Rechnernetze & Verteilte Systeme

Ludwig-Maximilians-Universität München

Sommersemester 2018

Prof. Dr. D. Kranzlmüller

http://www.nm.ifi.lmu.de/rn

MNM TEAM

Guten Morgen in München

Von Alexander Z. - Eigenes Werk, CC BY 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8701745

Reichstagsgebäude (Berlin)

https://www.bundestag.de/tagesordnung

231. Sitzung des Deutschen Bundestags

23:00	23	Sicherheit von Informationssystemen in der EU Zweite und dritte Beratung des von der Bundesregierung eingebrachten Entwurfs eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2016/1148 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2016 über Maßnahmen zur Gewährleistung eines hohen gemeinsamen Sicherheitsniveaus von Netz- und Informationssystemen in der Union Drucksachen 18/11242, 18/11620 Beschlussempfehlung und Bericht des Innenausschusses (4. Ausschuss) Drucksache 18/11808

http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/118/1811808.pdf

Beschlussempfehlung

Das Telekommunikationsgesetz vom 22. Juni 2004 (BGBl. I S. 1190), das zuletzt durch die Artikel 1 und 12 des Gesetzes vom 4. November 2016 (BGBl. I S. 2473) geändert worden ist, wird wie folgt geändert:

1. § 100 Absatz 1 wird wie folgt geändert:

   a) In Satz 1 werden nach den Wörtern „der Teilnehmer und Nutzer“ die Wörter „sowie die Steuerdaten eines informationstechnischen Protokolls zur Datenübertragung, die unabhängig vom Inhalt eines Kommunikationsvorgangs übertragen oder auf den am Kommunikationsvorgang beteiligten Servern gespeichert werden und zur Gewährleistung der Kommunikation zwischen Empfänger und Sender notwendig sind,“ eingefügt.

   b) Nach Satz 1 wird folgender Satz eingefügt:

   „Die Kommunikationsinhalte sind nicht Bestandteil der Steuerdaten eines informationstechnischen Protokolls zur Datenübertragung.“

https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tkg_2004/gesamt.pdf

Telekommunikationsgesetz

Telekommunikationsgesetz (TKG)

TKG

Ausfertigungsdatum: 22.06.2004

Vollzitat:

"Telekommunikationsgesetz vom 22. Juni 2004 (BGBl. I S. 1190), das durch Artikel 6 Absatz 41 des Gesetzes vom 13. April 2017 (BGBl. I S. 872) geändert worden ist"

§ 100 Störungen von Telekommunikationsanlagen und Missbrauch von Telekommunikationsdiensten

(1) Soweit erforderlich, darf der Diensteanbieter die Bestandsdaten und Verkehrsdaten der Teilnehmer und Nutzer erheben und verwenden, um Störungen oder Fehler an Telekommunikationsanlagen zu erkennen, einzugrenzen oder zu beseitigen. Dies gilt auch für Störungen, die zu einer Einschränkung der Verfügbarkeit von Informations- und Kommunikationsdiensten oder zu einem unerlaubten Zugriff auf Telekommunikations- und Datenverarbeitungssysteme der Nutzer führen können.

Definitionen

- Allgemein: **Verkehrsdaten**
  (auch Verkehrsranddaten oder Verbindungsdaten):
  - diejenigen technischen Informationen, die bei der Nutzung eines Telekommunikationsdienstes (Telefonie und/oder Internetnutzung), beim jeweiligen Diensteanbieter anfallen
- Laut Telekommunikationsgesetz (TKG) § 3:
  - 30. "Verkehrsdaten" Daten, die bei der Erbringung eines Telekommunikationsdienstes erhoben, verarbeitet oder genutzt werden

Definitionen

- Allgemein: **Nutzungsdaten** (Untermenge der Verkehrsdaten):
  - Verwendet für die Verrechnung der Inanspruchnahme der Dienstleistung
- Laut Telemediengesetz (TMG) § 15 (1), insbesondere folgende Daten:
  - 1. Merkmale zur Identifikation des Nutzers
  - 2. Angaben über Beginn und Ende sowie Umfang der jeweiligen Nutzung
  - 3. Angaben über die vom Nutzer in Anspruch genommenen Telemedien.

https://www.heise.de/newsticker/meldung/IT-Sicherheit-Koalition-will-Deep-Packet-Inspection-und-Netzsperren-3685644.html

In den Medien

IT-Sicherheit: Koalition will Deep Packet Inspection und Netzsperren

Die geplante Klausel überrascht, da sich Schwarz-Rot während der Koalitionsverhandlungen ausdrücklich gegen DPI ausgesprochen hatte und das Verfahren eigentlich verboten werden sollten. Die Regierungsfraktionen betonen zwar nun gleich zweimal, dass "Kommunikationsinhalte" nicht erfasst werden dürften. Zur Analyse freigeben wollen sie aber die "Steuerdaten", mit denen im OSI-Modell für Netzwerkprotokolle auf der vergleichbar hohen "Sitzungsschicht" die Prozesskommunikation zwischen zwei Systemen aufrechterhalten werden soll. Diese 5. Ebene ist von der abschließenden Anwendungsschicht fürs Surfen, E-Mailen oder Chatten nur noch durch eine Zwischenstufe getrennt.

CDU/CSU und SPD begründen den Schritt damit, dass Schadfunktionen meist nicht Teil der Verbindungsdaten, also etwa nicht schon anhand der IP-Header erkennbar seien. Es könne daher erforderlich sein, daneben auch weitere Protokolldaten zu untersuchen, die "zur Gewährleistung der Kommunikation zwischen Empfänger und Sender notwendig sind".

https://dbtg.tv/fvid/7103135

Nachtrag: 231. Sitzung vom 27.04.2017 – TOP 23

Sicherheitsniveau von Netz- und Informationssystemen festgelegt
http://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw17-de-informationssysteme/501726

- *Ein Gesetz zur Umsetzung der EU-Richtlinie „über Maßnahmen zur Gewährleistung eines hohen gemeinsamen Sicherheitsniveaus von Netz- und Informationssystemen in den Union" (18/11242) hat der Bundestag am Donnerstag, 27. April 2017, gegen die Stimmen der Opposition beschlossen.*
- *Dazu lagen ferner die Stellungnahme des Bundesrates mit Gegenäußerung der Bundesregierung (18/11620) sowie eine Beschlussempfehlung des Innenausschusses (18/11808) vor. Die Reden wurden zu Protokoll gegeben.*

Kommentar von netzpolitik.org vom 27.04.2017 (Anna Biselli)

- https://netzpolitik.org/2017/neues-it-sicherheitsgesetz-internet-anbieter-duerften-zukuenftig-nicht-definierte-steuerdaten-auswerten/
  - *Was das bedeutet, ist nicht auf den ersten Blick zu erkennen. Die Begriffe Bestands- und Verkehrsdaten sind im Telekommunikationsgesetz definiert.*
  - *Was Steuerdaten sind, ist nicht im TKG definiert.*
  - *Je nach Angriffsart und -durchführung seien unterschiedliche Daten aus verschiedenen Schichten der Netzwerkprotokolle notwendig, heißt es.*

Fragen

- Was bedeutet diese Gesetzesänderung für unsere Kommunikation?
- Was regelt das Telekommunikationsgesetz?
- Was sind Bestandsdaten, Verkehrsdaten und Steuerdaten?
- Was ist das OSI-Modell für Netzwerkprotokolle?
- Was passiert auf der hohen „Sitzungsschicht“?
- Was sind Verbindungsdaten?
- Was ist der IP-Header?

The IT Crowd

- http://www.channel4.com/programmes/the-it-crowd
- http://www.channel4.com/programmes/the-it-crowd/on-demand/45363-004
- Staffel 3, Folge 4, „Die Rede“


lrz
Leibniz-Rechenzentrum
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

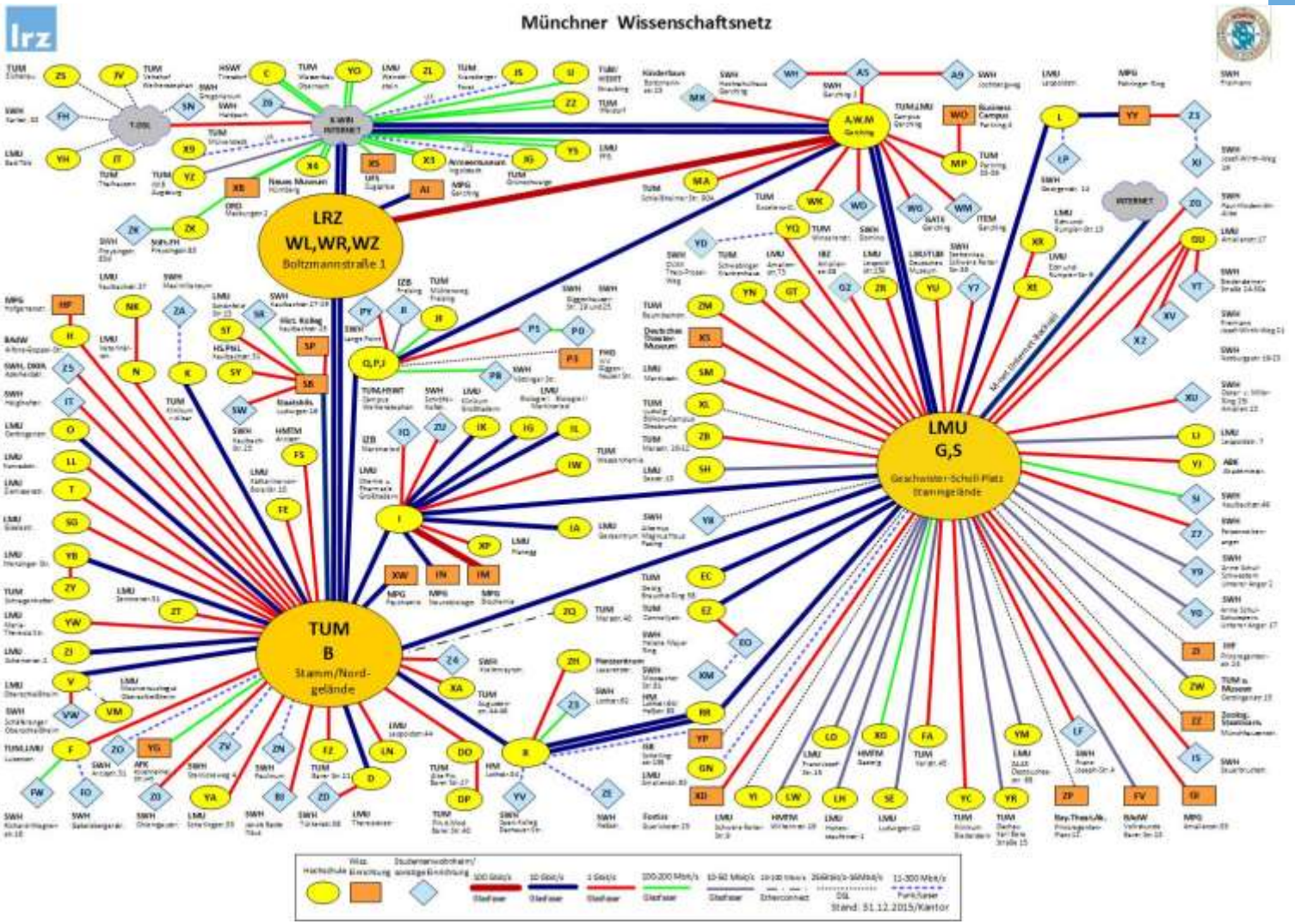
Leibniz-Rechenzentrum im Forschungscampus Garching

Ernst Graf

SuperMUC Phase 1 + 2

- **Peak Performance**: 3,2 + 3,6 PetaFlop/s
- **Cores**: 147.456 (Thin) + 8.200 (Fat) + 3.840 (Phi) + 86.016 (Phase 2)
- **Memory**: 288 (Thin) + 52 (Fat) + 2.56 (Phi) + 194 (Phase 2) TByte
- **Power Consumption**: 2,3 + 1,1 MWatt

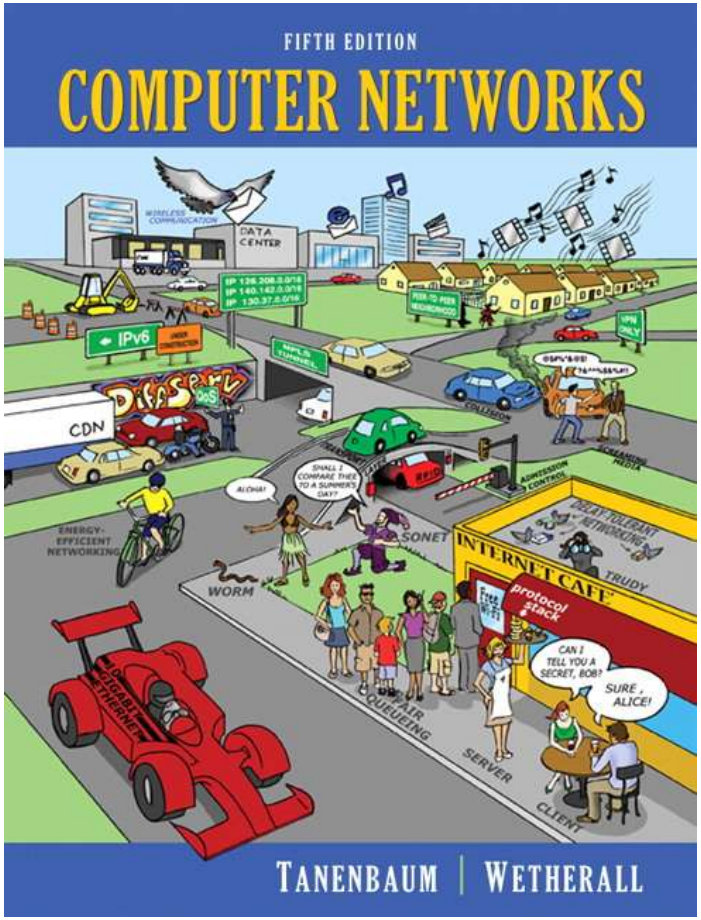
Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)



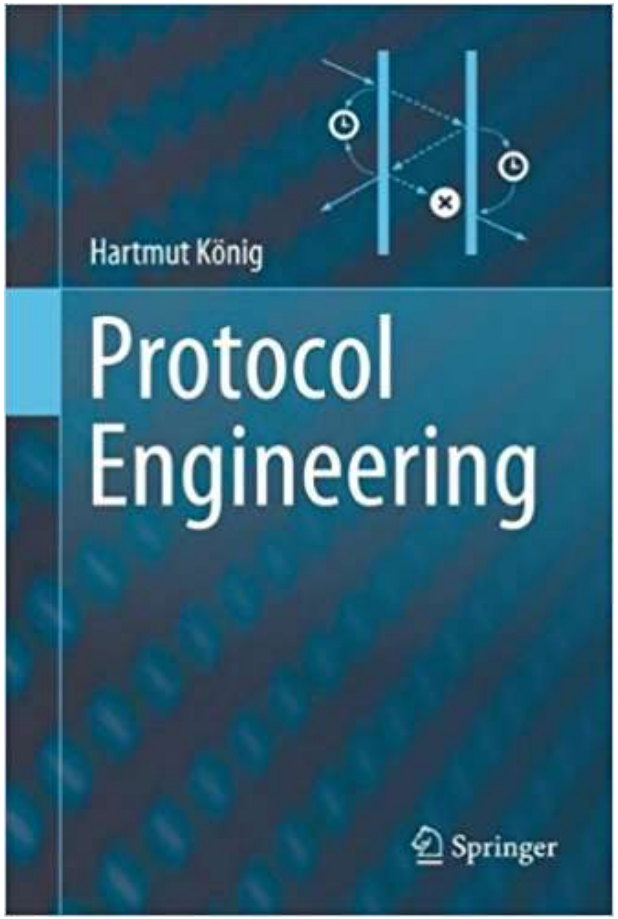
Aufbau der Vorlesung

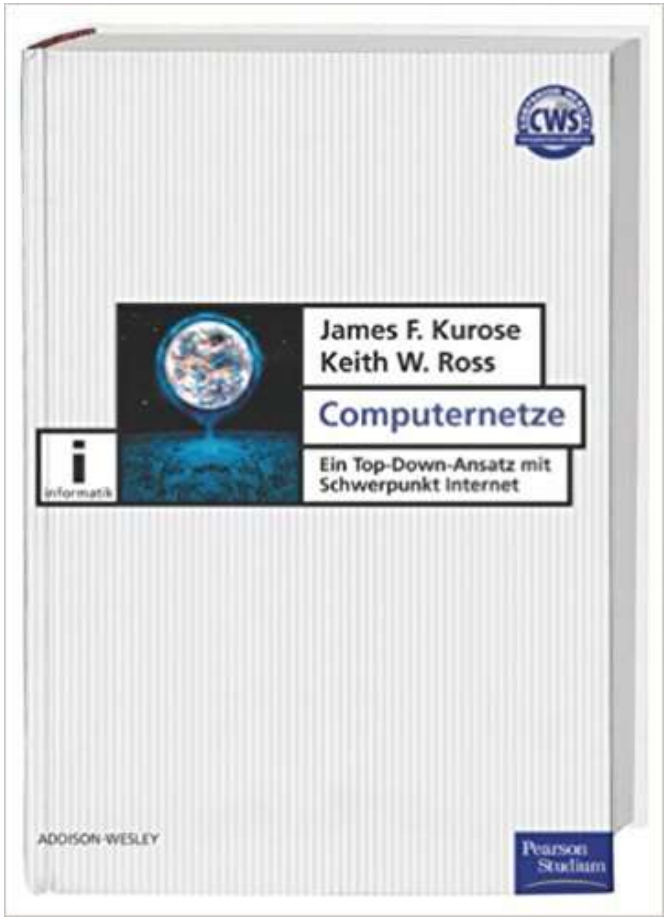
1. Einleitung und Grundlagen
2. Namen und Adressen
3. Schicht 4: Transportschicht
4. Schicht 3: Vermittlungsschicht
5. Hardwarenahe Schichten (Schicht 1 und 2)
6. Dienste der Anwendungsschicht im Internet
7. Middleware
8. Exkurse: ATM und (A)DSL, Multicast Routing, ...

Literatur zu Rechnernetzen

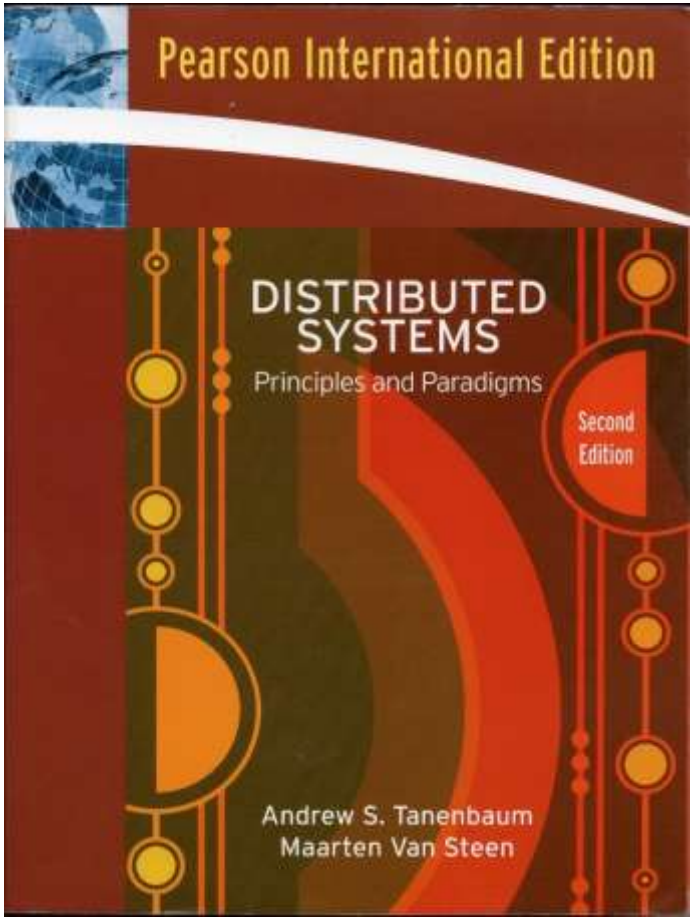


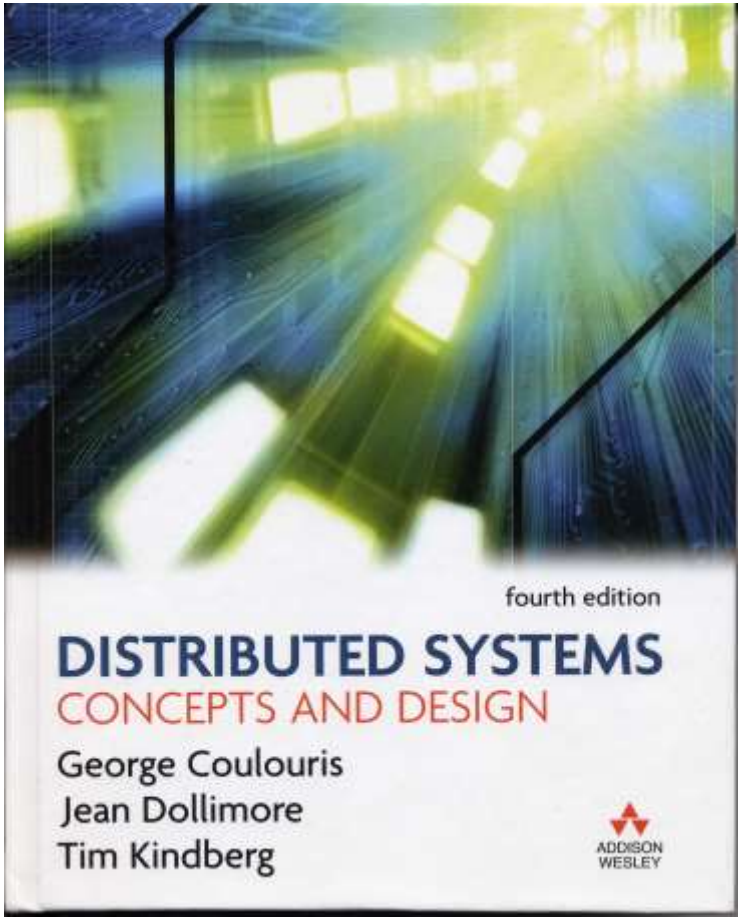
Literatur zu Rechnernetzen





Literatur zu Verteilten Systemen





Lehrveranstaltungen im Umfeld

- Dieser Kurs:
  Rechnernetze und verteilte Systeme
  (Schichten Architektur, Internet Protocol Suite)
- Vorlesung Grid und Cloud Computing (Lose gekoppelte, verteilte Systeme)
- Vorlesung IT-Management (Konzepte und Architekturen zum Betrieb vernetzter Systeme)
- Vorlesung IT-Sicherheit
- Vorlesung Parallel Computing
- Praktikum Rechnernetze
- Praktikum IT-Sicherheit

Organisatorisches

- Fragen/Hinweise zu den Folien: rnvs-skript@nm.ifi.lmu.de

- Bereitstellung der Vorlesungsfolien auf der Webseite (siehe unten).

  → Passwort: wurstkatastrophe

- Übungsleitung: rnvs@nm.ifi.lmu.de
  - Pascal Jungblut
  - Roger Kowalewski

Alle Informationen zur Vorlesung gibt es auf der Webseite:

http://www.nm.ifi.lmu.de/rn

Vorlesungszeiten

- Jeweils freitags von 09:15-11:45
- Pause von 10:30-10:45

- Fragestunde am Freitag, 13.07.2018
- Klausur Mitte / Ende Juli

- Eventuell: Gastvortragende

Erfolgreiche Teilnahme

- Klausurplanung
  - Semestralklausur: Unmittelbar nach der Vorlesungszeit
  - Nachholklausur: voraussichtlich Anfang Oktober
- Inhalt der Klausuren
  - Sämtliche Inhalte der Vorlesung
  - Sämtliche Inhalte aller Übungsaufgaben
  - Sämtliche in den Übungen besprochene Themenkomplexe
- Vorlesung und Übung bilden eine Einheit!

Ablauf des Übungsbetriebs

- Beginn der Übungen am Montag, 23.04.2018
- Ausgabe der Übungen jeweils freitags
- Keine feste Zuordnung/Einteilung der Übungsgruppen
- Übungsblätter
  - Blatt 0: Keine Besprechung in den Übungsgruppen, lediglich eine Korrektur durch die Tutoren (via Uniworx)
  - Ab Blatt 1: Freiwillige Abgabe der bearbeiteten Übungsaufgaben via Uniworx (bis Freitag, 23:55 Uhr in der Folgewoche)
  - Abgegebene Übungsblätter werden von Tutoren korrigiert
  - Besprechung der Übungsblätter in der Woche nach ihrer Abgabe
  - Mit „H“ gekennzeichnete Aufgaben werden in jedem Fall besprochen
  - Alle anderen Aufgaben werden auf explizite/konkrete Nachfrage und Präsentation des eigenen Lösungsansatzes besprochen.

