

Datenkommunikation und Rechnernetze (DKR)

Wahlpflichtmodul im Bachelor-Studiengang
WS 2013/2014

Prof. Dr. rer. nat. Bernd E. Wolfinger
– *Telekommunikation und Rechnernetze* –

Datenkommunikation und Rechnernetze (DKR)

INHALT

1. Einführung **Einführung und Grundlagen**
2. Grundlagen der Codierung ; Codierungs- und Kompressionsalgorithmen
3. Grundlagen der Signal- und Datenübertragung
4. Rechnerinterne Kommunikationssysteme und Vermittlungsrechnerarchitekturen
5. Kommunikation in lokalen Rechnernetzen
6. Kommunikation in Weitverkehrsnetzen und im globalen Internet
7. Drahtlose Datenübertragung und Mobilkommunikation
8. Medien- und Echtzeitkommunikation **Systemorientierte Sicht**
9. “Protocol Engineering“
10. “Traffic Engineering“
11. Netzmanagement und Netzanalyse
12. Netzkonfigurierung, -planung und -optimierung
13. Netzsicherheit **Methodenorientierte Sicht**
14. Ausblick, Trends

Teil I: **Theoretische Grundlagen** (Grundlagen der Nachrichtentechnik) – 0.5 SWS

Informationstheorie; Codierungstheorie, exemplarische Codierungsalgorithmen (z.B. CRC)

Grundlagen der Signalübertragung und Kompression (z.B. JPEG, MPEG)

Teil II: **Systemorientierte Sicht auf Kommunikations-/Rechnernetze** – 2 SWS

Rechnernetzarchitekturmodelle (Internet, ISO/OSI)

Lokale Rechnernetze (LANs)

Weitverkehrsnetze (TCP/IP-basierende Netze, dienstintegrierte Netze, ATM-Netze)

Rechnerinterne Kommunikationssysteme, Struktur von Vermittlungsrechnern

Mobilkommunikation, Ad hoc-Netze (u.a. WLANs, GSM)

Medienkommunikation (u.a. Übertragung von Audio- und Videoströmen)

Echtzeitkommunikation und -netze

Teil III: **Methodenorientierte Sicht auf Kommunikations-/Rechnernetze** – 1.5 SWS

"Protocol Engineering" (Protokollspezifikation, -verifikation und -analyse)

"Traffic Engineering" (Verkehrsmessung, Verkehrscharakterisierung)

Netzmodellierung und -analyse, Messmethoden (Leistungs-, Zuverlässigkeitsbewertung)

Netzkonfigurierung, -planung und -optimierung

Netzmanagement

(Technische) Kommunikationssysteme bilden die Basis für nahezu sämtliche zukünftigen Informatiksysteme, da im Zuge der globalen Vernetzung und bedingt durch die Tendenz zu ubiquitären Systemen und zum Mobile Computing – bereits heutzutage und erst recht in der Zukunft – nahezu keine isolierten Rechner und Endgeräte mehr existieren. Dabei sind Kommunikationssysteme und -netze relevant für die rechnerinterne Datenübertragung und bilden überdies die Basis für Rechnernetze und Verteilte Systeme. Innovative Datenübertragungstechniken, u.a. im Zusammenhang mit optischer Signalübertragung, Satelliten- und Mobilkommunikation, finden in jüngerer Vergangenheit verstärkten Einsatz. Das Internet ist allgegenwärtig, drahtlose Netze erreichten in kürzester Zeit weltweit eine herausragende Bedeutung sowohl im lokalen als auch im überregionalen Bereich.

Dieses Modul verfolgt das Ziel, dem sehr praxisrelevanten Bereich der Kommunikations- und Rechnernetze in einer hinreichenden Breite gerecht zu werden dadurch, dass – neben den systemtheoretischen und zentralen nachrichtentechnischen Grundlagen – Architekturkonzepte, Protokolle und Basisalgorithmen der Kommunikation vermittelt und beispielhaft illustriert werden. Darüber hinaus werden auch wesentliche methodische Grundlagen (insbesondere Spezifikations-, Modellierungs- und Messtechniken) vermittelt, die bei der Analyse, dem Management und der Bewertung von Netzen benötigt werden.

Vorab:

Organisatorisches (noch vorläufig!!!)

- **Vorlesung** [4 SWS] → *Bernd E. Wolfinger*
Mo, 14:15 – 15:45 Uhr; F-132 sowie **Mi, 12:15 – 13:45 Uhr; F-132**
- **Übungen** [1 SWS] **Mo, 16:15-17:45 Uhr** (Gruppe 1 in F-635) sowie **Mi, 14:15-15:45 Uhr** (Gruppe 2 in F-635) sowie **??? Uhr** (Gruppe 3 in F-635 ???), **vierzehntägig**, je 2 „h“ (d.h. 90 min). → Veranstalter: *Andrey Kolesnikov + Yan Zhang* (*für alle Ü-Gruppen*)

Beginn in 42. Kalender-Woche, d.h. **Mo 14.10. und Mi 16.10.2013 (!)** → “Kennenlern-Übungsgruppe“ \ddot{U}_0 (nur 1 „h“, d.h. 45 min !)

- Aufteilung auf die zwei (oder 3) Übungsgruppen gemäß STiNE (Tausch noch mögl.)
- 1. Übungsblatt verteilt am: **Mo 14. Oktober 2013**
- **7 Ü-Gruppen-Termine** (zusätzl. zur “Kennenlern-Übungsgruppe“ \ddot{U}_0) : **in 2013**: \ddot{U}_0 14.10.-17.10.13 (nur 1h !); \ddot{U}_1 28.10.-31.10. (ab hier: 2h !); \ddot{U}_2 4.11.-7.11.; \ddot{U}_3 18.11.-21.11.; \ddot{U}_4 2.12.-5.12.; \ddot{U}_5 16.-19.12. sowie **in 2014**: \ddot{U}_6 13.-16.1.14; \ddot{U}_7 27.1.-31.1.14

Nota bene: *Übungen sind äußerst wichtig !!!*

Hinreichende **Anforderung für Übungsschein**:

- *Teilnahme an ≥ 5 von 7 Übungen* (Kennenlern-Übungsgruppentermin bleibt unberücksichtigt) *sowie an ≥ 3 der 4 Termine des prakt. Teils der Übungen UND*
- *≥ 50 % korrekt bearbeitete Aufgaben* [Übungsaufgaben können generell in Teams von 1 bis max. 3 Studierenden bearbeitet werden; Empfehlung: 3-er Teams !].

- **Übungen praktischer Teil** [1 SWS] → *Andrey Kolesnikov & Yan Zhang*
 4 Termine über Semester verteilt, Details in Ü-Gruppen; **ca. 2.5 h à 60 min pro Termin**
Termine: P1: 11.-14.11.13 ; P2: 9.-12.12.13 ; P3: 6.-9.1.14 ; P4: 20.-23.1.14

Modulprüfung zu DKR-Wahlpflichtmodul

- **Modulprüfung = Mündliche Prüfung** ; Dauer ca. 25 min.; Prüfer: Professor Wolfinger;

Prüfungstermine:

- ❖ *ab Mitte Februar – Ende Februar 2014 (1. Prüfungsblock)*
- ❖ *letzte und/oder vorletzte Märzwoche 2014 (2. Prüfungsblock)*
- *Prüfungsanmeldung über das Prüfungsamt Fachbereich Informatik (dort Terminvergabe)*

- **Voraussetzungen zur Zulassung zur mündlichen Prüfung** :



- *Erfolgreiche Teilnahme an den DKR-Übungen (Kriterien s.o.)*
- *Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum (erfolgreiches Absolvieren von mindestens 3 der 4 Praktikumsversuchen)*

- **Prüfungsorganisation über das STiNE-System sowie das Prüfungsamt FB Informatik**

STiNE
Das Studien-Infonetz





Prof. Dr. B. E. Wolfinger

- Telekommunikation und Rechnernetze –

Literatur

„Datenkommunikation und Rechnernetze“

WS 2013/14

- [BaH 07] A. Badach, E. Hoffmann: Technik der IP-Netze, 2. Aufl., C. Hanser-Verlag 2007
- [BeG 99] F. Bergmann, H. J. Gerhardt (Hrsg.): Taschenbuch der Telekommunikation, C. Hanser-Verlag 1999
- [BeZ 11] N. Benvenuto, M. Zorzi (eds): Principles of Communications Networks and Systems, J. Wiley 2011, 786 S.
- [Com 09] D. Comer, Computer Networks and Internets, 5th ed., Prentice-Hall 2009
- [Day 08] J. Day: Patterns in Network Architecture – A Return to Fundamentals, Prentice-Hall 2008, 429 S
- [DuS 10] K.-L. Du, M. N. S. Swamy: Wireless Communication Systems, Cambridge University Press 2010, 985 S.
- [DYN 03] J. Duato, S. Yalamanchili, L. Ni: Interconnection Networks: an Engineering Approach. Kaufmann Publ. 2003
- [FaS 12] K.R. Fall, W.R. Stevens: TCP/IP Illustrated, Vol. 1, 2nd ed., The Protocols, Addison-Wesley 2012, 1017 S.
- [FoM 12] B.A. Forouzan, F. Mosharraf: Computer Networks, Mc. Graw-Hill 2012, 931 S.
- [Fuc 09] T. Fuchß: Mobile Computing, C. Hanser-Verlag 2009, 248 S.
- [Gli 11] S. Glisic: Advanced Wireless Communications and Internet – Future Evolving Technologies, Wiley-Verlag 2011, 929 S.
- [Göb 99] J. Göbel: Kommunikationstechnik, Grundlagen und Anwendungen, Hüthig 1999
- [Gor 09] W. Goralski: The Illustrated Network – How TCP/IP Works in a Modern Network, Morgan Kaufmann 2009, 797 S.
- [HaB 04] J. F. Hayes, T. Babu: Modeling and Analysis of Telecommunications Networks, J. Wiley 2004
- [Hal 01] F. Halsall: Multimedia Communications, Addison-Wesley 2001
- [Hal 05] F. Halsall: Computer Networking and the Internet, 5th ed., Addison-Wesley 2005
- [HAN 99] H. G. Hegering, S. Abeck, B. Neumair: Integriertes Management vernetzter Systeme: Konzepte, Architekturen und deren betrieblicher Einsatz, dpunkt-Verl. 1999
- [HeQ 95] W. Heise, P. Quattrocchi: Informations- und Codierungstheorie, 3. Aufl., Springer-Verlag 1995
- [Kes 12] S. Keshav: Mathematical Foundations of Computer Networking, Addison-Wesley 2012, 474 S.
- [Klu 00] N. Klusmann: Lexikon der Kommunikations- und Informationstechnik, 2. Aufl., Hüthig-Verlag 2000
- [Kön 12] H. König: Protocol Engineering, Springer 2012, 525 S.
- [KMK 04] A. Kumar, D. Manjunath, J. Kuri: Communication Networking – An Analytical Approach, Morgan Kaufmann 2004, 929 S.
- [KMK 08] A. Kumar, D. Manjunath, J. Kuri: Wireless Networking, Morgan Kaufmann 2008
- [KrR 02] G. Krüger, D. Reschke (Hrsg.): Lehr- und Übungsbuch Telematik, 2. Aufl., Fachbuchverlag Leipzig C. Hanser 2002
- [KuR 13] J. F. Kurose, K.W. Ross: Computer Networking – A Top-Down Approach, 6th ed., Pearson/Addison-Wesley 2013, 888 S. bzw. Computernetzwerke - Der Top-Down-Ansatz, 4. Aufl., Pearson /Addison-Wesley 2008, 896 S.

