

Rechnernetze & Verteilte Systeme

Ludwig-Maximilians-Universität München

Sommersemester 2019

Prof. Dr. D. Kranzlmüller

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

Kapitel 1:

Grundlagen und Begriffe

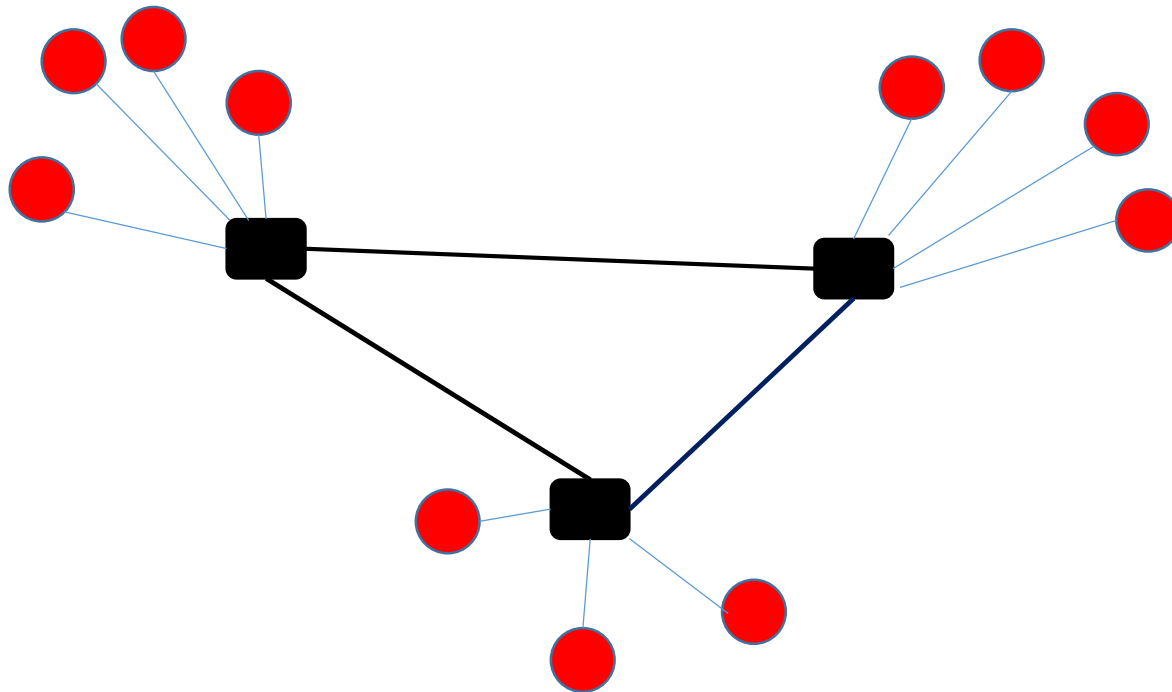
Inhalt von Kapitel 1

