection ID und Source Port

## 2. DoH

- Zentralisiert Namensauflösung über (Browser-gesteuerte) Serverwahl und verhindert Optimierungen (aber auch Blockaden) der Access Provider

## 3. CT

- Zentralisiert Zertifikatsinformationen



# Konsolidierung: Wirtschaftliche und gesellschaftliche Konsequenzen

- o Monopolisierte Netz- und Dienste-Infrastrukturen akkumulieren Informationen
  - Kommunikationsbeziehungen
  - Inhalte (aus Dienstnutzungen)
  - Verhalten von Anwendern und Maschinen
- o Massendatenanalyse:
  - Personalisierte Werbung und weitere Schlussfolgerungen
- o Informationsmonopolisierung erzeugt Informationsasymmetrie
  - Hoher wirtschaftlicher Mehrwert für OTTs
  - Pervasive E2E Encryption stärkt diese Position



# Treffpunkt Internet

## o Kernkonzept:

- Klarheit & Offenheit
- Globale Ideenschmiede

## o Innovationszustand divergent:

- Layer 5+: **Infrastrukturungebunden**,  
rasches Deployment beispielloser Erfolgsgeschichten
- Layer 3+/-: **Infrastrukturgebunden**,  
Carrier/ISP Deployment verhalten bis ablehnend

## o Problem: Innovationsentkoppelung

- Erfindungen richten sich gegen die Carrier (STUN, DHTs, ...)
- Historischer Streit: ‚Internet Community‘ versus ‚Bell Heads‘



# Das Internet Entwicklungsproblem

Die Kerninnovation des Internet Protokolls liegt in der Definition und Implementierung *einer adaptiven Netzwerkabstraktion im Ende-zu-Ende Design*. Diese erlaubt beliebigen Anwendungen, implizit mit der Leistungskraft der zugrundeliegenden Übertragungstechnologien zu kommunizieren, ohne explizit nach ihren technologischen Merkmalen gestaltet zu sein. Problem: Die **Einzigartigkeit** – Änderungen sind kaum möglich, ohne das Gesamtkonzept aufzugeben.



# Internet – Technologie (v6)

- o Global, transparent, Ende-zu-Ende
- o Dienstoffen, providerneutral, technologie-integrierend
- o Selbstkonsistente Sicherheitsmechanismen
- o Transparente, sichere Mobilitätsunterstützung
- o Globale Gruppenkommunikation
- o P2P Technologien
- o SIP, Peer-to-Peer SIP
- o Service Guides zur Autokonfiguration
- o **Anwendungsoffen**



# Der Video Tsunami

HOME PAGE MY TIMES TODAY'S PAPER VIDEO MOST POPULAR TIMES TOPICS

**The New York Times** **Technology**

WORLD U.S. N.Y. / REGION BUSINESS TECHNOLOGY SCIENCE HEALTH SPORTS OPINION

**Search** Tech News & 8,000+ Products

**Browse Products** -- Select a Product Category --

## Video Road Hogs Stir Fear of Internet Traffic Jam

By **STEVE LOHR**  
Published: March 13, 2008

Caution: Heavy Internet traffic ahead. Delays possible.

**Multimedia**



For months there has been a rising chorus of alarm about the surging growth in the amount of data flying across the Internet. The threat, according to some industry groups,

- E-MAIL
- PRINT
- SINGLE PAGE
- REPRINTS
- SAVE
- SHARE

# Audio + Video im Internet?

Eine lange Geschichte:

1981 – Packet Video Protocol (PVP), ISI/USC

1990 – Internet Stream Protocol II – IPv5 (RFC 1190)

1991 – Erste Videokonferenz im DARTnet

1992 – Casner/Deering (ACM SIGCOMM CCR):

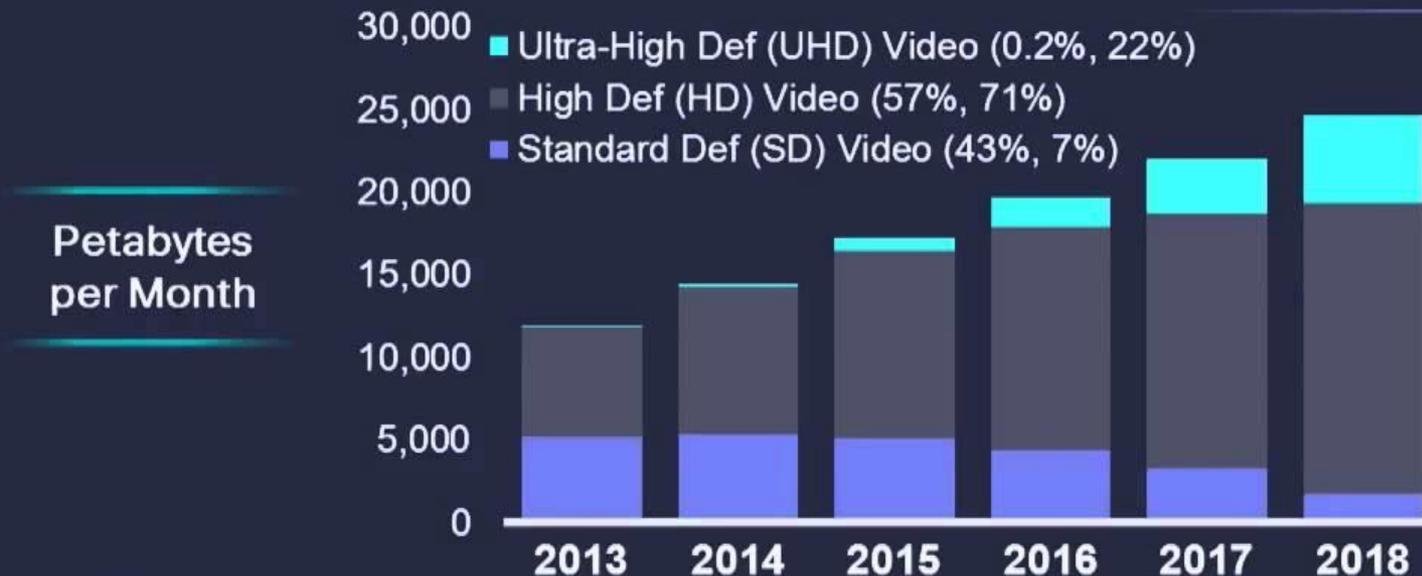
„At the March, 1992 meeting of the Internet Engineering Task Force (IETF) in San Diego, live audio from several sessions of the meeting was "audiocast" using multicast packet transmission from the IETF site over the Internet to participants at 20 sites on three continents spanning 16 time zones.“