Termine der Übungen

Zeit	LSF Name	Ort	Raum	Tutor
Mo, 10-12	Gruppe 01	Geschw.-Scholl-Pl. 1	D Z003	Curt Polack
Mo, 12-14	Gruppe 02	Geschw.-Scholl-Pl. 1	D Z003	Curt Polack
Di, 10-12	Gruppe 03	Amalienstr. 73A	020	Daniel Diefenthaler
Di, 14-16	Gruppe 04	Geschw.-Scholl-Pl. 1	D Z003	Rosalie Kletzander
Di, 16-18 (HW Lab)	Gruppe 05	Geschw.-Scholl-Pl. 1	D Z003	Rosalie Kletzander
Di, 18-20	Gruppe 06	Geschw.-Scholl-Pl. 1	D Z003	Rosalie Kletzander
Mo, 14-16	Gruppe 07	Geschw.-Scholl-Pl. 1	D Z003	Henrik Wachowitz

Gruppe 05: Homework Lab

- Verantwortliche Tutorin: Rosalie Kletzander
- Die Aufgaben des **aktuellen** Übungsblattes werden im Homework Lab bearbeitet

  → kein Vortragen der Lösung
- Die Tutorin steht beratend für inhaltliche Fragen zur Vorlesung sowie Übung zur Verfügung.
- **Alle anderen** Übungsgruppen laufen im klassischen Modus. Die Lösungen werden von den Tutoren vorgetragen.

Fragestunde

Am Freitag, 13.07.2018, 09:15-11:45 Uhr

Einreichung von Fragen jederzeit bis 06.07.2018 an

rnvs-fragen@nm.ifi.lmu.de

In der Fragestunde werden nur eingereichte Fragen durchbesprochen.

Fragen zum Inhalt der Klausur werden nicht behandelt.

Begriffsbestimmung

- Welche Begriffe aus den Bereichen „Rechnernetze“ und „Verteilte Systeme“ kennen wir bereits?

Kapitel 1:
Einleitung und Grundlagen

MNM
TEAM

Inhalt von Kapitel 1

1. Die wichtigsten Definitionen
2. Das ISO/OSI-Referenzmodell
3. Das Internet-Referenzmodell
4. Ein einführendes Beispiel
5. Schnittstellen und Dateneinheiten
6. Protokolle und Standards
7. Netztopologie
8. Fehlertypen

Kapitel 1.1
Die wichtigsten Definitionen

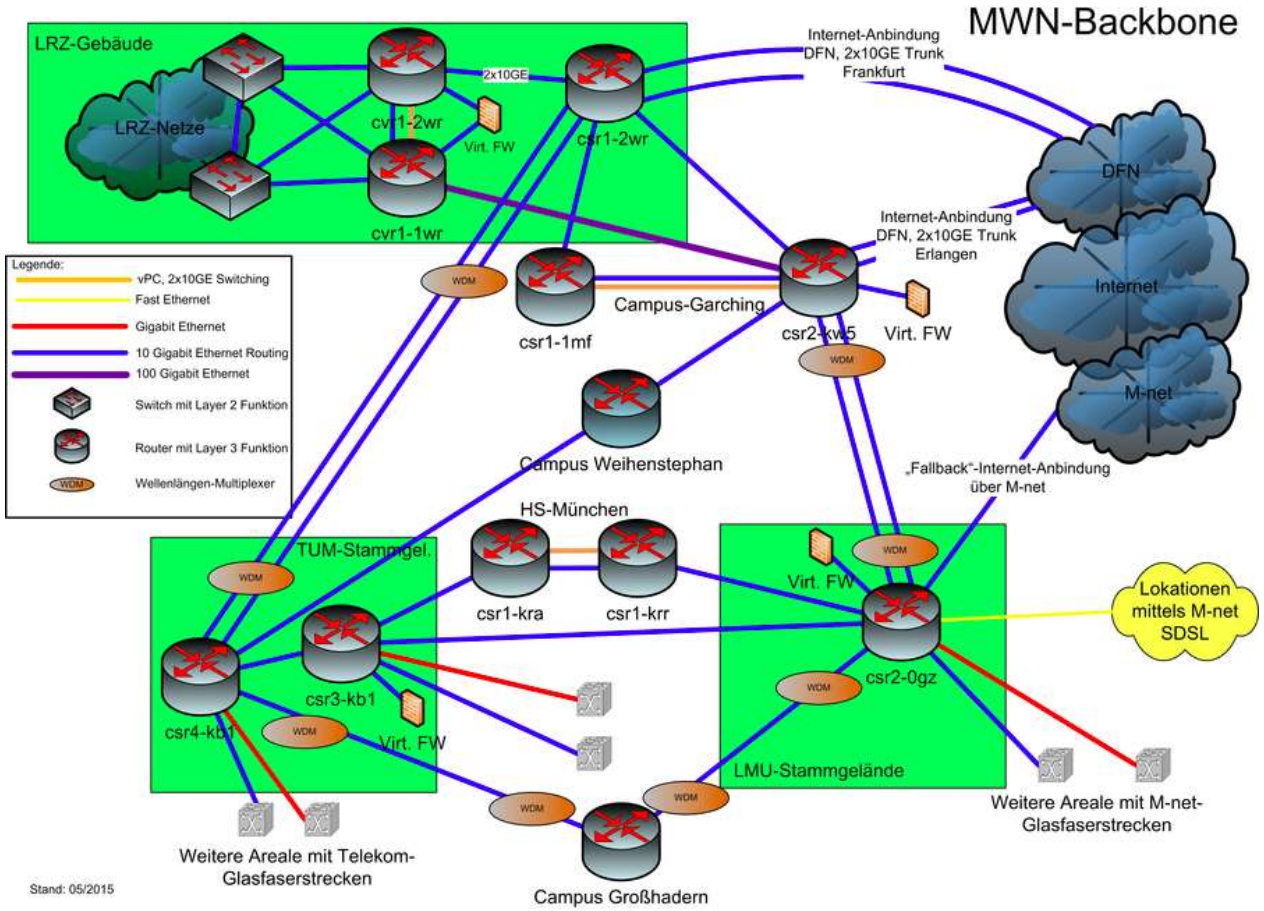
Definition: **Rechnernetz**

Ein **Rechnernetz** (engl.: Computer Network) ist ein **Zusammenschluss unabhängiger (autonomer) Computer** durch eine Kommunikationstechnologie. Diese Computer sind verbunden, wenn sie in der Lage sind, Informationen auszutauschen.

- Vgl. Andrew S Tanenbaum and David J. Wetherall, in Computer Networks (5th Edition)

http://www.lrz.de/services/netz/mwn-ueberblick/

Beispiel: Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)

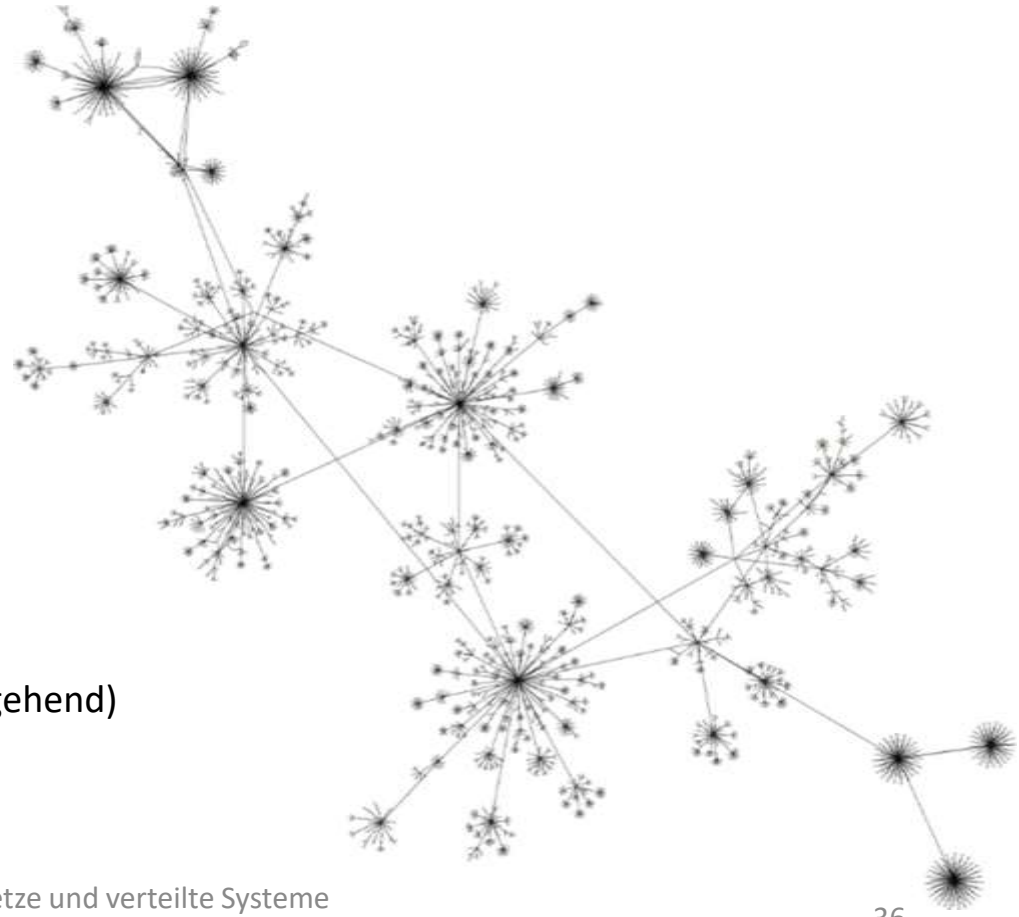


MWN - Überblick

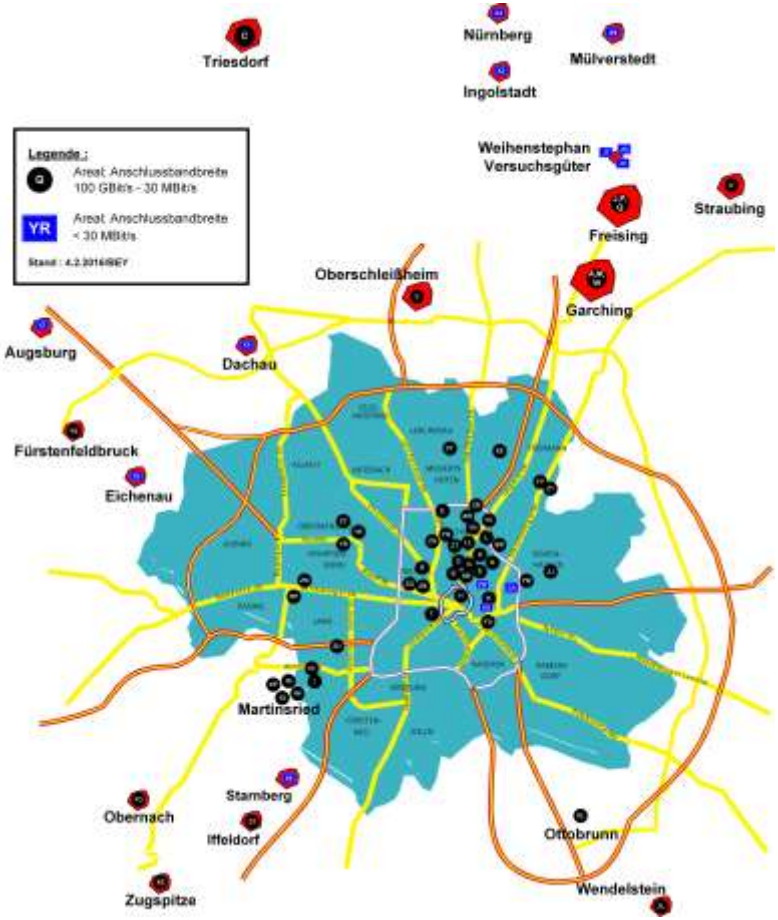
- Kommunikationsnetz für Münchner Hochschulen und
  - wissenschaftliche Einrichtungen
  - 110.000 Studenten
  - 30.000 Mitarbeiter

- Kennzahlen
  - 16 Router
  - 1.500 Switches
  - 3.050 Access points
  - 77 gemietete Dark Fibre Leitungen
  - 40+ private Dark Fibre Leitungen
  - > 100.000 Endgeräte
  - 54 Lokationen mit 560 Gebäuden

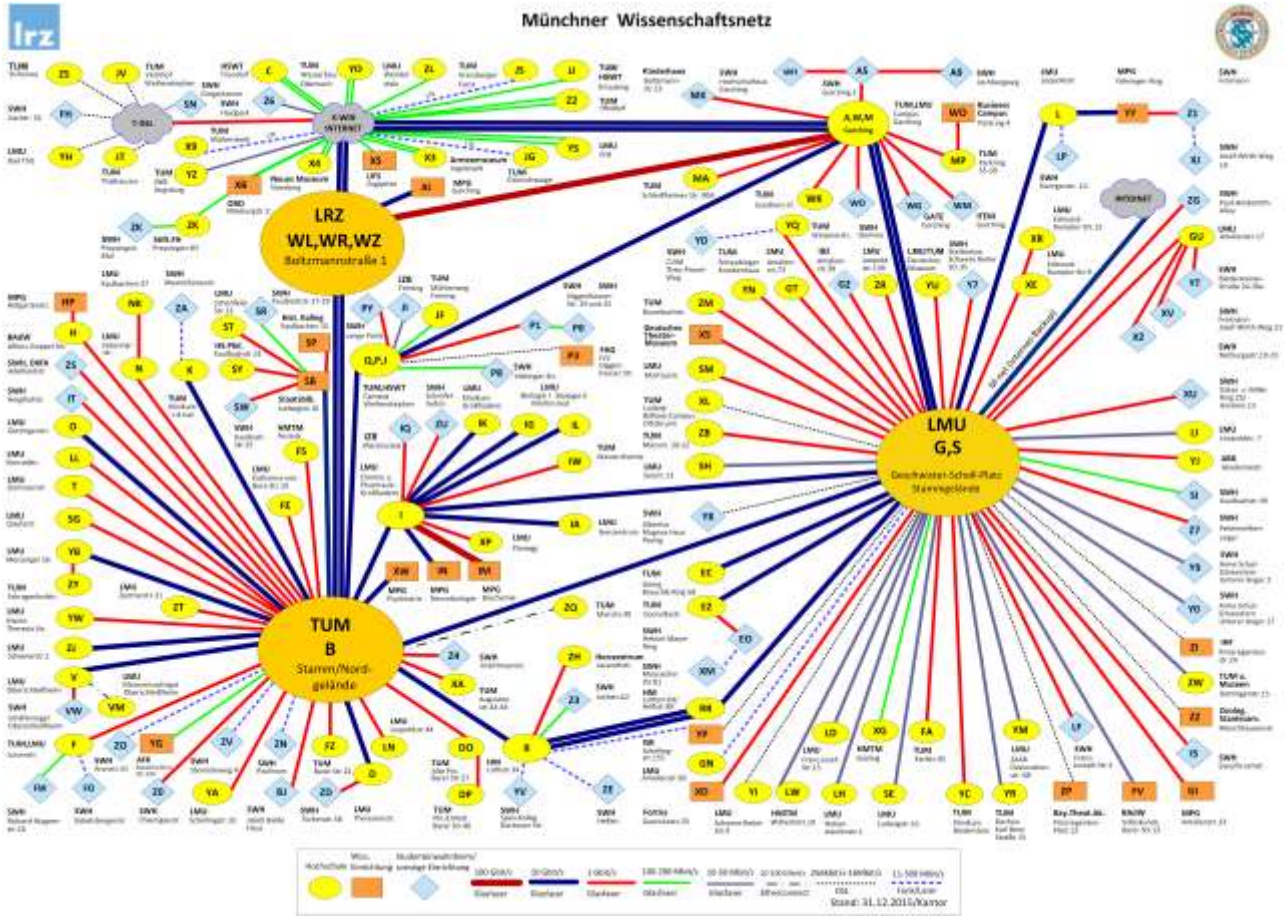
- Übertragene Daten (Jan 2016)
  - 1.300 / 800 Tbyte/Monat (ein/ausgehend)
  - 25 PByte/Monat über Backbone



Geografische Verteilung



MWN – Angeschlossene Areale



Nutzer des MWN

Netz oder Netzwerk

- In der deutschen Sprache:
  - Netz (Stromnetz, nicht Stromnetzwerk; Telefonnetz)
  - Netzwerk (in der Elektrotechnik, oder soziales Netzwerk).
- Engl. „Computer Network“ = Dt. „Rechnernetz“
  - „Computernetzwerk“ ist eigentlich die falsche Übersetzung. Das englische Wortes „network“ entspricht dem deutschen Wort „Netz“
- Problem: Übersetzung als Netzwerk bringt aber auch Wörter hervor, die eine Unterscheidung ermöglichen.
  - „Netzwerkkarte“ ➔ Netzwerkgerät, aber „Netzkarte“ ➔ Zeitkarte
  - „Netzkabel“ (zur Stromversorgung), aber „Netzwerkkabel“ (LAN).

- DIN ISO 2382-1 bis -25 „Begriffe der Informationstechnik“ definieren nur den Begriff „Netz“, nicht „Netzwerk“.

WH

Definition: Rechnernetz (WH)

Ein Rechnernetz (engl.: Computer Network) ist ein Zusammenschluss unabhängiger Computer durch eine Kommunikationstechnologie. Insbesondere müssen diese Computer also dazu in der Lage sein untereinander Informationen auszutauschen.

Zwei Computer gelten **miteinander verbunden**, wenn sie Informationen austauschen können.

Rechnernetz / Verteiltes System

- Definition: Rechnernetz

- Definition: Verteiltes System
  - Nach Arbeitsweise
  - Nach Diensterbringung (Dienstorientiert)

Verwechslungsgefahr!

Definition: Verteiltes System (Nach Arbeitsweise)

Ein **verteiltes System** (engl.: Distributed System) umfasst eine Menge von Hardware- und Software-Komponenten vernetzter Rechner, die ausschließlich durch den Austausch von Nachrichten kommunizieren.

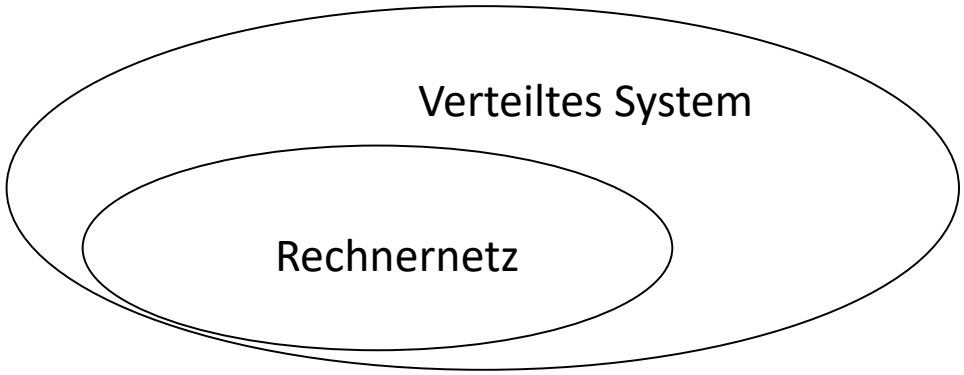
- Vgl. George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg, and Gordon Blair, in Distributed Systems: Concepts and Design (5th Edition)

Definition: Verteiltes System (Dienstorientiert)

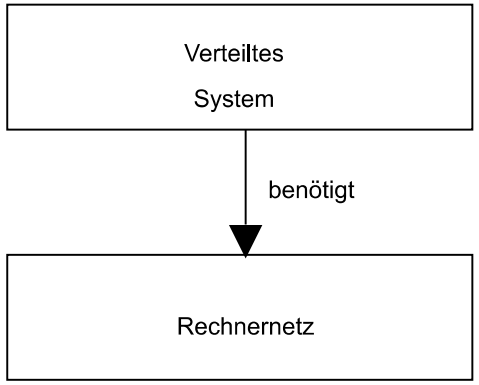
Ein **verteiltes System** (engl.: Distributed System) ist eine Menge unabhängiger Rechner, die ihren Nutzern als ein einziges, zusammenhängendes (kohärentes) System erscheinen.

- Vgl. Andrew S Tanenbaum and David J. Wetherall, in Computer Networks (5th Edition)

Die Gegenseitige Abgrenzung der Begriffe *Rechnernetz* und *verteiltes System* ist unscharf:

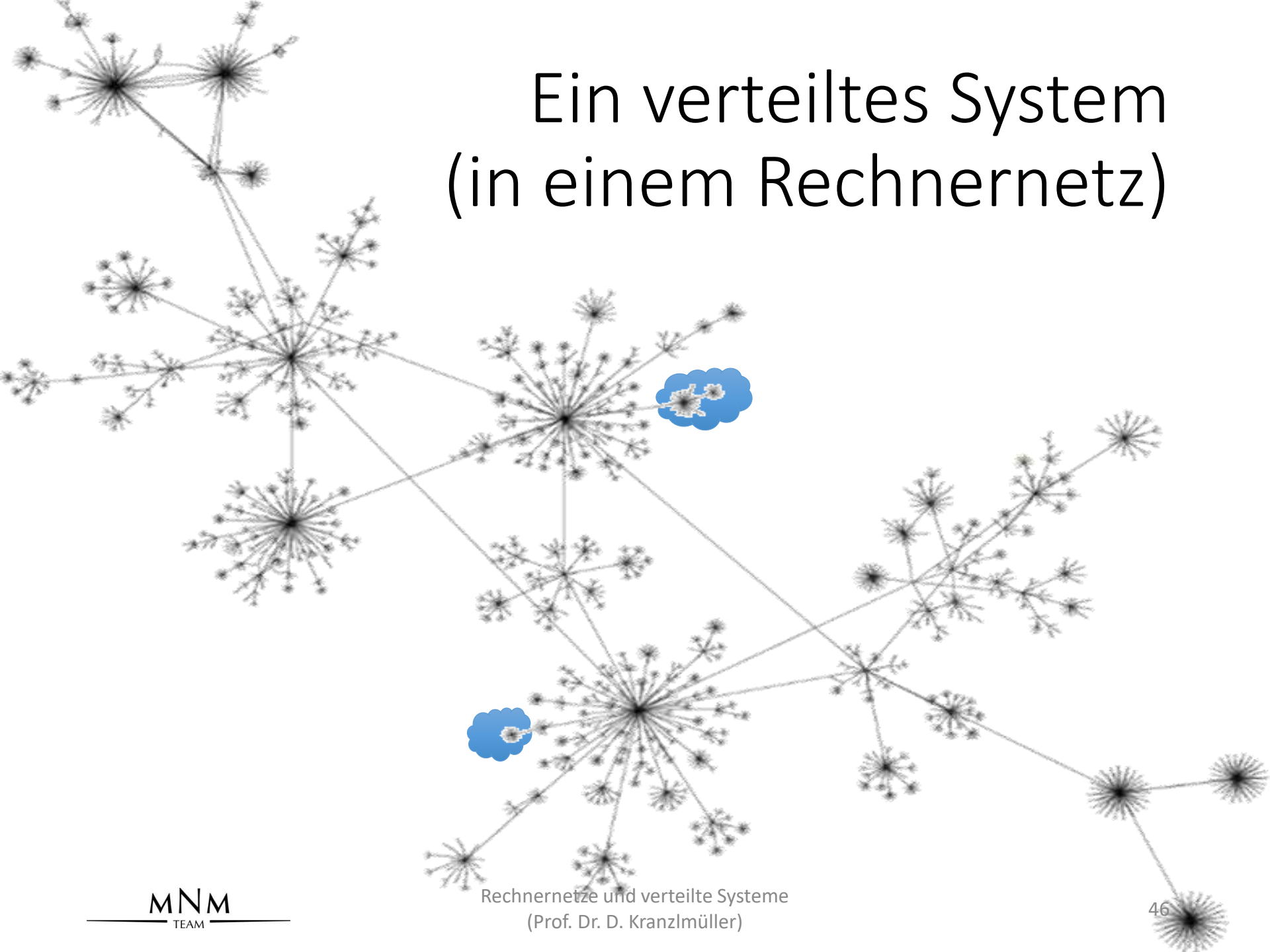


Das Rechnernetz ist Teil des verteilten Systems



Bsp.: Ein Datenbankmanagement-System kann als *verteiltes System* implementiert sein. Dieses *verteilte System* läuft auf einem *Rechnernetz*.

Ein verteiltes System (in einem Rechnernetz)



Vergleich

Rechnernetz

- Mehrere
- mit einer bestimmten Technologie
- miteinander verbundene
- autonome
- Computer

Verteiltes System

- Benutzer nehmen
- mehrere unabhängige Computer
- als einheitliches **kohärentes** System
- wahr

Eigenschaften eines **verteilten Systems**

- Middleware:
  - **Software**, die auf einem Betriebssystem aufsetzt,
  - und dem Benutzer das verteilte System in einer bestimmten **einheitlichen Sichtweise** präsentiert ➔ Transparenz & Zusammenhalt
  - Das System veranlasst die Kommunikation!
- **Kohärenz**: Zusammenhang
  lat. cohaerere (zusammenhängen)

- **Anmerkung**: Die Kohärenz, die einheitliche Sichtweise, und die zugehörige Software fehlen in einem Rechnernetz

Quiz

- Wer ist für den Datentransfer
  - in einem Rechnernetz
  - in einem verteilten System
- verantwortlich?
- Ist
  - das World Wide Web
  - SETI@HOME (http://setiathome.ssl.berkeley.edu)
  - das ARPANET
  - das X-WIN
  - Amazon
- ein Rechnernetz oder ein verteiltes System?