1. Was ist ein Rechnernetz
2. Protokolle, Dienste, Schichten
3. Protokolle und Dienste

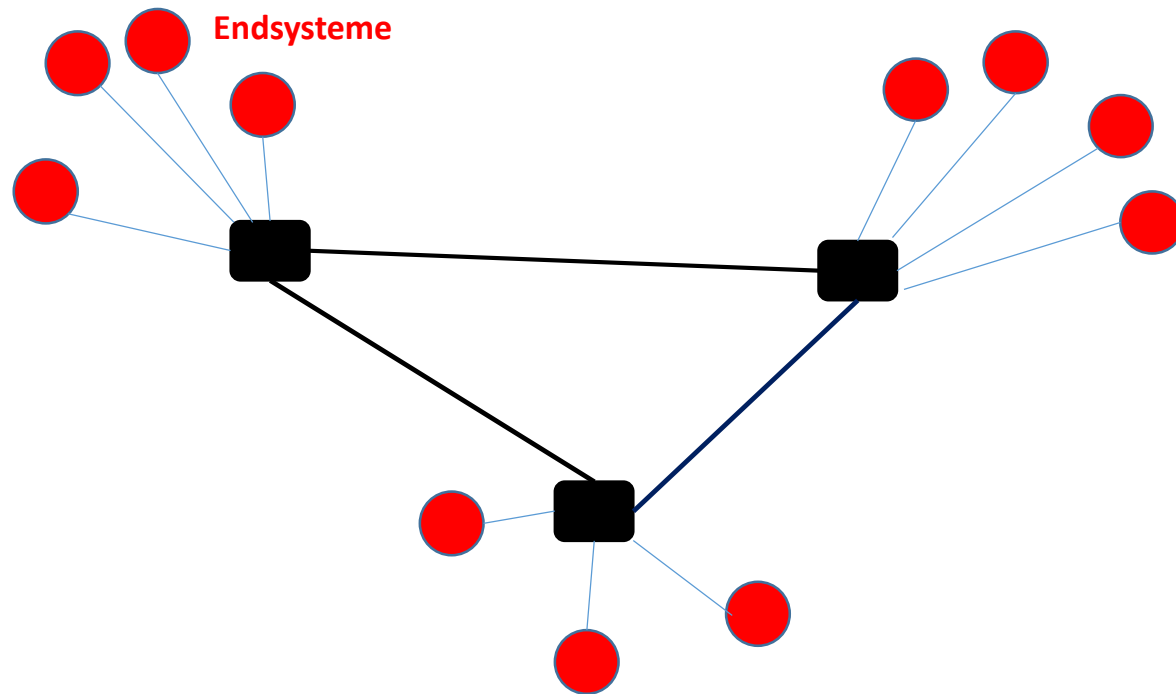
Kapitel 1.1

Was ist ein Rechnernetz

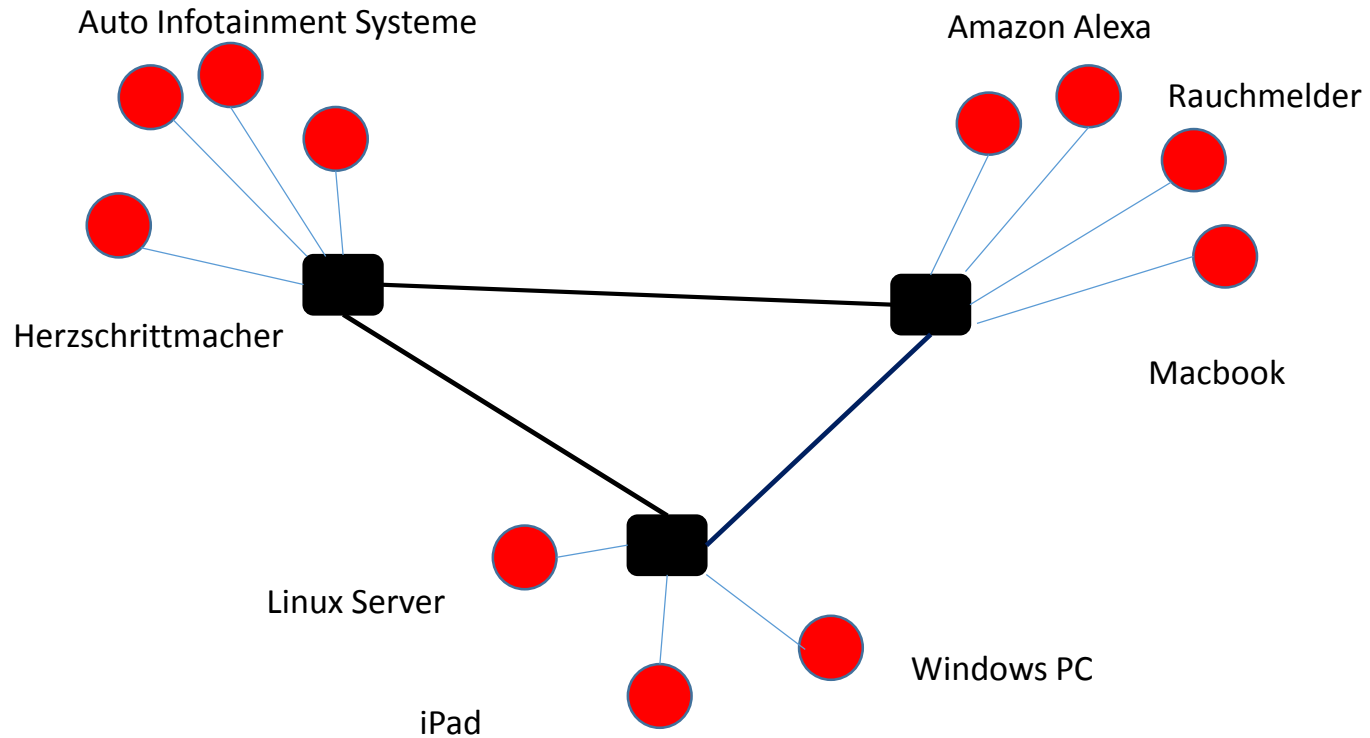
Ein **Rechnernetz** (Computer Network) besteht aus verschiedenen Komponenten.