# Datenentwicklung im Internet

## Growing Definition of Global IP VOD

Ultra-HD IP VOD Will Account for 22% of VOD Traffic in 2018

16% CAGR 2013-2018



\* Figures (n) refer to 2013, 2018 traffic share

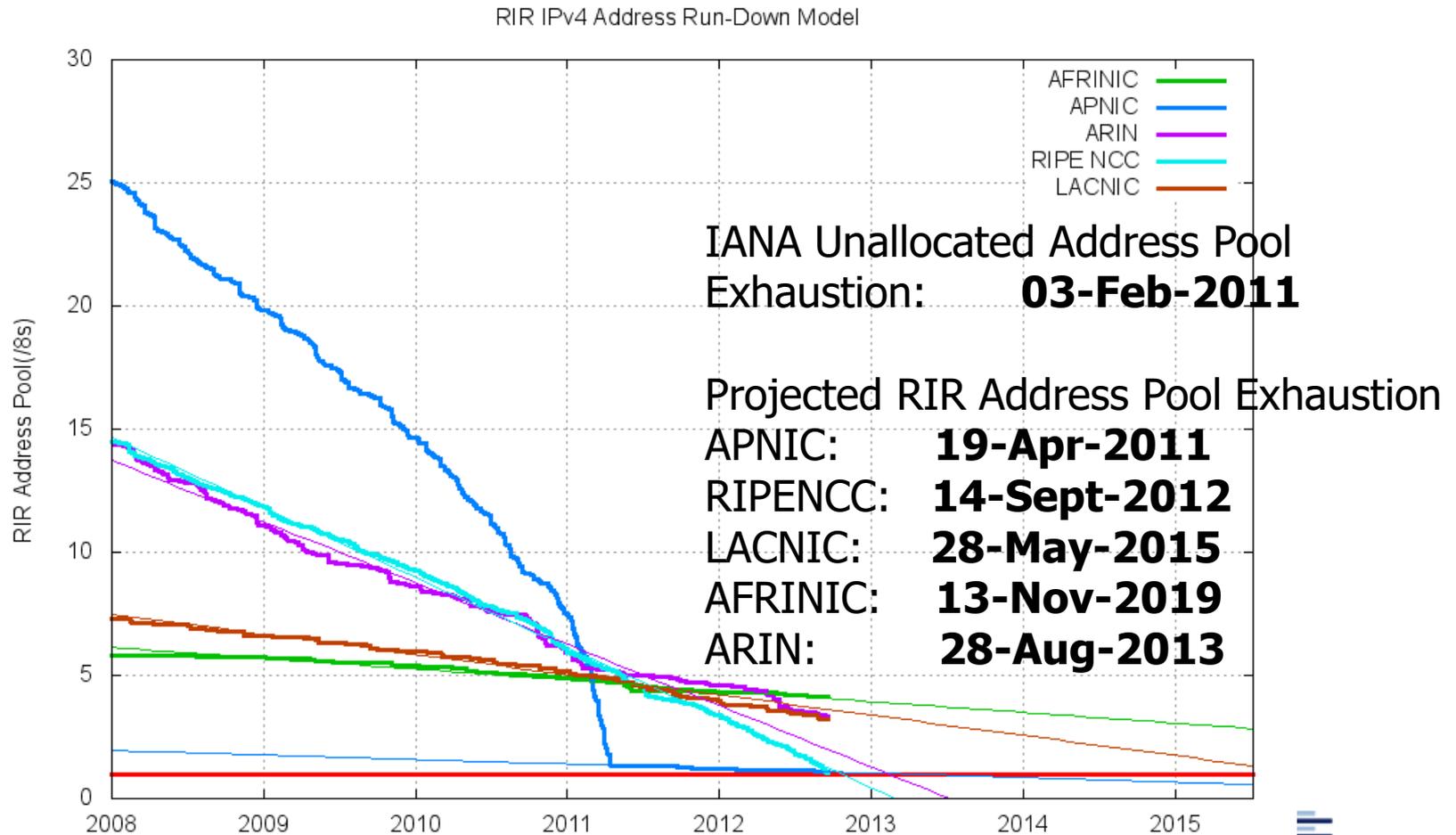
Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2013-2018

© 2013-2014 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved.

