

# Telematik

Wintersemester 2009/10



**Prof. Dr. Martina Zitterbart**  
Dipl.-Inform. Thomas Gamer  
Dipl.-Inform. Martin Röhricht  
[zit | gamer | roehricht]@tm.uka.de



# Telematik

1. Einführung



**Prof. Dr. Martina Zitterbart**  
Dipl.-Inform. Thomas Gamer  
Dipl.-Inform. Martin Röhricht  
[zit | gamer | roehricht]@tm.uka.de



## 1. Einführung

### I. Einführung

#### 1. Einführung

### II. Internet

2. Ende-zu-Ende Datentransport
3. Routingprotokolle und -architekturen
4. Medienzuteilung
5. Brücken

### III. Übertragungstechnik

6. Datenübertragung

### IV. Telekommunikationsnetze

7. ISDN
8. Weitere ausgewählte Beispiele

### V. Netzmanagement

9. Netzmanagement

- 1.0 Organisatorisches
- 1.1 Geschichte des Internet
- 1.2 Standardisierung im Internet



## 1.0 Organisatorisches

### • Überblick über das Institut für Telematik

#### • Professoren

- ▶ Prof. Dr. Martina Zitterbart (seit 2001)
- ▶ Prof. Dr. Sebastian Abeck (seit 1996)
- ▶ Prof. Dr. Wilfried Juling (seit 1998)
- ▶ Prof. Dr. Hannes Hartenstein (seit 2003)
- ▶ em. Prof. Dr. Gerhard Krüger (seit 1971)




#### • Mitarbeiter

- ▶ Ca. 35 wissenschaftliche Mitarbeiter
- ▶ Technische Mitarbeiter
- ▶ Sekretärinnen/Verwaltungsangestellte

#### • Studierende

- ▶ Ca. 35 Hiwis
- ▶ Über 2000 mündliche Prüfungen
- ▶ Über 40 Diplomarbeiten pro Jahr
























WS	 Advanced Web Applications	 Multimedia-Kommunikation	 Hochleistungs-Kommunikation	 Drahtlose Sensor-Aktor-Netze	 Netzwerk- und IT-Sicherheitsmanagement	 Verkehrstelematik	 Ubiquitäre Informationstechnologien	 Web Engineering	 Vernetzte IT-Infrastrukturen
SS	 Advanced Web Applications (AWA)	 Next Generation Internet	 Mobil-Kommunikation	 Netzsicherheit – Architekturen & Protokolle	 Simulation von Rechnernetzen	 Parallelrechner und Parallelprogrammierung			
WS	 Telematik & Praxis der Telematik								
SS	   Kommunikation und Datenhaltung								

4 Angaben ohne Gewähr. Es gelten die Regelungen des jeweils gültigen Modulhandbuchs und der Prüfungsordnung.

## Kombinierbare Vorlesungen (Prof. Dr. Martina Zitterbart)

- Telematik (verpflichtend)
  - Hochleistungskommunikation
  - Mobilkommunikation
  - Multimediakommunikation
  - Netzsicherheit - Architekturen und Protokolle
  - Next Generation Internet
  - Drahtlose Sensor-Aktor-Netze
  - Ubiquitäre Informationstechnologien
  - Praktikum aus der Telematik
- Der Stoff des Kommunikationsteils der Vorlesung „Kommunikation und Datenhaltung“ wird vorausgesetzt (nicht die Klausur!)

5

Master	 Networking (8 LP)	 Wireless Networking (8 LP)	 Future Networking (8 LP)	 Networking Labs (9 LP)	 Netzsicherheit: Theorie und Praxis (9 LP)	 Dynamische IT- Infrastrukturen (9 LP)	 Advanced Web Applications (4 LP)	 Web- Anwendungen und Web- Technologien (9 LP)	 Web Engineering (4 LP)	 Praxis des Web Engineering (9 LP)	 Parallelrechner und Parallel- programmierung (4 LP)	
	 Mobil- kommunikation (4 LP)	 Multimedia- kommunikation (4 LP)	 Netzsicherheit – Architekturen & Protokolle (4 LP)	 Netzwerk- und IT-Sicherheits- management (5 LP)	 Advanced Web Applications (4 LP)	 Web Engineering (4 LP)						
	 Telematik (Stammmodul, 6 LP)											
	   Kommunikation und Datenhaltung (Pflichtmodul, 8 LP)											
	Bachelor											

6 Angaben ohne Gewähr. Es gelten die Regelungen des jeweils gültigen Modulhandbuchs und der Prüfungsordnung.

Master	Networking (8 LP)	Wireless Networking (8 LP)	Future Networking (8 LP)	Networking Labs (9 LP)	Netzsicherheit: Theorie und Praxis (9 LP)	Dynamische IT-Infrastrukturen (9 LP)	Web-Anwendungen und Web-Technologien (9 LP)	Praxis des Web-Engineering (9 LP)
Bachelor	Modul Telematics (optional, 10 LP) Telematik Mobilkommunikation Multimediakommunikation Netzsicherheit: Architekturen und Protokolle Netzwerk- und IT-Sicherheitsmanagement Praktikum							
	Kommunikation und Datenhaltung (8 LP)							

7

Angaben ohne Gewähr. Es gelten die Regelungen des jeweils gültigen Modulhandbuchs und der Prüfungsordnung.