Rechnernetz oder verteiltes System? **MVG Fahrinfo**

- Fahrplanauskunft für München

- Kohärente Sichtweise – Benutzerschnittstelle der App
- Software-System, das verschiedene Rechnernetze verwendet
- Kommunikation/Datentransfer wird vom System veranlasst, nicht vom Benutzer

https://www.mvg.de/services/mobile-services/fahrinfo.html

Rechnernetz oder verteiltes System? **X-Win**

- Kohärente Sichtweise?
- Software-System?
- Wer initiiert den Datentransfer? System oder Nutzer?

Rechnernetz oder verteiltes System? **World Wide Web**

- Wikipedia: „*Das World Wide Web ist ein über das Internet abrufbares System von elektronischen Hypertext-Dokumenten, sog. Webseiten*“

  https://de.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web

  - Kohärente Sichtweise: alles ist ein Dokument (Webseite)
  - Software-System: setzt auf ein Netz (Internet) auf
  - Kommunikation/Datentransfer wird vom System veranlasst, nicht vom Benutzer
  - **Aber**: URL (Uniform Resource Locator) identifiziert
    - Zugriffsmethode (Protokoll)
    - Ort der Ressource (Host)

Kapitel 1.2
Das ISO/OSI-Referenzmodell

(Engl. Open Systems Interconnection Model)

ISO - Internationale Organisation für Normung, Genf, Schweiz
(Engl. International Organization for Standardization)

WH

Definition: ISO/OSI-Modell (1/2)

Das ISO/OSI-Modell (engl.: Open Systems Interconnection Model) ist ein *Referenzmodell* (ein allgemeines Modell für eine Klasse von Sachverhalten),

welches den Nachrichtenaustausch in einem Telekommunikationsnetz mit Hilfe einer *Schichtenarchitektur* (das Modell enthält sieben wohldefinierte aufeinander aufbauende Abstraktionsschichten) analysiert und strukturiert.

Definition: ISO/OSI-Modell (2/2)

…

Auf einzelnen Schichten anfallende Aufgaben können somit unabhängig von den Anforderungen anderer Schichten (mithilfe von *Protokollen*) charakterisiert und gelöst werden.

Protokolle benachbarter Schichten können über wohldefinierte *Schnittstellen* interagieren.

Nomenklatur

- Der volle Name im deutschen Sprachraum lautet „**ISO/OSI-Referenzmodell**“. Aus Platzgründen beschränken wir uns auf „ISO/OSI-Modell“.
- Im englischen Sprachraum ist auch einfach nur „OSI-Model“ in der Literatur anzutreffen.
- Die offizielle Bezeichnung des aktuellen Standards ist „ISO/IEC 7498“.
- Der Begriff „OSI“ (engl.: Open Systems Interconnection) enthält das Ziel des Modells, Informationssysteme verschiedener Hersteller zur Zusammenarbeit (*interconnection*) zu befähigen.
- Eine weitere Bezeichnung, die in der Literatur oft anzutreffen ist, lautet: „ISO/OSI-Schichtenmodell“

OSI – Open System Interconnection

- **Offenheit**: Warum ist das System offen?

  OSI ist „offen“, weil es erlaubt, dass unterschiedliche Systeme zusammengeschaltet werden können – solange sie sich an die Protokolle und Schnittstellen halten.

- **Transparenz**: Warum ist das System transparent?

  Teile des Modells sind vorhanden, aber „unsichtbar“, und werden daher vom Benutzer nicht wahrgenommen.

  Ein Protokoll kommuniziert „virtuell“ mit der gleichen Gegenstelle beim Kommunikationspartner.

Achtung: Transparenz in der IT-Sicherheit und im Datenschutz werden teilweise gegenteilig verwendet!

Definitionen OSI-Referenzmodell

- Protokoll
- Dienst
- Schnittstelle

Definition: Protokoll

Ein **Protokoll** (engl.: Protocol) ist eine Spezifikation (bzw. Vereinbarung) der Regeln, nach denen ein gegebener Informationsaustausch (eine gegebene Kommunikation) stattfindet. Insbesondere werden Syntax, Semantik und Synchronisationsverhalten einzelner *Nachrichten* festgelegt.

- Anmerkung: Im Kontext von Rechnernetzen spricht man vom *Netzprotokoll*, im allgemeinem Kontext vom *Telekommunikationsprotokoll*

Definition: Dienst

Ein **Dienst** (engl.: Service) ist eine Menge primitiver Operationen die ein Diensterbringer (Im Folgenden allgemein eine Schicht des ISO/OSI-Modells) seinen Nutzern (allgemein die ISO/OSI-Schicht über der die den Dienst erbringt) zur Verwendung bereitstellt.

Das Dienstkonzept ist von der konkreten Implementierung der Operationen, die bereitgestellt werden, unabhängig. Die Implementierung der *Dienstprimitive* wird in *Protokollen* spezifiziert.

- Vgl. Andrew S Tanenbaum and David J. Wetherall, in Computer Networks (5th Edition)

Definition: Schnittstelle

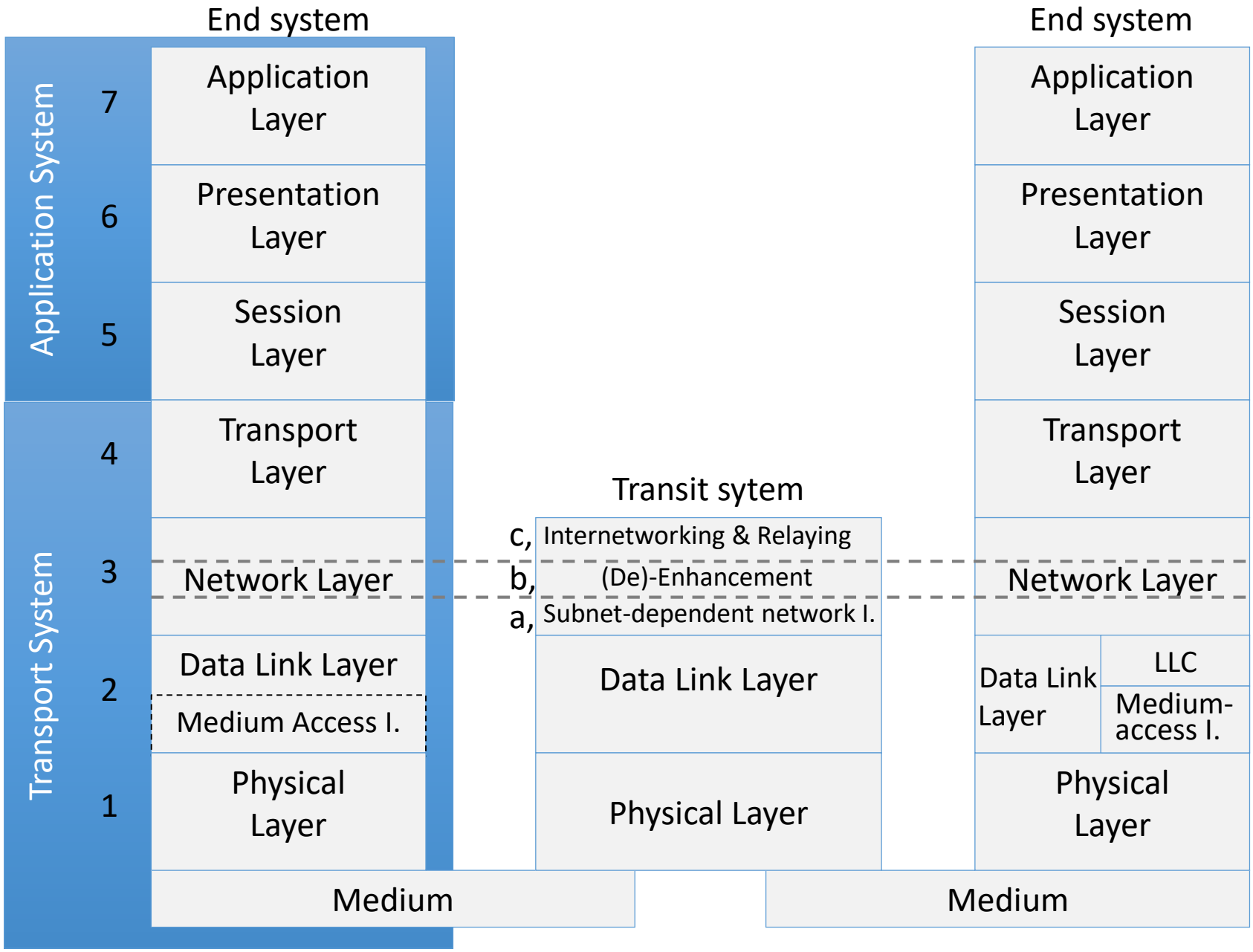
Die **Schnittstelle** (engl.: Interface) einer Schicht teilt den darüber liegenden Prozessen mit, wie auf die angebotenen Dienste zugegriffen werden kann.

Vorsicht: Das Wort „Schnittstelle“ wird im Kapitel 1.6 in einem anderem Sinne verwendet. „Schnittstelle“, so wie hier definiert entspricht dem dortigem „*Service Access Point (SAP)*“.

- Vgl. Andrew S Tanenbaum and David J. Wetherall, in Computer Networks (5th Edition)

Definitionen OSI-Referenzmodell

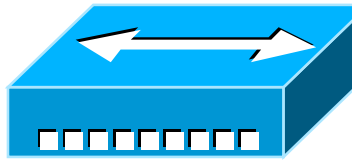
- **Protokoll**:
  spezifiziert die Regeln zur Durchführung einer Kommunikation
- **Dienst**:
  stellt eine Menge primitiver Operationen eines Diensterbringers den Nutzern zur Verwendung bereit
- **Schnittstelle**:
  regelt den Zugriff auf den jeweiligen Dienst


End system
End system
Application System
Transport System
7
6
5
4
3
2
1
Application Layer
Presentation Layer
Session Layer
Transport Layer
Network Layer
Data Link Layer
Medium Access I.
Physical Layer
Transit sytem
c, Internetworking & Relaying
b, (De)-Enhancement
a, Subnet-dependent network I.
Data Link Layer
Physical Layer
Application Layer
Presentation Layer
Session Layer
Transport Layer
Network Layer
Data Link Layer
LLC
Medium-access I.
Physical Layer
Medium
Medium

Schichten im ISO/OSI-Referenzmodell

- Schicht 7: Anwendungsschicht
- Schicht 6: Darstellungsschicht
- Schicht 5: Sitzungsschicht / Kommunikationssteuerungssicht
- Schicht 4: Transportschicht
- Schicht 3: Vermittlungsschicht
- Schicht 2: Sicherungsschicht
- Schicht 1: Bitübertragungsschicht

Schicht 1: **Bitübertragungsschicht** (Engl.: Physical layer)



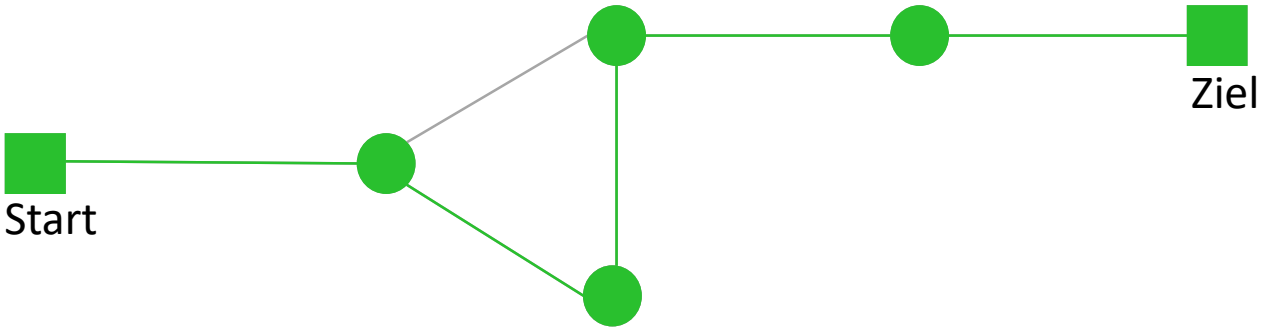
- **Transparente Übertragung von Bits via *Data Circuits*** (Bsp. Data Circuit: Das Wegstück Netzkarte, Ethernet Kabel, Router)
- **Darstellen von Daten auf dem physikalischen Medium**
  - mechanisch: Stecker, Pin-Belegung, Signalkodierung
  - physikalisch: Signalkodierung, Modulation
  - funktionell: Bedeutung der Pin-Belegung
- Festlegung der Übertragungsart
  - Analog / Digital
  - Synchron / Asynchron
  - Seriell / Parallel
- Art der Modulation
- Beispiele: V.24 (Analog), X.21 (Digital), IEEE 802.3 PMA

Schicht 2: **Sicherungsschicht** (Engl.: Data link layer)

- Aus *Data Circuits* der Schicht 1 werden **übertragungstechnikunabhängige, gesicherte *Data Links*, bzw. *Logical Links*** auf Schicht 2
- Schicht 2a: *Multiple Access Control* (MAC) (auch *Medium Access Layer* genannt):
  - Zugang auf das physikalische Medium
  - Zusammenfassung von Bits zu Blöcken bzw. *Frames*
  - Synchronisationsverhalten der Blöcke bzw. der *Frames*
- Schicht 2b: *Logical Link Control* (LLC):
  - Leitungsprotokolle
  - Fehlererkennung und Fehlerkorrektur (Paritätbits, BCC, Hammingabstand)

Schicht 3: **Vermittlungsschicht** (Engl.: Network layer)

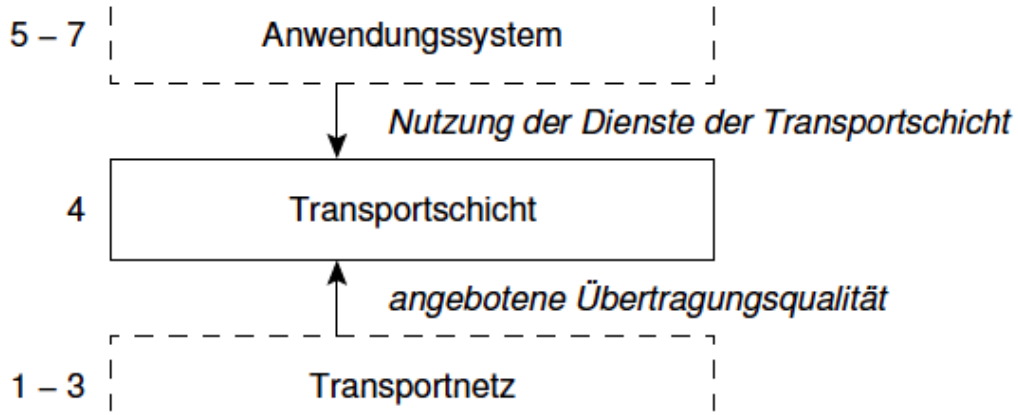
- **Zusammenschaltung der *Logical Links* der Schicht 2 zu einem *End to End Path*** der Schicht 3 (via Transitsysteme)
- Wegewahl (vor bzw. während Kommunikationsbeziehung) und Vermittlung/Routing (während dem Datenaustausch)



- Verhandlung der Dienstgüte
- Wichtigstes Beispiel Protokoll: Internet Protokoll (IP)

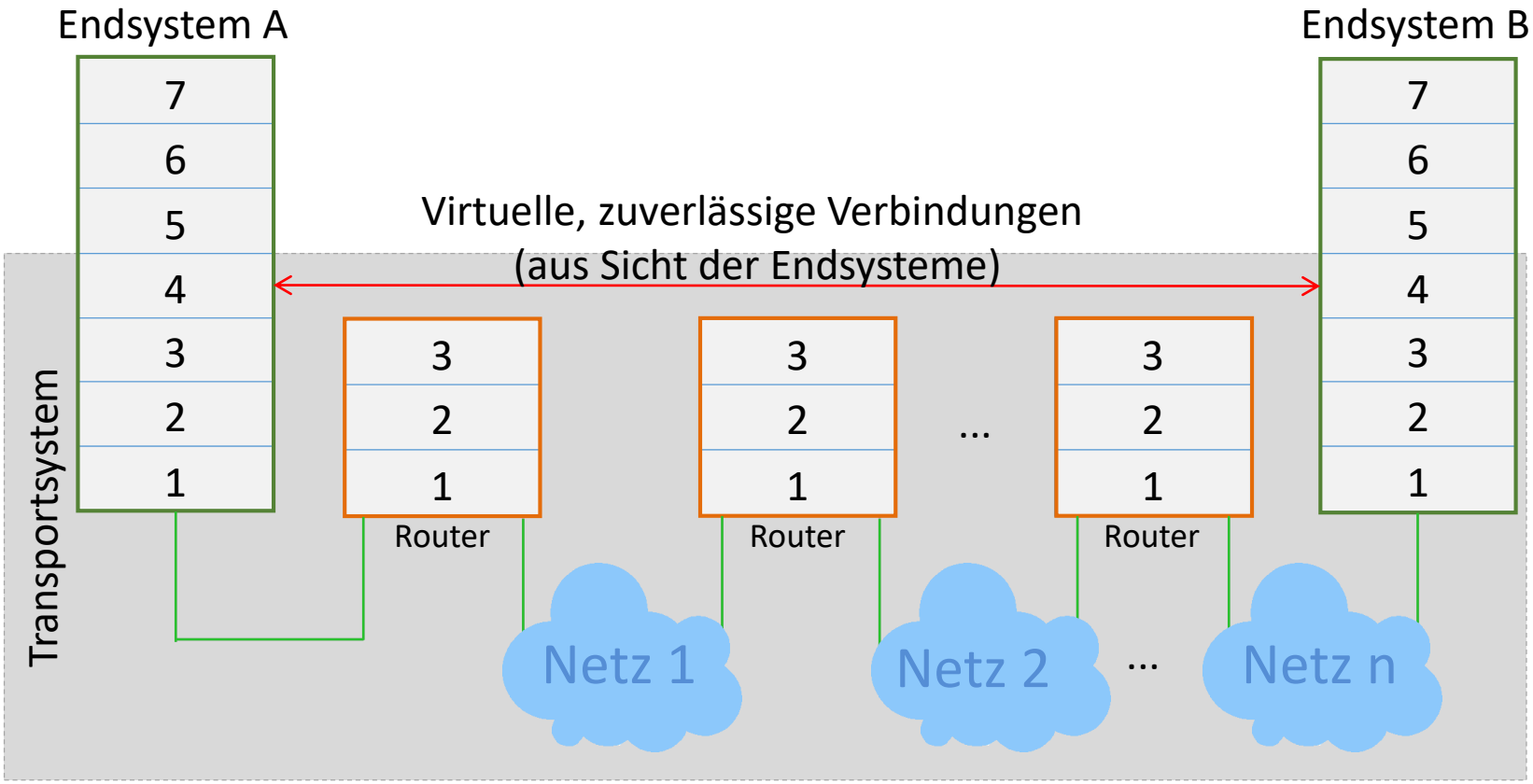
Schicht 4: **Transportschicht** (Engl.: Transport layer)

- **Netzunabhängiger Transport von Nachrichten** (beliebiger Länge) zwischen zwei Endsystemen
- Liegt (als oberste Schicht des Transportsystems), an der Grenze zum Anwendungssystem:



- Die wichtigsten Transportschichtprotokolle im Internet:
  - TCP (Engl.: Transmission Control Protocol): verbindungsorientiert
  - UDP (Engl.: User Datagram Protocol): verbindungslos

Transportsystem (als Grafik)

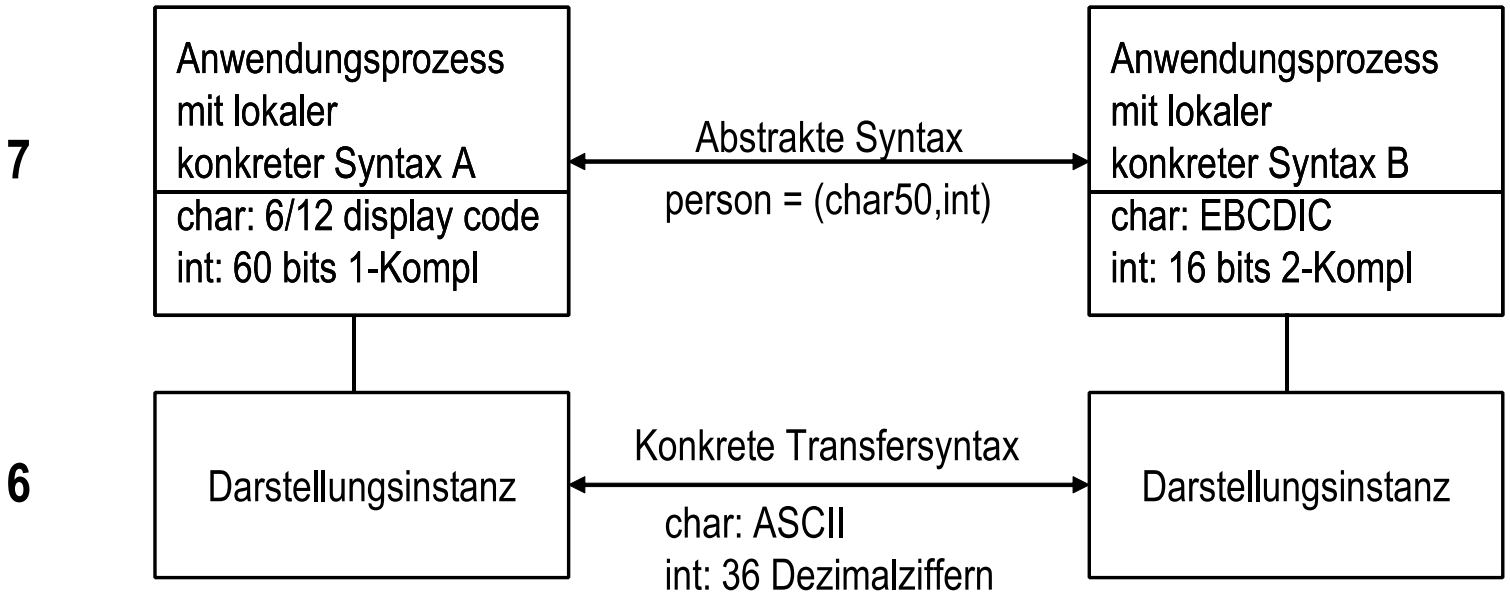


Schicht 5: **Kommunikationssteuerungsschicht** (auch **Sitzungsschicht**) (Engl.: Session layer)

- **Sitzung**:
  Temporär bestehende logische Kommunikations-Beziehung zwischen zwei Anwendungen
- Aufgaben der Schicht:
  - Dialogführung innerhalb der Sitzung (Berechtigungstokens)
  - Synchronisation: Aufbau, Abbau, Definition von Wiederaufsatzpunkten bei Synchronisationsverlust
- Arten von Sitzungen:
  - Voll Duplex: beide Teilnehmer senden und empfangen (auch gleichzeitig)
  - Halb Duplex: beide Teilnehmer senden und empfangen (aber nicht gleichzeitig)
  - Simplex: ein Teilnehmer sendet und einer empfängt

Schicht 6: **Darstellungsschicht** (Engl.: Presentation layer)