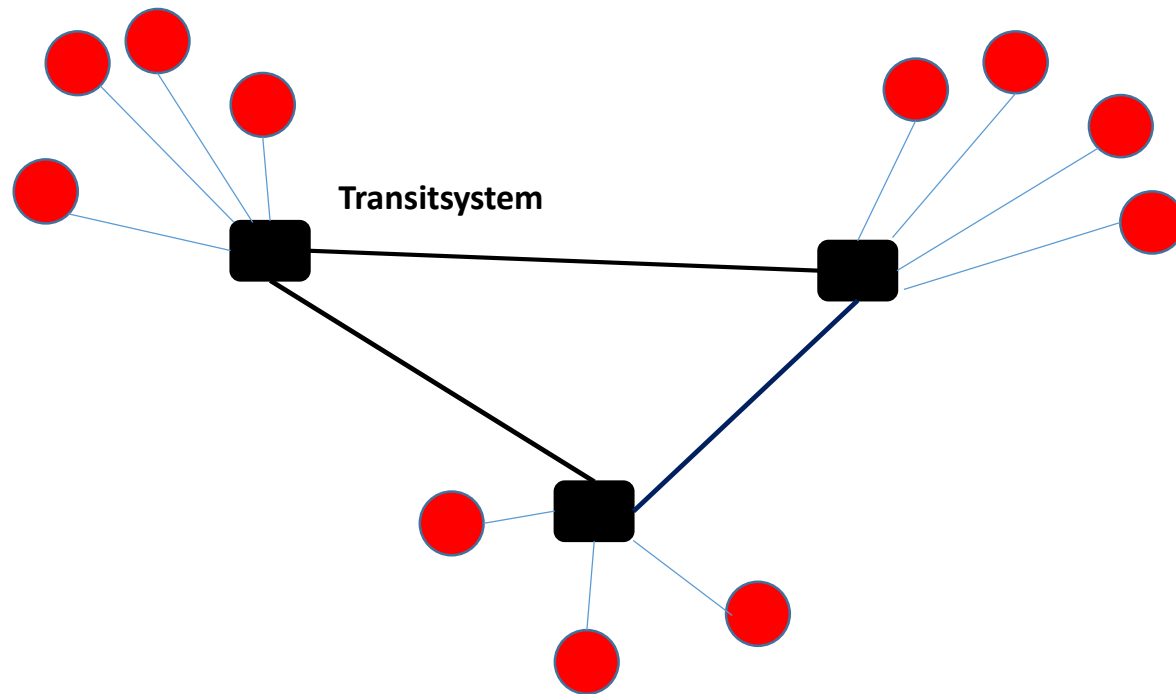
Endsysteme senden und empfangen Daten...



...und kommen in unterschiedlichster Variabilität



Transitsysteme (Switches, Router) vermitteln Daten von der Quelle zum Ziel.



Router mit unterschiedlichen Ausprägungen



Fritz-Box

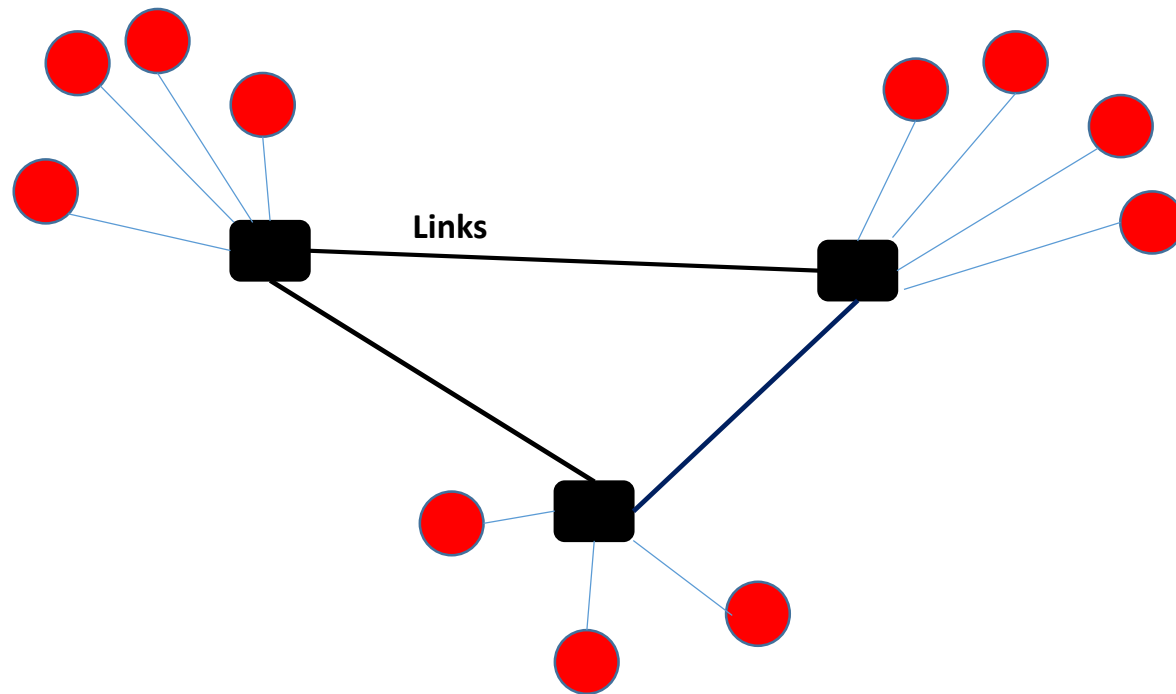
4 LAN Ports, 1Gbit/s
WLAN 300 Mbit/s



Cisco Internet Core Router

16 Ports, 12.8 Tbit/s bandwidth

Links (Kabel) verbinden End- bzw. Transitsysteme.