## Networking (8 LP)

Telematik  
Hochleistungskommunikation  
Next Generation Internet  
Multimediakommunikation  
Simulation von Rechnernetzen  
Netzicherheit: Architekturen & Protokolle

## Wireless Networking (8 LP)

Telematik  
Mobilkommunikation  
Drahtlose Sensor-Aktor-Netze  
Verkehrstelematik (Traffic Telematics)  
Ubiquitäre Informationstechnologien  
Simulation von Rechnernetzen  
Netzicherheit: Architekturen & Protokolle

## Networking Labs (9 LP)

Next Generation Internet  
Drahtlose Sensor-Aktor-Netze  
Simulation von Rechnernetzen  
Netzicherheit: Architekturen & Protokolle  
Netzwerk- und IT-Sicherheitsmanagement  
Praktikum Advanced Telematics  
Praktikum Simulation von Rechnernetzen

## Future Networking (8 LP)

Telematik  
Next Generation Internet  
Multimediakommunikation  
Mobilkommunikation  
Drahtlose Sensor-Aktor-Netze  
Verkehrstelematik (Traffic Telematics)

## Netzicherheit: Theorie und Praxis (9 LP)

Netzicherheit: Architekturen & Protokolle  
Netzwerk- und IT-Sicherheitsmanagement  
Public Key Kryptographie  
Symmetrische Verschlüsselungsverfahren  
Seminar aus der Kryptographie

## Dynamische IT-Infrastrukturen (9 LP)

Web Engineering  
Simulation von Rechnernetzen  
Ubiquitäre Informationstechnologien  
Vernetzte IT-Infrastrukturen  
Netzwerk- und IT-Sicherheitsmanagement  
Praktikum Simulation von Rechnernetzen

## Web-Anwendungen und Web-Technologien (9 LP)

Advanced Web Applications  
Praktikum Web-Technologien

## Praxis des Web Engineering (9 LP)

Web Engineering  
Praktikum Web Engineering

## Atomare Module (je 4 LP)

Advanced Web Applications  
Web Engineering  
Parallelrechner- und Parallelprogrammierung

## Stammmodul Telematik (6 LP)

Telematik  
Praxis der Telematik

Angaben ohne Gewähr. Es gelten die Regelungen des jeweils gültigen Modulhandbuchs und der Prüfungsordnung.

Lehrveranstaltungen \ Module	Bachelor Pflichtmodul	Bachelor atomares Modul	Bachelor/Master Stammmodul Telematik	Master (atomares Modul)	Networking	Wireless Networking	Future Networking	Networking Labs	Netzicherheit: Theorie und Praxis	Dynamische IT-Infrastrukturen	Web-Anwendungen & Web-Technologien	Praxis des Web Engineering
Kommunikation und Datenhaltung	X											
Telematik	X		X		X	X	X					
Praxis der Telematik			X									
Mobilkommunikation		X				X	X					
Multimediakommunikation		X			X		X					
Netzicherheit: Architekturen und Protokolle		X			X	X		X	X			
Drahtlose Sensor-Aktor-Netze					X	X	X	X				
Hochleistungskommunikation					X							
Next Generation Internet					X		X	X				
Praktikum Future Internet (PrakATM)								X				
Projektpraktikum Sensornetze (PrakATM)								X				
Praktikum Simulation von Rechnernetzen								X		X		
Simulation von Rechnernetzen					X	X		X		X		
Verkehrstelematik (Traffic Telematics)						X	X					
Netzwerk- und IT-Sicherheitsmanagement		X						X	X	X		
Ubiquitäre Informationstechnologien						X				X		
Vernetzte IT-Infrastrukturen										X		
Parallelrechner und Parallelprogrammierung				X								
Web Engineering		X		X						X		X
Praktikum Web Engineering												X
Advanced Web Applications		X		X							X	
Praktikum Web-Technologien											X	

Angaben ohne Gewähr. Es gelten die Regelungen des jeweils gültigen Modulhandbuchs und der Prüfungsordnung.

- Wirtschafts-Ingenieure (Diplomstudiengang) und andere müssen sowohl die Telematik-Vorlesung (2 SWS) als auch den Kommunikationsteil der Vorlesung „Kommunikation und Datenhaltung“ (2 SWS) in ihren Prüfungskatalog aufnehmen.
- Für die meisten Bachelor/Master-Studiengänge stehen die Nebenfachregelungen noch nicht endgültig fest. Bitte bei der jeweiligen Fakultät informieren.

- Prüfungstermine werden jeweils einmal monatlich vergeben.
  - Gilt für **Informatiker**, **Informationswirte**, **Elektrotechniker** und **Wirtschaftsingenieure**
  - Konkrete Termine können im Sekretariat erfragt werden
- Anmeldung zu Prüfungen**
  - Im Sekretariat von Prof. Zitterbart bei Frau Wagner, Informatikgebäude am Schloss (Geb. 20.20), Raum 360, Tel.: 608-6411, Email: [telematik@tm.uka.de](mailto:telematik@tm.uka.de)
  - Für die Prüfungen bitte die jeweils für Ihren Studiengang gültigen Prüfungsregelungen beachten

### • Sprechstunden

- Werden vor dem Sekretariat ausgehängt und im WWW bekannt gegeben
- Finden in der Vorlesungszeit ca. alle 2 Wochen statt

### • Öffnungszeiten des Sekretariats

- Montag – Donnerstag von 11:30 Uhr bis 15:30 Uhr
- Freitag von 11:30 Uhr bis 14:30 Uhr

### • Informationen im Web

- [www.tm.uka.de](http://www.tm.uka.de)

### • Anmeldungen zu Praktika / Seminaren

- Per Web unter [www.tm.uka.de](http://www.tm.uka.de)
- ... oder bei Fragen und Problemen
  - ▶ im Sekretariat von Prof. Zitterbart bei Frau Wagner oder
  - ▶ per E-Mail/Telefon an Frau Wagner