- [Lin 05] J. Lindner: Informationsübertragung, Springer 2005
- [MaF 07] J. Maucher, J. Furrer: WiMAX – Der IEEE-802.16-Standard: Technik, Anwendung, Potenzial, Heise-Verlag, 2007, 407 S.
- [MBK 08] P. Mandl, A. Bakomenko, J. Weiß: Grundkurs Datenkommunikation, Teubner 2008
- [MeR 07] D. Medhi, K. Ramasamy: Network Routing – Algorithms, Protocols, and Architectures, Elsevier-Verlag 2007
- [MMW 10] S. Misra, S. Ch. Misra, I. Woungang (eds.): Selected Topics in Communication Networks and Distributed Systems. World Scientific Publ. (2010), 799 S.
- [Mol 11] A.F. Molisch: Wireless Communications, J. Wiley 2011
- [PeD 07] L. L. Peterson, B. S. Davie: Computer Networks, 4. ed., Elsevier-Verlag, 2007, 848 S.
- [Per 01] C. Perkins: Ad Hoc Networking, Addison-Wesley 2001
- [Pro 02] W. Proebster: Rechnernetze – Technik, Protokolle, Systeme, Anwendungen, 2. Aufl., Oldenbourg-Verlag 2002
- [PrS 04] J. G. Proakis, M. Salehi: Grundlagen der Kommunikationstechnik, 2. Aufl., Pearson Studium 2004
- [Rec 08] J. Rech: Wireless LANs, 3. Aufl., Heise-Verlag / dpunkt-Verlag 2008, 572 S.
- [Rot 10] J. Roth: Prüfungstrainer Rechnernetze, Teubner & Vieweg 2010, 152 S.
- [RSS 09] R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, G. H. Sasaki: Optical Networks – A Practical Perspective, 3. Aufl., Morgan Kaufmann 2009, 893 S.
- [SaM 09] H. Sack, C. Meinel: Digitale Kommunikation – Vernetzen, Multimedia, Sicherheit, Springer 2009
- [SaM 10] D. Salomon, G. Motta: Handbook of Data Compression, Springer 2010, 1359 S.
- [Sch 03] J. Schiller: Mobilkommunikation, 2. Aufl., Addison-Wesley 2003
- [Sch 97] B. Schürmann: Rechnerverbindungsstrukturen – Bussysteme und Netzwerke, Vieweg-Verlag 1997, 414 S.
- [She 01] T. Sheldon: Encyclopedia of Networking & Telecommunications, Mc. Graw-Hill 2001 (incl. CD)
- [Sie 02] G. Siegmund: Technik der Netze, 5. Aufl., Hüthig-V. 2002
- [SMW 06] R. Steinmetz, M. Mühlhäuser, M. Welzl: Rechnernetze, C. Hanser-Verlag 2006
- [Sta 04] W. Stallings: Computer Networking with Internet Protocols and Technology, Pearson / Prentice-Hall 2004
- [Sta 07] W. Stallings: Data & Computer Communications, 8th ed., Prentice-Hall 2007
- [Ste 08] E. Stein: Rechnernetze und Internet (Taschenbuch), 3. Aufl., C. Hanser-Verlag 2008
- [StN 04] R. Steinmetz, K. Nahrstedt: Multimedia Systems, Springer 2004
- [Sub 11] M. Subramanian: Network Management – Principles and Practices, 2nd ed., Pearson Education 2011, 695 S.
- [TaW 11] A. S. Tanenbaum, D.J. Wetherall: Computer Networks, 5th ed., Prentice-Hall 2011, 960 S.; seit 2012: auch deutschsprachige Übersetzung „Computernetzwerke“ (Pearson)
- [Wal 02] B. Walke: Mobilfunknetze und ihre Protokolle 1 – Grundlagen, GSM, UMTS und andere zellulare Mobilfunknetze, 3. Aufl., Prentice-Hall 2002
- [WaV 02] J. Walrand, P. Varaiya: High-Performance Communication Networks, 2nd ed., Morgan Kaufmann 2002, 693 S.
- [WDK 04] B.E. Wolfinger, K. David, R. Kraemer (eds.): Proc. zu Workshop „Mobile Computing und Medienkommunikation im Internet“, Ulm, Sept. 2004
- [WoH 11] B.E. Wolfinger, K.-D. Heidtmann (Hrsg.): Proc. 6. GI/ITG-Workshop MMBnet 2011, Hamburg, Sept. 2011; auch: spezielles Themenheft Zeitschrift PIK, Heft 2, 2012
- [Wol 99] B.E. Wolfinger: Characterization of Mixed Traffic Load in Service-Integrated Networks, Systems Science Journal, Vol. 25, No. 2, 1999, S. 65 - 86
- [Zen 01] A. Zenk: Lokale Netze – Die Technik fürs 21. Jahrhundert, 2. Aufl., Addison-Wesley 2001

DKR-Literaturzuordnung zu Vorlesungsgebieten

... und nun: **Die TOP 10** ...

(bzw. die **TOP 6** → „fett“)



[Hal 05] → relevant für DKR-Kap. 2, 3, 5-8, 13

[KrR 02] → relevant für DKR-Kap. 1, 3, 5-7, 11, 13

[**KuR 13**] → relevant für DKR-Kap. 1, 3, 5-8, 11, 13

[**MMW 10**] → relevant für DKR-Kap. 6-13

[**PeD 07**] → relevant für DKR-Kap. 1, 3, 5, 6, 11, 13

[Pro 02] → relevant für DKR-Kap. 1, 3, 5, 6, 11

[Sie 02] → relevant für DKR-Kap. 3, 5-7, 14

[**Sta 07**] → relevant für DKR-Kap. 1-3, 5-8, 11, 13; *neu*: [Sta 11], 9th ed.

[**Ste 08**] → relevant für DKR-Kap. 1-3, 5-8, 11-13 (Kosten *nur*: 29,90 EUR bei Umfang von ca. 600 S. !)

[**TaW 11**] → relevant für DKR-Kap. 1, 2, 3, 5-8, 11, 13

Grobe Lehrbücherzuordnung zu DKR-Kapiteln



	DKR-Kapitel Lehrbuch	1. Einföhrung	2. Grundlagen Codierung	3. Grundlagen DÜ	4. Rechnerinterne DÜ	5. LANs/ MANs	6. WANs/ Internet	7. Mobilkomm.	8. Medien-/ Echtzeitkomm.	9. „Protocol Engin.“	10. „Traffic Engin.“	11. Netzmanagem. & Netzanalyse	12. Netzplanung, -konfigur. & -optim.	13. Security	14. Trends
	[Göb 99]			Teile B, C, D, G			Teile J, K, L								-
7 x	[Hal 05]		App. A, B+C	Kap. 1, 2		3.	Kap. 6,7	4.	Appendix A					10.	-
7 x	[KrR 02]	1.		2.		6.1 – 6.5	6.6 + 8. + 13.	12.				3. + 4. + 10.		11.	-
8 x	[KuR 13]	1.		5.		5.	4.	6.	7.			9.		8.	-
8 x	[MMW 10]						x	x	x	x	x	x	x	x	-
8 x	[PeD 07]	1.		2.1 – 2.5		2.6 + 2.7	3. + 4.	2.8	6.5 + 7.2 + 9.3			9.1.4		8.	-
	[Pro 02]	1.		2. + 4.4		3.	5.							11.	-
	[Sie 02]			1.		3.4	3.3 + 3.5 + 4. + 9.	7.							10.
9 x	[Sta 07]	1. + 2.	6.+24.1	3. – 8., Appendix A		15. + 16.	10. – 13.	14. + 17.	19.3, 19.4, 24.			22.2		21.	-
10 x	[Ste 08]	1. + 5.1-5.3	2.4 + 2.8	2. + 8.1-8.3		6.1 – 6.6	3. , 7. + 9.	6.9	9.8			5.4 + 5.5 + 14.	13.	5.6	
9 x	[TaW 11]	1.	7.4.2 7.4.7	2. + 3.		4.1 – 4.3 4.8	5.	4.4 – 4.5	5.4 + 7.4			6.6		8.	-
	sonstige		[SaM09] [HeQ95]		[Sch97]		[FaS 12] [FoM12] [Gli 11] [Gor 09]	[DuS 10] [Fuc 09] [Mol 11] [Sch 03] [KMK 08]	[Hal 01]; [StN 04]; TeleMuM	[Kön 12] + Tele-MuM-Projekt	[Wol 99] + Tele-MuM	[Sub 11]; [WoH 11]; [HAN 99]; TeleMuM	[WoH 11]; [HaB 04]		

Zur Nutzung der Vorlesungsunterlagen: Wichtig !!!

Die schriftliche Ausarbeitung für die DKR-Inhalte (in Form eines in sich abgeschlossenen Vorlesungsskriptes), wurde zum WS 2008/09 (unter dankenswerter Mithilfe von Dipl.-Inform. Merlin Senger) aktualisiert und komplettiert. Überdies wurden seither entdeckte Fehler laufend korrigiert. Die aktuelle Version des DKR-Skriptes (*Stand: 1/2012*) deckt nunmehr die meisten relevanten Inhalte des DKR-Wahlpflichtmoduls ab und sollte auch weitestgehend fehlerfrei sein. 😊

→ Die vorliegenden Kopier- bzw. gedruckten Versionen (PDF-Versionen der PPT-Folien zu DKR in STiNE oder die (früher kostenlosen 😞) Skriptkopien des Veranstalters) sind indes ausschließlich zu Lernzwecken für den *persönlichen Gebrauch* bestimmt;
insbesondere *keine Vervielfältigung* der zum Teil aus Lehrbüchern übernommenen Abbildungen, Tabellen, etc gestattet !!!

Dank des *TeleMuM*-Projektes [gefördert durch das E-Learning Consortium Hamburg / ELCH und realisiert in der AG TKRN, 5/03-6/05] existieren überdies eLearning-Werkzeuge und Lernmoduln zur Veranschaulichung zentraler DKR-Inhalte, u.a. zur intensiven Benutzung in den DKR-Übungen bzw. im Praktikum sowie als Hilfe für Prüfungsvorbereitungen. 😊



Weitere vorlesungsunterstützende Hilfsmittel: Blick ins WWW !! *)

Beispiele I für nützliche Lernhilfen :

Multimediale Lernmodule

siehe z.B. :

<http://www.kaderali.de/multimediapool/index.html>

[WWW-Seiten von Prof. Dr. Firoz Kaderali, FernUni Hagen] *Stand: September 2013*

Themen:

- **Sicherheit in GSM-Netzen**
- **Internettechniken**
- **Kommunikationsnetze und –protokolle**
- **Grundlagen der Kryptologie**
- **Netzwerksicherheit**
- **Digitale Bildcodierung**
- **Verschiedenes**

mit zahlreichen Animationen und multimedialen Komponenten

***) ABER: Bitte stets höchst vorsichtig im Umgang mit Informationen aus dem Internet !!!
... nicht alles ist korrekt – es gibt da auch viel „Schrott“ !!!**

Weitere vorlesungsunterstützende Hilfsmittel: **Blick ins WWW !!** *)

Beispiele II für nützliche Lernhilfen :

Flash Animations

siehe z.B. :

<http://www3.ntu.edu.sg/home/EMDMA/>

[WWW-Seiten von Prof. Dr. Maode Ma, Nanyang Technical University (NTU), Singapore]
Stand: Mai 2011; inzwischen verschärfte Zugriffsberechtigungen auf das Lehrmaterial

Themen:

➤ **Network Protocols**

- Network Protocols : u.a. Reines ALOHA, Slotted ALOHA, CSMA/CD, Token Ring (vgl. unser DKR-Kapitel über LANs)
- 3-Stage Switch (vgl. unser DKR-Kapitel über rechnerinterne DÜ / Vermittlungsrechner)
- Digital Switching

➤ **Wireless Networks**

- Wireless Networks : u.a. WiMAX, WLAN, Bluetooth (vgl. unser DKR-Kapitel über Mobilnetze/Mobilkommunikation)
- WiMAX System
- Time Division Duplex
- Mobile IP

➤ **Wireless Network Protocols**

u.a. Centralized Random / Hybrid / Guaranteed Access Protocols

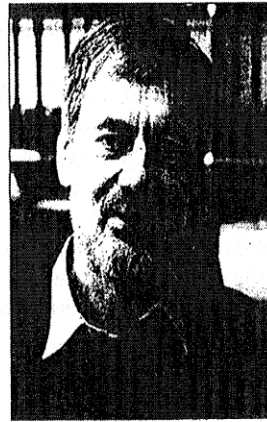
*) ABER: **Bitte stets höchst vorsichtig im Umgang mit Informationen aus dem Internet !!!**

Im Jahr 2010 gibt es kaum noch isolierte Rechner- und Systemarchitekturen

Die Gesellschaft für Informatik (GI) hat gemeinsam mit der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE (ITG) in einem Positionspapier ihre Visionen für die Rechner- und Systemlandschaft im Jahr 2010 niedergeschrieben. Dabei nimmt der so genannte organische Computer die herausragende Stellung ein: Er beschreibt ein System, beim dem sich sämtliche Komponenten selber organisieren und es keinen isolierten Blick mehr auf einzelne Bestandteile gibt. Um diese Vision zu erreichen, sind nach Ansicht der GI- und ITG-Wissenschaftler folgende Forderungen umzusetzen:

- **Hardware:** Eine weiterentwickelte Chipgeneration muss sich durch eine dynamische Rekonfigurierbarkeit, hohe Anpassungsfähigkeit, Robustheit und Fehlertoleranz auszeichnen. Dabei bilden weiterhin elektronische Schaltungen die Basis, die allerdings durch nanotechnologische Elemente ergänzt werden. Um dies zu erreichen – und die durch eine zunehmende Kleinräumigkeit entstehenden Verdrahtungsprobleme zu lösen – setzen sich in den Chips dreidimensionale Strukturen durch. Bei Netzwerken steht die optische Nachrichtenübertragung mit verbesserten Wellenlängen-Multiplex-Techniken im Vordergrund: Dazu müssen jedoch die erforderlichen Bausteine deutlich verkleinert werden.