Beispiel: Gigabit Ethernet

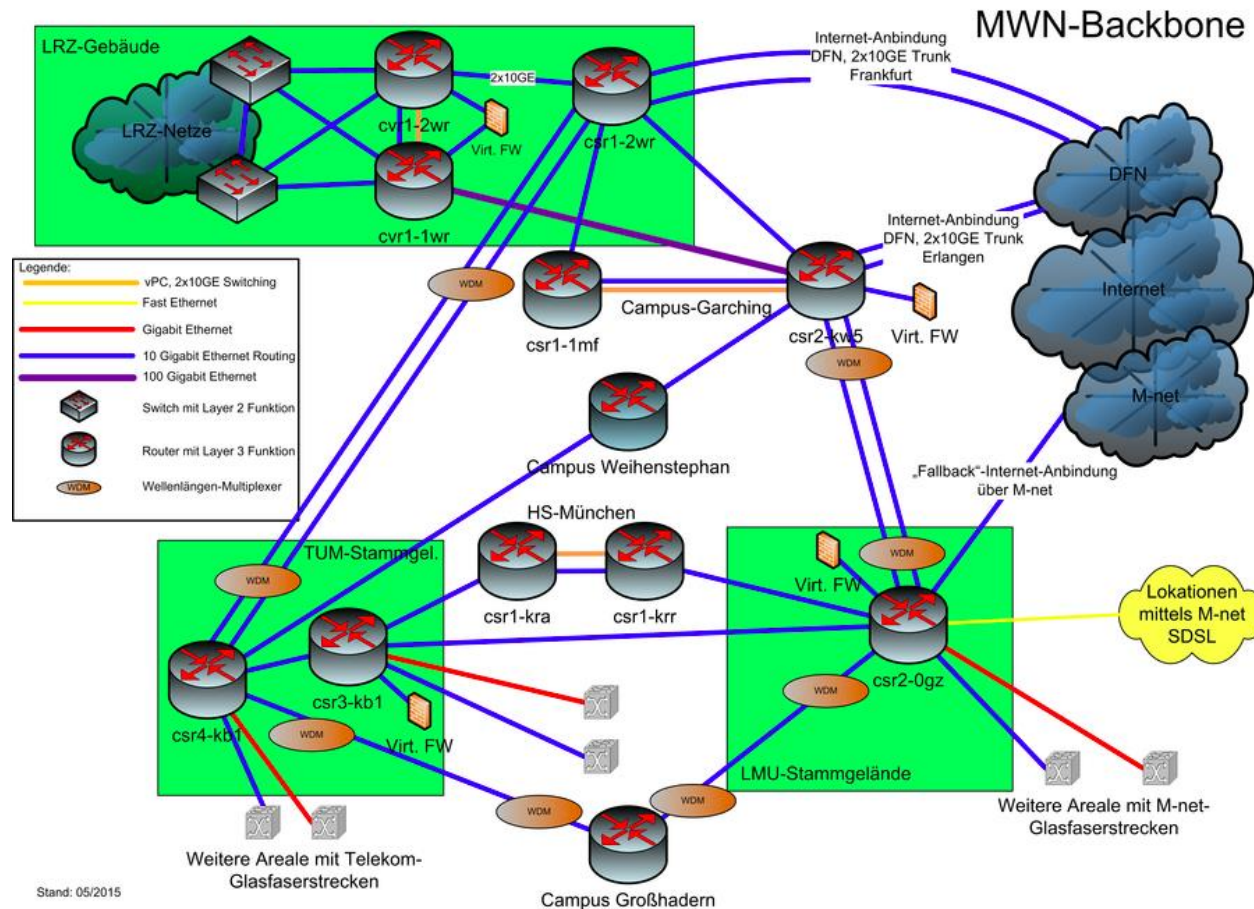
„Twisted Pair“ Kabel

1Gbps, 10 GBps, 100Gbps,...



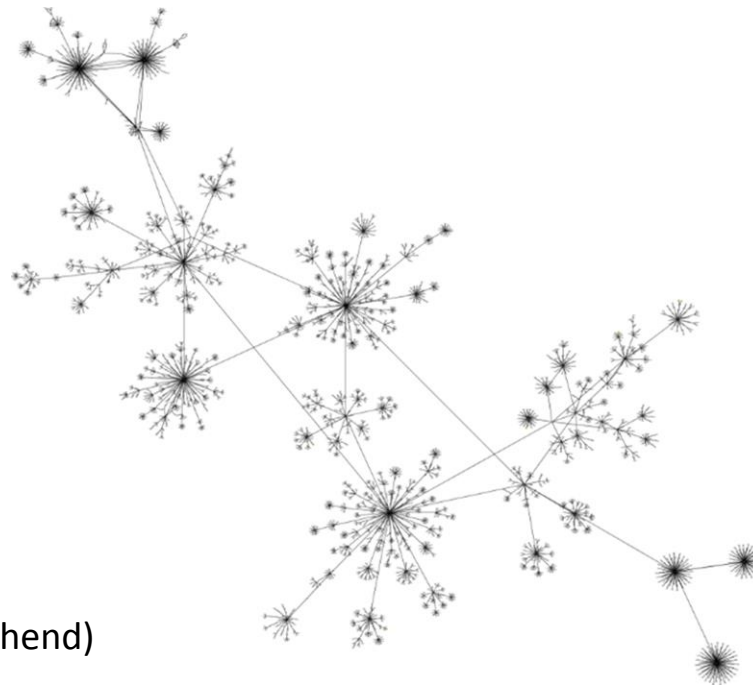
Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)