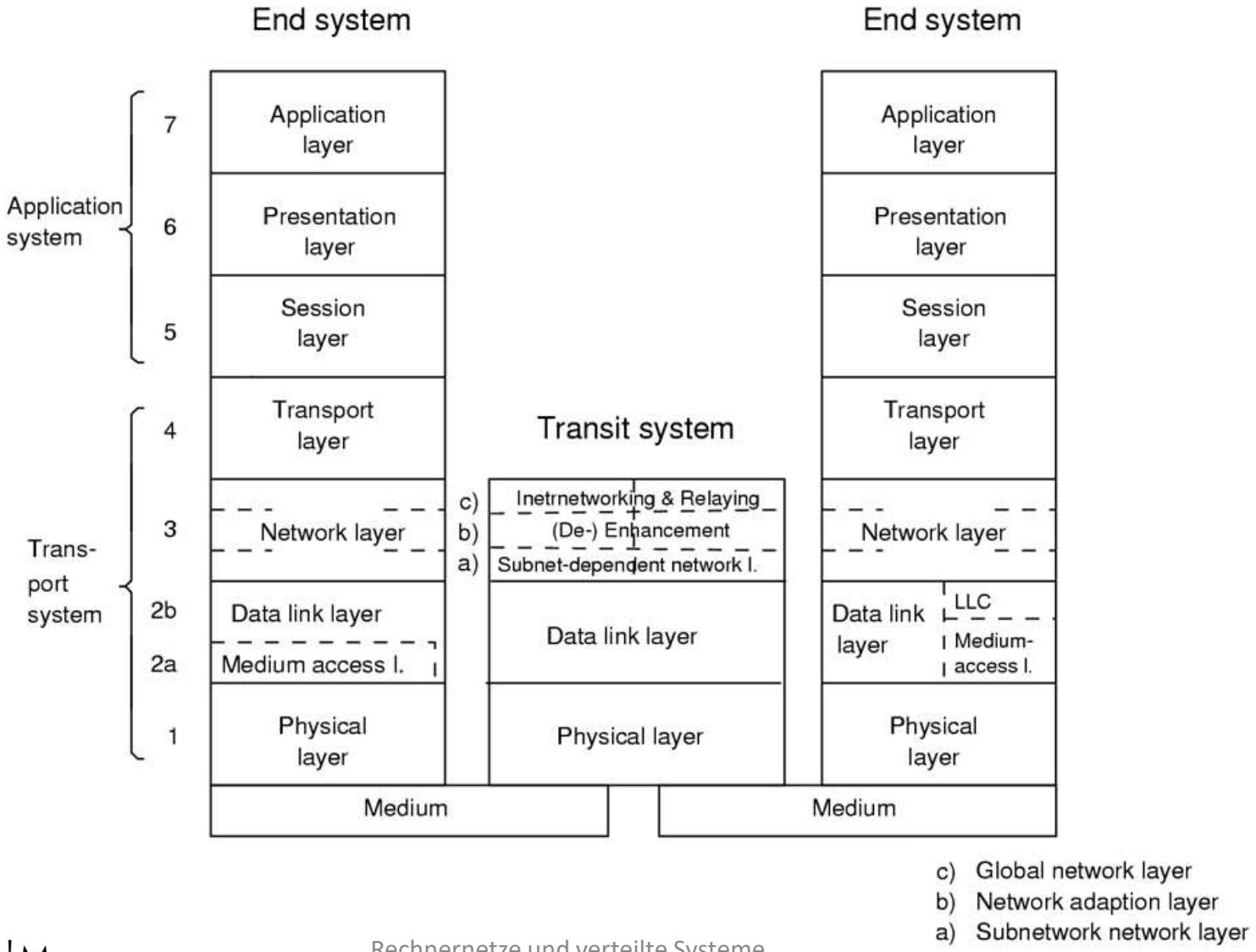
- Aushandeln der konkreten **Transfersyntax**
- Abbilden der Transfersyntax auf die konkrete lokale Syntax (z.B. *Basic Encoding Rules*, BER)



Schicht 7: **Anwendungsschicht** (Engl.: Application layer)

- **Allgemein verwendbare Dienste** werden als Protokolle spezifiziert und standardisiert.
- Beispiele, die uns noch begegnen werden (DNS im Kapitel 2 und der Rest im Kapitel 6):
  - DNS (engl. Domain Name System)
  - SMTP (engl. Simple Mail Transfer Protocol)
  - HTTP (engl. Hypertext Transfer Protocol)
  - FTP (engl. File Transfer Protocol)
- Schicht 7 ist „nach oben“ nicht abgeschlossen (Bsp.: Adobe Flash verwendet die Dienste der Anwendungsschicht)

Das ISO/OSI-Modell als Grafik (WH)

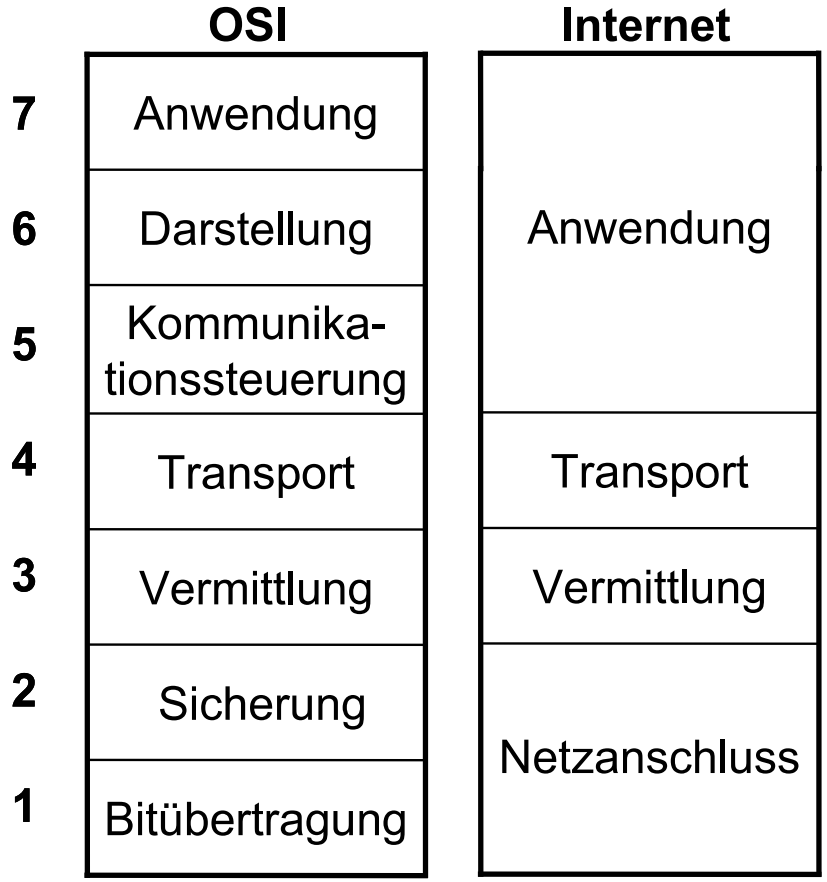


Kapitel 1.3
Das Internet-Referenzmodell

Einordnung

- Das ISO/OSI-Modell wurde als allgemeines *Referenzmodell* für Telekommunikationsnetze entwickelt.
- Das Internet-Modell, auch „TCP/IP-Referenzmodell“ orientiert sich stark an seinen Kern Protokollen (TCP und IP) und ist nur bedingt auf andere Protokollstapel anwendbar. (eigentlich nicht der Sinn eines Referenzmodells!)
- Bis das ISO/OSI-Modell fertig war, hatten sich TCP/IP bereits als *Internetworking* Protokolle etabliert.
- Folge: Das Internet verwendet TCP/IP bzw. das „Internet-Modell“, aber das ISO/OSI-Modell ist für ein abstraktes Verständnis allgemeiner Kommunikationsabläufe das „bessere“ Referenzmodell

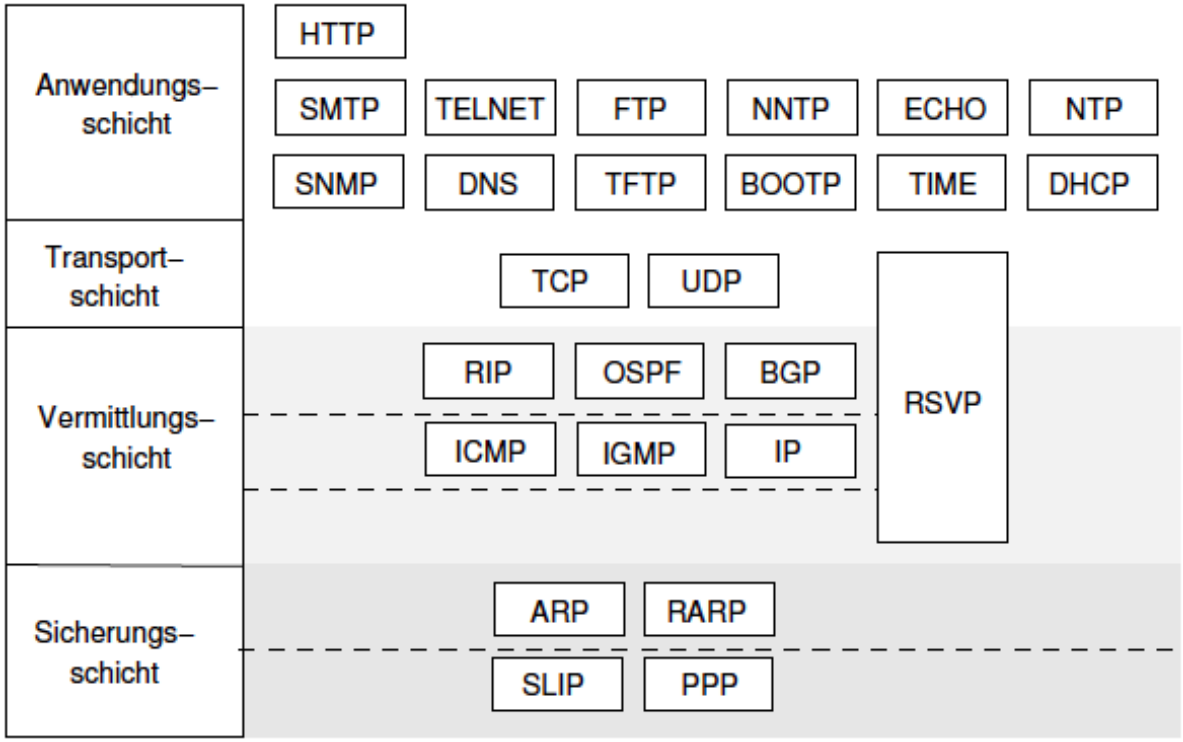
ISO/OSI und Internet im Vergleich



- Das Internet-Modell enthält weniger Schichten als das ISO/OSI-Modell.
- Die Vorteile der Schichtkapselung gehen in diesen Fällen verloren.
- Aufgaben der ISO/OSI-Schichten 5 und 6 werden im Internet Anwendungsspezifisch behandelt.

Die Internet-Protokollfamilie

- Familie von rund 500 Netzprotokollen:



Nachteile gegenüber ISO/OSI

- Das gesamte Anwendungssystem ist eine einzige Schicht.
- Die Funktionen der ISO/OSI-Schichten 5 und 6 sind also nicht in einer eigenen Schicht gekapselt.
- Nachteile:
  Funktionen der ISO/OSI-Schichten 5 und 6 sind
  - nicht modifizierbar/ersetzbar
  - eng an Anwendungen gekoppelt
  - Es besteht kein allgemeines Sitzungskonzept.
  - Es besteht keine transparente Anpassung der Darstellung.

Middleware

- Ansatz: Bei Anwendungen, wo sich ein Kapseln der ISO/OSI Schicht 5 und 6 Aufgaben eindeutig lohnt, führen wir eine *Kommunikations-Middleware* (Kapitel 7) ein.
- Bsp.: CORBA (engl. Common Object Request Broker Architecture)
- Vorschrift von Datenformaten durch Middleware; Anpassungen (engl. Bindings) an verschiedenartige Systeme
- Anwendungskomponente nutzt Schnittstelle zur Kommunikation mit anderen Komponenten.
- Transportschicht wird aus Anwendungssicht verschattet.

Kapitel 1.4
Ein einführendes Beispiel

Anwendung von ISO/OSI- bzw. Internet-Modell auf das Surfen im World Wide Web

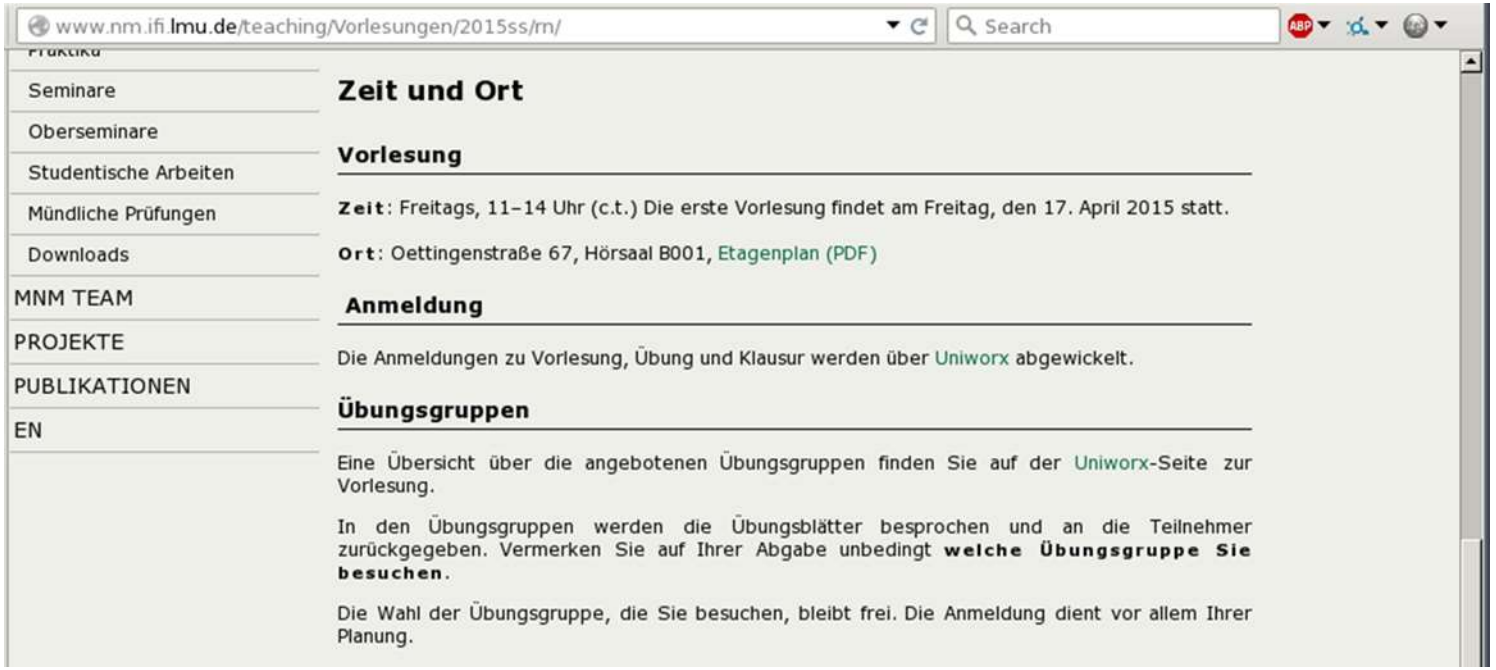
Szenario

Wir haben folgenden Szenario:

- Eine Besucherin dieser Vorlesung will bevor sie aus dem Haus geht noch einmal nachschauen, in welchem Raum die Vorlesung stattfindet.
- Was macht unsere Vorlesungsbesucherin?
- Sie öffnet einen Internet-Browser auf ihrem Laptop und gibt folgenden Link in die Adressleiste ein:
- http://www.nm.ifi.lmu.de/teaching/Vorlesungen/2018ss/rn

Webseite erscheint im Browser

Etwas weiter unten…



- die gewünschte Information.

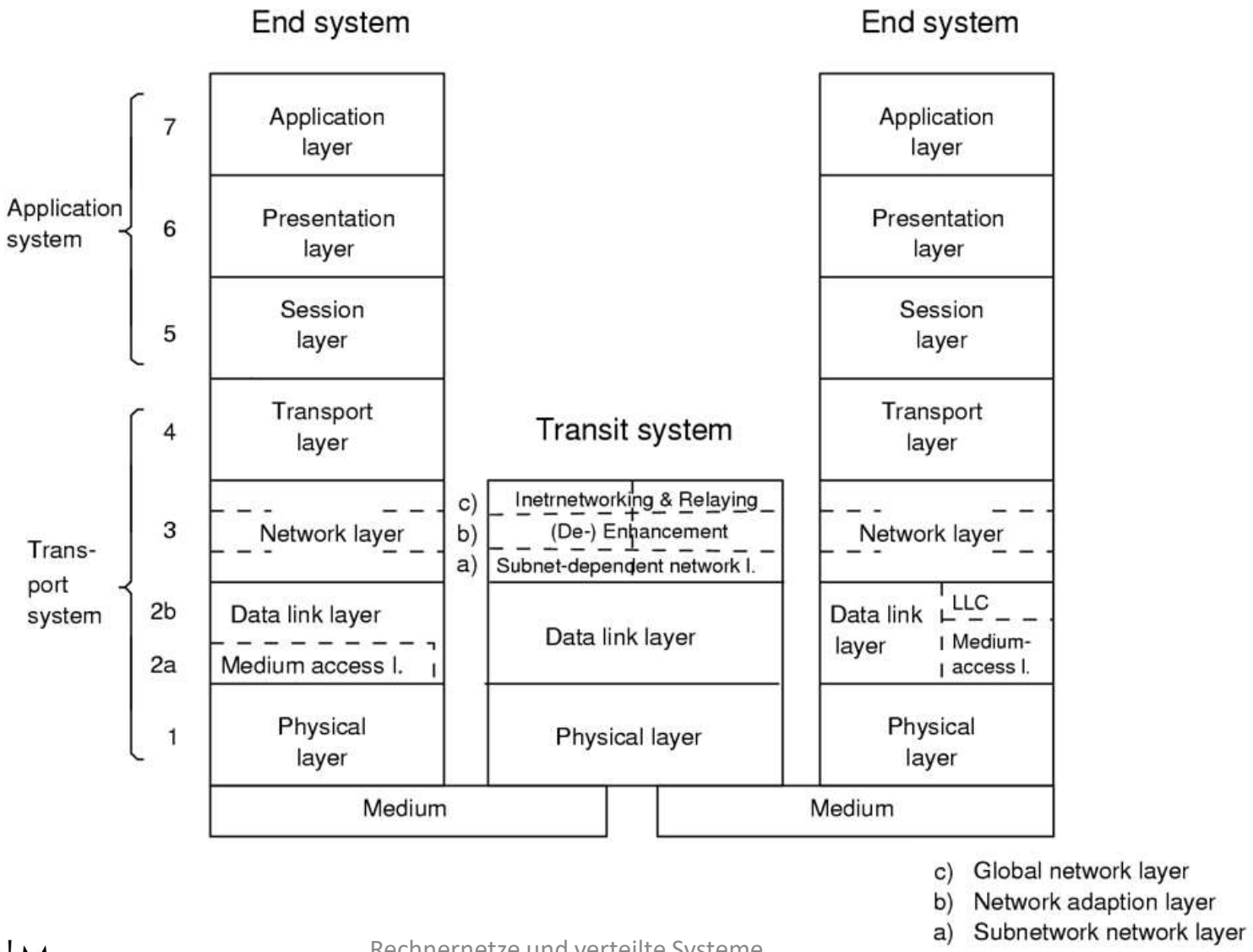
Ziel der Vorlesung (unter anderem)

- Was ist hier eigentlich passiert bzw. wie funktioniert dieser Vorgang?
  - Protokolle des ISO/OSI- bzw. Internet-Modells
  - Router, Transitnetze
  - Netzkarte, Kabel, etc.

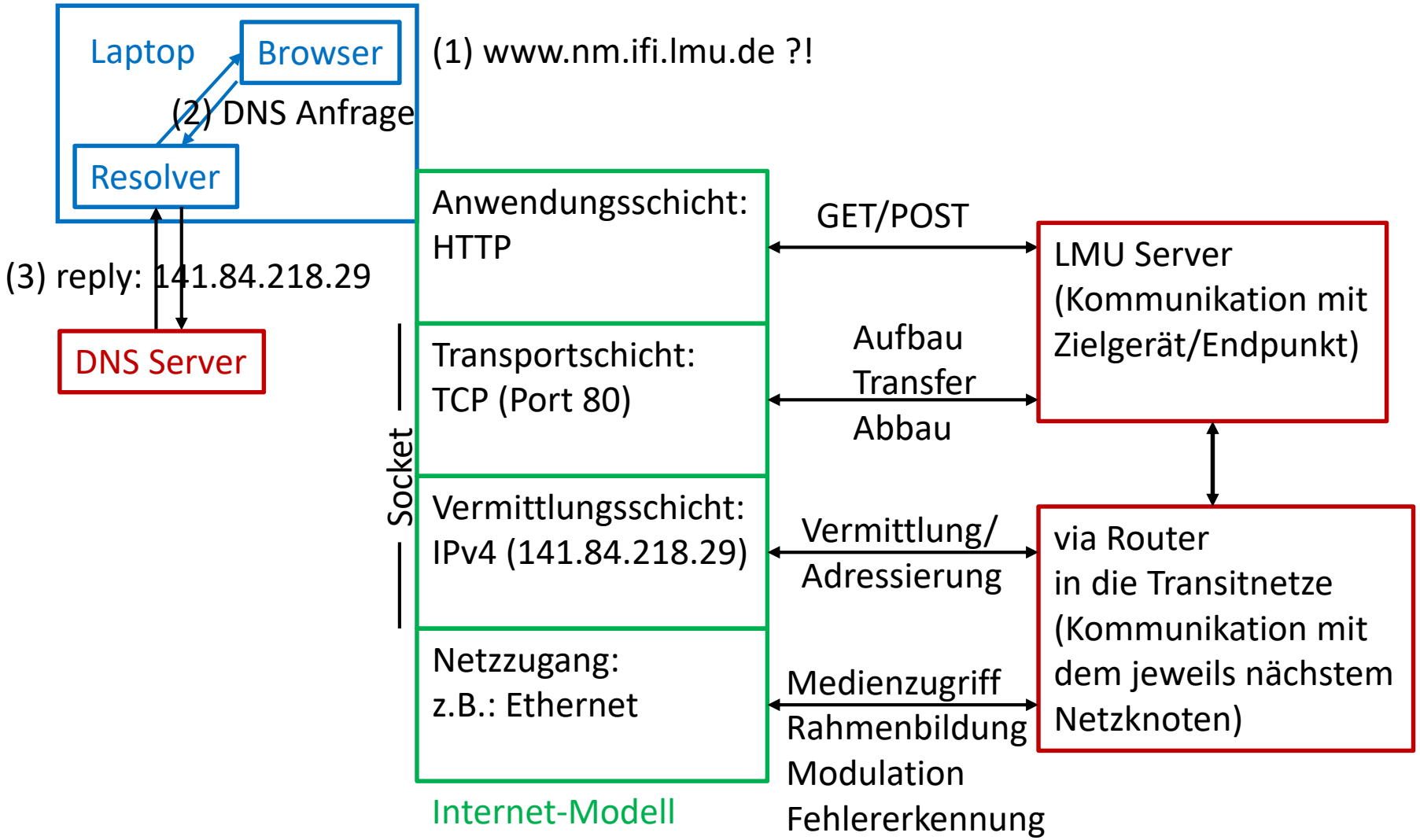
Ziel der Vorlesung (Erste Überlegungen)

- Der Browser läuft auf dem Laptop zu Hause.
- Die Vorlesungsseite wird von einem Server der LMU (an einem unbekannten Ort) bereitgestellt.
- Es liegt offensichtlich ein verteiltes System vor!
- Browser und Server kommunizieren (aus Anwendungssicht) also ausschließlich per Nachrichten.
- Die Kommunikation strukturiert sich anhand des ISO/OSI- bzw. des Internet-Modells.

Das ISO/OSI-Modell als Grafik (WH)



Das Beispiel als Grafik



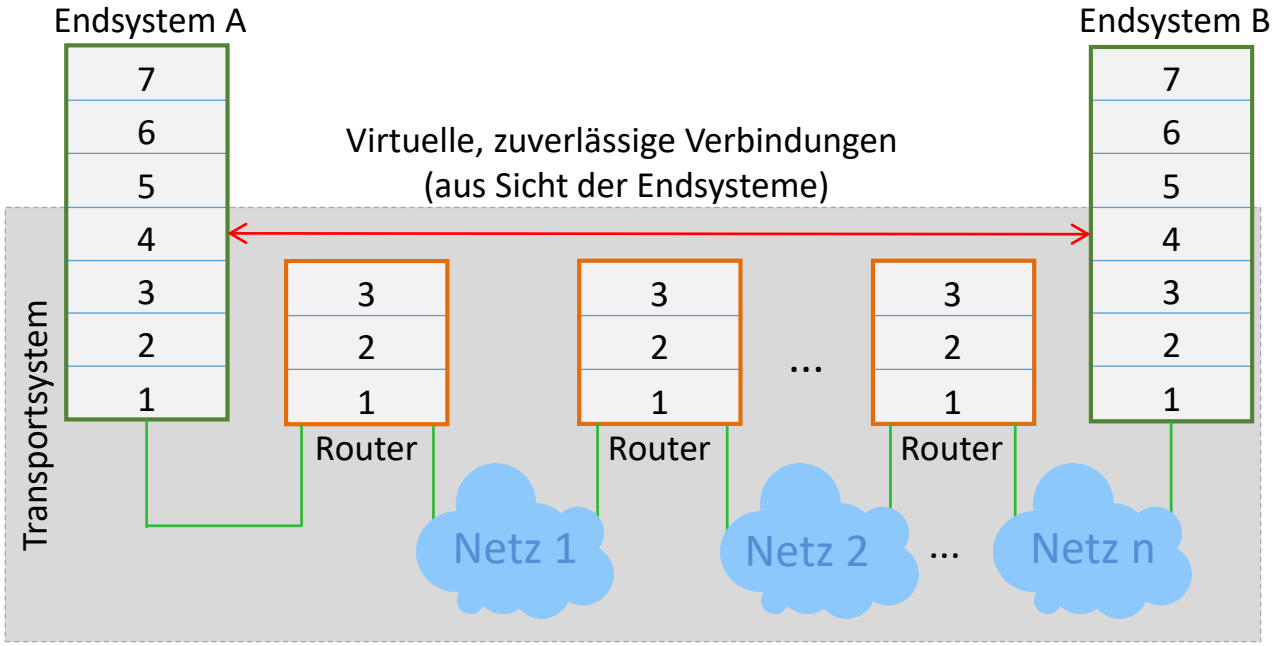
Sicht des Anwendungssystems (ISO/OSI-Schichten 5 bis 7)

- Browser schickt DNS Anfrage (Protokoll) zur Ermittlung der IP-Adresse des Servers „www.nm.ifi.lmu.de“ an *Resolver* (i.d.R. Teil des Betriebssystems).
- *Resolver* fragt gegebenenfalls bei einem DNS-Server nach (➔ Kapitel 2)
- Browser schickt HTTP (Protokoll) Anfrage an Server, um Inhalt „/teaching/Vorlesungen/2018ss/rn/“ anzufordern (➔ Kapitel 6)
- Ausgehende Nachrichten werden an **Transportschicht** (z.B. TCP) übergeben (➔ Kapitel 3)

7 Anwendung
6 Darstellung
5 Kommunikationsst.
4 Transport
3 Vermittlung
2 Sicherung
1 Bitübertragung

Sicht der Transportschicht (Schicht 4)

- WH: Die **Transportschicht** bietet der Anwendungsschicht den netzunabhängigen Transport von Nachrichten zwischen zwei Endsystemen als Dienst an.