12



### • Veranstaltungsort

- Seminarraum 367 (SR 367), Informatikgebäude am Schloss (Geb. 20.20)
- Genauere Hinweise jeweils im Web erhältlich sowie bei den Betreuern

### • Seminare im Sommersemester

#### • Future Internet

- ▶ Neue Konzepte: inkrementelle Verbesserungen und ‚Clean Slate‘-Ansätze
- ▶ Betreuer: S. Mies, O. Waldhorst

#### • Sensornetze

- ▶ Architekturen, Protokolle, Sicherheit
- ▶ Betreuer: D. Dudek, Ch. Haas

#### • Mitarbeiter- und Diplomandenseminar

- ▶ Vorträge von Studien- und Diplomarbeiten sowie über aktuelle Arbeiten
- ▶ Betreuer: T. Gamer

### • Arbeitsgemeinschaften im Sommersemester

- P2P / Overlay-Netze
- Sensornetze
- Service Composition
- Sicherheit

13



### • Veranstaltungsort

- Seminarraum 367 (SR 367), Informatikgebäude am Schloss (Geb. 20.20)
- Genauere Hinweise jeweils im Web erhältlich sowie bei den Betreuern

### • Seminare im Wintersemester

#### • Future Internet

- ▶ Neue Konzepte: inkrementelle Verbesserungen und ‚Clean Slate‘-Ansätze
- ▶ Betreuer: S. Mies, R. Bless

#### • Technologien des Internets (Proseminar)

- ▶ Überblick über Schlüsseltechnologien des Internets sowie Grundlagen des wissenschaftlichen Schreibens und Vortragens
- ▶ Betreuer: P. Baumung, H. Wippel

#### • Mitarbeiter- und Diplomandenseminar

- ▶ Vorträge von Studien- und Diplomarbeiten sowie über aktuelle Arbeiten
- ▶ Betreuer: T. Gamer

### • Arbeitsgemeinschaften im Wintersemester

- P2P / Overlay-Netze
- Sensornetze
- Service Composition
- Sicherheit

14



### • Projektpraktika im Vordiplom

#### • Praxis der Softwareentwicklung 20

(vor dem Vordiplom, im Wintersemester)

- ▶ Inhalt: Visualisierung komplexer Kommunikationsvorgänge für Lehrveranstaltungen
- ▶ Betreuer: D. Dudek, J. Furthmüller, Ch. Haas

#### • Praxis der Softwareentwicklung 21

(vor dem Vordiplom, im Wintersemester)

- ▶ Inhalt: Weiterentwicklung des „Gluck“ Online-Systems zur Getränke-Verwaltung und Abrechnung
- ▶ Betreuer: H. Backhaus, H. Wippel

15





- Projektpraktika im Hauptdiplom
  - **Technologien des Future Internets** (im Sommersemester)
    - ▶ Aufgaben zu folgenden Themen
      - ▶ Das Praktikum orientiert sich an aktuellen Forschungsfragen in laufenden Projekten
      - ▶ Projekt SpoVNet: Anbindung des VLC-Players an die SpoVNet-Architektur
      - ▶ Projekt 4WARD: Anbindung eines Netzwerk-Daemons an reale Betriebssysteme und Anwendungen
    - ▶ Organisatorisches
      - ▶ Betreuer: H. Backhaus, Ch. Hübsch, D. Martin, Ch. Mayer, S. Mies, M. Röhrich, Ch. Werle, H. Wippel
  - **Sensornetze** (im Sommersemester)
    - ▶ Aufgaben zu folgenden Themen
      - ▶ Das Praktikum befasst sich mit Problemen, welche bei der realen Umsetzung von Sensornetzen auftreten
      - ▶ Eigenständige Planung, Implementierung und Evaluierung einer Sensornetz-Anwendung
      - ▶ Untersuchung der Anwendung auf Energieeffizienz
    - ▶ Organisatorisches
      - ▶ Betreuer: Ch. Haas, A. Hergenröder, J. Horneber

16



- **Mobilkommunikation** (im Wintersemester)
  - ▶ Aufgaben zu folgenden Themen
    - ▶ Themen: WLAN, Bluetooth, Mobile-IP, Ad-Hoc-Netze
    - ▶ Die entsprechenden Themenfelder der Vorlesung Mobilkommunikation werden vertieft.
    - ▶ Programmiersprachen: C und C++
  - ▶ Organisatorisches
    - ▶ Betreuer: I. Baumgart, B. Heep, A. Kuntz

17



- Vorlesungstermine
  - Mittwochs um 9.45 – 11.15 Uhr, Hertz Hörsaal
- Übungen
  - Mittwochs um 15.45 – 17.15 Uhr (14-tägig), Hertz Hörsaal
  - Bekanntgabe der Termine auf der Webseite:  
<http://www.tm.uka.de/lehre/telematik-uebung>  
<http://www.tm.uka.de/lehre/praxis-der-telematik>
- Prüfung
  - Die Vorlesung Telematik wird mit 2 SWS in den Prüfungsplan aufgenommen. Sie gilt als verpflichtend für den Prüfungsplan.
- Folienkopien
  - <http://www.tm.uka.de/lehre/telematik>