- **Software:** Die kommenden Anwendungen werden per Komponententechnologie erstellt. Dabei reduziert sich im Gegensatz zu heute die Größe der



Energieverbrauch muss sinken: Professor Hartmut Schmeck. Foto: Uni Karlsruhe

aber auch, dass es in organischen IT-Systemen keine identischen Basisanwendungen wie Betriebssystem oder Middleware mehr geben wird. Die Aufgaben dieser Software übernehmen hochgradig dynamische Netzwerke, die sich ihrem Spezialzweck anpassen. Das einzig Standardisierte in der Software werden künftig die Schnittstellen sein. Damit ist eine weitgehend automatisierte Softwaregenerierung möglich.

- **Energieverbrauch:** Die Reduktion des Energiebedarfs bildet eine zentrale Herausforderung für

Komponenten extrem, die Wissenschaftler sprechen von leicht bis federgewichtig. Selbst die Systemsoftware besteht 2010 aus äußerst feinen Strukturen – die nicht mehr lokal vorhanden sein müssen – und somit die Möglichkeiten der rekonfigurierbaren Hardware ausschöpfen kann. Dieses bedeutet

die kommenden IT-Systeme. Zum einen werden immer mehr mobile Geräte eingesetzt, zum anderen muss die Abwärme der Chips begrenzt werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf einem übergreifenden Energiemanagement, das insbesondere die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Systemen beachtet.

- **Mensch-Maschine-Schnittstellen:** Der organische Computer wird sich dem Menschen anpassen – und nicht umgekehrt. Entsprechend geben die Benutzerschnittstellen wie etwa Bildschirm oder Tastatur auch künftig die Größe der Endgeräte vor. Diese Eingabemedien werden jedoch um Sprachsteuerung sowie um intelligente und kontextsensitive Menüauswahlverfahren erweitert. Das erlaubt eine weitgehend intuitive Bedienung. Dabei passen sich die Schnittstellen dem Nutzer und der vorhandenen IT-Infrastruktur dynamisch an – sie personalisieren sich und letztendlich auch die darunterliegenden Systemfunktionen. Mithilfe von preiswerten Drahtlostechnologien führt dieses zu einer räumlichen Entkopplung des Benutzer-Interfaces von den eigentlichen IT-Ressourcen. Auch werden persönliche Daten in einem kleinen Personal-Server stärker als bislang von den öffentlichen getrennt.

- **Kommunikations- und Verteilmechanismen:** Im Jahre 2010 ist laut GI und ITG häufig die Kommunikationsfähigkeit von IT-Systemen wichtiger als deren Rechenleistung. Entsprechend muss sich

ein einzelnes Gerät transparent in beliebige Infrastrukturen einbinden lassen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Möglichkeit der spontanen Vernetzung. Dabei werden Verteilungs- und Kommunikationsmechanismen benutzt, die auf heute schon existierenden Middleware-Konzepten wie etwa Jini oder Jxta von Sun aufsetzen. Die eigentliche Kommunikation zwischen den IT-Systemen findet auch weiterhin leitungsgelassen statt und wird per weiterentwickelter Internettechnologie abgewickelt. Programmierbare und adaptive Netze ermöglichen unterschiedlichen Kostenstrukturen und Dienstqualitäten. Die drahtlose Kommunikation bleibt vor allem Endgeräten jeglicher Art vorbehalten.

- **Sicherheit und Vertrauenswürdigkeit:** Dynamische Systeme wie sie organische Computer erlauben, bauen im hohen Maße auf Vertraulichkeit, Vertrauenswürdigkeit und Verlässlichkeit der Informationen. Dazu gehört auch die Abwehr unberechtigter Zugriffe. Um dies zu erreichen, müssen die heutigen Sicherheitskonzepte ausgeweitet werden, jede Komponente soll einen Selbstschutz enthalten. Speziell die Abwehr von Bedrohungen sowie die Funktionssicherheit der einzelnen Geräte muss entsprechend ausgebaut werden. Eine sicherheitskritische Kommunikation zwischen den einzelnen Bestandteilen der dynamischen Systeme findet nur in definierten und begrenzten Umgebungen statt. Auch der Import und Export von vertraulichen Informationen läuft über gesicherte Kanäle. mf

aus: *Computer Zeitung* 7/2003

→ Manche Prognosen stimmen ! ☺

CRN (06/17/02) No. 1000, P. 95; *Cerf, Vinton* (alias *Internet-Evangelist*)

Vinton Cerf, writing for CRN magazine, predicts that the number of Internet-enabled devices will swell dramatically between 2006 and 2010, and notes as examples initiatives in the Netherlands and Japan to develop **Internet-enabled** cars that use the Internet to connect and interconnect instruments and devices. In this scenario, sensors will supply data about devices' operations to cars, and also transmit geo-positioning information to devices to make devices aware of their physical positions, an innovation that could lead to new types of services. The **Interplanetary Network** is another innovative, ongoing project at the Jet Propulsion Laboratory that is intended to extend the Internet into the solar system, in part by designing and standardizing an architecture for deep-space communication. Protocols are being developed to support interactions between assets in deep space and Earth-based Internet sources.

Approaching **2010**, Cerf predicts that there will be some **2.2 billion Internet users** and between **5 billion to 20 billion connected devices**; which means that this huge system will demand IPv6 in order to manage an Internet between three and 15 times as large as today's telephone system. Voice and perhaps gesture will be used to interact with technology, and most devices will be controllable through remote servers.

<http://crn.channelsupersearch.com/news/crn/35832.asp>

→ Inwieweit können Sie diesen Prognosen des „Internet-Papstes“ zustimmen ?!

EU Wants to Take Lead in 'Web 3.0' Technology

- Telecom commissioner outlines the steps Europe must take -

IDG News Service (30. Sept. 2008) Meller, Paul

Europe is in an excellent position to become the leader in Web 3.0 technology because of its focus on open and pro-competitive telecom networks and commitment to online privacy and security, says Viviane Reding, the European Commission's (EC's) commissioner for information society and media. *"Web 3.0 means seamless 'anytime, anywhere' business, entertainment and social networking over fast, reliable and secure networks,"* Reding says. *"It means the end of the divide between mobile and fixed lines."* She says there could be a 10-fold increase in the scale of the digital universe by 2015. The EC's consultation on the next generation of the Internet launched on Sept. 29 was accompanied by a roadmap. The report described *social networking, online business services, nomadic services based on GPS and mobile TV, and smart tags using RFID* as trends that would lead to Web 3.0. In a blog post, Vint Cerf welcomed Reding's stance on free and open networks and on open standards. *"For Europe to keep up in the global online race, it needs to sprint ahead powered by an openness recipe encompassing a neutral network, users' rights, and open standards,"* Cerf wrote. *"I'm delighted to see that Europe's policymakers stress the successful ingredients to promoting a robust, healthy Internet."*

... und auch Body-Area-Networks sind stark im Kommen :

Monitoring Your Health With Your Mobile Phone

IMEC (10/05/10), vgl. Unternehmen IMEC International

Researchers at IMEC, Holst Center, and TASS software have developed a *mobile heart-monitoring system* that enables people to view their electrocardiogram (ECG) on an Android mobile phone. The researchers used a low-power interface that sends signals from a wireless ECG-sensor system to connect a complete Body Area Network (BAN) to a mobile phone. The *BAN consists of lightweight, ultra-low power, wireless sensor nodes that continuously monitor physical and vital parameters*. The interface wirelessly transmits bio-signals retrieved from the BAN sensor nodes to an Android mobile phone, where the data is collected, stored, processed, and sent over the Internet to authorized recipients, such as a physician. The interface is based on a standard Secure Digital Input Output interface on Android mobile phones, which allows for the integration of all Google operating system features. The mobile phone's hardware can operate with low-power communication protocols and low-power radios, which allows for long-term medical telemonitoring. In addition, the Linux-based interface provides for portability to other Linux-based devices.

Internet2 and ESnet Span Country With 100 Gigabit Network

Campus Technology (10/12/11), by: Dian Schaffhauser

The U.S. Department of Energy's (DOE's) Energy Sciences Network (*ESnet*) and *Internet2* have completed a *transcontinental network designed to provide 100 Gbps data transfers in the United States*. The *network*, built by Internet2, *delivers 8.8 terabits of capacity and provides connections over a distance of 4,000 miles* that span between New York, Washington, D.C., Cleveland, Chicago, Kansas City, Denver, Salt Lake City, and Sunnyvale, Calif. "This new coast-to-coast capacity represents the first major milestone in completing the nation's most advanced platform for network-based innovation," says Internet2's Rob Vietzke. ESnet will share the network's capacity, which is needed for the Advanced Networking Initiative, a 100G prototype network that will link the Lawrence Berkeley National Laboratory's National Energy Research Scientific Computing Center, the Argonne Leadership Computing Facility, the Oak Ridge Leadership Computing Facility, and the Manhattan Landing International Exchange Point. By the end of 2012, ESnet will transition the network to production and begin deploying 100 Gbps connections to link DOE Office of Science sites.

Meldung vom 06.10.2010 18:59 Uhr

Bundesregierung: Breitband-Ziel in Reichweite

Berlin (dpa)

Die Bundesregierung will in einer neuen Breitband-Initiative dafür sorgen, dass alle Haushalte in Deutschland über einen schnellen Internetanschluss verfügen können. «Derzeit haben wir gut **1,4 Millionen Haushalte** mehr **mit mindestens einem Megabit pro Sekunde** versorgt als zu Beginn unserer Breitbandstrategie», sagte Bundeswirtschaftsminister Rainer Brüderle (FDP) am Mittwoch in Berlin. «Jetzt beginnen wir mit dem Endspurt. **98,5 Prozent** sind **zum Jahresende gut erreichbar.**»

Neue Impulse erwartet Brüderle von dem **Ausbau der vierten Mobilfunkgeneration LTE**, mit der Übertragungsgeschwindigkeiten möglich sind, die bislang nur mit DSL- oder Kabelanschlüssen erreicht werden. «Wenn die Mobilfunknetzbetreiber jetzt, wie zugesagt, zügig mit dem Ausbau der LTE-Mobilfunknetze beginnen, (..) werden wir rasch eine Vollversorgung haben», betonte Brüderle. «Die Rahmenbedingungen dafür stehen.»

Der Wirtschaftsminister erinnerte die Gewinner der Versteigerung der LTE-Frequenzen daran, dass sie zunächst die weißen Flecken in der Breitband-Versorgung in Gebieten mit weniger als 5000 Einwohnern beseitigen müssten: «Wir erwarten einen weiteren deutlichen Ausbau der breitbandigen Funklösung noch in diesem Jahr.»

Nach der Vollversorgung mit Breitband-Anschlüssen mit einem Megabit pro Sekunde will die Bundesregierung die Geschwindigkeit in den kommenden Jahren weiter steigern. **Bis zum Jahr 2014** sollen **drei Viertel der Haushalte in Deutschland mit ultraschnellen Internet-Anschlüssen (50 Megabit pro Sekunde und mehr) versorgt** werden.

Meldung vom 06.10.2010 18:59 Uhr

Bundesregierung: Breitband-Ziel in Reichweite (s.o.)

... Fortsetzung

... und was ist daraus bis heute geworden ?

Telekom: 50 Städte mit superschnellem Netz LTE versorgt

Datum: 03.07.2012

URL: <http://www.cio.de/2886123>

Hamburg/Bonn (dpa) - Die Deutsche Telekom will das schnelle Mobilfunknetz LTE bis Jahresende in 100 deutschen Städten anbieten. Unter optimalen Bedingungen seien dann Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 100 Megabit pro Sekunde möglich, sagte der Leiter Consumer-Marketing, Ingo Hofacker, am Dienstag in Hamburg. Mit Stand 1. Juli seien bereits 50 Städte am Netz, darunter nun auch Berlin, Bremen, Bochum und Stuttgart. Die Telekom kann mit dem Hochgeschwindigkeitsstandard nach eigenen Angaben nun drahtlos ein Tempo anbieten, das man bisher nur vom Festnetz kannte. Konkurrent Vodafone etwa bietet derzeit LTE mit Bandbreiten bis zu 50 Megabit pro Sekunde an. Das Unternehmen betreibe allerdings ebenfalls schon 100-Megabit-Stationen, vermarkte Geschwindigkeit über 100 Mbit *) jedoch noch nicht offensiv, sagte ein Vodafone Sprecher.