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

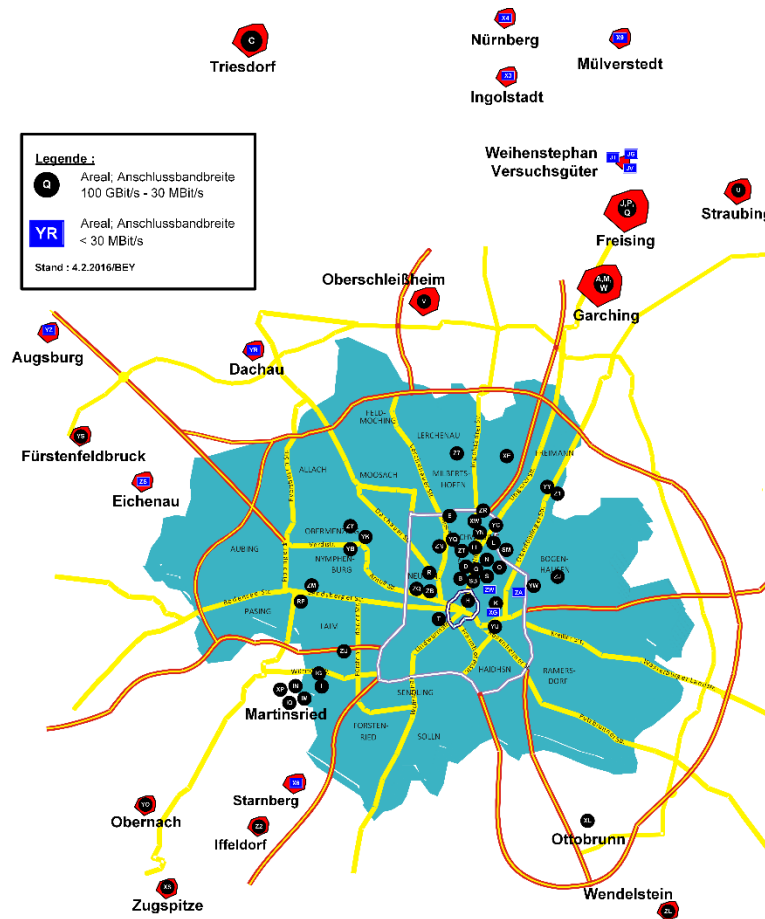


MWN - Überblick

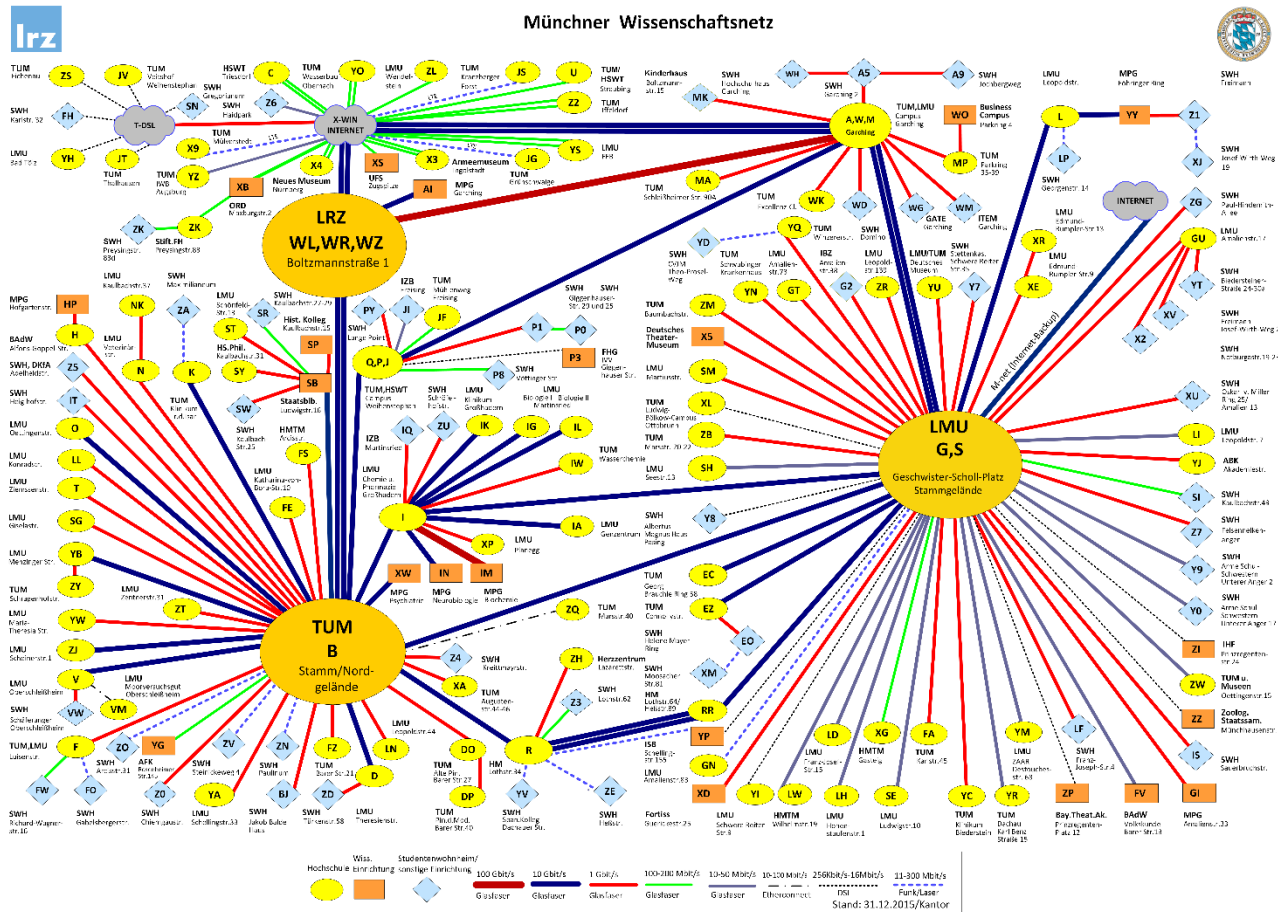
- Kommunikationsnetz für Münchner Hochschulen und
 - wissenschaftliche Einrichtungen
 - 110.000 Studenten
 - 30.000 Mitarbeiter
- Kennzahlen
 - 16 Router
 - 1.500 Switches
 - 3.050 Access points
 - 77 gemietete Dark Fibre Leitungen
 - 40+ private Dark Fibre Leitungen
 - > 100.000 Endgeräte
 - 54 Lokationen mit 560 Gebäuden
- Übertragene Daten (Jan 2016)
 - 1.300 / 800 Tbyte/Monat (ein/ausgehend)
 - 25 PByte/Monat über Backbone