18



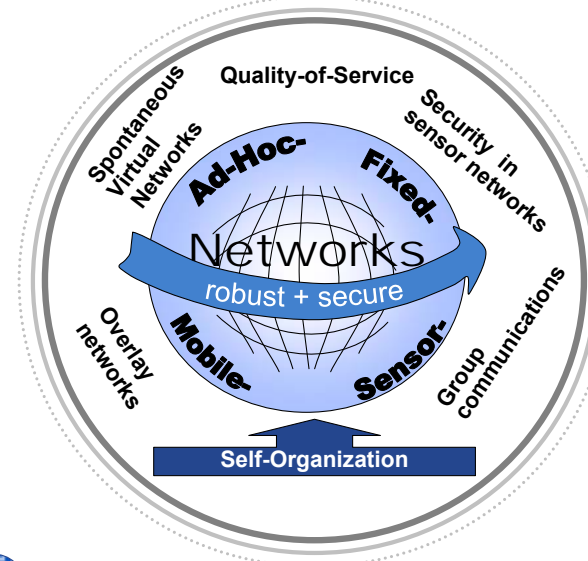
- Die im Folgenden alphabetisch sortiert aufgelisteten Bücher geben mit jeweils individueller Vertiefung einen guten Überblick über die Grundlagen der Telematik. Es gibt leider kein einzelnes Buch, das den Themenbereich komplett abdeckt. Genauere Literaturangaben werden jeweils am Ende der einzelnen Kapitel gegeben.
  - D. Bertsekas, R. Gallager; **Data Networks**. Prentice-Hall, 1991, 2nd Edition, ISBN 0-13-196825-4
    - ▶ Klassiker zur Leistungsbewertung in Kommunikationsnetzen.
  - F. Halsall; **Computer Networking and the Internet**. 5th Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Wokingham, England, 2005, ISBN 0-321-26358-8
    - ▶ Gutes Nachschlagewerk, recht umfassend. Nicht unbedingt gut für den Einstieg geeignet.
  - W. Haaß; **Handbuch der Kommunikationsnetze**. Springer, 1997, ISBN 3-540-61837-6
    - ▶ Guter Überblick, ISDN, Vermittlungssysteme.
  - S. Keshav; **An Engineering Approach to Computer Networking**. Addison-Wesley, 1997, ISBN 0-201-63442-2
    - ▶ Gute systematische Darstellung.
  - J.F. Kurose, K.W. Ross; **Computer Networking: A Top-Down Approach**. Addison-Wesley, 2007, 4th Edition, ISBN-13 978-0136079675
    - ▶ Gute Darstellung des Routings und von TCP. Konzentriert sich auf Internet.
  - W. Stallings; **Data and Computer Communications**. Prentice Hall, Inc., New Jersey, 2006, 8th Edition, ISBN 0-132-43310-9
    - ▶ Gutes Buch, das einen breiten Bereich der Vorlesung abdeckt.
  - A.S. Tanenbaum; **Computer-Networks**. 4th Ed. Prentice-Hall, 2004, ISBN 0-130-38488-7
    - ▶ Leicht zu lesender Überblick, dem manchmal der Tiefgang fehlt.

19



- 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://info.isoc.org/internet/>
- Artikel in Fachzeitschriften über
  - IEEE Bib (<http://ieeexplore.ieee.org>)
  - ACM BIB (<http://portal.acm.org>)
  - Frei zugänglich aus dem Universitätsnetz

20



### Mitarbeiter

**5 Technik, Sekretariat**  
**~21 Doktoranden**  
**3 Post-Doktoranden**

*Ca. 75% Drittmittel*

### Studierende

**Über 140 mündliche Prüfungen in Telematik im letzten Jahr**

21



- Falls Sie über die Lehrveranstaltungen hinaus Interesse haben, sich mit dem Fachgebiet vertraut zu machen, wie wäre es denn als
  - Hiwi
  - Studienarbeiter
  - Diplomarbeiter
  - ... 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



22



- Gesellschaft für Informatik
  - [www.gi-ev.de](http://www.gi-ev.de)
  - Relevante Fachgruppe: KuVS (Kommunikation und Verteilte Systeme): [www.kuvs.de](http://www.kuvs.de)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
  - [www.ieee.org](http://www.ieee.org)
  - Relevante Society: Communications Society ([www.comsoc.org](http://www.comsoc.org))
    - ▶ Spezielle Studentenpreise
- ACM (Association for Computing Machinery)
  - [www.acm.org](http://www.acm.org)
  - Relevante Fachgruppe („Special Interest Group“, SIG): SIGCOMM

23



# Viel Spaß bei der Telematik im Wintersemester 2009/10

24



## 1. Einführung

### I. Einführung

#### 1. Einführung

- 1.0 Organisatorisches
- 1.1 Geschichte des Internet
- 1.2 Standardisierung im Internet

### II. Internet

- 2. Ende-zu-Ende Datentransport
- 3. Routingprotokolle und -architekturen
- 4. Lokale Netze
- 5. Brücken

### III. Übertragungstechnik

- 6. Datenübertragung

### IV. Telekommunikationsnetze

- 7. ISDN
- 8. Weitere ausgewählte Beispiele

### V. Netzmanagement

- 9. Netzmanagement

25



## Frühe Visionen

- Licklider gehört zu den Internet-Pionieren
  - Promotion in Psychoakustik
  - Arbeitete bei der ARPA



1915 - 1990

- J.C.R. Licklider; **Man-Computer Symbiosis**; 1960
  - „... main aims are ... to enable men and computers to cooperate in making decisions and controlling complex situations ...“
- Und ...
  - „Much more time went into finding or obtaining information than into digesting it.“



[Lick60]

26



## Vernetzung ist eine Chance

- J.C.R. Licklider; **The Computer as Communication Device**; 1968
  - „In a few years, men will be able to communicate more effectively through a machine than face to face“