Sicht der Transportschicht (Schicht 4)

- Aufbau einer TCP (Transmission Control Protocol)-Verbindung zum Server mit Hilfe des *3-Way-Handshakes* auf (➔ Kapitel 3)
- TCP-Segmente aus Nutzdaten (die HTTP-Anfrage) und TCP-Header (Steuerinformationen) bilden und übertragen – Weitergabe an darunterliegende Schicht
- **Anmerkung**: Flusssteuerung und Staukontrolle notwendig.

7 Anwendung
6 Darstellung
5 Kommunikationsst.
4 Transport
3 Vermittlung
2 Sicherung
1 Bitübertragung

Sicht der Transportschicht (Schicht 4)

- Im TCP-Header: **Sequenznummern**
  - Erkennung von verloren gegangene Paketen und ggf. neue Anforderung
  - Korrektur von falscher Reihenfolge
  - Entfernung von Duplikaten
  - Nur fehlerfreie Nachrichten werden an darüberliegende Anwendungsschicht weitergereicht.
- Bei Beendigung des Nachrichtenaustausches
  ➔ Abbau der Verbindung
- Übergabe der ausgehende TCP-Segmente an **Vermittlungsschicht** (➔ Kapitel 4)

Sicht der Vermittlungsschicht (Schicht 3)

- Nutzdaten (TCP-Pakete) mit einem IP-Header versehen um IP-Datagramme („IP-Pakete“) zu bilden.
- Fragmentierung: Aufteilung von IP-Paketen falls zu groß für das nächste Wegstück (Stichwort *MTU: Maximum Transmissible Unit*)
- Fragestellung: wie findet ein IP-Paket den Weg zum Server, und wie ein entsprechendes Antwortpaket den Weg zurück?

7 Anwendung
6 Darstellung
5 Kommunikationsst.
4 Transport
3 Vermittlung
2 Sicherung
1 Bitübertragung

Sicht der Vermittlungsschicht (Schicht 3)

- Jedes IP-Paket beinhaltet im Header Ziel- und Quell-IP-Adresse
- IP-Pakete auf unserem Laptop:
  - Quelle: 192.168.178.31 (Laptop)
  - Ziel: 141.84.218.29 (www.nm.ifi.lmu.de)
- Da 141.84.218.29 nicht in unserem LAN (engl.: Local Area Network), Versand des Pakets an bekanntes *Default Gateway* 192.168.178.1 (unser Router zuhause).
- Router sucht in Routingtabelle, welcher bekannte (benachbarte) Router dem Zielnetz am nächsten ist und schickt das IP-Paket an diesen.

Sicht der Vermittlungsschicht (Schicht 3)

- Änderung der Quell IP-Adresse des Pakets zu öffentlicher IP-Adresse (zugewiesen von Internet Provider):
  Beispiel: 185.17.207.126.
- IP-Adresse innerhalb unseres LANs (192.168.178.31) hat außerhalb keine sinnvolle Bedeutung hat (➔ Kapitel 2)
- Weiterleiten des Pakets im **Transportsystem** von Router zu Router, bis es am Gateway des Zielnetzes ankommt und von an den LMU Server geleitet wird.

Sicht der Vermittlungsschicht (Schicht 3)

- Antwortpakete werden auf die gleiche Art und Weise zurück geleitet.
- Antwort Paket:
  - Quelle: 141.84.218.29 (www.nm.ifi.lmu.de)
  - Ziel: 185.17.207.126 (unser Router)
- **Frage**: Wie weiß der Router, dass das Antwortpaket zu unserem Laptop (192.168.178.31) muss?
- **Antwort**: Der Router schaut sich nicht nur die IP-Adressen sondern auch die TCP-Ports der Nachricht an.
- Beim Senden unseres ursprünglichen Pakets verändert er den Quell-Port zu einem anderweitig unverwendeten Port, und merkt sich, dass Nachrichten an diesen TCP-Port zur IP-Adresse 192.168.178.31 (unser Laptop) geschickt werden müssen.
  - Stichwort: Network Adresse Translation (NAT) (Kapitel 2)

Sicht des Netzzugangs (ISO/OSI Schicht 1 und 2)

- Wegstück Computer-Router über ein Ethernet-Kabel verbunden.
- Ethernet im IEEE 802.3 Standard definiert.
- Aufgabe: IP-Pakete der Vermittlungsschicht als Bits kodiert über das Ethernet-Kabel zu schicken.
  - Übertragungsrate des verwendeten physikalischen Mediums (Schicht 1)
  - Kollisionsvermeidung bei Vielfachzugriff auf das Medium (Schicht 2a: Mehrfachzugriff)
  - Erkennung und Korrektur von auftretenden Bit-Fehlern (Schicht 2: Sicherungsschicht)
  - Rahmenbildung (Schicht 2: Sicherungsschicht)

7 Anwendung
6 Darstellung
5 Kommunikationsst.
4 Transport
3 Vermittlung
2 Sicherung
1 Bitübertragung

Ausblick

- Kurs orientiert sich an Schichten des ISO/OSI- bzw. des Internet-Modells
- In vergangenen Semestern: Schichten strikt von unten nach oben, Kapitel um Kapitel, durchgegangen.
- **Neuer Ansatz**: folgt in etwa der Struktur des einführenden Beispiels – grob die Schichten von oben nach unten
- Fragen, Kommentare, entdeckte Fehler, unklare Stellen usw. zur neuen Kursstruktur oder auch zu den überarbeiteten Vorlesungsfolien bitte an:

➔ rnvs-skript@nm.ifi.lmu.de

Aufbau der Vorlesung

1. Einleitung und Grundlagen
2. Namen und Adressen
3. Schicht 4: Transportschicht
4. Schicht 3: Vermittlungsschicht
5. Hardwarenahe Schichten (Schicht 1 und 2)
6. Dienste der Anwendungsschicht im Internet
7. Middleware
8. Exkurs: ATM und (A)DSL
9. Exkurs: Multicast Routing

Hinweise

- Themen und Konzepte:
  - Schichtspezifisch
  - Protokollspezifisch
  - Internetspezifisch
  - Schichtunabhängig
- Themen werden in der Reihenfolge behandelt, wie sie beim Durchgehen der Schichten zuerst aufkommen
- Schichtunabhängige Konzepte werden explizit als solche hervorgehoben.

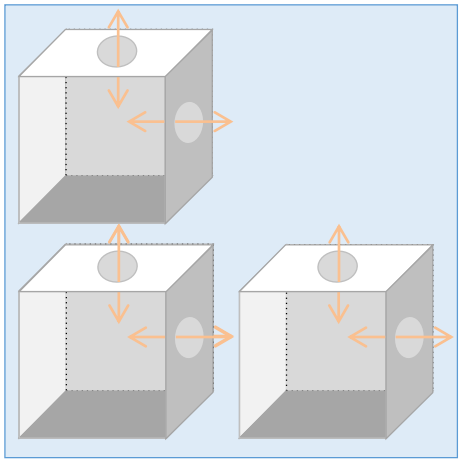
Inhalt von Kapitel 1 (WH)

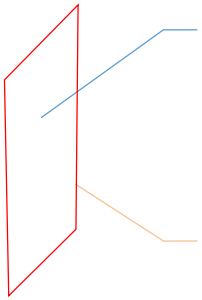
1. Die wichtigsten Definitionen
2. Das ISO/OSI-Referenzmodell
3. Das Internet-Referenzmodell
4. Ein einführendes Beispiel
5. Schnittstellen und Dateneinheiten
6. Protokolle und Standards
7. Netztopologie
8. Fehlertypen

Kapitel 1.5 Schnittstellen und Dateneinheiten

in einer Schichtenarchitektur

Das Prinzip der Schnittbildung





Interaktionsstelle

Schnitt

- Systemschnitt
- Dienstschnitt
- Protokollschnitt

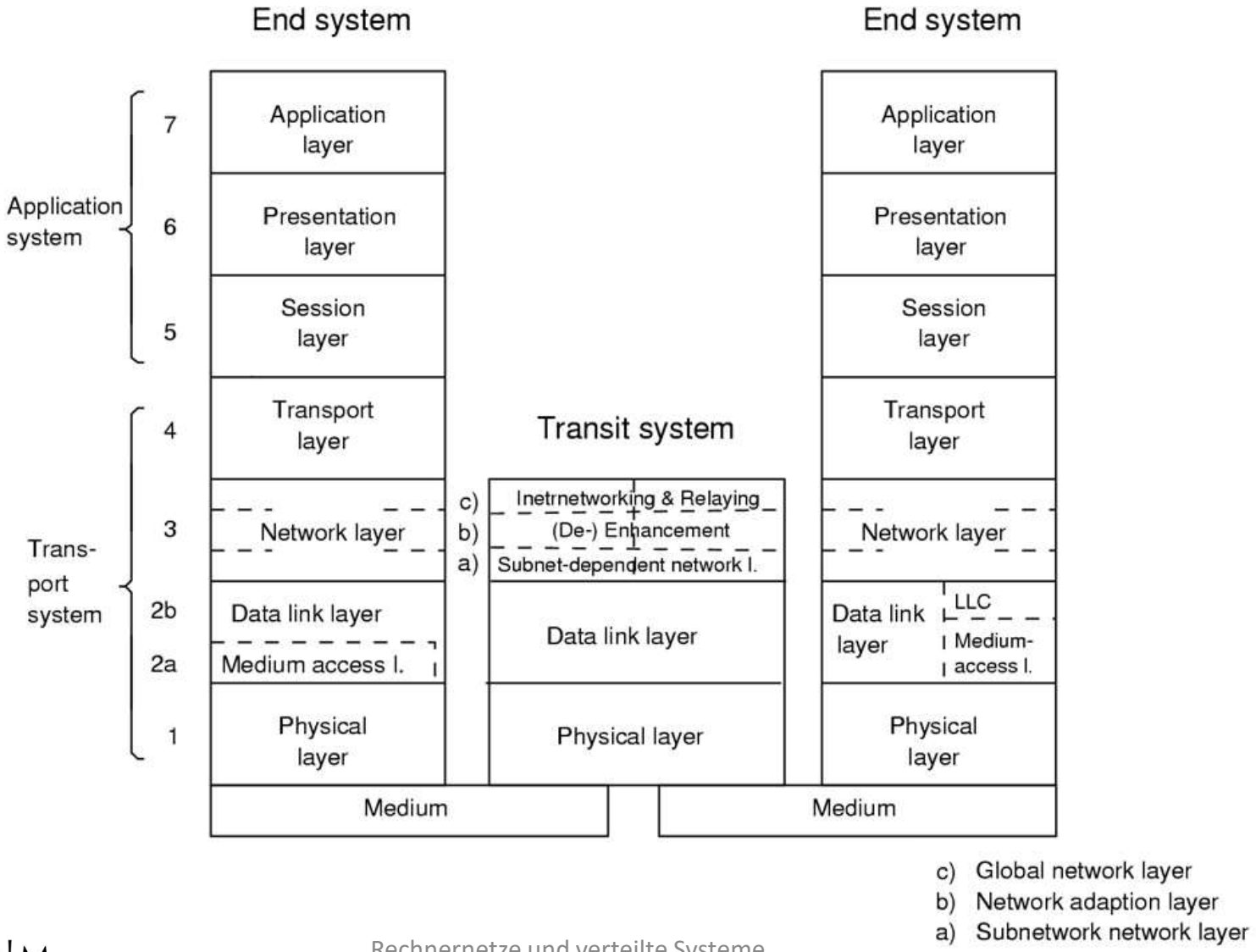
Schnitte dienen der ...

- Identifikation kommunizierender Einheiten und ihrer Interaktionsstellen
- Zuordnung von Interaktionsstellen zueinander
- Definition des inhaltlichen und zeitlichen Zusammenhangs zwischen Interaktionen

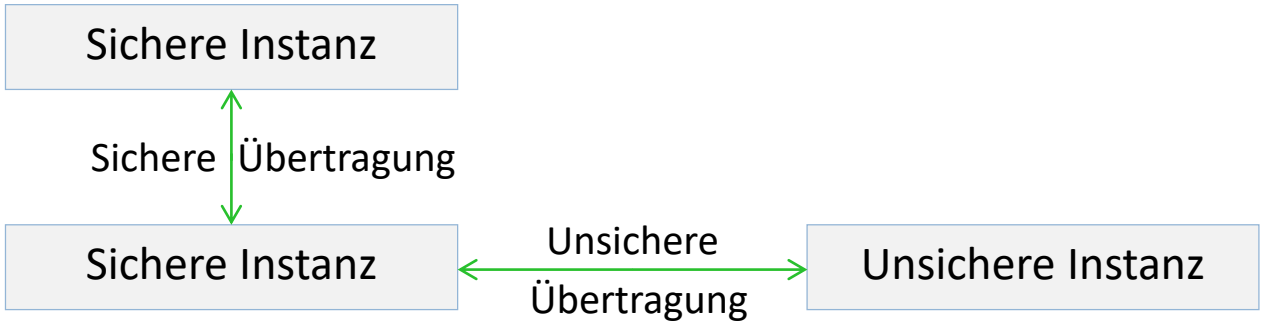
Analogie aus der OO-Welt

- Klasse / Objekt
- Gekapseltes Innenleben
- Schnittstelle nach aussen

Die Schichtenarchitektur des ISO/OSI-Modells (WH)



Modellannahmen bei Schichtenarchitekturen



- **sicherer Kanal**: keine Fehler, kein Datenverlust, kein Synchronisationsverlust
- **sichere Instanz**: kein Fehlverhalten, kein Synchronisationsverlust
- **unsichere/r Instanz/Kanal**: sonst

Schnittbildung in der Schichtenarchitektur

- Systemschnitt
- Dienstschnitt
- Protokollschnitt

Systemschnitt

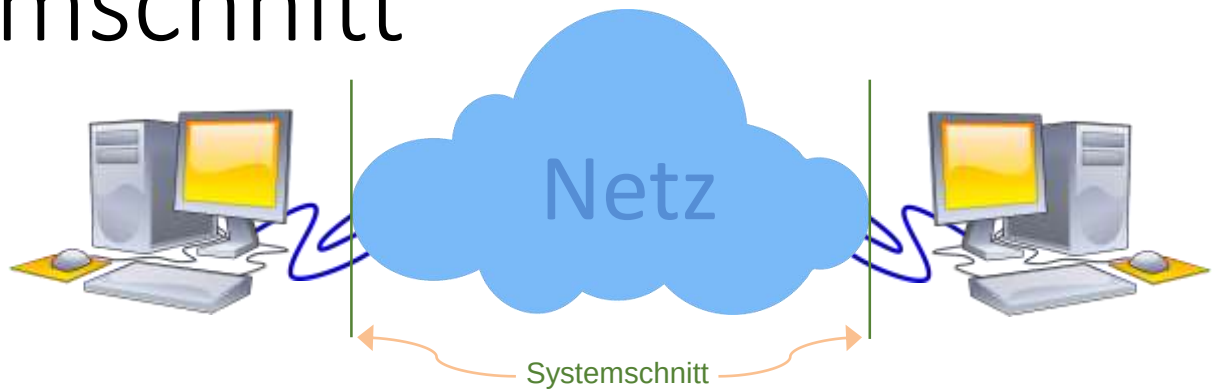
Systemschnitte

- setzen an den tatsächlichen (physikalischen) Grenzen der kommunizierenden Systeme an.

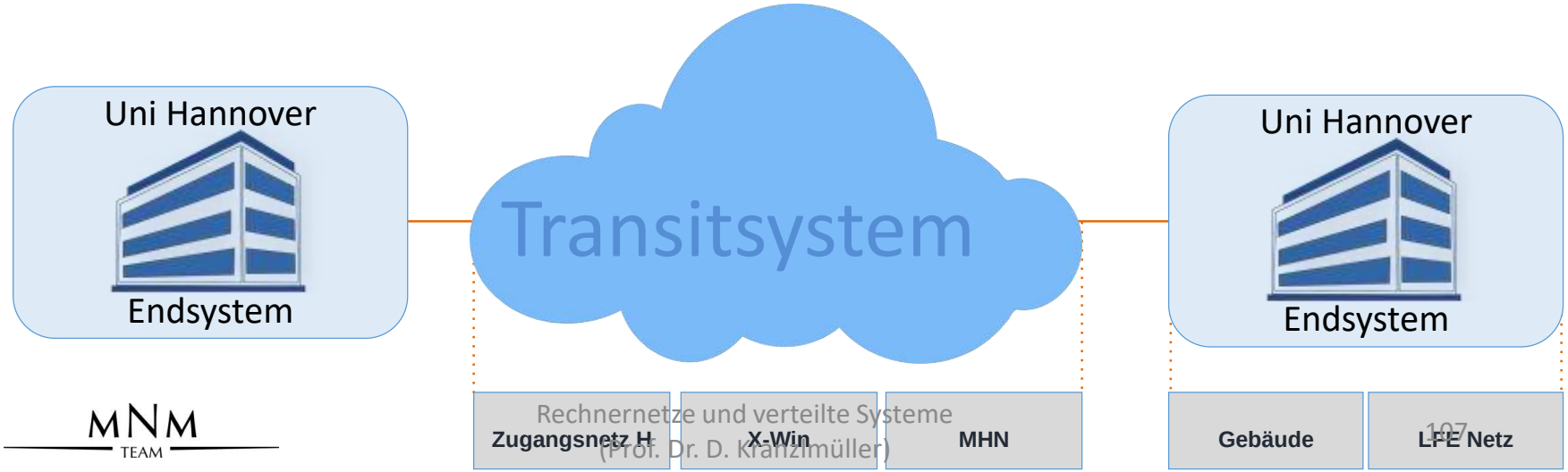
  Beispiel: Ein Laptop ist ein System, ein Router ist ein System und das Ethernet Kabel das sie verbindet ist die Schnittstelle zwischen diesen Systemen.

- dienen der Festlegung diskreter kommunizierender Systeme.
- können zur Verfeinerung (Annäherung an reale Konfiguration) mehrfach angewendet werden.

Systemschnitt



- Festlegung diskreter kommunizierender Systeme
- Interaktionsstelle stimmt mit dem realen Übergang zum Medium überein.
- Kann zur Verfeinerung (Annäherung an reale Konfiguration) mehrfach angewendet werden (z.B. unten im Bild).

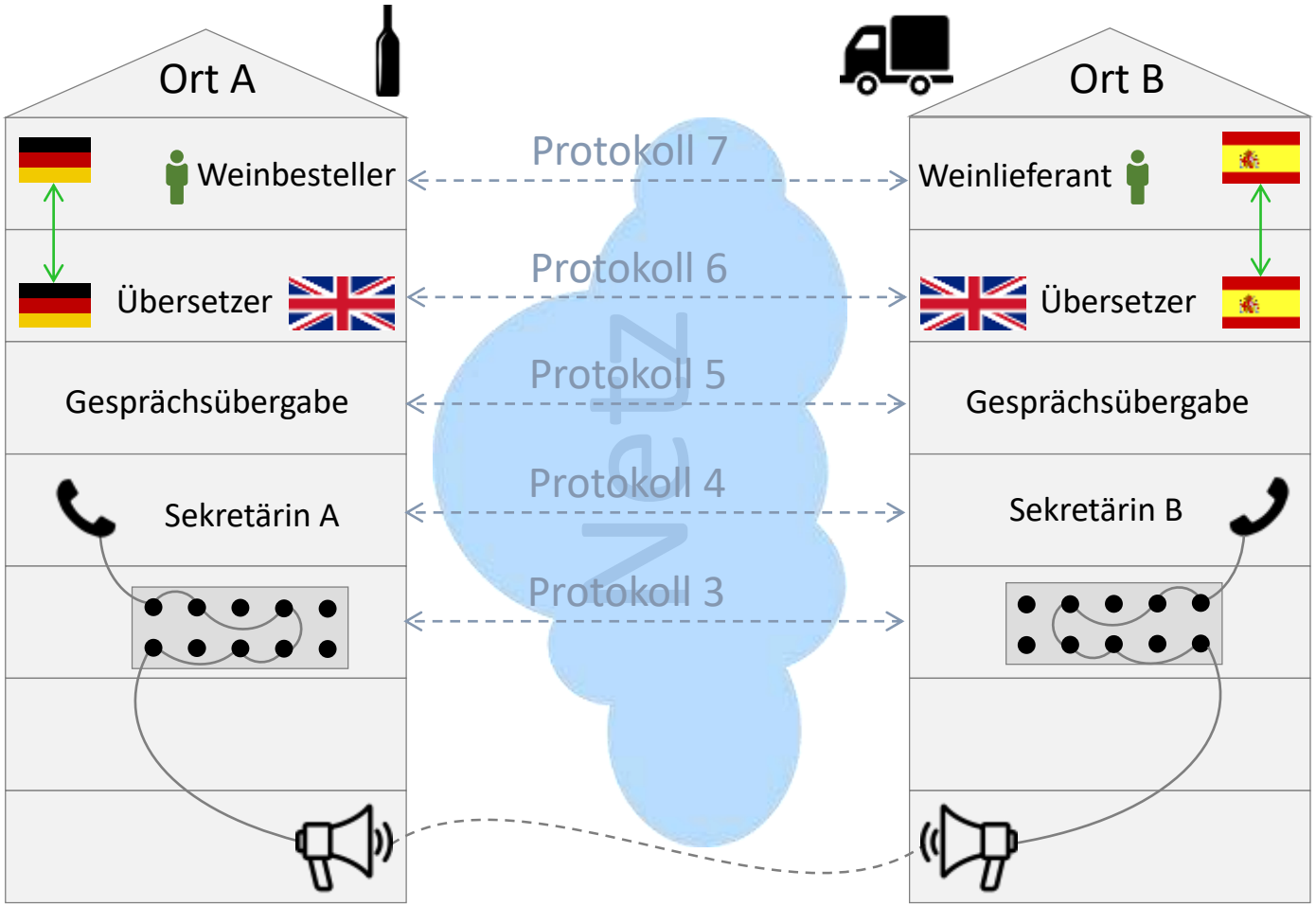


Dienstschnitt

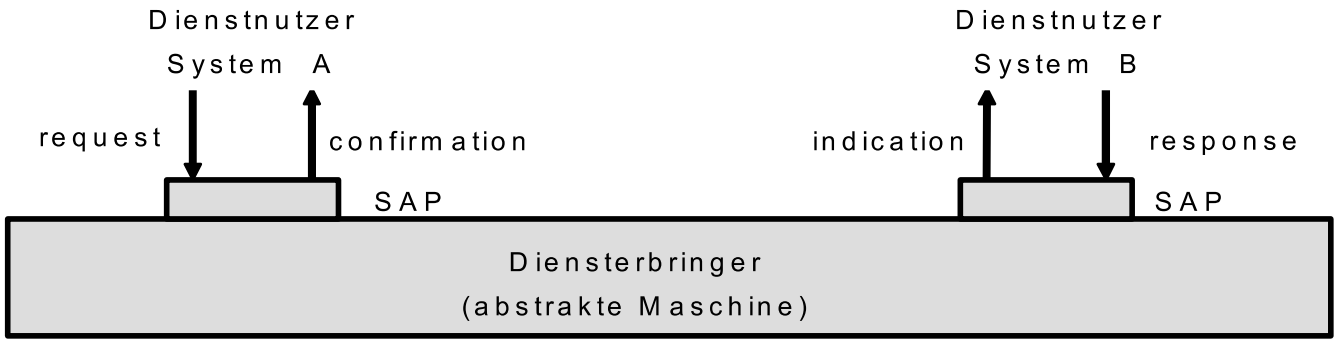
Dienstschnitte

- setzen zwischen den Diensten zweier benachbarter Schichten an.
  - Der Kommunikationsvorgang innerhalb eines Systems wird in Teilvorgänge aufgeteilt.
- legen Dienstnutzer, Dienst, und Diensterbringer fest.
- ergeben nur in Verbindung mit einer Schichtarchitektur Sinn.