Cisco Confidential

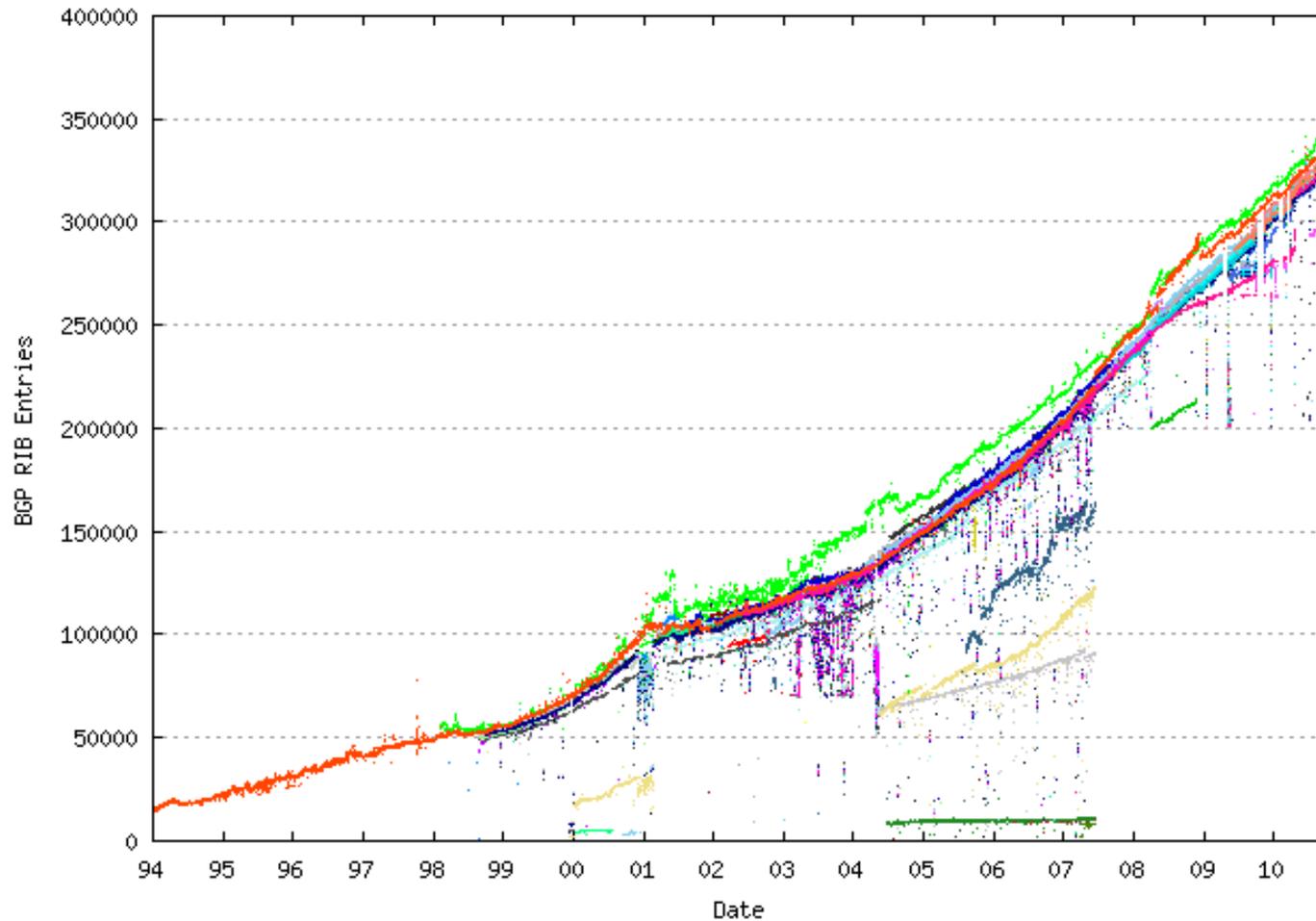
5

# Adressverbrauch ...



Quelle: Geoff Huston, <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/> Stand September 2012

# Routing Tables



# Das Internet-Skalierungsproblem

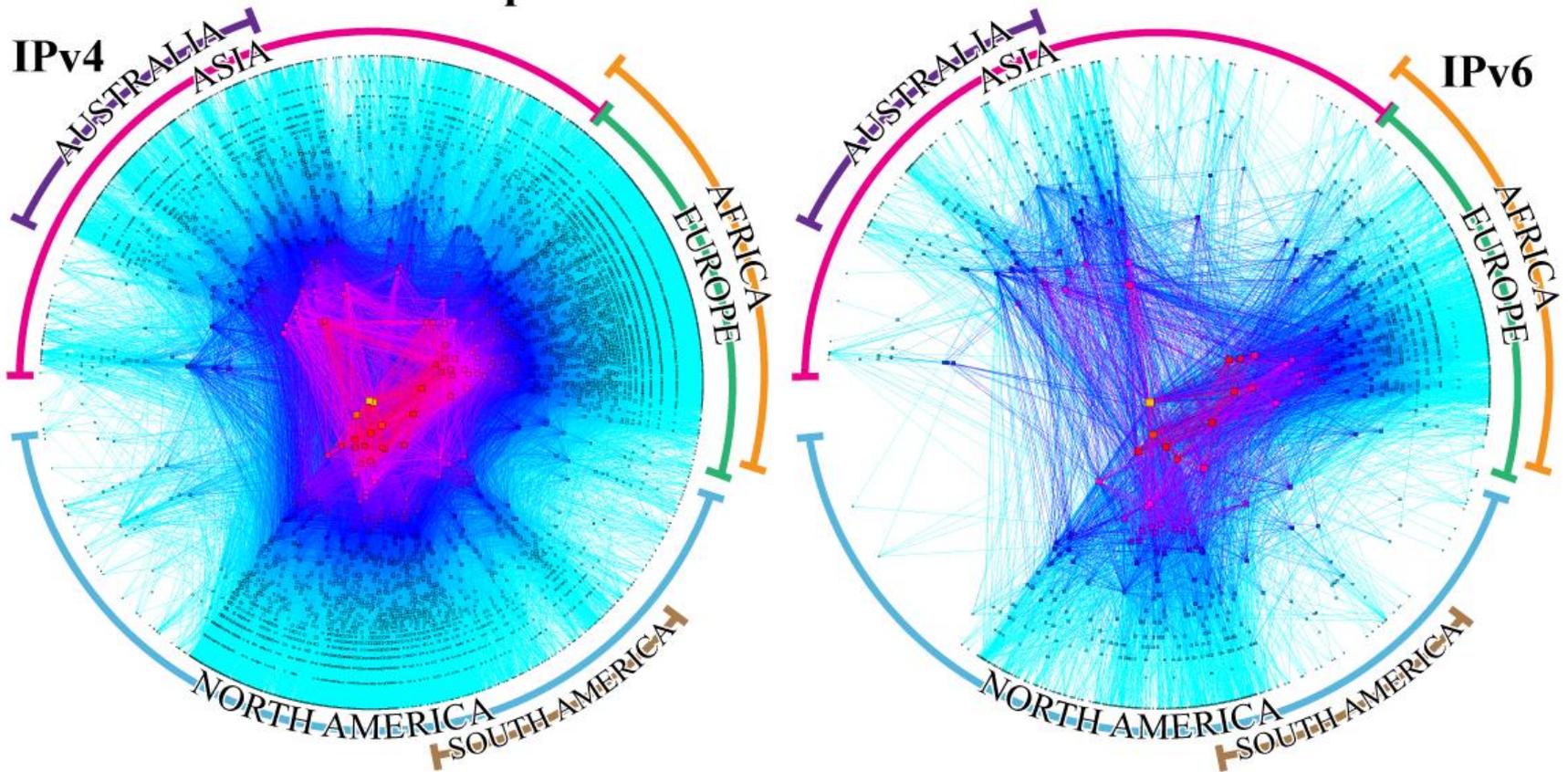
- o Exponentielles Teilnehmerwachstum seit Jahrzehnten (!) stellt die „Schwachpunkte“ der Architektur frei
- o Kernproblem: Adressierung & Routing