1915 - 1990

### • Vision

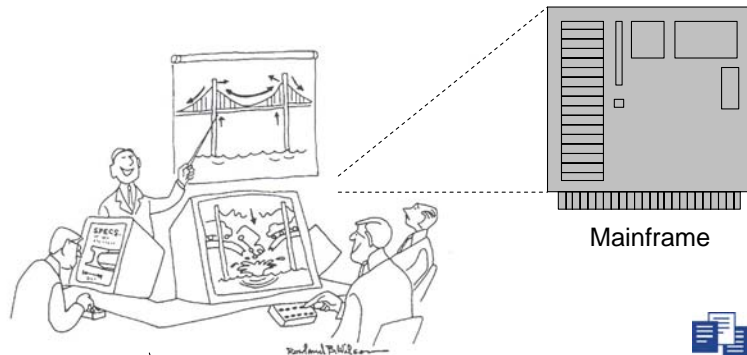
- „... für das Jahr 2000 sah er voraus, dass die Menschen in einer Online-Gesellschaft durch ein weltweites Computer-Netzwerk miteinander verbunden wären.“

[[http://home.datacomm.ch/mik/ba/l/licklider\\_jcr/](http://home.datacomm.ch/mik/ba/l/licklider_jcr/)]

„... everybody could use computers anywhere and get at data anywhere in the world. ... all of the stuff linked together throughout the world, that you can use a remote computer, get data from a remote computer, or use lots of computers in your job.“

27



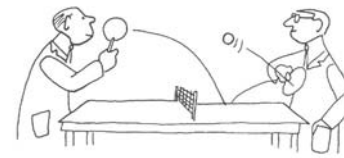


Mainframe

[LiTa68]

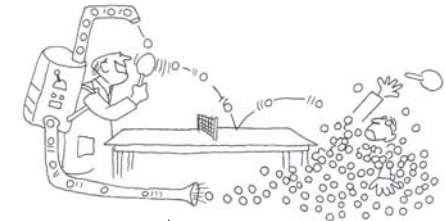
"At a project meeting held through a computer, you can thumb through the speaker's primary data without interrupting him to substantiate or explain."

28



[LiTa68]

"Interactive communication consists of short spurts of dialog ..."



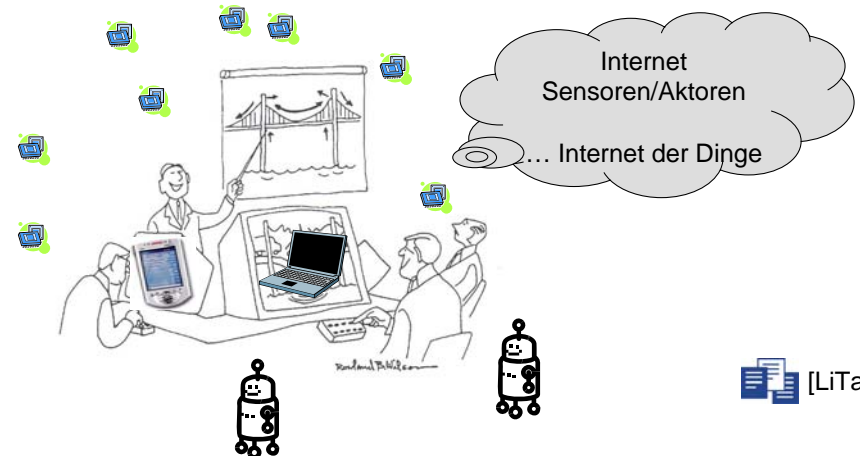
"... filibustering destroys communication"

29



[LiTa68]

30

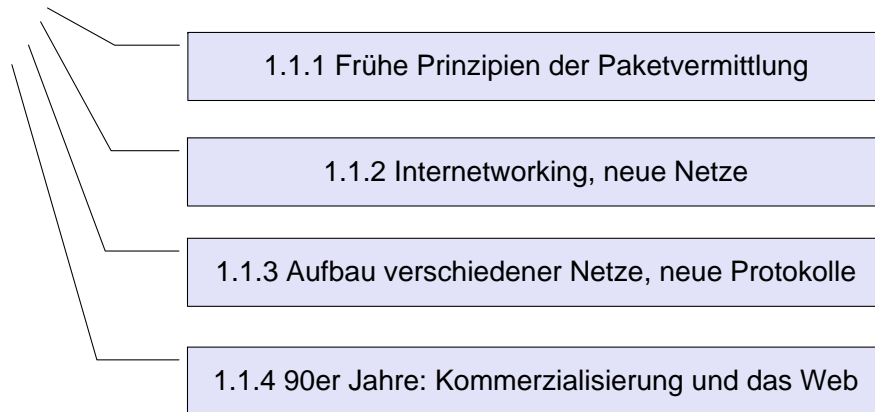


[LiTa68]

31



- Entwicklung des Internet kann grob in die folgenden Phasen gegliedert werden



- 1961 – 1972

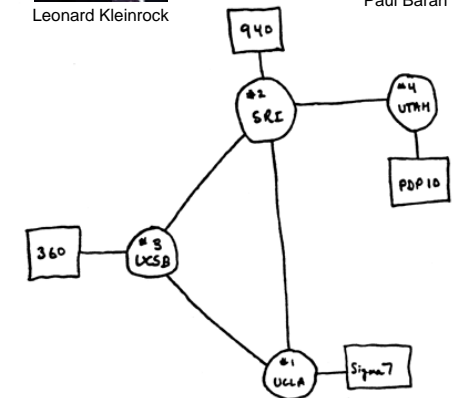
- 1961: Leonard Kleinrocks Theorie zeigt die Effektivität von Paketvermittlung für burstartigen Verkehr. Nutzung von Warteschlangentheorie.
- 1964: Baran untersucht die Nutzung von Paketvermittlung für Sprachübertragung in militärischen Netzen.
- 1967: Plan zur Erstellung des ersten paketvermittelten Netzes, ARPAnet, wird veröffentlicht.
- 1969: Die ersten Knoten von ARPAnet sind funktionsfähig. „Erstes Internet“: Datenübertragung zwischen vier Rechnern der University of California at Los Angeles (UCLA), des Stanford Research Institute (SRI), der University of California at Santa Barbara (UCSB) und der University of Utah.