Dienstschichtung (Beispiel)



Dienstzugangspunkt (SAP)



SAP (Service Access Point) : Dienstzugangspunkt

Diensttypen	A	B	Beispiel
1) unbestätigt	req →	→ ind	Datagramm
2) bestätigt	req →	→ ind	"Einschreiben"
	conf ←	← resp	
3) von Erbringer initiiert	ind ←	→ ind	"push"
4) Aufforderung mit Anzeige vom Erbringer	req →		lokale Anfrage
	ind ←		

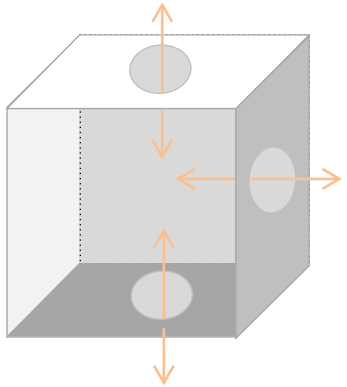
Diensterbringer

Protokollschnitt

- **Protokollschnitte** setzen zwischen den *Peer Entities* zweier kommunizierender Endsysteme an.
- *Peer Entities* sind Instanzen deselben Protokolls (auf der selben Schicht) in zwei verschiedenen kommunizierenden Systemen.
- Bsp.: Eine Instanz des TCP Protokolls auf unserem Computer kommuniziert mit einer Instanz des TCP Protokolls auf einem Webserver.
- Ziel: koordinierte Diensterbringung durch mehrere Systeme.

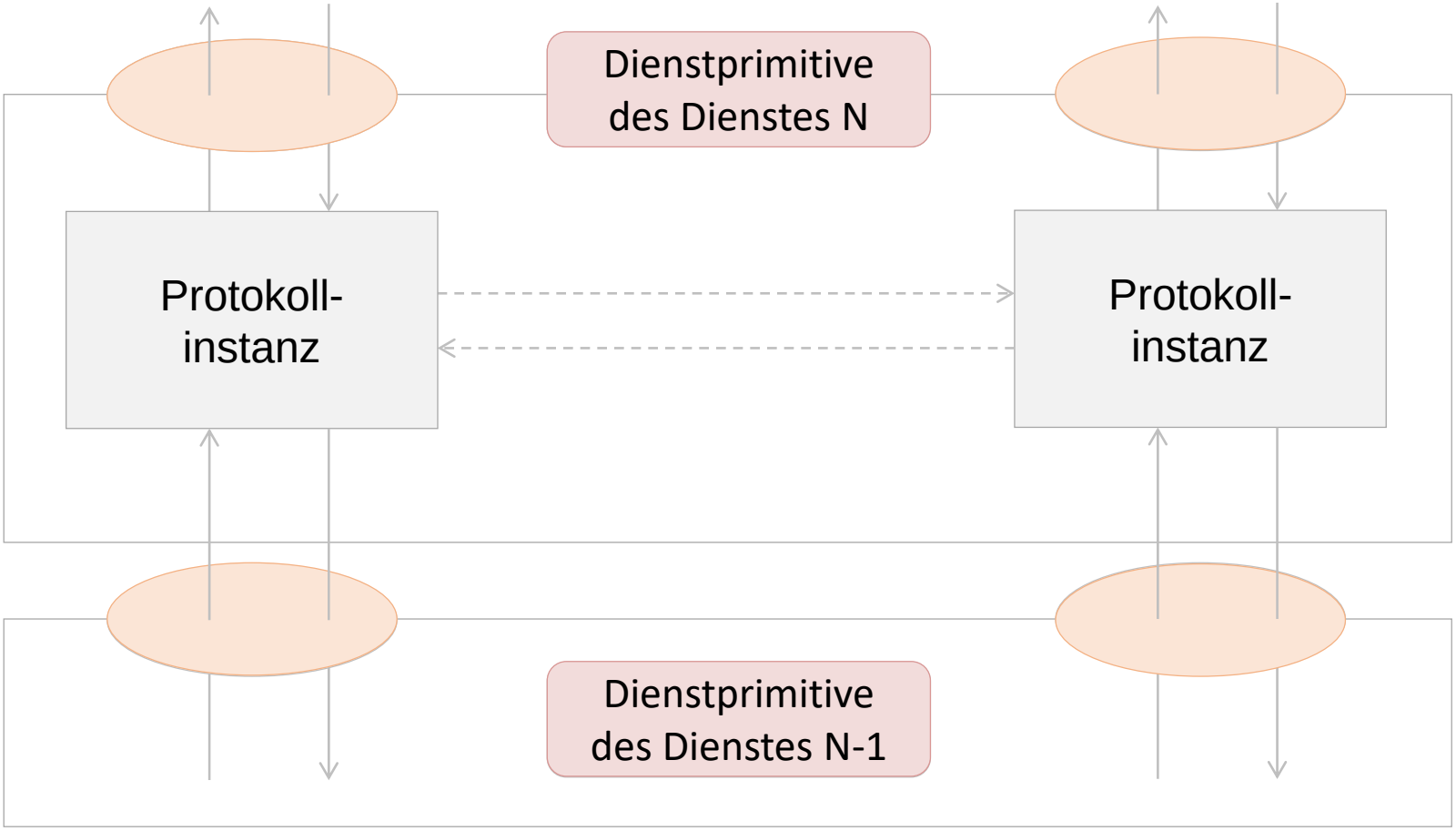
Protokollschnitt

- Protokollinstanzen haben drei Interaktionsstellen:
  - nach oben
  - nach unten
  - zur *Peer Entity*



- Dabei ist die Kommunikation der Protokollinstanzen (*Peer Entities*) **virtuell**.
- Tatsächlich kann nur nach oben oder unten kommuniziert werden.

Protokollinstanzen



Schnittbildung in der Schichtenarchitektur

- Systemschnitt – zwischen Systemen
- Dienstschnitt – zwischen benachbarten Schichten
- Protokollschnitt – zwischen Peer Entities

Dateneinheiten (1/4)

- Innerhalb des ISO/OSI-Modells (nach unten, nach oben, und horizontal) unterscheiden wir allgemein zwischen
  - *Nutzdaten*
  - *Steuerinformation*
- Welcher Teil **Steuerinformation** ist und welcher **Nutzdaten**, kommt darauf an
  - auf welcher Schicht (in welcher Protokollinstanz) wir uns befinden
  - ob wir die Kommunikation nach oben, nach unten, oder zur *Peer Entity* betrachten.

Dateneinheiten (2/4)

- Horizontale Kommunikation (mit der *Peer Entity*):
  - Steuerinformation „**PCI**“ (Protocol Control Information, deutsch: Protokoll-Steuer-Information).
  - Nutzdaten „**UD**“ (User Data, deutsch: Benutzerdaten)
  - Einheit aus PCI und UD ➔ „**PDU**“ (Protocol Data Unit, deutsch: Protokoll-Dateneinheit)

Dateneinheiten (3/4)

- Vertikale Kommunikation (nach unten, oder nach oben) mit einer Protokollinstanz einer benachbarten Schicht:
  - Steuerinformation „**ICI**“ (Interface Control Information, deutsch: Schnittstellen-Steuerdaten)
  - Nutzdaten „**ID**“ (Interface Data, deutsch: Schnittstellen-Daten)
  - Einheit aus ICI und ID ➔ „**IDU**“ (Interface Data Unit, deutsch: Schnittstellen-Dateneinheit)

Dateneinheiten (4/4)

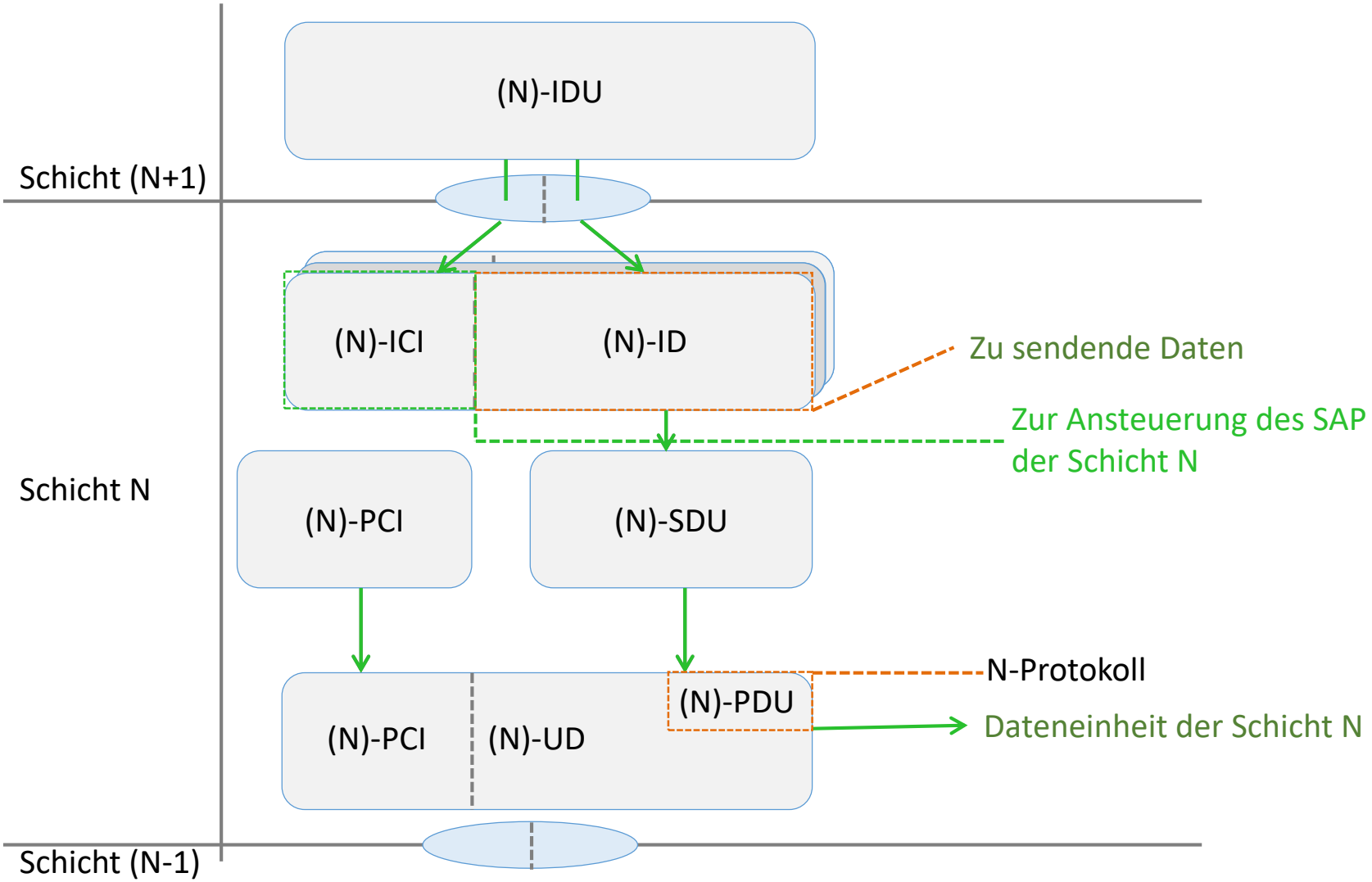
- SAP (Service Access Point): Interface/Schnittstelle
  - ICI (Interface Control Information) wird also zur Ansteuerung eines SAP verwendet.

- SDU (Service Data Unit): Wenn eine IDU die relevante Schnittstelle passiert hat, wird dessen ID auch als „SDU“ (Service Data Unit, deutsch: Dienst-Daten-Einheit) bezeichnet.

Zusammenfassung Dateneinheiten

Kommunikation	Steuerinformation	Nutzdaten	Kombiniert
Peer-Instanzen (horizontal)	Protokoll-Steuer-Info (PCI)	Benutzer Daten (UD)	Protokoll Dateneinheit (PDU)
Benachbarte Instanzen (vertikal)	Interface Steuerdaten (ICI)	Interface Daten (ID)	Interface Dateneinheit (IDU)

- In der Praxis: Teile der PCI dienen auch als ICI, sodass die ICI nicht separat hinzugefügt werden muss.



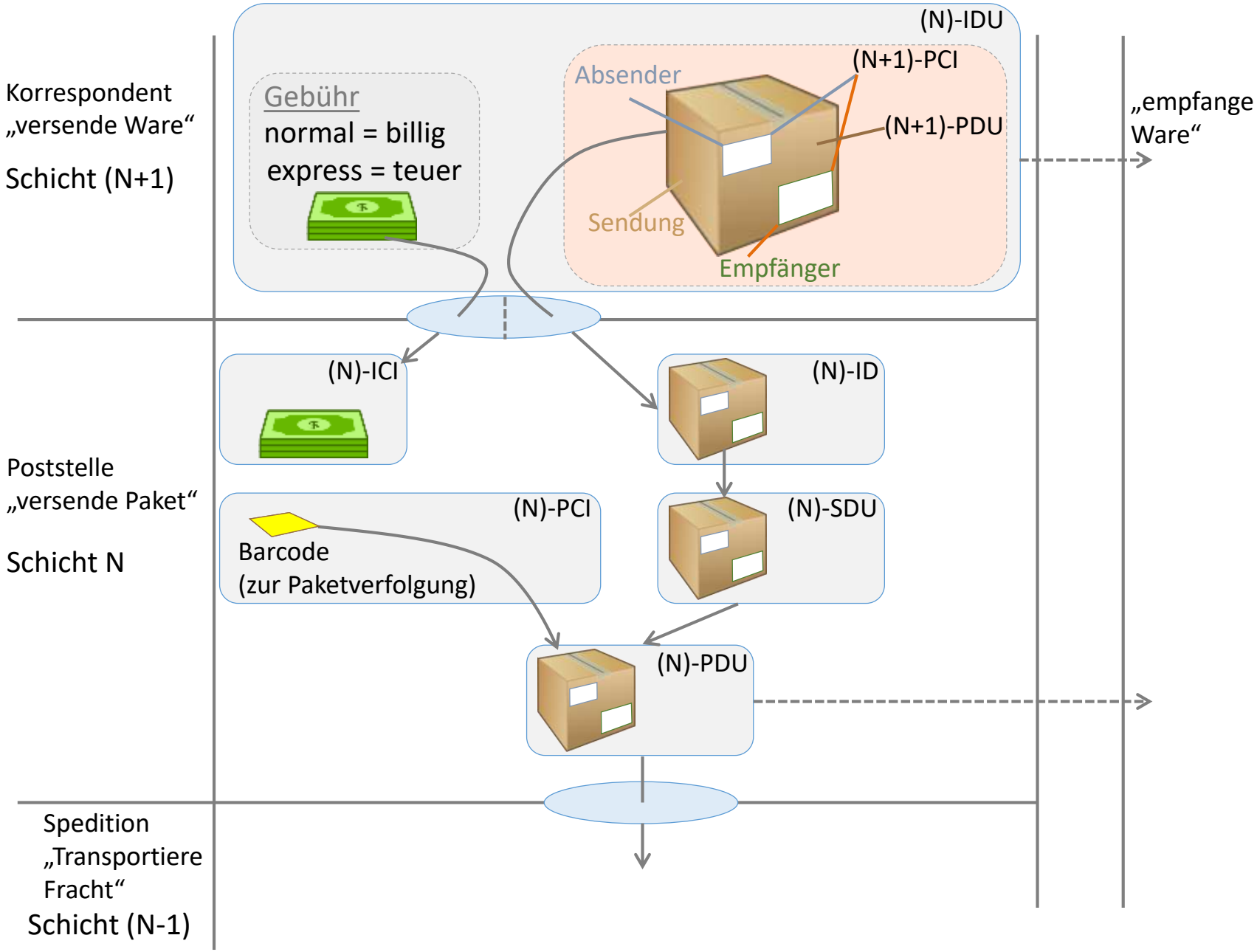
IDU: Interface Data Unit
ICI: Interface Control Information
PCI: Protocol Control Information

SDU: Service Data Unit
UD: User Data
PDU: Protocol Data Unit

MNM TEAM

Ablauf des Datenflusses

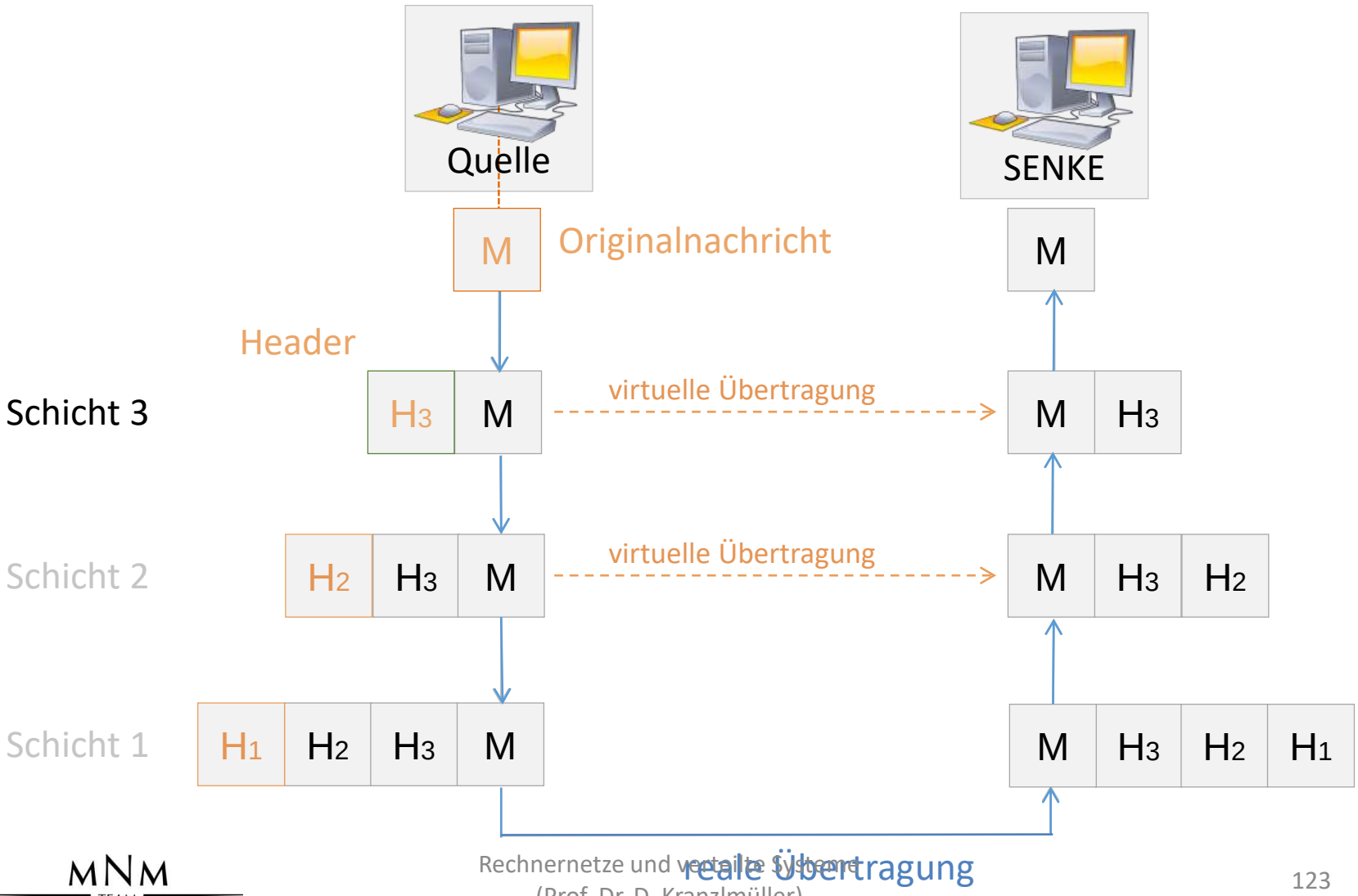
- (N)-IDU steuert SAP der Schicht N
  - (N)-IDU = (N)-ICI + (N)-ID
  - (N)-ID = (N+1)-PDU
- Nach Passieren der Schnittstelle:
  - (N)-ICI des (N)-IDU wird nicht mehr gebraucht
  - (N)-ID des (N)-IDU wird zu (N)-SDU
- (N)-SDU entspricht (N)-UD
- (N)-PDU ist (N)-PCI + (N)-UD



MNM TEAM

Analogie: **Paketversand**

Datenfluss (vertikal und horizontal)

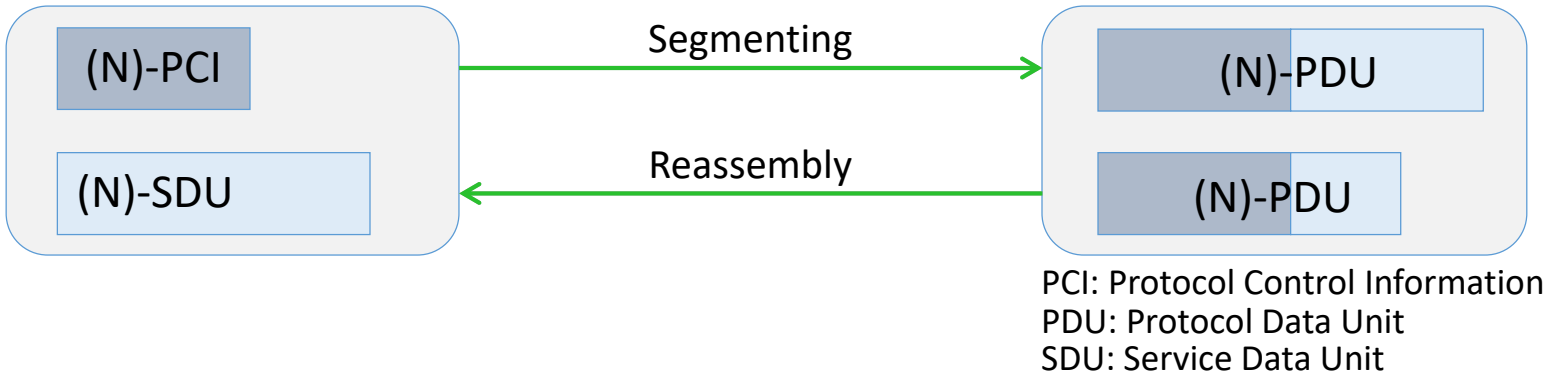


Abbildungen zw. Datenblöcken

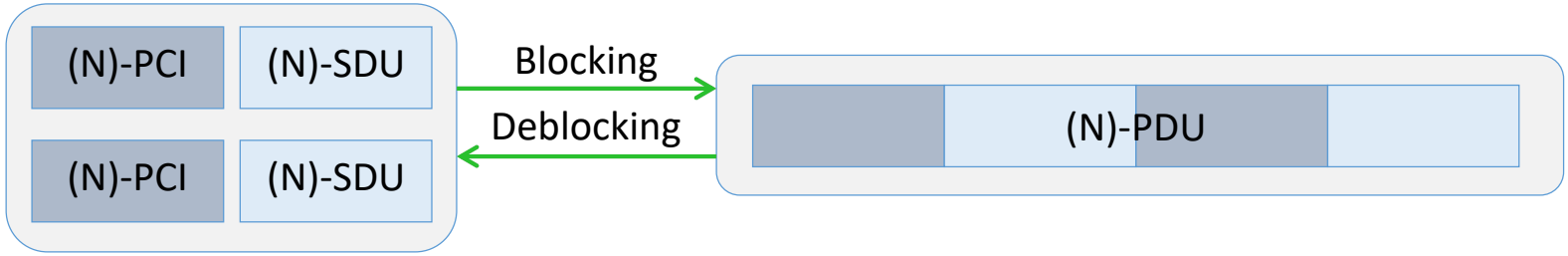
Operationen auf Datenblöcken:

- Segmentierung (Segmenting) / Neumontage (Reassembly)
- Blockieren (Blocking) / Deblockieren (Deblocking)
- Verkettung (Concatenation) / Trennung (Separation)

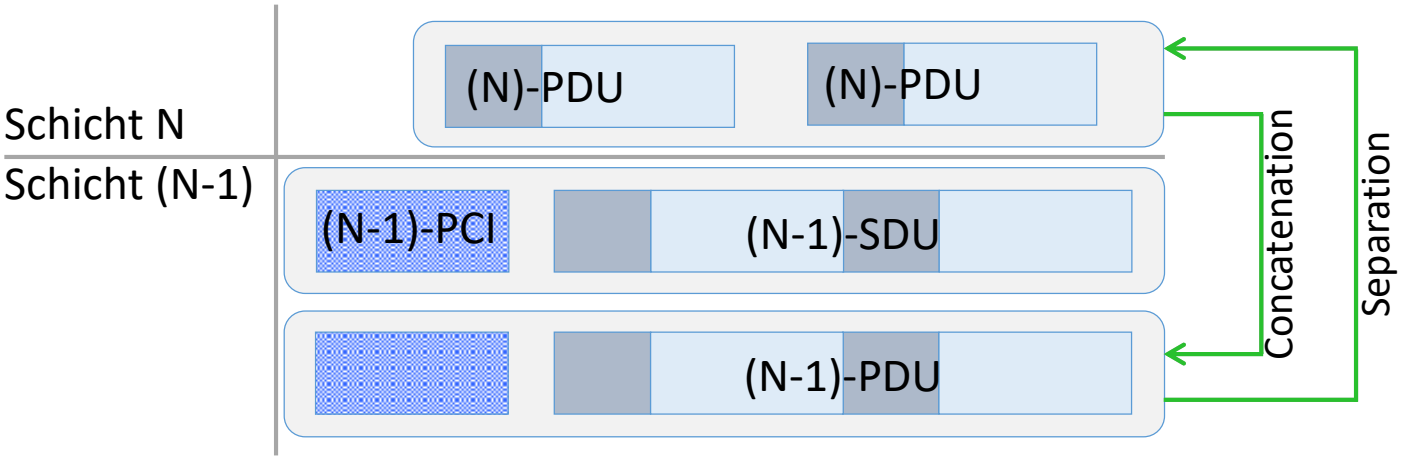
Abbildungen zw. Datenblöcken (Segmenting/Reassembly)



Abbildungen zw. Datenblöcken (Blocking/Deblocking)



Abbildungen zw. Datenblöcken (Concatenation&Separation)



Kapitel 1.6
Protokolle und Standards

Allgemeines zu Protokollspezifikationen und Standards

Definition: Protokoll (WH)

Ein **Protokoll** (engl.: Protocol) ist eine Spezifikation (bzw. Vereinbarung) der Regeln, nach denen ein gegebener Informationsaustausch (eine gegebene Kommunikation) stattfindet. Insbesondere werden Syntax, Semantik und Synchronisationsverhalten einzelner *Nachrichten* festgelegt.