***) BEW:** wohl eher Mbit/s !!! ... und „über 100 Mbit“ meint damit wohl „von 100 Mbit/s“

Bitkom: LTE-Ausbau geht in Deutschland rasant voran

Datum: 16.08.2012

URL: <http://www.cio.de/2890702>

Berlin (dpa) - Der Ausbau des schnellen Mobilfunkstandards LTE in Deutschland geht einer aktuellen Studie zufolge zügig voran. Die Zahl der mobilen Breitbandanschlüsse werde voraussichtlich von **100 000 Ende 2011** auf **34 Millionen Ende 2016** klettern, teilte der Branchenverband Bitkom am Donnerstag mit. Damit würden dann ***41 Prozent der Bundesbürger mit einem schnellen Internetzugang über LTE versorgt*** sein. Deutschland hätte damit in Westeuropa, wo der Anteil im Schnitt bei 37 Prozent liegt, eine Spitzenposition inne.

Laser Puts Record Data Rate Through Fiber

BBC News (05/22/11)

Karlsruhe Institute of Technology researchers recently set a record by transmitting **26 terabits of a data in one second** using a *single laser*.^{*)} The researchers used a fast Fourier transform to separate more than 300 distinct colors of light in a single laser beam with very short pulses, each of which was encoded with its own string of information. The Fourier transform is a mathematical trick that can extract the different colors from an input beam based on the times that the different parts of the beam arrive. The researchers accomplished this optically by splitting the incoming beam into different paths depending on when they arrived, and then recombining them on a detector. The current design outperforms earlier approaches by moving all the time delays further apart, and Karlsruhe professor Wolfgang Freude says the technology could be integrated onto a silicon chip. "Think of all the tremendous progress in silicon photonics," Freude says. "Nobody could have imagined 10 years ago that nowadays it would be so common to integrate relatively complicated optical circuits on to a silicon chip."

^{*)} ausreichend für die Übertragung von 1000 HD DVDs in 1 sec !!!
zu Details siehe : Zeitschrift *Nature Photonics*



Alphasat

Größter europäischer Telekommunikationssatellit ins All gestartet

Meldung vom 28.07.2013

Mit *Alphasat* umkreist seit Donnerstagabend der *bislang größte europäische Telekommunikationssatellit* die Erde. Neben kommerzieller Nutzlast hat er auch Forschungssysteme aus Deutschland an Bord.

Eine Ariane-5-Rakete hat den bislang größten und modernsten europäischen Telekommunikationssatellit ins All gebracht. Der rund 6,7 Tonnen schwere Alphasat hat nach Angaben des Raumfahrtunternehmens Astrium vor allem neue Kommunikationstechnik für den britischen Mobilfunkdienstleister Inmarsat an Bord. Sie soll zusätzliche Breitbandkapazitäten schaffen und ganz Europa, Afrika und den Nahen Osten abdecken.

Alphasat hat mit seinen Solarzellen eine Spannweite von 40 Metern und soll mindestens 15 Jahre im All arbeiten können. Sein Prozessor biete mit einer Leistung von mehreren Billionen Rechenoperationen pro Sekunde eine bisher nie dagewesene Dienstflexibilität, teilte die ebenfalls beteiligte europäische Weltraumorganisation Esa in der Nacht zum Freitag mit.

Die rund 50 Meter hohe Trägerrakete vom Typ Ariane 5 war am Donnerstagabend problemlos vom Weltraumbahnhof Kourou im südamerikanischen Französisch-Guayana abgehoben. Nach rund halbstündigem Flug setzte sie Alphasat aus. Ebenfalls von der Rakete getragen wurde der indische Wettersatellit Insat-3D.

aus: *Informatik-Spektrum*,
Bd. 23, Juni 2000



Aus den
Schwestergesellschaften

ITG im VDE

*Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer, TU München,
Vorsitzender der Informationstechnischen
Gesellschaft (ITG)*

Karrierechancen für Hochschulabsolventen in der Telekommunikationsbranche

Ein großer Teil der gegenwärtig so heftig gesuchten »IT-Experten« wird für Aufgaben in der Telekommunikationsbranche (TK) benötigt. Das anhaltend starke Wachstum des Internet, des Mobilfunks und der davon ausgehenden Anwendungen (z.B. E-Commerce) haben dazu geführt, dass TK-Ingenieure gesucht werden wie die Nadel im Heuhaufen. Da die TK inzwischen zu einer "Basistechnik« für fast alle anderen Wirtschaftsbereiche geworden ist, bietet sich für Absolventen ein breites Spektrum an Möglichkeiten. So brauchen die Herstellerunternehmen gut ausgebildete Leute für die Entwicklung von neuen Produkten (z.B. bei Mobilfunksystemen und "Handys").

Hier sind Elektronikingenieure (für die Hardware) genauso gefragt wie Spezialisten für das Software Engineering.

In welche Richtung gehen nun die Trends in der Telekommunikation? Das Gesicht der Branche ist dabei, sich dramatisch zu verändern. Zur Mobiltelefonie werden neue mobile Datenanwendungen treten, die TK-Netze werden auf die Internet-Technologie umgestellt und spannende "Konvergenzen" spielen sich ab, wenn bisher getrennte Technologien zusammenwachsen wie Mobil- und Festnetzkommunikation, Rundfunk und Internet. Die deutschen Hochschulen gehören in den relevanten Ausbildungsgängen (Elektrotechnik/Informationstechnik und technische Informatik) sicherlich zu den besten Ausbildungs- und Forschungsstätten weltweit. Nachholbedarf gibt es beim dringend erforderlichen markt- und wirtschaftsorientierten Denken. Auch müssen wir lernen und lehren, Ideen und Konzepte schneller in Produkte umzusetzen.

Es ist offensichtlich, dass die Welt von morgen durch die umfassende Vernetzung von Menschen und Wissen gekennzeichnet sein wird. Deutschland hat alle Chancen, seine traditionell gute TK-Position zu behaupten und auszubauen. Das ist eine faszinierende Herausforderung für kluge Köpfe.

„HOT TOPICS“

optische
DÜ

VOIP
(Voice over IP)

Web 2.0 / Web 3.0

„optical
switches“

LTE
(Long Term
Evolution)

WLANs/
WPANs

Vernetztes
Heim

Risiken
der globalen
Vernetzung

„Peer-to-Peer“-
Anwendungen

QoS
(Quality of
Service)

Sensornetze

UMTS/
GPRS

Netz-
management

VoD/MoD
(Video/Music on
Demand)

400 Gbit/s-
Ethernet-Standard
(in Arbeit seit 4/13)

GPS

„Cloud
Computing“

Verkehrs-
telematik

„Grid
Computing“

„Performance
Engineering“

„Traffic
Engineering“

Der „gläserne
Mensch“

Echtzeit-
Kommunikation

Netz-
sicherheit

IPv6/
Next Generation
Internet

IPTV
(ISPs: Triple Play)

„Body Area
Networks“

Audio/Video
Streaming

„Internet of
Things“

Kapitel 1 Einführung

1.1	Einige Grundbegriffe	25
1.2	Ziele des Einsatzes und Klassifikationen von Rechnernetzen	42
1.3	Topologieformen für Datenübertragungssysteme	48
1.4	Dienste, Protokolle und sonstige Basiskonzepte	52
1.5	Chancen und Risiken der globalen Vernetzung	60

1. EINFÜHRUNG

1.1 Einige Grundbegriffe

Im Zentrum der “**Datenkommunikation und Rechnernetze**“ (DKR)-Vorlesung:

KOMMUNIKATION

- zwischen Informatiksystemen
sowie
- zwischen Menschen mittels Informatiksystemen

→ wesentliche zu diskutierende Aspekte:

- Algorithmen
- Technologien
- Systeme

zur Kommunikation.

Def. **Kommunikation**: koordiniertes symbolisches Handeln mehrerer Beteiligter (\equiv Kommunikationspartner) unter Zuhilfenahme eines Mediums (\equiv Übertragungsmedium). ■

Bem.: Symbolisches Handeln \rightarrow Austausch von Nachrichten



Def. **Nachricht** [DIN 44300]: Zeichen oder kontinuierliche Funktionen, die – zum Zwecke der Weitergabe – Information (\equiv Kenntnis über Sachverhalte und Vorgänge) auf Grund bekannter oder unterstellter Abmachungen darstellen. ■

Aspekte einer Nachricht:

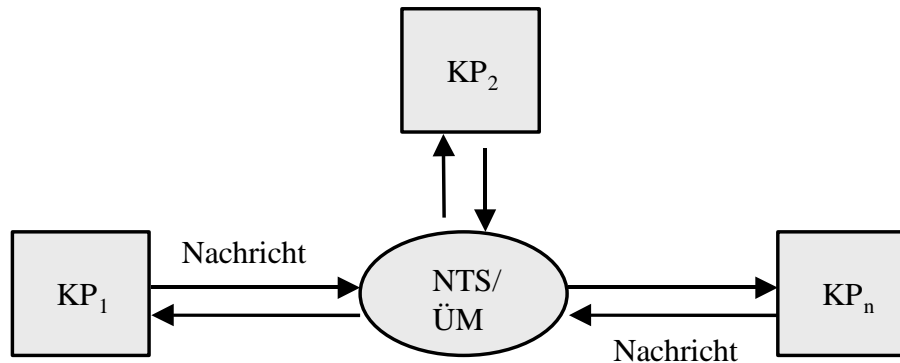
- **syntaktischer** Aspekt (Nachrichtensyntax)
- **semantischer** A. (Nachrichtenbedeutung)
- **pragmatischer** A. (Wert, Nutzen der Nachricht für Empfänger)



... und ich bin der Freund der DKR-Studierenden, denn ich signalisiere prüfungsrelevante Inhalte !!!

Allgemeines Kommunikationssystem (KS) beinhaltet

- Menge von ≥ 2 Kommunikationspartnern KP_1, \dots, KP_n
und
- Nachrichtentransportsystem (NTS) bei indirektem Nachrichtenaustausch bzw. Übertragungsmedium (ÜM) bei direktem Nachrichtenaustausch zwischen den KPs.



➤ *Rolle der KPs :*

... Teilnehmer am Kommunikationsvorgang, die

- Nachrichten senden und/oder empfangen,
- Nachrichten(inhalte) interpretieren,
- auf Nachrichten reagieren,
- unter Berücksichtigung gemeinsam akzeptierter Regeln kommunizieren.

→ Bsp. für KPs: Menschen, Maschinen/Automaten (z.B. Rechner, PDAs, Handys, Betriebssystem- oder Anwendungsprozesse, ...)

➤ *Rolle des NTS :*

... derjenige Teil (häufig passiv) eines KS der von den KPs benutzt wird, um Nachrichten auszutauschen

→ vgl. "Nachrichtenkanal" (DIN)



Def. **Kommunikationsnetz** (KN):

Besteht das Nachrichtentransportsystem innerhalb eines Kommunikations-systems seinerseits aus einer Menge von untereinander (in regulärer oder irregulärer Weise, vgl. Netztopologien, s.u.) verbundenen bzw. “*vernetzten*“ Einzelkomponenten, über die die Nachrichten zwischen den KPs indirekt weitergeleitet werden, so nennen wir das KS auch **Kommunikationsnetz**. ■

→ Bsp. für KNe:

- öffentliches Paketvermittlungsnetz (z.B. DATEX-P),
- ISDN-Netz,
- GSM- oder UMTS-Netz,
- Netz eines Internet Service Providers (ISP)

Merkmale von Kommunikation:

→ Kommunikation

- dient dem **koordinierten Handeln der KPs**
- unterliegt den **Intentionen der KPs**
- setzt **vergleichbare Verstehensgrundlagen** (Konventionen, Wissen) voraus
- kann sich auf den Kommunikationsprozess selbst und seine Voraussetzungen beziehen (**Metakommunikation**)
- ist mit Erwartungen an die anderen KPs verbunden (**Partnerbilder**)
- unterliegt dem Bestreben nach **ökonomischem Verhalten** (zumindest in techn. Kommunikationssystemen)

Beispiel :



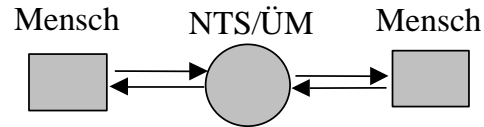
- ERGO: **Regeln** notwendig z.B. zwischen

- Bsp. für mögl. Realisierungen:

- $KP_1^B, KP_j^B, \dots, KP_m^B$ als – an öffentl. Vermittlungsnetze angeschlossene – Rechner
- KP_1^A und KP_2^A als Vermittlungsrechner eines öffentl. Vermittlungsnetzes (z.B. Telekom, ISP)

Klassen von Kommunikationssystemen :

I. Zwischenmenschliche Kommunikation



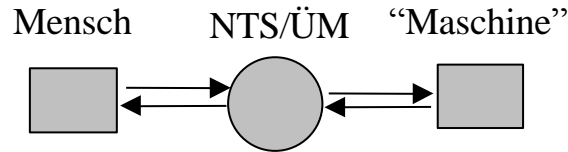
wesentlich : gemeinsame Sprache, Gestik, Mimik, Untertöne, u.v.a.m.