Leonard Kleinrock

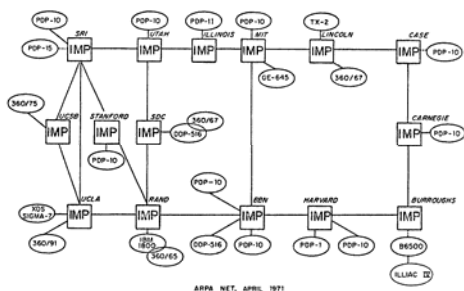


Paul Baran



- 1961 – 1972

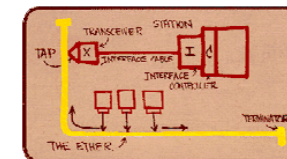
- 1971: Betriebsaufnahme ARPAnet (erstes Internet-Backbone); Experiment zum Einloggen auf entfernten Rechnern.
- 1972: Erste öffentliche Demonstration von ARPAnet bei der „International Conference on Computer Communications“, ICCC. ARPAnet hatte ca. 15 Knoten.
  - RFC001: NCP (Network Control Protocol): erstes Protokoll zwischen zwei Internet-Endsystemen (Hosts).
  - Erstes E-Mail-Programm von Ray Tomlinson (BBN).



Ray Tomlinson (BBN)

- 1972 – 1980

- 1973: Metcalfe entwickelt Grundprinzipien des Ethernet



Bob Metcalfe

- 1974: Cerf und Kahn entwerfen Architektur zum Koppeln von Netzen
  - Entwurf von TCP (am Anfang noch mit integriertem IP)
  - ... Ende der 70er Jahre waren die Basisprotokolle des heutigen Internets (IP, UDP und TCP) vorhanden
  - Internet-Entwurfsprinzipien (die auch heute noch gültig sind!)
- Entwicklung einer Reihe proprietärer Netze
  - DEC: DECnet, Xerox: XNS-Architektur, IBM: SNA-Architektur
- ... Ende der 70er Jahre auch erste Ansätze zur Paketvermittlung mit Dateneinheiten fester Länge (Vorgänger von ATM)
- 1979: ARPAnet hat 200 Knoten

- Anfang der 70er Jahre
  - Viele paketvermittelte Netze entstehen, u.a. ARPAnet, der Vorläufer des heutigen Internet
- Idee von Cerf und Kahn
  - Entwicklung eines netzübergreifenden Protokolls: TCP/IP
    - ▶ Zunächst als eine Einheit entwickelt, wurde TCP/IP dann später in zwei separate Protokolle getrennt
    - ▶ Entwicklung von TCP/IP vor derjenigen von Ethernet etc.
  - Notwendigkeit, ein Protokoll zu definieren, das unabhängig von den noch zu entwickelnden Anwendungen ist, wurde gesehen



Vinton Cerf



Robert Kahn

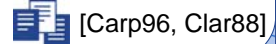
36



Wurden von Cerf und Kahn zur Entwicklung einer offenen Netzarchitektur formuliert.



- Minimalism, autonomy
  - „A network should be able to operate on its own, with no internal changes required for it to be interworked with other networks.“
- Best effort service
  - „Internetworked networks would provide best-effort, end-to-end service. If reliable communication was required, this could be accomplished by retransmitting lost messages from the sending host.“
- Stateless routers
  - „The routers in the internetworked networks would not maintain any per-flow state about any ongoing connection.“
- Decentralized control
  - „There would be no global control over the internetworked networks.“



37



- 1980 – 1990
  - Neue Netze, meist zur Verbindung von Universitäten
    - ▶ BITnet (Because it's their network)
    - ▶ CSnet (Computer Science network; kein Anschluss an ARPAnet)
    - ▶ NSFNET (1986, anfangs mit 56 kbit/s im Backbone)
  - 1982: SMTP-Protokoll für E-Mail definiert
  - 1983: Alle Knoten im ARPAnet mussten von NCP auf TCP/IP wechseln
  - 1983: DNS zur Übersetzung von Namen auf IP-Adressen definiert
  - 1985: FTP-Protokoll definiert
  - 1988: Integration von Staukontrolle in TCP
  - Ende der 80er Jahre: ca. 100.000 Knoten im Internet
  - 1988: Das Internet umfasst auch Netze in Europa, Australien und Kanada. IP-Verbindung zum Internet aus Deutschland über EUnet-IRB Dortmund und Xlink (eXtended Lokales Informatik-Netz Karlsruhe).
  - Interessant: Minitel (X.25-basiert) in Frankreich zu diesem Zeitpunkt weiter genutzt als das Internet weltweit!