Protokollfunktionen

- Verbindungsmanagement
- Datenhandhabung
- Fehlerbehandlung

- Beschreibung in der Protokollspezifikation

Typische Protokollfunktionen (1/3)

- Verbindungsmanagement
  - Aufbau, Abbau
  - Multiplexing, Splitting
  - Protokoll Selektion (auf benachbarten Schichten)

Achtung:
Transporteinheiten haben schichtspezifisch verschiedene Bezeichnungen (z.B.: Nachricht, Segment, Paket, Block, Frame)

Typische Protokollfunktionen (2/3)

- Datenhandhabung
  - Zerlegung (Segmenting) und Zusammenfügung (*Reassembly)* von Dateneinheiten
  - Versehen von Nutzdaten mit Steuerinformationen
  - Wegewahl (*routing*)
  - Flussteuerung (*flow control*)

Typische Protokollfunktionen (3/3)

- Fehlerbehandlung
  - Verfälschung der Daten:
    Prüfsummen (CRC, BCC), Paritätsbits, ...
  - Verlust der Daten:
    Sequenznummern, Quittungen, Timeout
  - Duplikate:
    Sequenznummern
  - Falsche Reihenfolge:
    Sequenznummern
  - Verbindungsabbruch:
    Reset, Wiederaufsatzpunkte

Protokollspezifikation (1/2)

Aufgabe:

- Arbeitsteilung und Zusammenarbeit mit Protokollen benachbarter Schichten

Methoden der Protokollspezifikation:

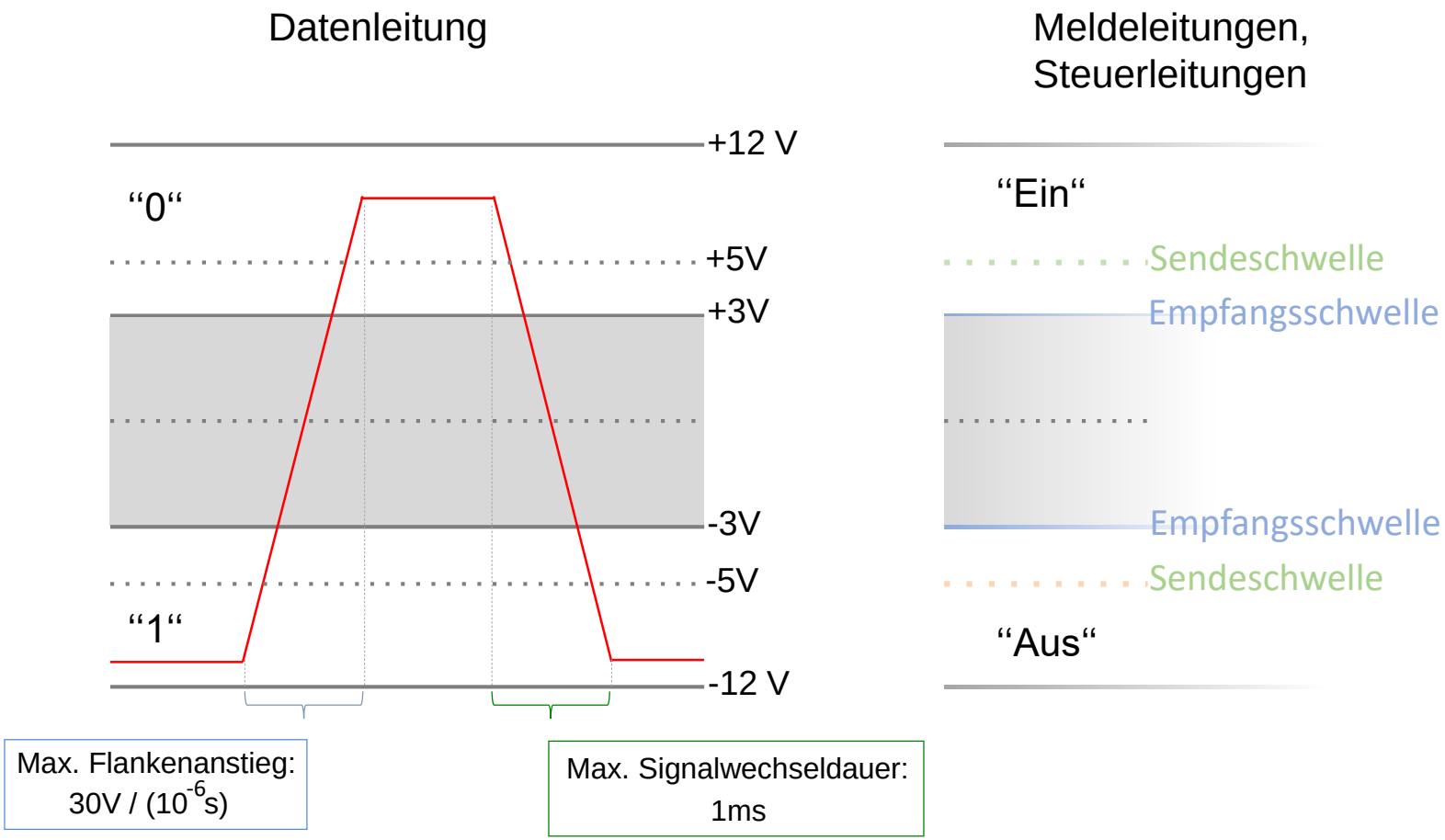
- erweiterte endliche Automaten [ESTELLE]
- Ablaufdiagramme [SDL]
- Sequenzdiagramme
- Programmiersprachen [ASN.1]
- Temporale Logik [LOTOS]
- Petri-Netze (nach Carl Adam Petri)

Protokollspezifikation (2/2)

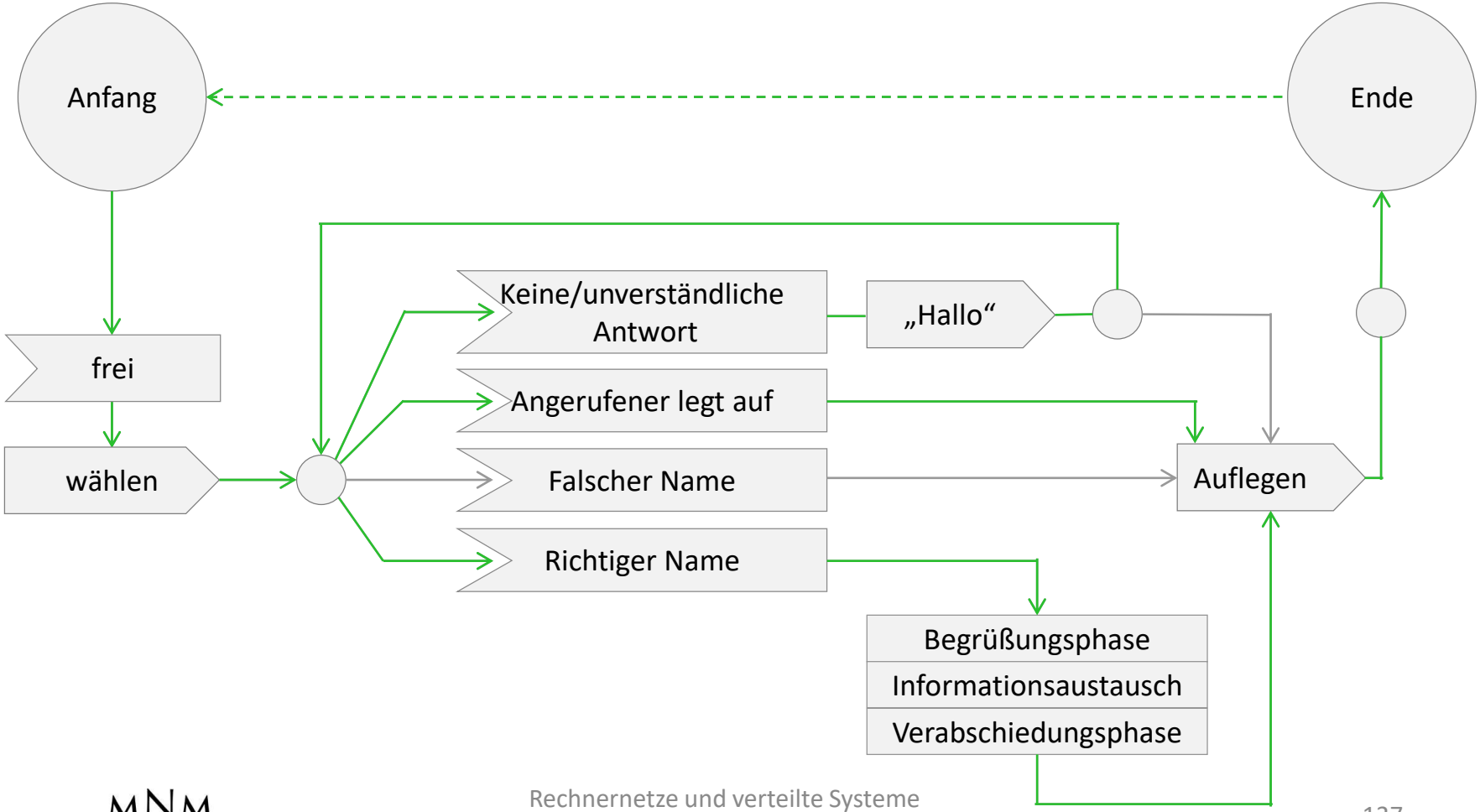
- Protokollverifikation und Validierung
  - Korrektheit
  - Verklemmungsfreiheit (Deadlock)

- Protokolltests
  - mit Partner:
    Interoperabilität (*interoperability)*
  - gegen Standard:
    Konformität/Übereinstimmung (*conformance)*

Ausschnitt aus V.24 (Signale)



Beispiel:Telefongespräch



Telefongespräch als Diagramm

- Beispiel für die Verwendung von Sequenzdiagrammen (Flow Charts)
- Vereinfachungen:
  - Nur Anrufer Seite dargestellt
  - Nicht festgelegt:
    - kein Freizeichen
    - kein Rufzeichen
    - Besetztzeichen
    - Unterbrechung der Verbindung
    - Zeitbegrenzung der Wartezustände
    - zu lange Pause bei Partner
    - Partner legt zuerst auf

Aufgabe:
Vervollständigen Sie die Protokollbeschreibung
- Angerufener
- Telefonapparat
- Vermittlung

RFC (Request for Comment)

- „Bitte um Kommentare“
- Publikationsformat der *Internet Engineering Task Force (IETF)* und der *Internet Society*.
- 1969 von Steve Crocker erfunden (Erstautor).

https://en.wikipedia.org/wiki/Steve_Crocker

- Enthalten technische und organisatorische Ideen für die Entwicklung des Internets.

RFC Eigenschaften

- Jeder RFC hat eine eindeutige aufsteigende Nummer in Reihenfolge der Publikation.
- Jeder RFC hat einen Gültigkeitsstatus (*Informational, Experimental, Proposed Standard, Draft Standard, Standard, Historic*).

Eigenlektüre: RFC 1958

„Architectural Principles of the Internet“

RFC 1958 (1/2)

Network Working Group
Request for Comments: 1958
Category: Informational

B. Carpenter, Editor
IAB
June 1996

Architectural Principles of the Internet

Status of This Memo

This memo provides information for the Internet community. This memo does not specify an Internet standard of any kind. Distribution of this memo is unlimited.

Abstract

The Internet and its architecture have grown in evolutionary fashion from modest beginnings, rather than from a Grand Plan. While this process of evolution is one of the main reasons for the technology's success, it nevertheless seems useful to record a snapshot of the current principles of the Internet architecture. This is intended for general guidance and general interest, and is in no way intended to be a formal or invariant reference model.

RFC 1958 (2/2)

Table of Contents

Kapitel 1.7
Netztopologie

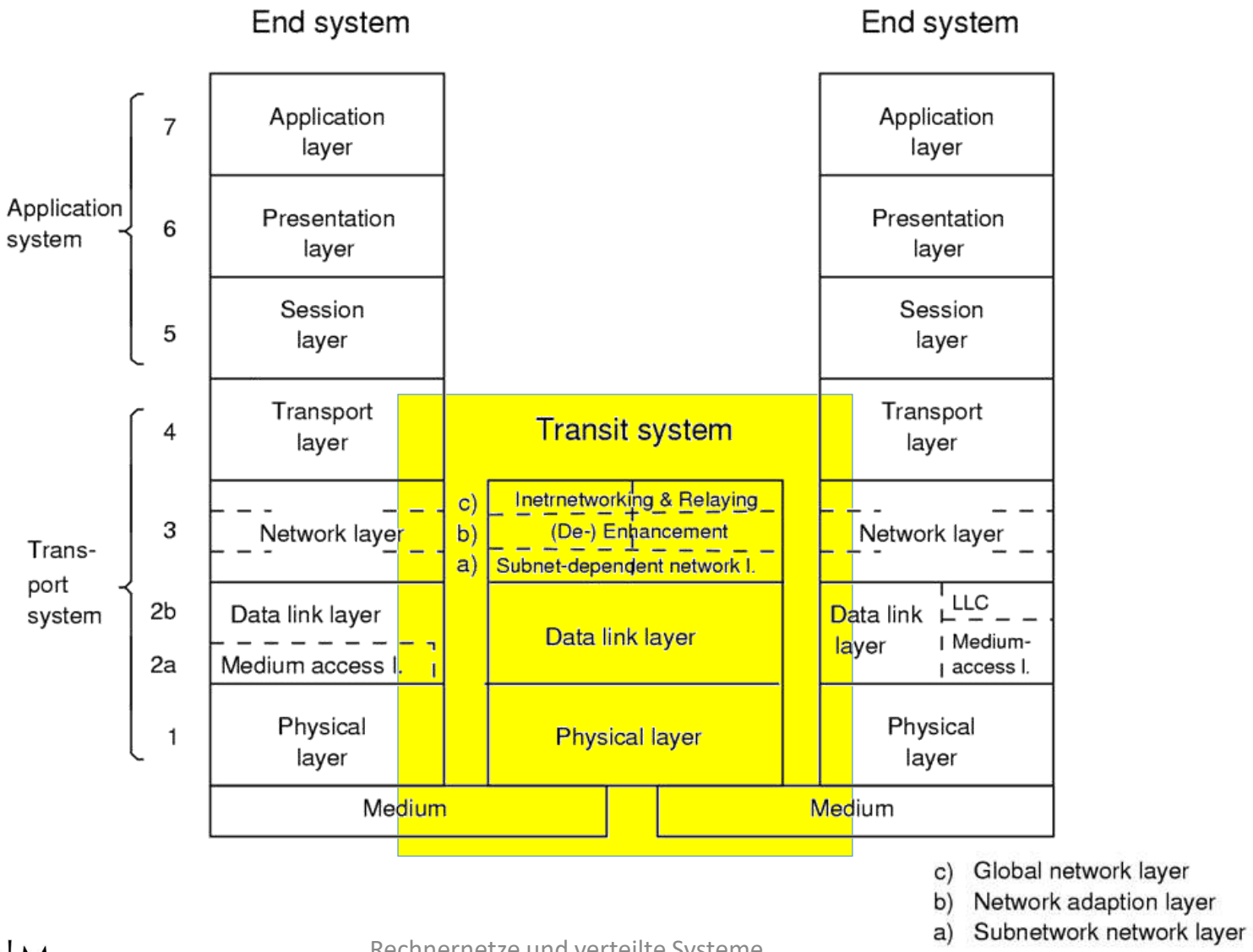
Verbindungsvarianten, Vermittelte Netze, Internetworking

Einordnung

- Bisher:
  - **Protokollstapel innerhalb einzelner Systeme** betrachtet
  - **Transitsystem** vereinfacht betrachtet

- In diesem Unterkapitel:
  Netztopologie von **Transitnetzen** eingehen.

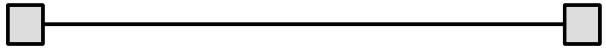
Die Schichtenarchitektur des ISO/OSI-Modells (WH)



Einordnung

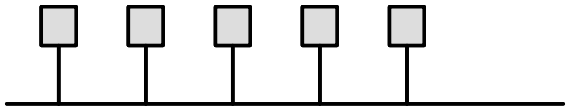
- Insbesondere: die Begriffe **Internetworking** und **Wegewahl** (Routing).
- Im ISO/OSI-Modell:
  - assoziiert mit der Vermittlungsschicht (Schicht 3, Network Layer)
  - können aber auch in anderen Schichten Anwendung finden
- Ein Netz ist ein Graph (mit Kanten und Knoten)

Verbindungsvarianten

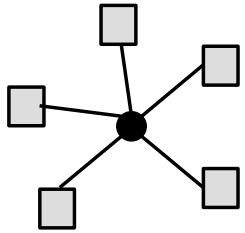


Direkte Verbindung

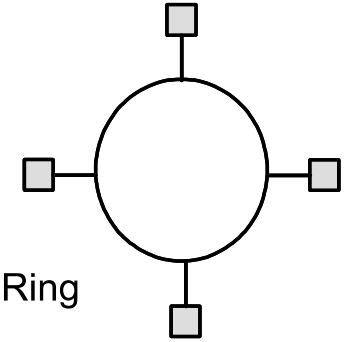
(Punkt-zu-Punkt)



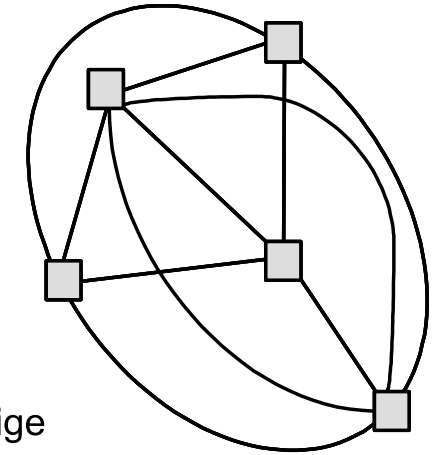
Bus



Stern



Ring

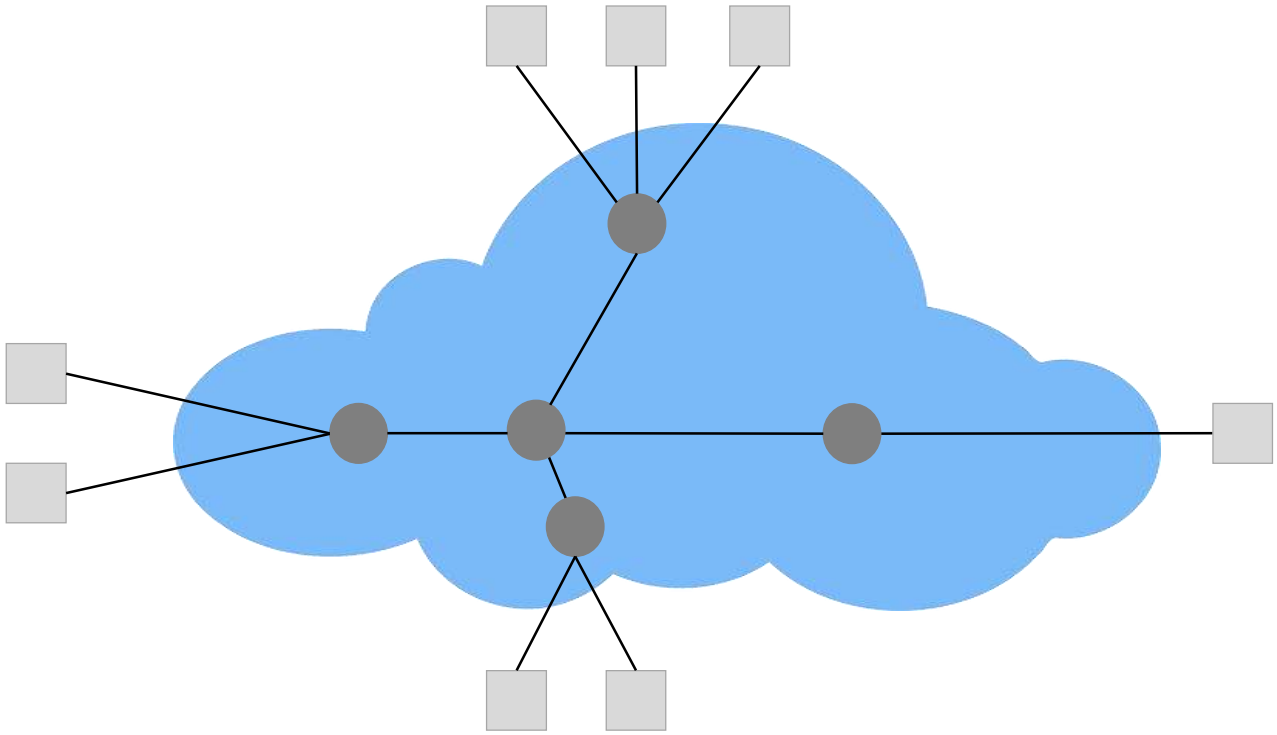


Vollständige
Vermaschung

Vermitteltes Netz

- Interne Topologie eines **vermittelten Netzes** ist Endsystemen (Hosts) unbekannt.
- Pfad durch das Netz wird von Zwischensystemen/Vermittlungseinrichtungen *vermittelt*.
- Vermittelte Netze werden grafisch meist als Wolke dargestellt.

Vermitteltes Netz (Bild)



Hosts

Zwischensysteme (Nodes)

Verbundnetz/Internetworking

- Zusammenschluss vermittelter Netze ergibt (größeres) vermitteltes Netz.
- Vermittlungseinrichtungen zwischen einzelnen Netzen im Verbund heißen „*Gateway Router*“.

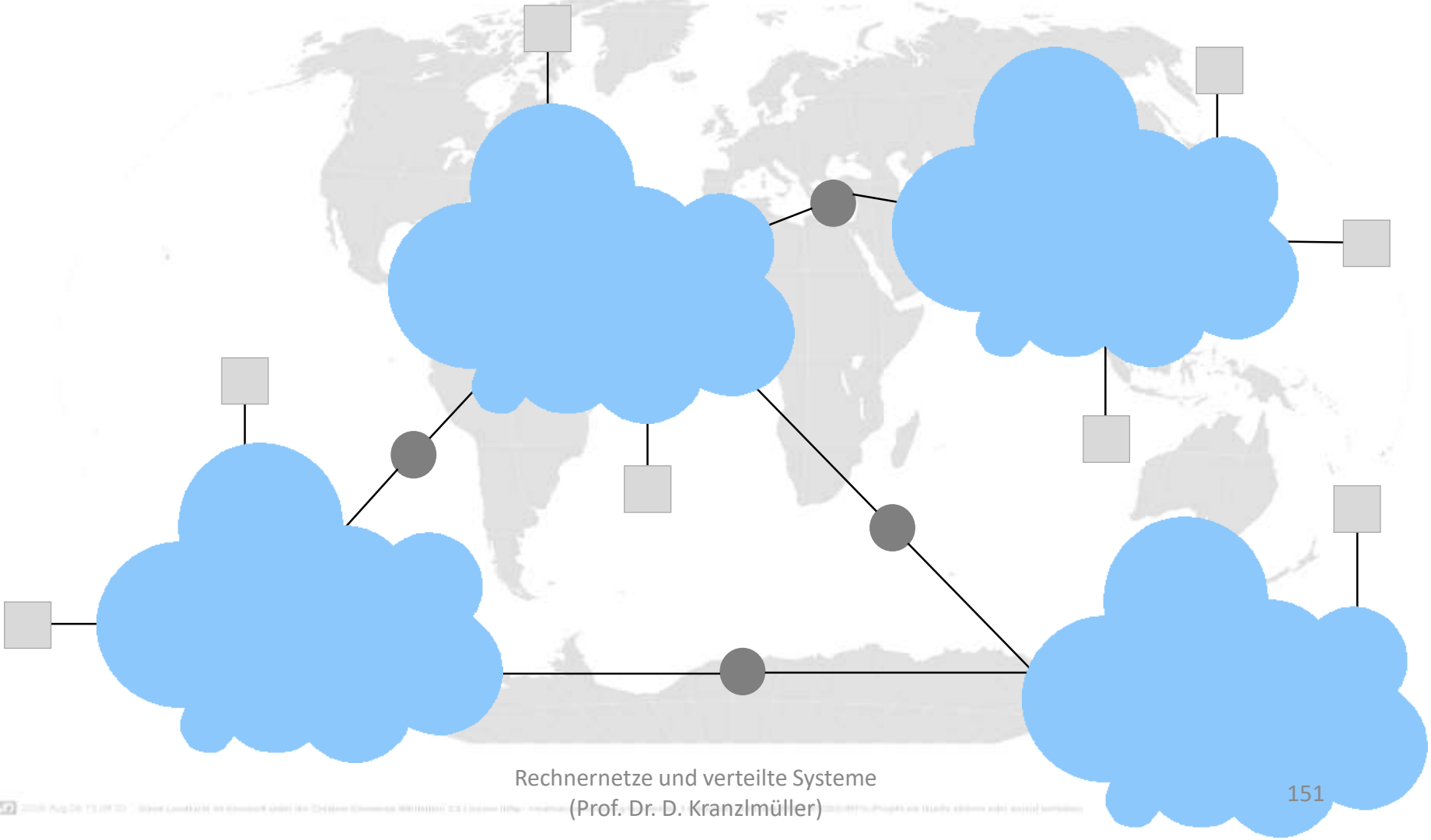
- Wenn mehrere vermittelte Netze in einen Verbund zusammengeschlossen werden redet man von einem *Verbundnetz* bzw. dem *Internetworking* (Bsp.: Internet).