Bsp. für **NTS**: - akust. Signale (direkt, Fernsprechnet, Urwaldtrommel)
 - opt. Signale (Rauchzeichen, Lichtimpulse)

nota bene: Menschen sind keine Automaten ! → Modellierung zwischenmenschlicher Kommunikation schwierig (nur Teilaspekte abgedeckt)

Klassen von Kommunikationssystemen (Fortsetzung):

II. Mensch-Maschine-Kommunikation (MMK); auch: Human-Computer-Interaction (HCI)



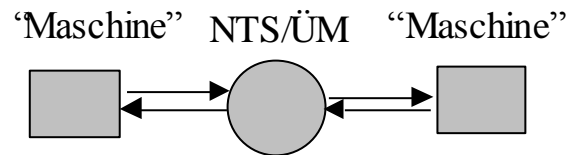
wesentlich : Benutzer- (bzw. Benutzungs-) Schnittstelle eines Rechensystems (als “Maschine“)

Bsp. für NTS:

- Netz eines Internet Service Providers (ISPs) bei Internet-Benutzung
- Ein-/Ausgabe-Subsystem eines PCs, Notebooks, o.ä.

Bsp. für KP „Maschine“: PC, Laptop, lokales Rechnernetz, Smartphone, WWW-Server

III. Kommunikation zwischen “Maschinen“



wesentl.: Kommunikationsprotokolle

Bsp. für NTS: direkte Leitung, Funksystem/Mobilfunknetz (z.B. LTE-Netz, WLAN)

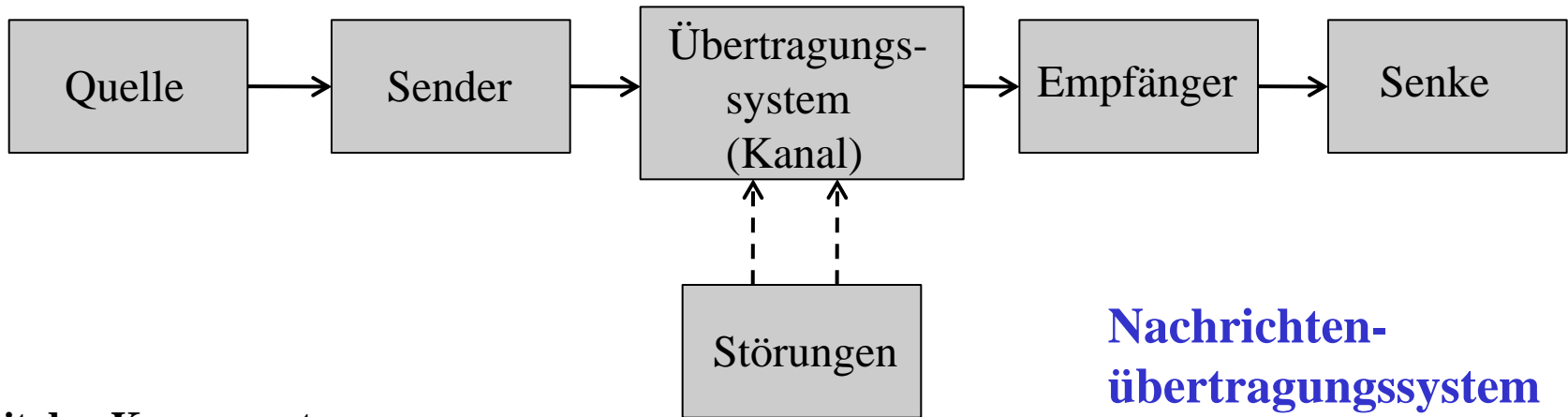
Bsp. für KP “Maschine“: PC, Workstation, Benutzer- oder Systemprozess
(bzw. abstrakt : “**Protokollmaschinen**“/ “**-automaten**“)

nota bene : Fokus der DKR-Vorlesung auf Kommunikationssysteme des Typs III
(evtl. als Infrastrukturen für Systeme des Typs I oder II).

Typisches **Modell eines Kommunikationssystems** in der Nachrichtentechnik

(mit 2 KPs, davon einer sendend und der andere empfangend),

vgl. DIN 40146/1 :



**Nachrichten-
übertragungssystem**

mit den Komponenten

- **Quelle** : Erzeugung der zu übertragenden Nachrichten
- **Sender** : Umwandlung der Nachrichten in eine für den (Übertragungs-) Kanal geeignete Form
- **Übertragungssystem /-kanal** : Übertragung der Nachrichten als Signale zu dem Empfänger (z.B. mittels elektrischer oder optischer Impulse, Schallwellen, ...)
- **Störungen** : negative Beeinträchtigung der übertragenen Signale mit evtl. Konsequenz einer Nachrichtenverfälschung bzw. eines Nachrichtenverlustes
- **Empfänger** : Rückwandlung der empfangenen Signale in eine für die Nachrichtensenke verständliche Form
- **Senke** : Interpretation, Weiterverarbeitung, Abspeicherung, Vernichtung, ... der empfangenen Nachrichten

Bem.:

- Unsere Kommunikationssystem-Def. ist noch relativ allgemein.
- Das obige KS-Modell der Nachrichtentechnik repräsentiert eine stark technische Sicht mit Fokus auf der Nachrichtenübertragung (daher auch: **Nachrichtenübertragungssystem**)

Datenübertragung(ssysteme)

Die zwischen Informatiksystemen, d.h. zwischen

➤ Hardwarekomponenten

wie z.B.

- Prozessoren (Zentral ~, Ein-/Ausgabe ~)
- Speicher-Moduln (Pufferspeicher, Haupt ~)
- Peripheriegeräte

oder

➤ Softwarekomponenten

wie z.B.

- Betriebssoftware → vgl. Betriebssystem
- Anwendungssoftware bzw. die bei ihrer Ausführung resultierenden Prozesse,

übertragenen *Nachrichten* werden in den beteiligten Systemen auf Sende- und Empfangsseite *als Daten verarbeitet*.

Man bezeichnet in diesem Falle das Nachrichtenübertragungssystem auch als **Datenübertragungssystem** und die Nachrichtenübertragung als **Datenübertragung (DÜ)**.

⇒ **Klassifikation von DÜ-Systemen** gemäß ihrer Einbettung in vollständige Rechengesamtheits-Konfigurationen:

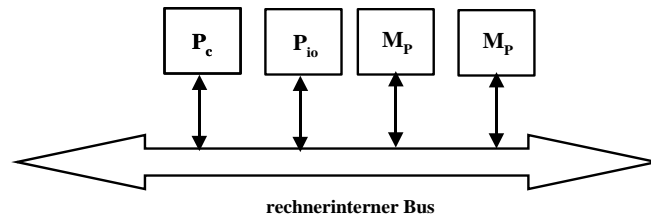
- **rechnerinterne DÜ** (z.B. über rechnerinterne Bussysteme)
- **DÜ zwischen Rechner und seiner lokalen Peripherie**
- **DÜ in lokalen Rechnernetzen** → Verzicht auf ein NTS eines öffentlichen Netzbetreibers, ersatzweise:
Betrieb eines privaten NTS
(z.B. Unternehmens-, Campus-, Heimvernetzung)
- **Datenfernübertragung (DFÜ)** → DÜ über größere Entfernungen hinweg (insbesondere über Grundstücksgrenzen hinaus)

Beispiele für die eingeführten Klassen von Datenübertragungssystemen

→ Beschreibung in Anlehnung an PMS-Notation (**P**rocessor-**M**emory-**S**witch), vgl. Rechnerarchitektur-Vorlesungen

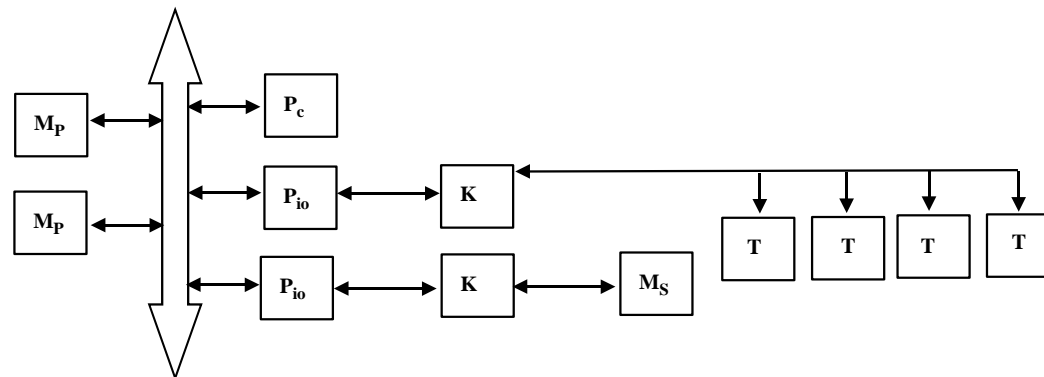
➤ Rechnerinterne DÜ:

→ Bsp.: DÜ zwischen Prozessoren (Zentralprozessor P_c , E/A-Prozessor P_{io}) und Hauptspeichermodule (M_p). *Nota bene:* i.d.R. Hierarchie von Bussystemen und von Pufferspeichern (Caches) !



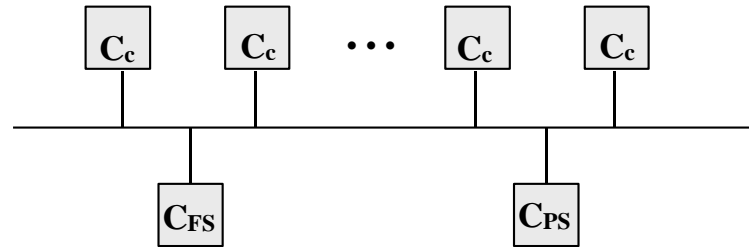
➤ DÜ zwischen Rechner und seiner lokalen Peripherie :

Bsp.: E/A für Peripher-/Sekundärspeicher (M_s) und E/A-Geräte (T) unter Benutzung von E/A-Prozessoren (P_{io}) und Steuerwerken (K):



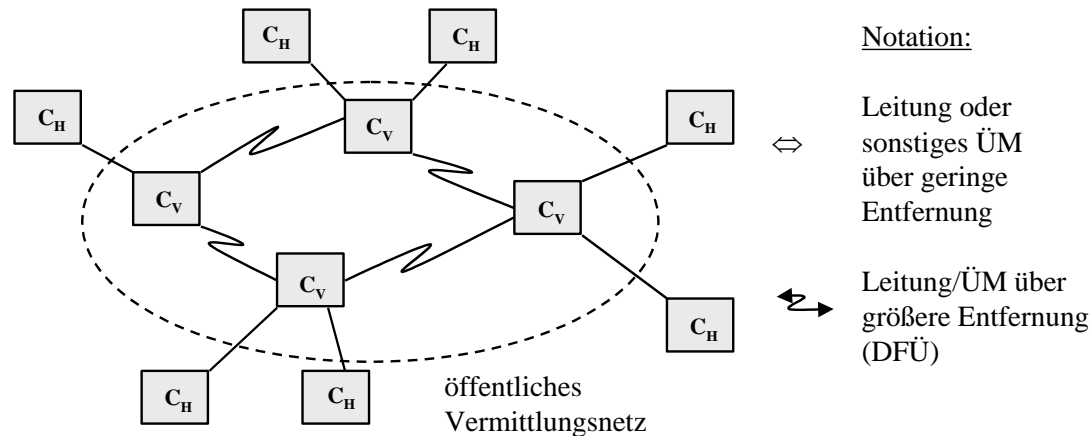
➤ DÜ in lokalen Rechnernetzen:

Bsp.: DÜ zwischen PCs/Workstations als “Client-Rechnern“ (C_c) und Server-Komponenten, wie spez. Rechner als “File Server“ (C_{FS}) oder Drucker als “Print Server“ (C_{PS}) unter Nutzung eines Bus-Systems.



➤ DÜ in nicht-lokalem Rechnernetz mit DFÜ:

→ Bsp.: DÜ zwischen Rechnern (C_H), sog. Endsystemen/“Host“-Rechnern o.ä., die über ein öffentl. Vermittlungsnetz kommunizieren, das mittels DFÜ größere Entfernungen überbrückt und seinerseits aus Vermittlungsrechnern (C_V), sog. “Router“ o.ä. besteht.