# Die Internet-Topologie

CAIDA's IPv4 & IPv6 AS Core  
AS-level INTERNET Graph

Archipelago  
Jan 2013



Copyright 2013 UC Regents. All rights reserved.

# “A Third of the Internet is Under Attack” – Caida 2017

- o Spoofing
- o DDoS
- o Botnets
- o Interception
- o Fraud
- o ...



# Zielstellung: Sicherung kritischer Infrastruktur

... Analyse zum Schutz des Internets in  
Deutschland

*Peeroskop, 2011 ☺*

ZEIT  ONLINE uen ...



**NSA-ENTHÜLLUNGEN**

**Und Volker Kauder will ein deutsches  
Internet**

06.09.2013 ... Ende doch von einem  
Unionspolitiker. Fraktionschef Volker Kauder hat  
in einem Video-Interview mit Schülern,  
organisiert von der Rhein-Zeitung, einen Rückzug  
in eine Art **deutsches Internet** vorgeschlagen. Er  
sagte: "Was ich gerne hätte — in Frankreich ...

*Gibt es so etwas überhaupt??*

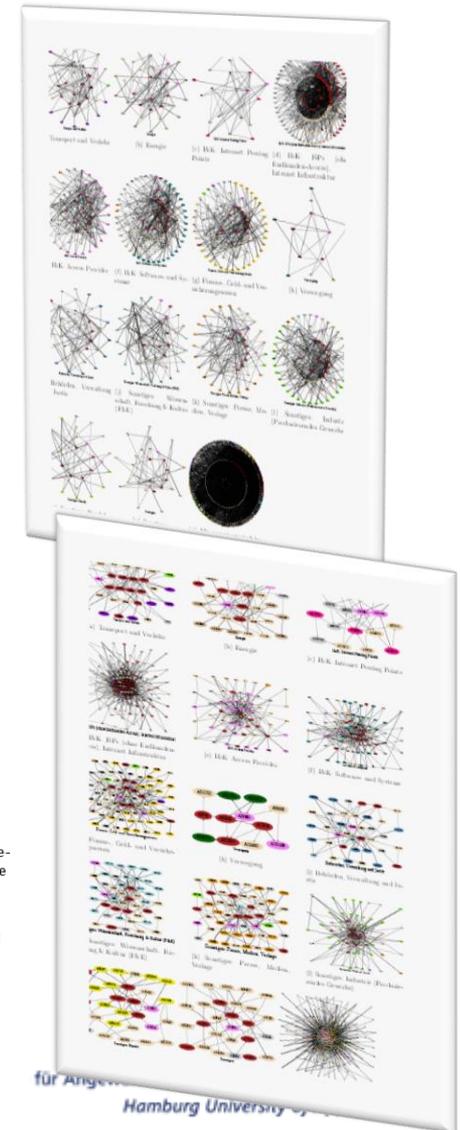
# Das Sicherheitsproblem des Internets aus Landessicht

- o Das Internet ist heute eine funktionskritische Landesinfrastruktur
- o Problem: Landes-zentrische Sicht des Internets:
  - Ist eine nationale Klassifizierung sinnvoll möglich?
  - Inwieweit lässt sich das IP-Routing national abgrenzen?
  - Wie sind die strukturellen Abhängigkeit des nationalen Netzes und dessen Robustheit beschaffen?
  - Wie abhängig ist die Landesnetzinfrastruktur von internationalem (länderspezifischen) Transport?
  - Wie kann das nationale Backbone gegen internationale Angriffe und „Routen-Entführung“ geschützt werden?