Geografische Verteilung



MWN – Angeschlossene Areale

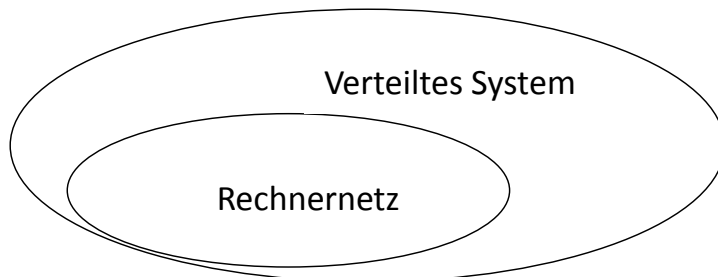


Nutzer des MWN

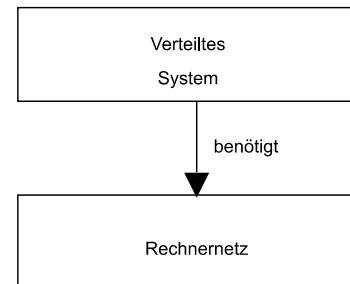


Verteiltes System vs. Rechnernetz

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



Das Rechnernetz ist Teil des verteilten Systems



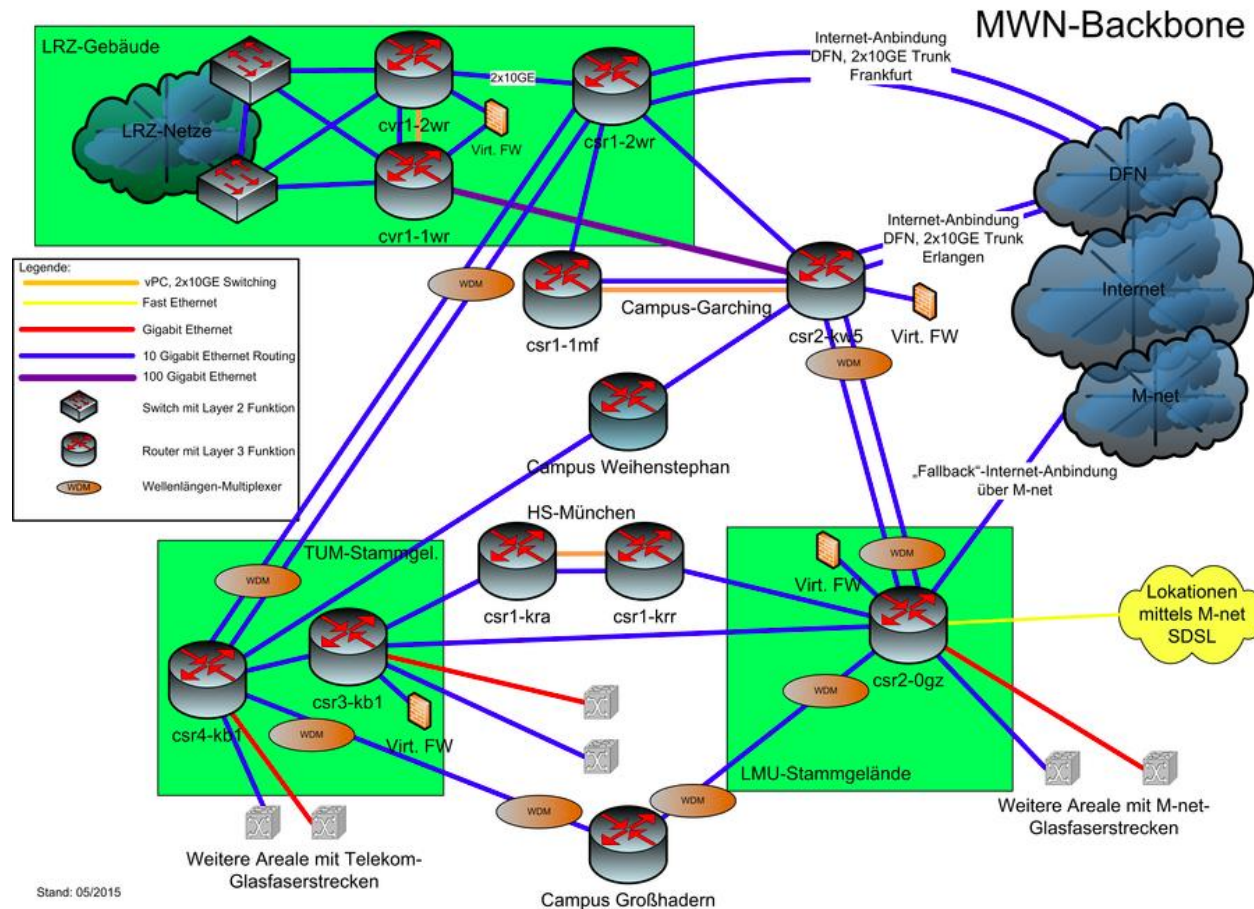
Verteiltes System vs. Rechnernetz

- Ein **verteiltes System** (engl.: Distributed System) ist eine Menge unabhängiger Rechner, die ihren Nutzern als ein einziges, zusammenhängendes (kohärentes) System erscheinen.
- Ein **Rechnernetz** ist ein Zusammenschluss unabhängiger Rechner ohne Kohärenz-Abstraktion. Komplexität aufgrund heterogener Ausstattung (bspw. unterschiedliche Betriebssysteme) ist für den Anwender explizit sichtbar.

Rechnernetz oder Verteiltes System?

- Münchner Wissenschaftsnetz?
- World Wide Web?
- SETI@HOME (<http://setiathome.ssl.berkeley.edu>)?

Herausforderungen in Rechnernetzen (Komplexität)



Herausforderungen in Rechnernetzen (Beispiel MWN)

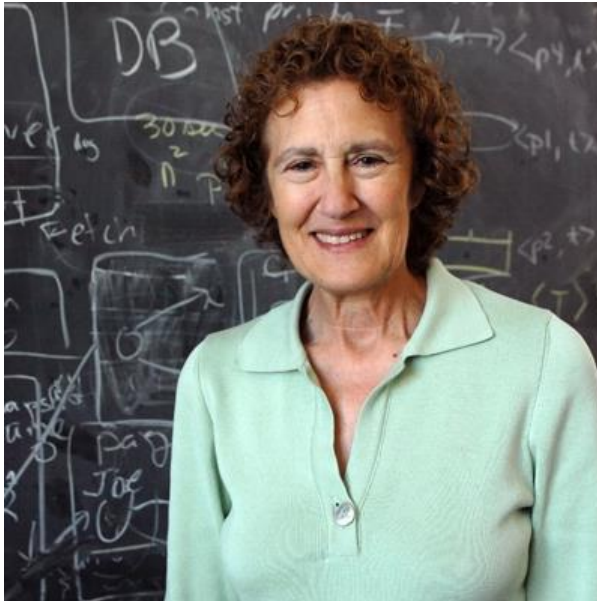