Rechnernetze

Def. **Rechnernetz** (RN):

Menge untereinander kommunikationsfähiger “Knoten“ (-Rechner), die durch ein Kommunikationssystem zum Zwecke der **Kommunikation** und **Kooperation** miteinander verbunden sind.



Bsp. für “Knoten“:

- Prozessor-Speicher-Paar mit lokalem Betriebssystem
- Multiprozessorsystem
- “Handheld Computer“ mit Anschluss an ein Mobilfunknetz

Bsp. für *Kommunikationssysteme als Basis für Rechnernetze*:

- Satellitenkommunikationssystem
- Mobilfunknetz
- konventionelles Fernsprechnet (mittels Modems)
- (Schmalband-) ISDN-Netz
- Ethernet- oder IEEE 802.11-basierende LAN/WLAN-Infrastrukturen
- öffentliches Paketvermittlungsnetz
- IP-basierende Netze von Internet Service Providern (ISPs)
- u.v.a.m.

Datenfernverarbeitungssysteme, Telekommunikation und Telematik

Def. ***Datenfernverarbeitungssystem***:

Rechensystem oder Rechnernetz mit den Eigenschaften, dass

- Ort der Ein-/Ausgabe von Ort der Verarbeitung räumlich getrennt ist, sowie
- Datenfernübertragung (DFÜ) mit Hilfe nachrichtentechnischer Systeme stattfindet. ■

Bsp. für Datenfernverarbeitungssystem:

Terminals als Datenerfassungsgeräte, z.B. in Unternehmensfilialen, die über ein öffentliches Kommunikationsnetz erfasste Daten an einen zentralen Rechner zur dortigen Verarbeitung übertragen können. Auszüge aus den berechneten Resultaten können dann ggf. den Terminals wiederum zur Präsentation für Benutzer zur Verfügung gestellt werden.

Def. ***Telekommunikation***, kurz: TK:

Kommunikation über größere Entfernungen unter Nutzung nachrichtentechnischer Übertragungsverfahren, sowohl für die Bereiche Mensch-Mensch-, Mensch-Maschine- als auch Maschine-Maschine-Kommunikation. ■

Telematik: Kunstwort aus Telekommunikation/Informatik

→ vgl. Zusammenwachsen von Informations- und Kommunikationstechnik bzw. zunehmende Überlappungen zwischen Informatik und Nachrichtentechnik



- lt. N. Klußmann [Klu 00]:

Telematik ≡ Oberbegriff für Integration von Sprache-, Daten-, Stand- und Bewegtbild-kommunikationstechnik.

Verteilte Systeme und ihre Abgrenzung gegenüber Rechnernetzen

Def. **Verteiltes (DV-)System**, kurz: VS:

Durch ein Kommunikationssystem lose gekoppelte Menge von “Knoten“, wobei



- die Knoten kooperieren, um Systemfunktionen auszuführen (verteilte systemweite Kontrolle);
 - keine zwei Prozesse dieselbe Sicht des Systemzustands besitzen und insbesondere auch kein zentraler Prozess existiert, der alle anderen Prozesse mit konsistenter und identischer Sicht des globalen Systemzustands versorgen kann.
- (kein globaler Systemzustand bekannt für einen Prozess).



- Bem.:
- *lose Kopplung* → keine Kommunikation über gemeinsame Speicher, sondern durch Nachrichtenaustausch
 - “Knoten“ → vgl. Def. Rechnernetz, indes Knoten nunmehr evtl. nicht weiterhin für Betrachter als autonome Rechner erkennbar
 - zahlreiche (sich zum Teil widersprechende) Def. für Begriff “Verteiltes System“ existieren in Literatur
→ obige Def.: ≈ “größter gemeinsamer Nenner“;
zusätzliche Forderung vieler Autoren: Transparenz (Unsichtbarkeit) der Verteilung für Benutzer eines Verteilten Systems !

Abgrenzung Begriffe “*Verteiltes System*“ vs. “*Rechnernetz*“ :

- “**Verteiltes System**“ betont *Verteilungsaspekt*
→ u. a. Verteilung von Verarbeitungskapazität, Daten, Anwendungsprozessen und insbesondere der Kontrolle
- “**Rechnernetz**“ betont *Kommunikationsaspekt*
(zwischen autonomen Rechnern)

nota bene:

- $VS \not\subset RN$, wegen Verteilten Systemen, deren Knoten in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind
- $RN \not\subset VS$, wegen Möglichkeit, Rechnernetz mit ausgezeichnetem Zentralrechner zu realisieren (d.h. zentrale Systemkontrolle, zentrale Datenhaltung, keine Verteilungstransparenz !)

1.2 *Ziele des Einsatzes und Klassifikationen von Rechnernetzen*

Anforderungen und Erwartungen an Rechnernetze und die von ihnen erbrachten Kommunikations- und Kooperationsdienste, vgl. [Pro 02] :

➤ **aus Endbenutzersicht:**

- *Kommunikation von Personen :*
 - elektronischer Briefverkehr (mail, news),
 - elektronische Konferenzen (conferencing) → Trend zu Multimedia,
 - Zugriff auf Information,
 - Dateitransfer,
 - Informationssysteme (NEWS, GOPHER, WWW),
 - Fachdatenbanken, Fachinformationszentren,
 - Video on Demand.
- *Benutzung entfernter Verarbeitungsrechner/Funktionen :*
 - Ferndialog (remote login),
 - Stapelverarbeitung (RJE = remote job execution/entry),
 - tele(fon)banking, teleshopping,
 - remote experiments,
 - Kooperation von Programmläufen,
 - client/server-computing,
 - distributed computing, grid computing, cloud computing,
 - verteilte Anwendungen.

Anforderungen und Erwartungen an Rechnernetze und die von ihnen erbrachten Kommunikations- und Kooperationsdienste, vgl. [Pro 02] – Fortsetzung :

➤ **aus Betreibersicht:**

- Erhöhung der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Grenzdurchsatz, Ausgleich schwankender Anforderungen
→ **Verfügbarkeitsverbund** (hot/cold standby)
- Verbund “spezialisierter“ Rechner (z.B. mit Spezial-Hardware, Spezial-Anwendungen, speziellen Datenbeständen, unterschiedlicher CPU-Kapazität)
→ **Funktionsverbund** (resource sharing)
→ **Datenverbund** (replicated/partitioned database)
- Ausgleich von Spitzenanforderungen nach Kapazität : örtlich/zeitlich; Ausgleichsstrategien : automatisch/Operator/Benutzer
→ **Lastverbund** (load sharing)



Klassifikation von Rechnernetzen I: *Verbundarten*

➤ *Datenverbund*

→ verteilte Datenhaltung, z.B.

- durch **Replizierung** (Kopienhaltung) der Datenobjekte und/oder der “Directory“-Information, bzw.
- durch **Partitionierung** (disjunkte Aufteilung auf verschiedene Rechner) für die Datenobjekte und/oder die “Directory“-Information, bzw.
- durch Mischformen aus Replizierung und Partitionierung



➤ *Funktionsverbund*

→ Zugriff für Netzknoten auf Rechner mit Spezialanwendungen, Spezialsoftware, speziellen Datenbeständen o.ä. (allgemein: mit spezieller Funktionalität)

➤ *Lastverbund*

→ Lastausgleich zwischen den Rechnernetzknoten
(Probleme u.a. Aufwand für Verlagerung von Aufträgen, Definition und Ermittlung der Momentanauslastung für Rechnernetzknoten ?!)

Klassifikation von Rechnernetzen I: *Verbundarten*

(Fortsetzung)



➤ *Nachrichtenverbund*

→ Austausch von Nachrichten auf Ebene der kommunizierenden, menschlichen Endbenutzer (z.B. Austausch von E-Mails)

➤ *Zuverlässigkeitsverbund*

→ Mehrfachberechnung für sehr kritische/hochrelevante Resultate (Bsp. Reaktorüberwachung) durch verschiedene Rechnernetzknoten, gemäß unterschiedlicher Algorithmen etc. mit anschließendem Mehrheitsentscheid,
z.B. in sog. *2-aus-3-Systemen*

➤ *Verfügbarkeitsverbund*

→ Ausfall von Rechnern “maskiert“ durch weiterhin möglichen Zugriff auf Ersatzrechner (“*cold-stand-by*“ vs. “*hot-stand-by*“), vgl. sog. “*gracefully degrading systems*“.

Klassifikation von Rechnernetzen II:

geograph. Verteilungsgrad



➤ *Lokales Rechnernetz* (**LAN** = local-area network):

→ Rechnernetz in/auf

- Raum (Entfernungen zwischen Rechnern: ≈ 10 m)
- Gebäude (≈ 100 m)
- Campus (≈ 1 km)

Bsp.: Fachbereichs-Rechnernetz unseres Fachbereichs Informatik

➤ *Regionales Rechnernetz* (**MAN** = metropolitan-area network):

→ Rechnernetz in Stadtgebiet, kleinem Bundesland (z.B. Hamburg, Bremen), zusammenhängender Industrieregion (z.B. Rhein-Main-Gebiet)
⇒ Knotenentfernungen ≈ 10 km

Bsp.: HHR III – **H**amburger **H**ochgeschwindigkeits-**R**echnernetz ;
Hanse**N**et (in seinen Anfängen – vor „Alice“ und vor O₂)

Klassifikation von Rechnernetzen II:

geograph. Verteilungsgrad (Fortsetzung)

- *Überregionales Rechnernetz / Weitverkehrsnetz* (**WAN** = wide-area network)

→ Rechnernetz in

- Land (≈ 100 km)
- Kontinent ($\approx 1\,000$ km)

Bsp.: *Deutsches Forschungsnetz* (DFN): X-WiN, seit 2006; zurzeit (2013) Übertragungskapazität der Kernnetzverbindungen 8.8 Tb/s.
Europäisches Wissenschafts-„Backbone“-Netz GÉANT: 2013 wurden 12 000 km Glasfaserstrecke auf 100 Gb/s migriert

- *Globales Rechnernetz* (**GAN** = global-area network)

→ Rechnernetz, den Planeten Erde umspannend ($\approx 10\,000$ km)

Bsp.: Globales Internet (incl. seiner Satellitenverbindungen)

- in spe:

interplanetarische Rechnernetze (Weltraum)

sowie *Personal-Area-Networks* (**PANs**) (Heimbereich)

oder auch die *Body-Area-Networks* (**BANs**) (Vernetzung Körper / Kleidung)

1.3 Topologieformen für Datenübertragungssysteme



Def. **Topologie**^{*)} (eines DÜ-Systems):

Unter der (*physikalischen*) **Topologie** verstehen wir die Art der Vermaschung der wesentlichen Hardware-Komponenten (z.B. der Vermittlungsrechner eines Kommunikationsnetzes). Entsprechend führen die (etablierten oder grundsätzlich möglichen) Kommunikationsbeziehungen zwischen kommunizierenden Prozessen zu einer (*logischen*) **Topologie**. ■

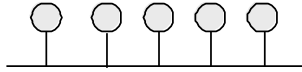
Bem.: Grundsätzlich ist der Topologiebegriff nahezu auf jeder Protokollschicht (s.u.) einer Rechnernetzarchitektur anwendbar.

→ Bsp.: File Server in Ethernet mit *Bus als physikalische Topologie* und *Stern als log. Topologie* (auf Dateitransfer-Ebene)

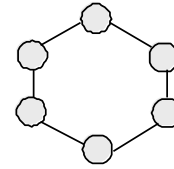
^{*)}: Auch in der Mathematik gibt es den Begriff *Topologie* (mit völlig anderer Bedeutung!)