# Bilder vom 'deutschen' Internet

- o Visualisierung mittels GraphViz
- o Automatisierte Produktion unterschiedlicher Sichten
  - Routing-Hierarchien
  - Strukturminimierungen
  - Kommunikationsflüsse



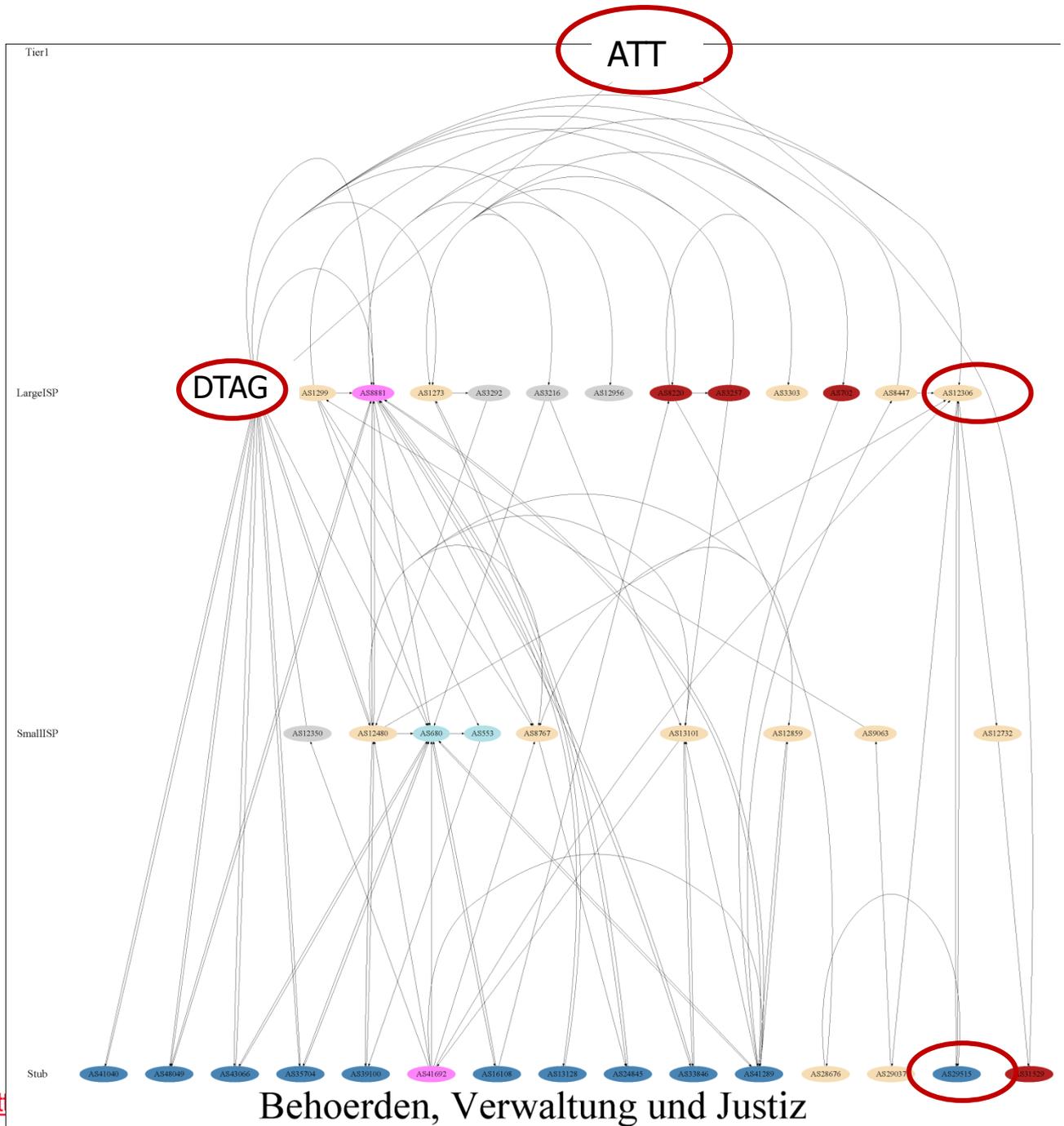
	I&K: ISPs (ohne Endkunden-Access), Internet Infrastruktur		I&K: Internet Peering Points		I&K: Access Provider		I&K: Software- und Systeme
	Behörden, Verwaltung und Justiz		Energie		Transport und Verkehr		Versorgung
	Sonstiges: Presse, Medien, Verlage		Sonstiges: Medizinwesen (Krankenkassen, Krankenhäuser etc.)		Sonstiges: Wissenschaft, Forschung & Kultur (F&E)		Sonstiges
	Sonstiges: Handel		Sonstiges: Industrie (Produzierendes Gewerbe)		Finanz-, Geld- und Versicherungswesen		Nicht-DE

# Routing Hierarchie: Behörden, Verwaltung, Justiz

Hauptsächlich verbunden via DTAG & Versatel

Aber:

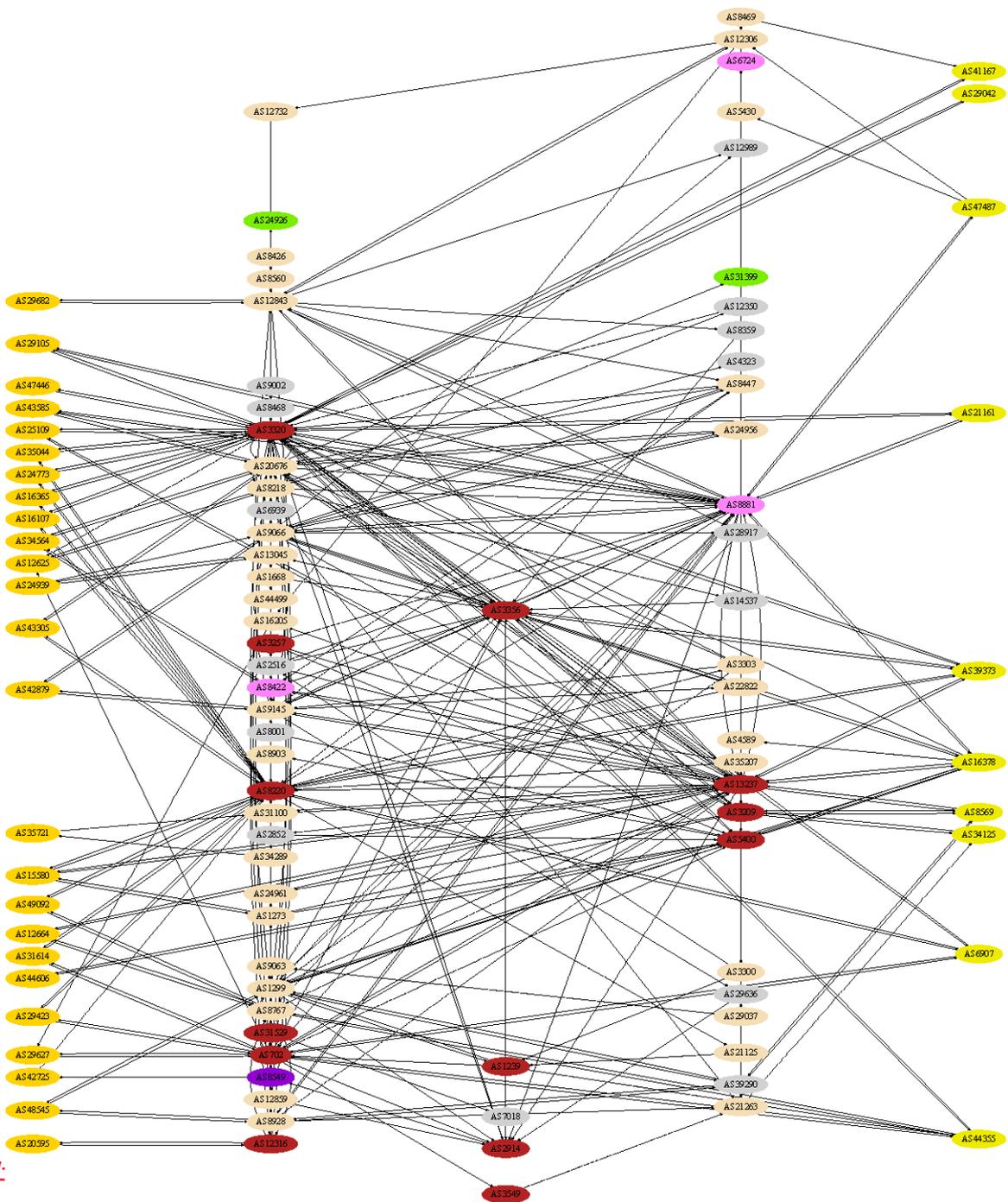
- Kleine Gruppe benutzt Plusline als Upstream ISP, welcher AT&T als Transit benutzt



Behörden, Verwaltung und Justiz



# Kommunikationsflüsse: Finanzen - Handel



# Leistungspotentiale des Internets

- Schlüsseltechnologien:
  - o Mobilität
  - o Echtzeitfähigkeit
  - o Gruppenkommunikation



# Mobile IPv6

- o RFC 3775 (Juni `04), jetzt RFC 6275 (Juli `11)
- o Ende-zu-Ende Mobilitätstransparenz
- o Autonom, selbstkonfigurierend
- o Routen-Optimierung
- o Weitgehend implementiert
- o Geringes Deployment: PMIPv6 bevorzugt
- ➔ **Echtzeit-Problem: Handover Latenzen**



# ID-Locator Problem

IP-Pakete werden an **Zieladressen** gesendet.

Diese bezeichnen

o den Empfänger (**w**er es ist)

o den Ort des Empfängers (**w**o es ist)

**Aber: Mobile Knoten ändern ihren Ort !**



# Das Rendezvous-Problem

Wie können sich (einander unbekannte)  
Teilnehmer im globalen Netz finden?

o ohne zentrale Indexierung (Google)