- Viele Benutzer (Studenten, Mitarbeiter, Lehrkräfte...), sowie
- Unterschiedlichste Endsysteme...
 - Betriebssystem
 - Rechenkapazität (Leistung)
- ...**kommunizieren** untereinander über unterschiedliche **Protokolle**
 - HTTP, SMTP, DNS,...
- ...und **teilen** sich **begrenzte** Ressourcen des MWN
 - Verfügbare Übertragungskapazität in Links, Transitsystemen,...

Herausforderungen in Rechnernetzen

Wie wird (eine stetig zunehmende) Komplexität durch unterschiedliche Protokoll-Standards gehandhabt?

Reduzierung der Komplexität

- Problem: Spaghetti-Code
 - schwer (bzw. unmöglich) zu verstehen, debuggen sowie zu erweitern.
- Lösung: **Modularisierung**
 - **Abstrahiert** und **erleichtert** das Verständnis von komplexen Systemabläufen
 - Änderungen am System ohne vollständige Neu-Implementierung möglich



Quelle: MIT

„Modularity, based on abstraction, is *the* way things get done.

-- Barbara Liskov, MIT
(ACM Turing Award 2009)

Kapitel 1.2

Protokolle, Dienste, Schichten

Protokollschichtung

“Wie gehen wir mit der Komplexität um?”