Reine Topologieformen, u.a.:

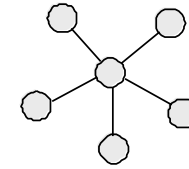
Bus :



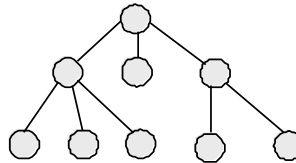
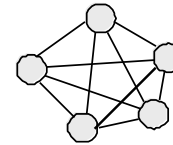
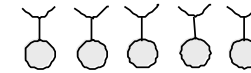
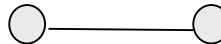
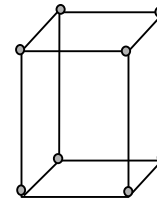
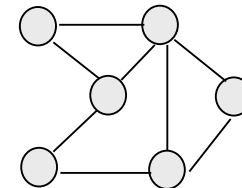
Ring :



Stern :

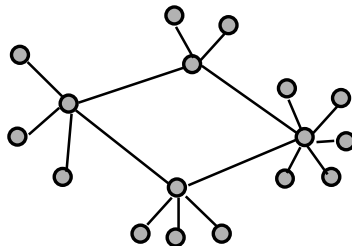


Baum

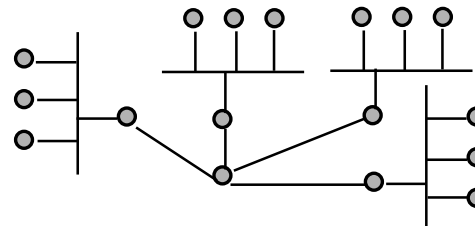
vollständige
Vermaschung :“Broadcast”-System
(u. a. bei Funknetzen
[\approx Bus])Punkt-zu-Punkt-
VerbindungHyperwürfel
 (“Hypercube”):irreguläre
Vermaschung:

Gemischte Topologieformen, z.B.:

Ring aus Sternkonfigurationen:



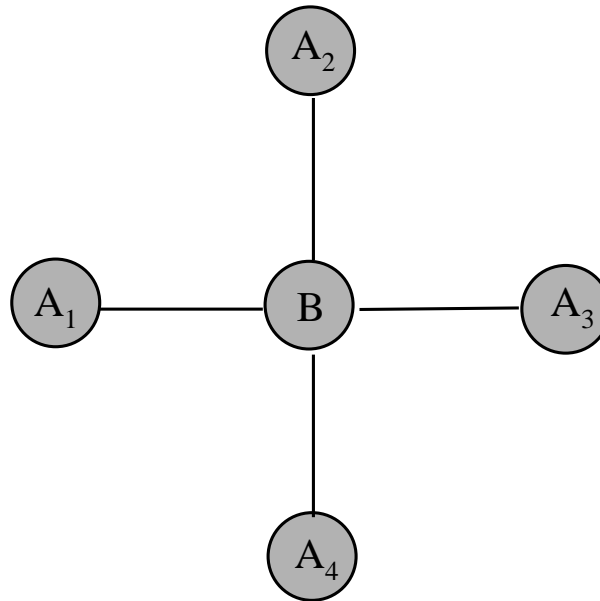
Stern aus
Buskonfigurationen:



Fließender Übergang zwischen Topologieformen



Gegebene Struktur einer Rechnernetzkonfiguration (Bsp.):



n. b. : genau 1 Leitung
zwischen
B und A_i 's

→ mögliche Interpretation bzgl. Topologie :

1. Sicht :

Annahme: B sei Timesharing-Rechner und A_i seien Terminals, PCs o. ä.
mit Zugriff auf B (keine Kommunikation zwischen A_i und A_j , $j \neq i$)

⇒ SICHT : **Punkt-zu-Punkt-Verbindungen** zwischen B und A_i 's

2. Sicht :

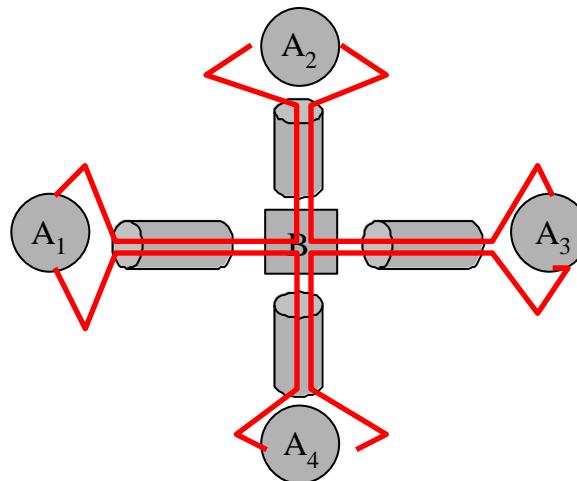
Annahme: B sei zentraler Vermittlungsrechner ("Switch")
und Kommunikation erfolge zwischen A_i 's über B

⇒ SICHT : *Sternförmige Topologie* (mit B im Zentrum des Sterns)

3. Sicht :

Annahme: B sei sog. "wire center" (vgl. Token Ring-LANs in Kap.4)
für Ringnetz bestehend aus den A_i 's

⇒ SICHT : *Ring-Topologie* aus den A_i 's (B transparent)



1.4 Dienste, Protokolle und sonstige Basiskonzepte



Def. **(Kommunikations-) Protokoll:**

Menge von Konventionen, um die Kommunikation zwischen zwei oder mehreren, durch Botschaftenaustausch interagierenden, Instanzen (z. B. kommunizierenden Prozessen) zu regeln.



Bem.: **Botschaft** als Synonym für **Nachricht** (in ihrer allgemeinen, schichten-unabhängigen Bedeutung!)

Aufgaben eines Kommunikationsprotokolls:

- Festlegung der Struktur der ausgetauschten Botschaften, auch : **Protokolldateneinheiten** (**Botschaftensyntax**)
- Festlegung der Bedeutung der Botschaften und der Reaktion auf sie (**Botschaftensemantik**)
- Spezifikation der, grundsätzlich möglichen, zeitlichen Abläufe von Ereignissen (**Timing**)

nota bene : Diverse Bezeichnungen für die *interagierenden Instanzen*, z.B.

- **Protokollmaschinen** (“protocol machine“)
- **Protokolleinheiten** (“protocol entity“)
- **Kommunikationspartner**, u.a.m.

Beispiele für **Aufgaben von Kommunikationsprotokollen** :

- Regelung der Zugriffskontrolle für $n \geq 3$ Kommunikationspartner auf ein gemeinsames ÜM;
- Organisation eines (nahezu) fehlerfreien, bittransparenten Transports von Daten über eine Leitung zwischen 2 direkt miteinander verbundenen (Knoten-) Rechnern;
- Regelung der Kommunikation zwischen Prozessen in verschiedenen Arbeitsrechnern (Interprozesskommunikation);
- Organisation eines Dateitransfers.

Exemplarische Protokolle aus GSS-Vorlesung (Bachelor-Pflichtmodul, SoSe'09 bzw. '10):

IP, TCP, UDP, HDLC, ... sowie **CSMA/CD-** und **Token Ring-**
Mediumzugriffsprotokolle, ...

Dienste und ihr Zusammenhang mit Protokollen

Def. **Dienst** (service):

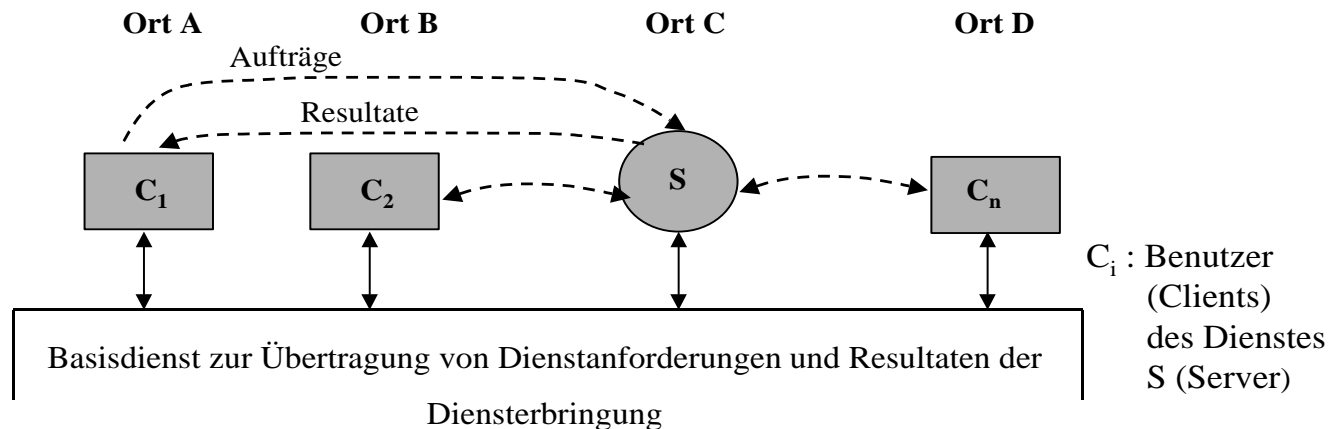
implementationsunabhängige Beschreibung der Leistung, die seitens eines oder mehrerer Dienstleister(s) einer Menge von (Dienst-) Benutzern angeboten und auf Anforderung hin erbracht wird. ■



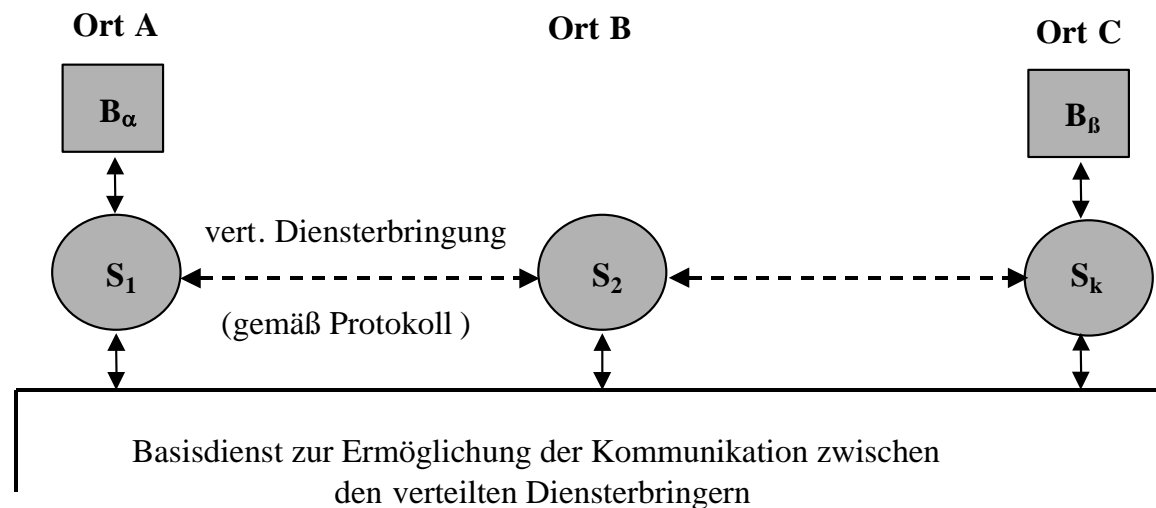
Bem.: • Dienstkonzept u.a. wichtig bei Rechnernetzen, Verteilten Systemen, Betriebssystemen, öffentlichen Netzbetreibern (vgl. z.B. Telematikdienste, ISPs, ...)

Varianten einer Dienstleistung in Rechnernetzen:

- **Abgesetzter Zugriff** (“remote access“) auf einen **zentral erbrachten Dienst**
→ z.B. “Client/Server“-Beziehungen



- **Verteilte Erbringung eines Dienstes** durch Kommunikation und Kooperation mehrerer Dienstleister S_1, S_2, \dots, S_k
→ z.B. “Peer-to-Peer“-Beziehungen.

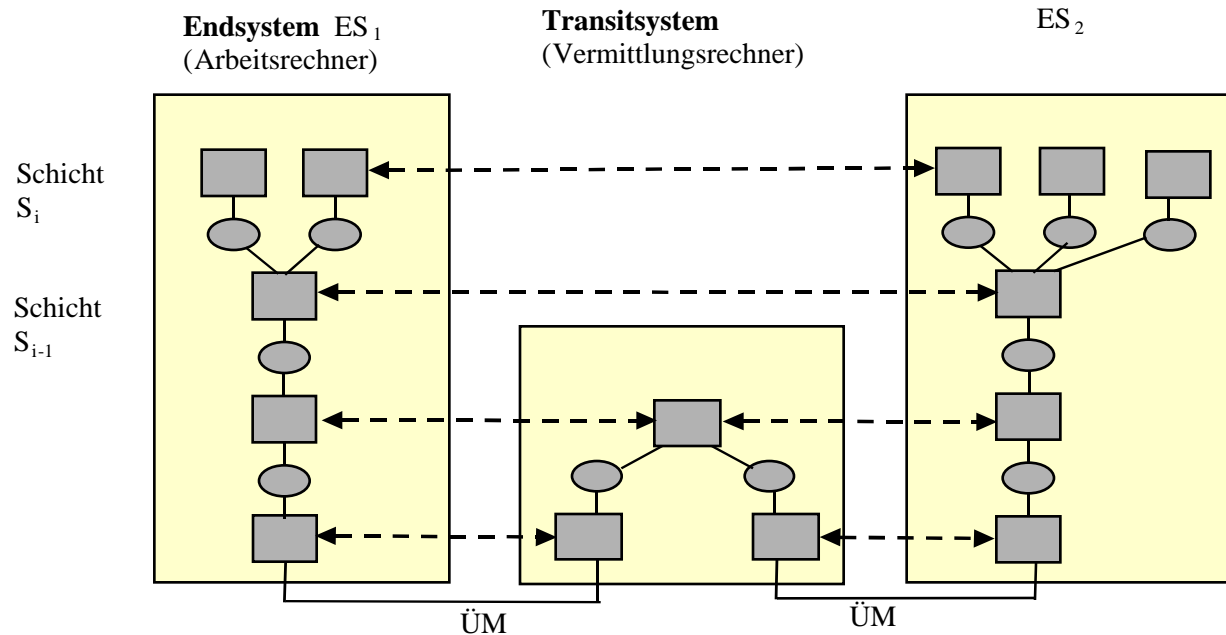


- Mischformen, wie z.B. **Abgesetzter Zugriff auf verteilt erbrachten Dienst**



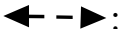
Protokoll-/Diensthierarchien

- Bei verteilter Erbringung eines Dienstes S : Protokoll P erforderlich (für Kommunikation zwischen beteiligten Dienstern)
→ S basiert auf P
(nota bene : unterschiedliche Protokolle mögliche Basis für ein und denselben Dienst !)
 - Schichtung von Diensten sehr vorteilhaft (z.B. hinsichtlich Komplexitätsreduktion, Testbarkeit, Standardisierungsmöglichkeit u.a.m.)
→ **Protokoll-/Diensthierarchie**
- ⇒ vgl. Werkzeug *InternetExplorativ* zur Illustration und für ein vertieftes Verständnis von dynamischen Abläufen in Protokollhierarchien, insbes. des „TCP/IP Protocol Stacks“