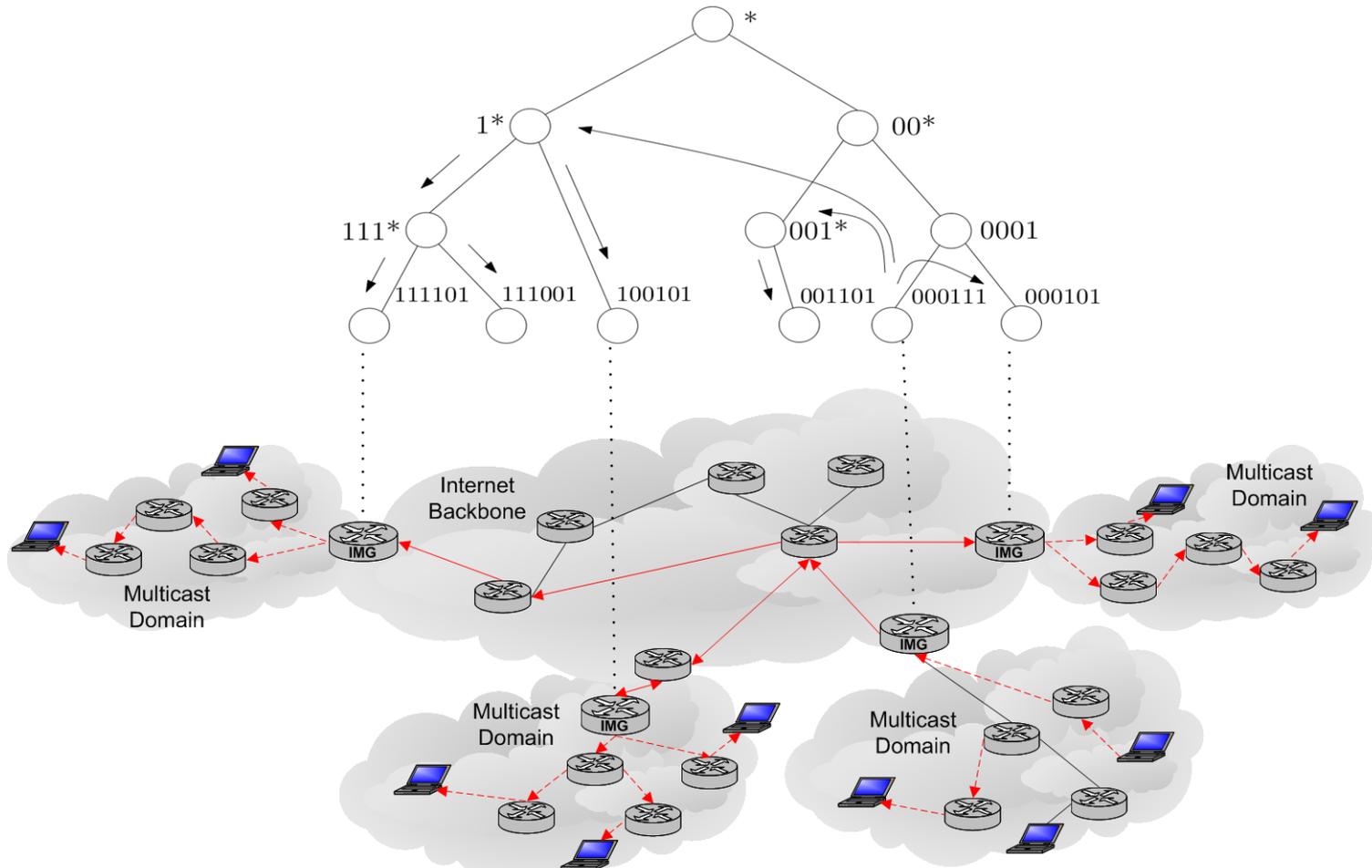
o ohne globale Wissensbasis (BGP)

o ohne zentralen Rendezvous-Punkt (PIM)

o ohne (unbegrenzten) Broadcast



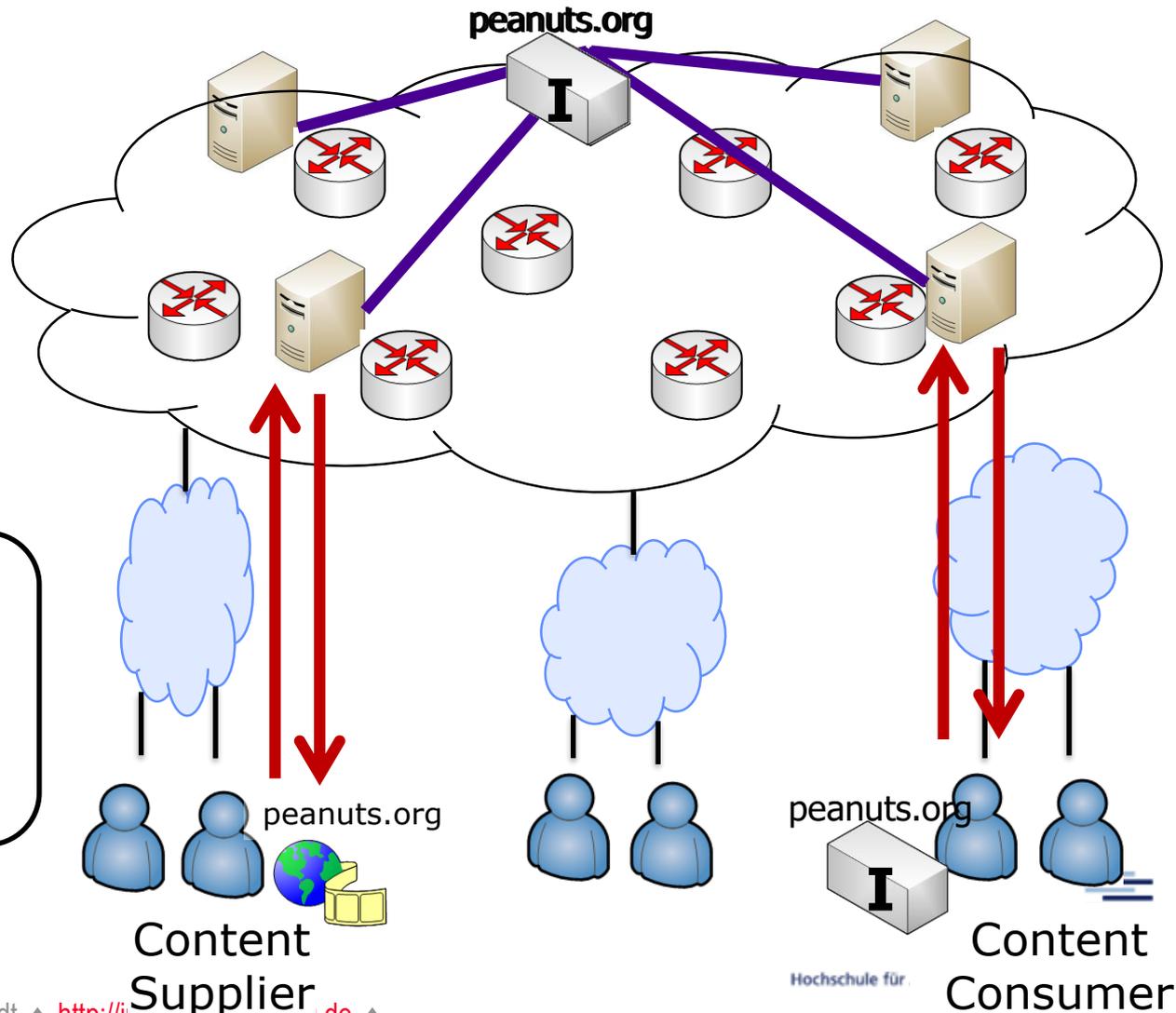
# Partial Flooding of Shared Virtual Tree