38



- Ab ca. 1990
  - 1991
    - ▶ NSFNET lockert Restriktionen für kommerzielle Nutzung
    - ▶ Ebone: Europäisches Backbone
    - ▶ Erste öffentliche Demonstration des WWW am europäischen Kernforschungszentrum CERN
  - 1992: Ca. 200 Web-Server
  - 1995
    - ▶ Kommerzielle ISPs transportieren NSFNET-Verkehr
    - ▶ Kommerzialisierung des Web beginnt
  - 1996: University Corporation for Advanced Internet Development – Internet2 (<http://abilene.internet2.edu/>)
  - 1999: Zweites Internet2-Backbone: Abilene
  - Ende der 90er Jahre
    - ▶ Ca. 50 Millionen Computer im Internet
    - ▶ Ca. 100 Millionen Nutzer
    - ▶ Im Backbone: Gbit/s auf Übertragungsabschnitten

ABILENE NETWORK - OCTOBER, 2001



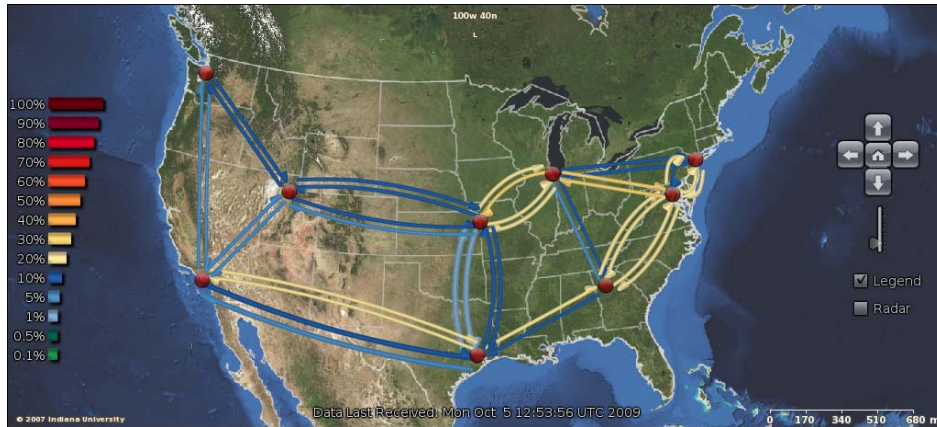
ABILENE NETWORK 10-Gbps OPTICAL UPGRADE - 2002-2003



Erste Lichtwellenlängen (λ) – Herbst 2002  
λ Upgrade – 2003  
OC-48c SONET

39

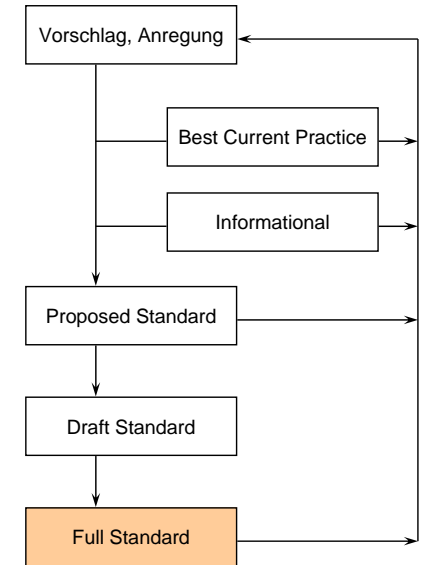




Quelle: <http://atlas.grnoc.iu.edu/l2.html>

40

- Der Standardisierungsweg geht über die Internet Engineering Task Force (IETF)
- Die Internet Engineering Steering Group (IESG) steuert die Diskussionen
- Zwei mögliche Ergebnisse
  - RFC: Request for Comments
    - ▶ Standard
  - FYI: For Your Information
    - ▶ informell / experimentell
- Bereits ab dem Draft Standard müssen mindestens zwei interoperable, unabhängig voneinander entwickelte Implementierungen vorhanden sein.



41

- |            |   |                |
|------------|---|----------------|
| • RFC 768  | User Datagram Protocol (UDP)  | August 1980    |
| • RFC 791  | Internet Protocol (IP)  | September 1981 |
| • RFC 792  | Internet Control Message Protocol (ICMP)                                  | September 1981 |
| • RFC 793  | Transmission Control Protocol (TCP)                                       | September 1981 |
| • RFC 959  | File Transfer Protocol (FTP)  | Oktober 1985   |
| • RFC 997  | Internet Numbers  | März 1987      |
| • RFC 1996 | A Mechanism for Prompt Notification of Zone Changes (DNS Notify)          | August 1996    |
| • RFC 2205 | Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification | September 1997 |

42

- |            |  |            |
|------------|--|------------|
| • RFC 2324 | Hyper Text Coffee Pot Control Protocol (HTCPCP/1.0)  | April 1998 |
| • RFC 2795 | The Infinite Monkey Protocol Suite (IMPS)            | April 2000 |
| • RFC 1149 | [...] Transmission of IP Datagrams on Avian Carriers | April 1990 |

11 years ago, April 1st 1990, rfc 1149 was written. This rfc specifies a protocol for IP over avian carriers, CPIP (carrier pigeon internet protocol). In 11 years, none has bothered to implement this important protocol stack. But happily, we don't need to wait any longer! [BLUG](http://www.blug.linux.no/rfc1149/) in cooperation with [Vesta Brevdueforening](http://www.vesta.no/) has given you rfc 1149 support for Linux