Exemplarische Protokollhierarchie (STATISCHE Struktur)



Notation :

-  : **Instanz**
-  : **Dienstzugangspunkt** (service access point-SAP)
-  : **Virtuelle Kommunikationsbeziehung**
(gemäß Protokoll geregelt)



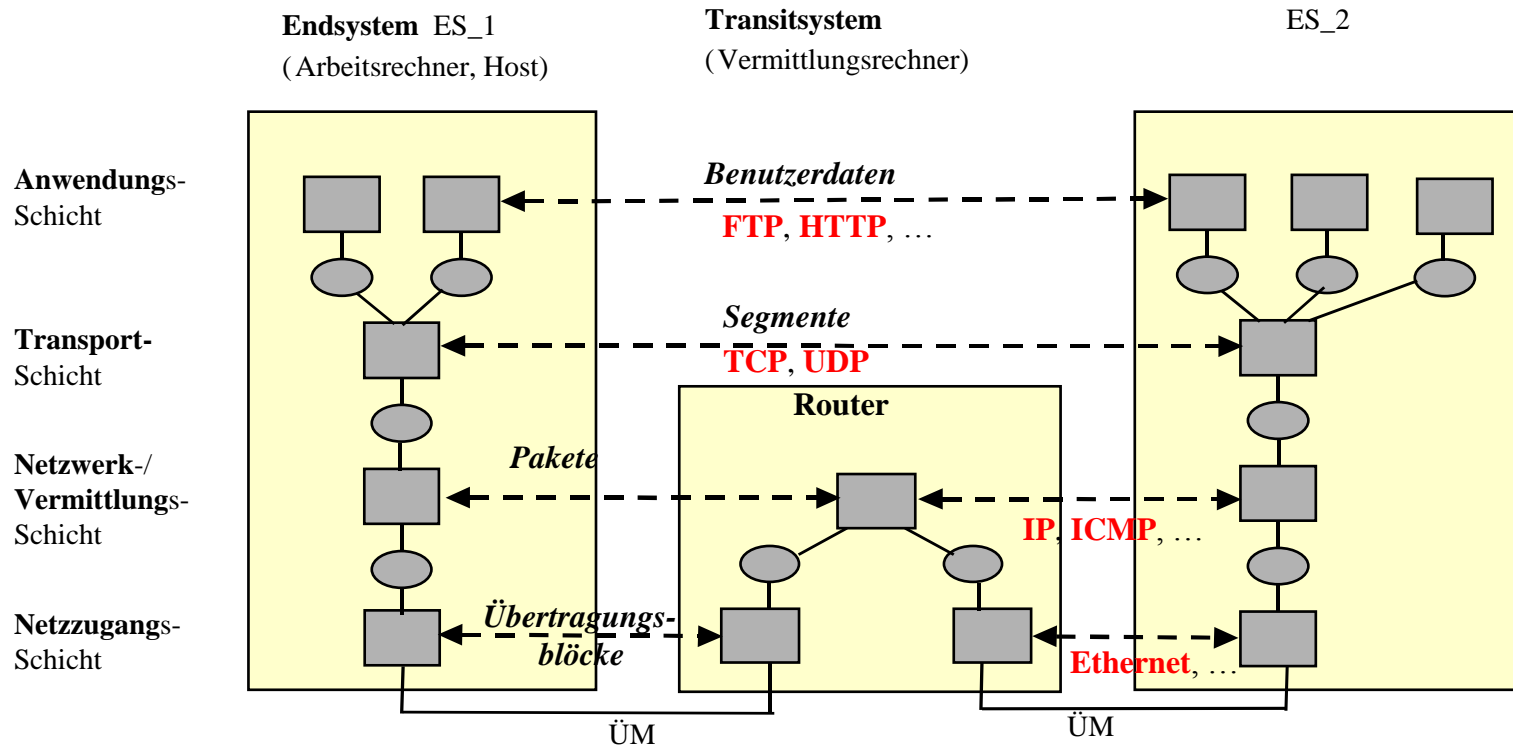
➤ Neben statischer Struktur : **DYNAMISCHE Struktur** mit Basiskonzepten, wie u.a.

- **Protokollvorkommnisse**
- **Verbindungsendpunkte** (connection endpoints – CEPs)
- etablierte **Verbindungen** (bei verbindungsorientierter Kommunikation)

nota bene : zu weiteren Details → vgl. GSS-Vorlesung (!?)

Exemplarische Protokollhierarchie

(TCP/IP-Protocol Stack: Simples Konfigurationsbeispiel)



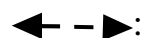
Notation :



: Instanz



: Dienstzugangspunkt (service access point-SAP)

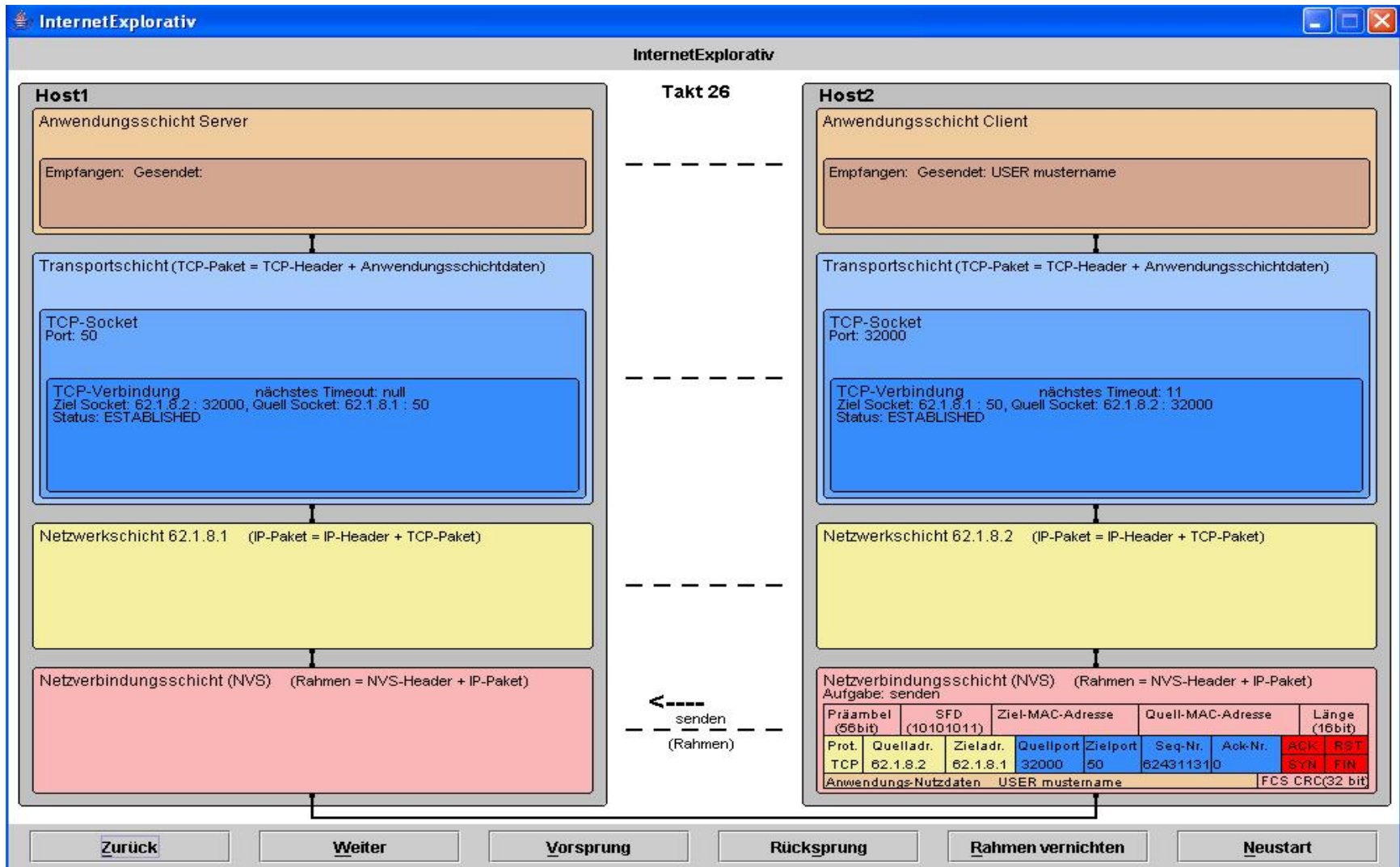


Virtuelle Kommunikationsbeziehung
(gemäß Protokoll geregelt)



Werkzeug *InternetExplorativ* :

dynamische Abläufe in der Protokollhierarchie des Internet
(siehe „TCP/IP Protocol Stack“)



1.5 Chancen und Risiken globaler Vernetzung

◆ CHANCEN

- neue, nützliche (!) Anwendungen,
→ z.B. zur Unterstützung von
 - Telelearning/-teaching,
 - Telearbeit,
 - Telemedizin,
 - E-Commerce,
 - virtuellen Unternehmen,
 - Verkehrsleitsystemen, ...
etc.
- Mobilitätsunterstützung durch Mobilkommunikationsnetze
- globale Vernetzung als Umweltschutzzfaktor
- Beteiligungsdemokratie über das Internet ?
- das Internet als weltweite Wissensbasis
- zeit- und ortsunabhängige Kommunikation („anytime – anywhere“)
u.v.a.m.

◆ RISIKEN

- Problematik der Netz- und Gesamtsystemsicherheit
 - Existenzbedrohende Abhängigkeiten von Netzinfrastrukturen (für Menschen, für Unternehmen)
 - rechtliche Probleme des Internet
 - negative Auswirkungen auf Benutzer und deren Persönlichkeit (z.B. Verlust an Privatsphäre, Informationsflut, Internet-Sucht, ...)
 - “Big Brother“
 - Entstehen sozialer Ungerechtigkeiten (z.B. “Haves“ versus “Don't haves“ / “Havenots“)
- u.v.a.m..

..... Einige Trends bei Rechnernetzen :

- enormes Wachstum (z. Zt. – d.h. im Jahr 2013 – exponentielles Wachstum im Internet, insbesondere bei Anzahl angeschlossener Rechner, Benutzer, ...)
- Kopplung (Interkonnektion) von Rechnernetzen → “globale Vernetzung“
- (Techn.) Medienkommunikation in Rechnernetzen → QoS in Netzen, Echtzeitkommunikation (VoIP, Video over IP, IPTV, Audio/Video Streaming, ...), “Triple Play“ (Internet/Daten, Sprache/Telefonie, Video) bzw. “Quadruple Play“ (... zusätzl. Mobilität) bei ISPs
- verstärkter Bedarf an Netzsicherheit
- zunehmend hochleistungsfähige Netzinfrastrukturen (opt. ÜM, opt. Vermittlungsrechner, “100 Gbit Ethernet“ → korrekt wäre: 100 Gbit/s !, neuer WLAN-Standard IEEE 802.11ac mit ca. 1 - 7 Gbit/s, DSL-Netzzugang, LTE)
- zunehmendes Mobilitätsbestreben der Netzbenutzer (sowie der von ihnen benutzten, mobilen Endgeräte)
- Sensornetze („Smart dust“ u.ä.) → Biologie/Zoologie, Militär, u.v.a.m.
- „Grid Computing“ (gemeinsame Ressourcennutzung durch, i.a. zahlreiche, Internet-Knoten)
- „Social Networks“
etc, etc.