# Future: Routing to Content

Core:  
Bidirectional  
Shared Tree  
(aka BIDIR PIM)

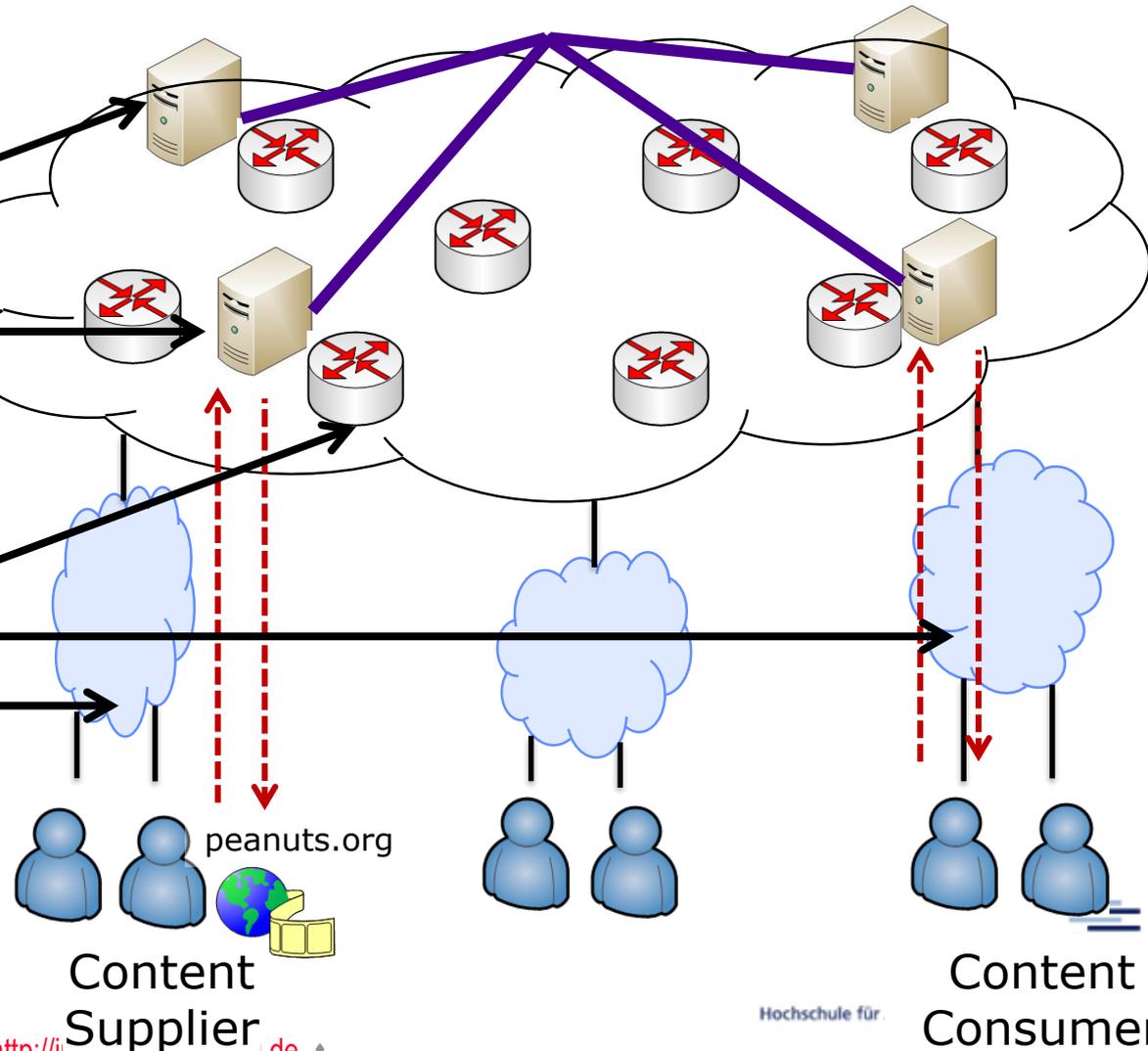
Supplier:  
Registers Name  
at Content Store



# In-Network Storage (Caching)

Off-path Caching:  
Content Stores at  
Upper Tier

On-path Caching:  
Arbitrary Routers



# Internet of Things

## o Sehr viele, sehr kleine Systeme

- Ohne User-Interface
- Machine-to-Machine Kommunikation
- Batterielebensdauer häufig limitierende Ressource
- Schlüsselprobleme: Identität und Authentizität

## o Anwendungsfelder entstehen ständig

- SmartGrids & SmartHomes
- Verteilte Sensorik (Wireless Sensor Networks)
- Fahrzeugkommunikation
- Eingebettete Intelligenz ...



## o Software-Probleme

- Entwicklerfreundlichkeit & Kompatibilität
- Echtzeitfähigkeit
- Energieeffizienz

## o Sicherheitsprobleme

- Leichtgewichtige Krypto
- Infrastrukturlose Authentizität
- Sichere Kommunikation
- Privacy & Datenhoheit



daVIKo 2

Connect Collaboration Properties View About

Icons: Home, Download, Video, Print, Info, Help

Name	Video	Audio	Quality	IP Address
radtke@fhtw-berlin.de	4 fps 136 kb/s			141.45.5.213

radtke@fhtw-berlin.de

Vielen  
Dank !



Haben Sie Fragen?