<http://www.blug.linux.no/rfc1149/>



Taubenbox



Packet 1



Packet 1: Cutting



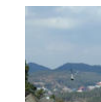
Packet 1: Rolling



Packet 1: Ready



Packet 1: Attached



Pigeon Takeoff



Waiting



Return Packet



Packet Scanning



Network Congestion

43



```
script started on Sat Apr 28 11:24:09 2001
vegard@gyversalen:~$ /sbin/ifconfig tun0
tun0      Link encap:Point-to-Point Protocol
          inet addr:10.0.3.2  P-t-P:10.0.3.1  Mask:255.255.255.255
          UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST  MTU:150  Metric:1
          RX packets:1 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:2 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0
          RX bytes:88 (88.0 b)  TX bytes:168 (168.0 b)

vegard@gyversalen:~$ ping -i 900 10.0.3.1
PING 10.0.3.1 (10.0.3.1): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=0 ttl=255 time=6165731.1 ms
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=4 ttl=255 time=3211900.8 ms
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=5124922.8 ms
64 bytes from 10.0.3.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=6388671.9 ms

--- 10.0.3.1 ping statistics ---
9 packets transmitted, 4 packets received, 55% packet loss
round-trip min/avg/max = 3211900.8/5222806.6/6388671.9 ms
```

- Heise News-Meldung vom 10.09.2009: Brieftaube so schnell wie Breitband-Internet
  - Experiment in Südafrika über 63km mit 4GB an Daten
    - ▶ Allerdings Latenz, Paketverluste oder Verfügbarkeit nicht betrachtet



[Heis09]

44



- RFC 2549 IP over Avian Carriers with Quality of Service April 1999
  - Erweiterung von „IP over Avian Carriers“ für verschiedene Dringlichkeitsklassen
    - ▶ Concorde, First, Business und Coach
- RFC 2550 Y10K and Beyond April 1999
  - „[...] the current fixes for Y2K lead inevitably to a crisis in the year 10,000 when the programs are again designed to fail.“ ⇒ Y10K-Problem
- RFC 3251 Electricity over IP April 2002
  - „Mostly Pointless Lamp Switching (MPLampS) is an architecture for carrying electricity over IP (with an MPLS control plane).“
  - U.a. auch Betrachtung von Multicast und Voltage Protected Networks (VPNs)
- RFC 3514 The Security Flag in the IPv4 Header April 2003
  - Problem: Schwierig für Firewalls zu entscheiden, ob IP-Paket harmlos oder gefährlich
  - „To solve this problem, we define a security flag, known as the "evil" bit, in the IPv4 header. Benign packets have this bit set to 0; those that are used for an attack will have the bit set to 1.“

45



- RFC 2322 Management of IP numbers by peg-dhcp April 1998
  - Erste Verwendung: 1997 auf „Hacking In Progress“-Treffen
  - Aufgabe: Zuteilung von eindeutigen IP-Adressen an Teilnehmer
  - Problem: Sehr heterogene Netzwerk-Umgebung, Software-DHCP evtl. problematisch
  - Lösung: Hardware-Token (Wäscheklammer, engl. peg) als Symbol für Zuteilung
  - Vorteile
    - ▶ Kann an Kabel/Router-Ports geklippt werden (erleichtert Fehlersuche)
    - ▶ Intuitive Statusanzeige (Adresse belegt/frei)
    - ▶ Günstig



Unterhaltsame RFCs: [http://www.livinginternet.com/i/ia\\_rfc\\_fun.htm](http://www.livinginternet.com/i/ia_rfc_fun.htm)

46



- RFC 1149
  - Analysieren Sie die Folie mit der Ping-Statistik zur Implementierung von RFC 1149 im Detail. Was bedeutet welche Zeile und welche Abkürzung?
  - Erstellen sie Weg-Zeit-Diagramme für den Ablauf des in RFC 1149 beschriebenen Protokolls.
  - Fassen Sie die wesentlichen Erweiterungen von RFC 2549 zusammen.
- Welche konkreten Probleme adressiert RFC 2322?
- Wiederholen Sie die Grundlagen von TCP aus der Vorlesung „Kommunikation und Datenhaltung“.
  - Ziehen Sie hierzu auch den Internet-Standard RFC 793 heran.

47





- [Carp96] B. Carpenter (Ed.); **Architectural Principles of the Internet**; RFC 1958, Juni 1996
- [CeKa74] V. Cerf, R. Kahn; **A Protocol for Packet Network Interconnection**; IEEE Transactions on Communications Technology, Vol. 22, Issue 5, Mai 1974, pp. 637-648
- [Clar88] D. Clark; **The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols**; ACM Computer Communication Review, Vol. 18, Issue 4, August 88, pp. 106-114
- [Heis09] heise Newsticker; **Brieftaube so schnell wie Breitband-Internet**; <http://www.heise.de/netze/meldung/Brieftaube-so-schnell-wie-Breitband-Internet-755485.html> (online), 10.09.2009
- [LeCe] B. M. Leiner, V. G. Cerf et al; **A Brief History of the Internet**; <http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml>
- [Lick60] J. C. R. Licklider; **Man-Computer Symbiosis**; IRE Transactions on Human Factors in Electronics, Vol. HFE-1, March 1960, pp. 4-11
- [LiTa68] J. C. R. Licklider, Robert W. Taylor; **The computer as a communication device**; Science and Technology, Vol. 76, April 1968, pp. 21-31

- 1) Fassen Sie die wesentlichen Entwicklungsphasen des Internet zusammen. Charakterisieren Sie diese kurz und prägnant.
- 2) Nennen Sie die grundlegenden Entwurfsprinzipien des Internets
- 3) Kommentieren Sie die Internet-Entwurfsprinzipien
- 4) Welche Aufgaben haben die Protokolle IP und ICMP? In welcher Schicht befinden sich diese Protokolle?
- 5) Nennen Sie die wesentlichen Unterschiede zwischen UDP und TCP. Welcher Schicht sind die Protokolle zugeordnet?