Verbundnetz (Bild)

Aufgaben:

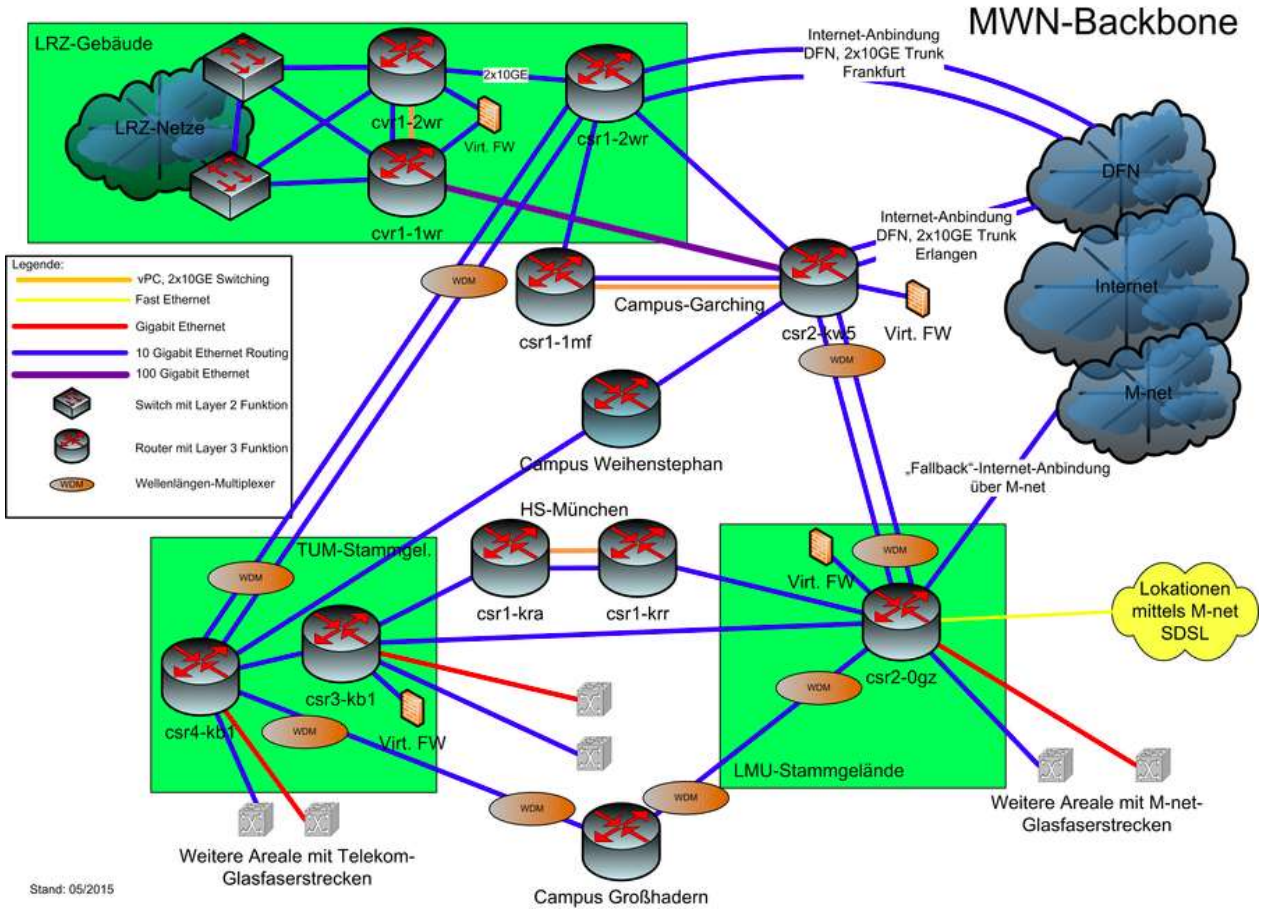
- globale Wegewahl/Vermittlung
- Protokollumsetzung

Beispiel: Internet



http://www.lrz.de/services/netz/mwn-ueberblick/

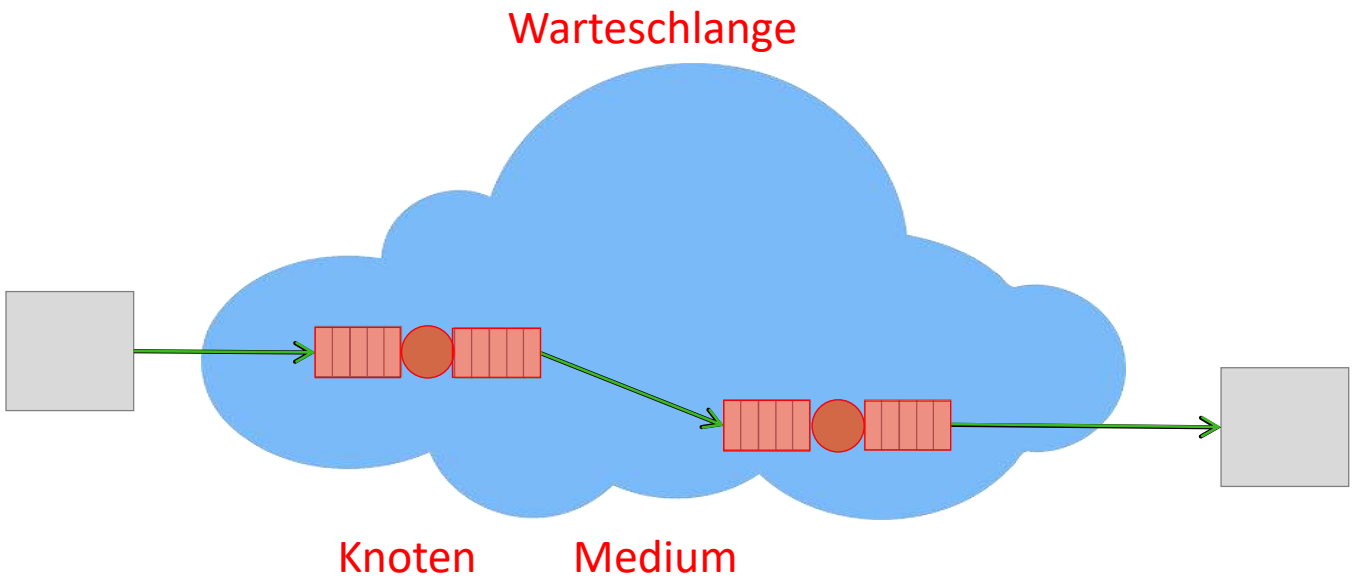
Beispiel: Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) (WH)



Verzögerungsarten in vermittelten Netzen

- Signalverzögerung
- Nachrichtendauer
- Verarbeitungsverzögerung
- Warteschlangenverzögerung
- Netzverzögerung
- Paketumlaufverzögerung (engl. Round Trip Delay RTD)

Verzögerungsarten



Verzögerungsarten in Vermittelten Netzen (1/2)

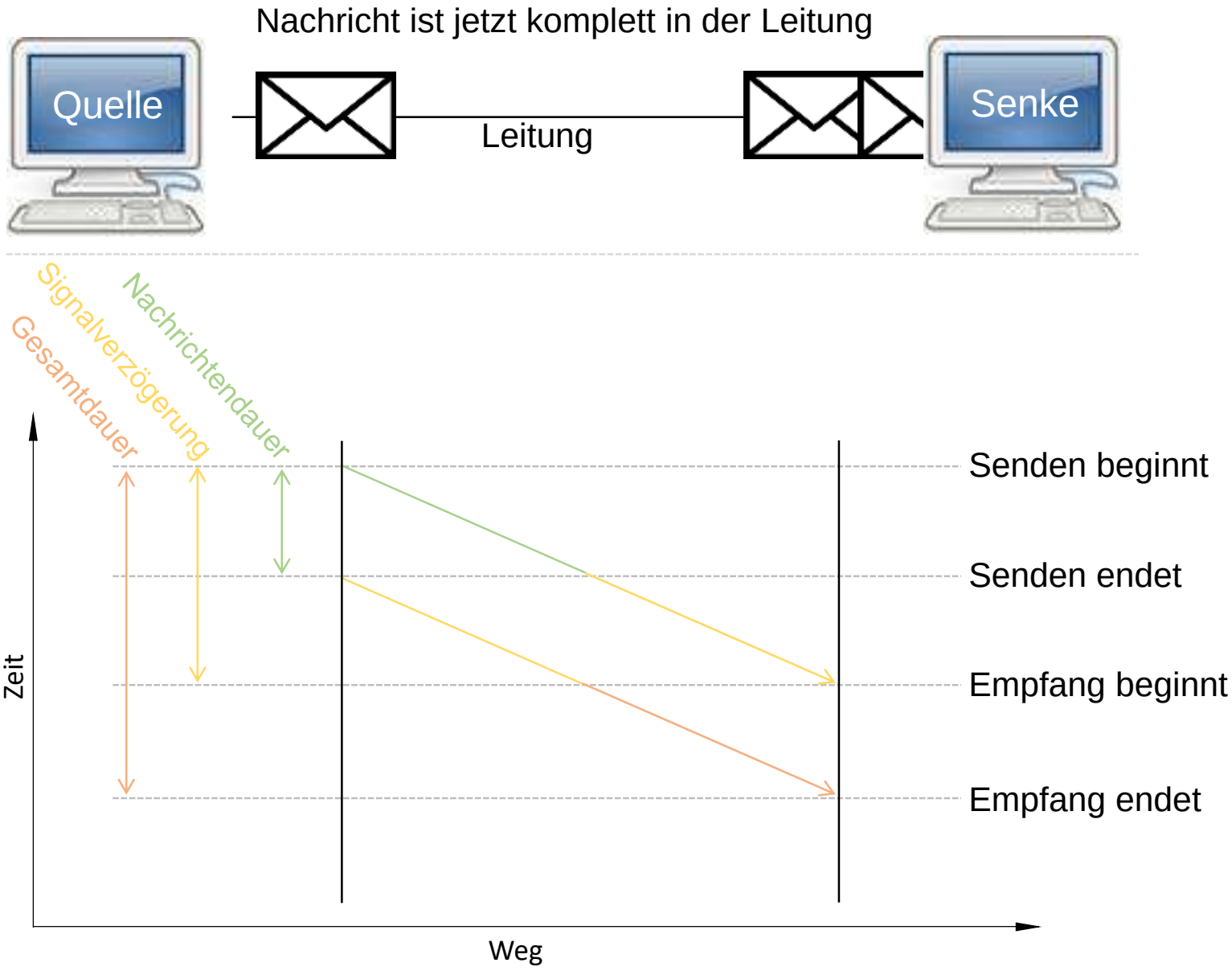
- **Signalverzögerung** = Mediumlänge [m] / Übertragungsgeschwindigkeit [m/s]
- **Nachrichtendauer** = Nachrichtenlänge [Bits] / Übertragungsrate (des Mediums) [Bits/s]
- **Verarbeitungsverzögerung:** Verarbeitungszeit im Knoten ohne Last (abhängig von Protokoll und Knotentechnik).

Verzögerungsarten in Vermittelten Netzen (2/2)

- **Warteschlangenverzögerung:** Durch Last verursachte Wartezeit im Knoten.
- **Netzverzögerung:** Summe aller Verzögerungen auf einem End-to-End Pfad.
- **Round Trip Delay (RTD):** Summe aller Verzögerungen von der Quelle zum Ziel und zurück (Antwortnachrichten nehmen nicht unbedingt den selben Pfad).

Sequenzdiagramme

- Engl.: Message Sequence Chart
- Hilfsmittel zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs einer Kommunikation
- Auch „Weg-Zeit-Diagramm“ genannt


Nachricht ist jetzt komplett in der Leitung
Quelle
Leitung
Senke
Signalverzögerung
Nachrichtendauer
Gesamtdauer
Senden beginnt
Senden endet
Empfang beginnt
Empfang endet
Zeit
Weg

Kapitel 1.8
Fehlerarten

Arten von Fehlern in Netzen

- Verfälschung
- Verlust
- Duplikate
- Falsche Reihenfolge

Merkmale von Fehlern

- Ursachen
- Entdeckung / Erkennung
- Reaktion

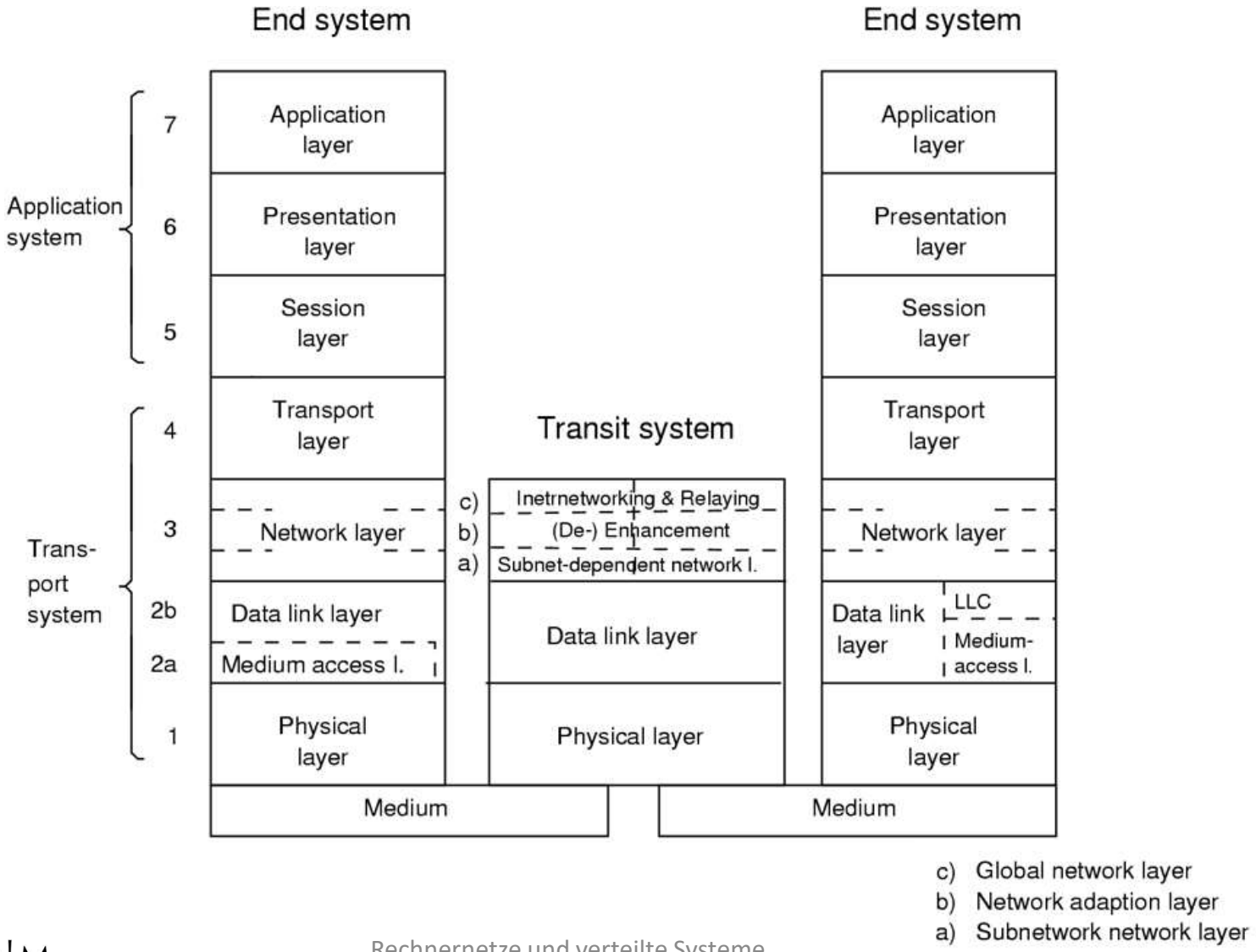
Fehlerarten

	Ursachen	Entdeckung	Reaktion
Verfälschung	Crosstalk, Interferenz, Komponentenfehler	Mehrfachübertragung, Prüfsummen (z.B.: BCC, CRC)	Negative Quittung, Wiederholung, Error Correction Code
Verlust	Verfälschung der Adresse, Wegwurf bei Netzüberlastung	fehlende Quittung Sequenznummern	Wiederholung
Duplikate	Verlust der Quittung, Alternativwege, zu frühe Wiederholung	Sequenznummern	Verwerfen
Falsche Reihenfolge	Wiederholung, Alternativwege,	Sequenznummern	Verwerfen und Wiederholen, Zwischenspeichern und Korrigieren

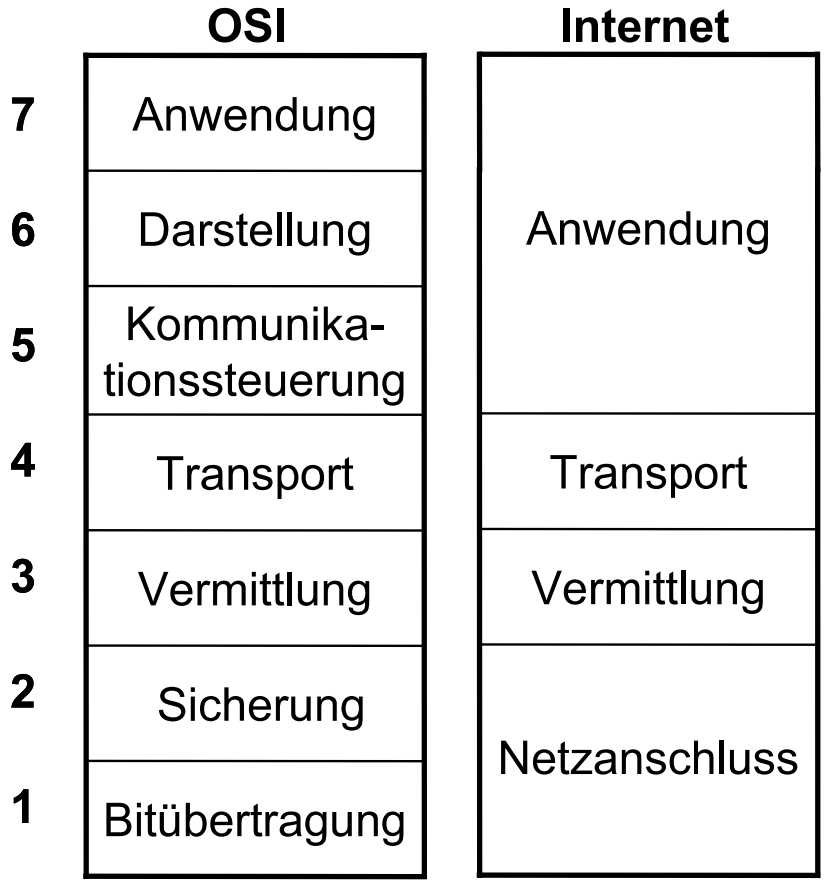
Kapitel 1:Zusammenfassung (WH)

1. Die wichtigsten Definitionen
2. Das ISO/OSI-Referenzmodell
3. Das Internet-Referenzmodell
4. Ein einführendes Beispiel
5. Schnittstellen und Dateneinheiten
6. Protokolle und Standards
7. Netztopologie
8. Fehlertypen

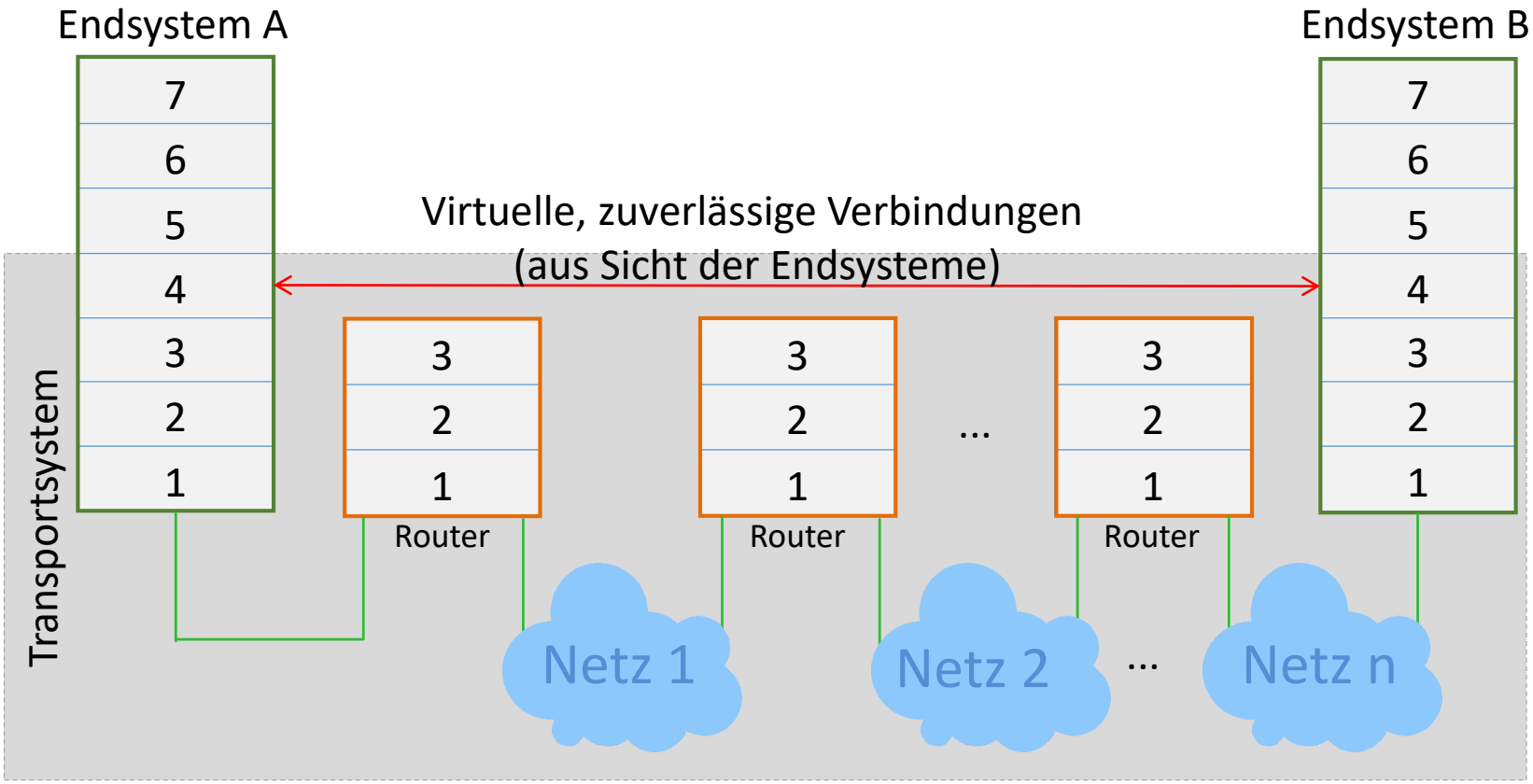
Die Schichtenarchitektur des ISO/OSI-Modells (WH)



ISO/OSI und Internet im Vergleich



Transportsystem (als Grafik)



Fragen zu Kapitel 1 (1/2)

- Welche Probleme treten bei Rechnernetzen im Vergleich zu Einzelsystemen auf?
- Wie hängen die Begriffe Dienst, Protokoll, und Schnittstelle zusammen?
- Was besagt das Prinzip der Schnittbildung?

Fragen zu Kapitel 1 (2/2)

- Wie entsteht ein N-PDU aus einer N-SDU?
- Worin liegt der Unterschied zwischen ISO/OSI- und Internet-Anwendungssystem?
- Schlüsselbegriffe des Kapitels: Referenz Modell, Schichtenarchitektur, Schnittstelle, Protokoll, Internetworking