Organisation der Protokolle in **Schichten**, die je einen **Dienst** anbieten.

Jede Schicht bietet ihren Dienst an durch:

1. Ausführung von **Aktionen** innerhalb der Schicht
2. Inanspruchnahme der **Dienste** der **unterliegenden Schicht**

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 Inernetmodells) seinen Nutzern (allgemein die 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.

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

Definitionen Internetmodell

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

Internetmodell nach Kurose/Ross

Aufteilung in **fünf Schichten**,
zusammen ein
Protokollstapel (engl.
protocol stack).

Anwendung
Transport
Vermittlung
Sicherung
Bitübertragung

Anwendungsschicht

- Anwendungen und Anwendungsprotokolle arbeiten auf dieser Schicht
- Protokolle der Anwendungsschicht sind über mehrere Endsysteme verteilt
- Die Endsysteme tauschen **Nachrichten** miteinander aus
- Entwurf und Implementierung von Protokollen ist leicht möglich
- Beispiele: HTTP, SMTP, DNS, FTP

Transportschicht

- Dient dazu Nachrichten der Anwendungsschicht zwischen den Endsystemen auszutauschen
- Zwei Protokolle in Benutzung: **TCP** und **UDP**
 - TCP ist verbindungsorientiert, garantiert die Übertragung von Nachrichten und erlaubt Fluss- und Staukontrolle
 - UDP ist verbindungslos, garantiert nicht die Übertragung und verfügt nicht über Fluss- oder Staukontrolle
- Unterteilung von großen Nachrichten zu kleineren **Segmenten**

Vermittlungsschicht

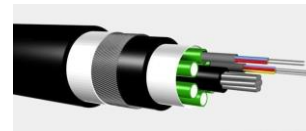
- Die Vermittlungsschicht transportiert die Segmente der Transportschicht als **Datagramme (Pakete)** von Endsystem zu Endsystem
- Internet Protokoll (Version 4 und Version 6)
- Erhält von der Transportschicht als Ziel eine Host-Adresse und das zu übertragende Segment
- Protokolle zur Wegewahl werden ebenfalls auf Vermittlungsschicht implementiert
- Gelegentlich auch Netzwerkschicht, Internetschicht genannt

Sicherungsschicht

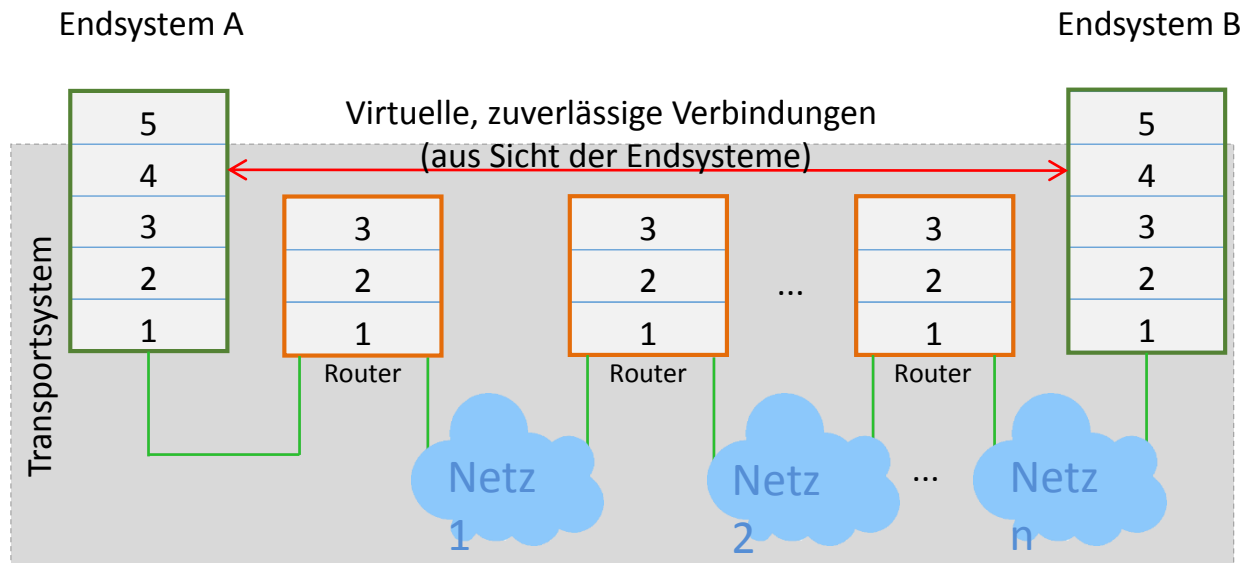
- Die Vermittlungsschicht leitet Datagramme über eine Reihe von Routern vom Ursprung zum Ziel
- Die Sicherungsschicht dient zur Übertragung von **Rahmen** von einem Knoten (End- oder Transitsystem) zum nächsten
- Beispiele: Ethernet, WiFi, PPP
- Ein Datagramm (Vermittlungsschicht) kann auf seinem Weg von Ursprung zum Ziel über verschiedene Protokolle der Sicherungsschicht verschickt werden

Bitübertragungsschicht

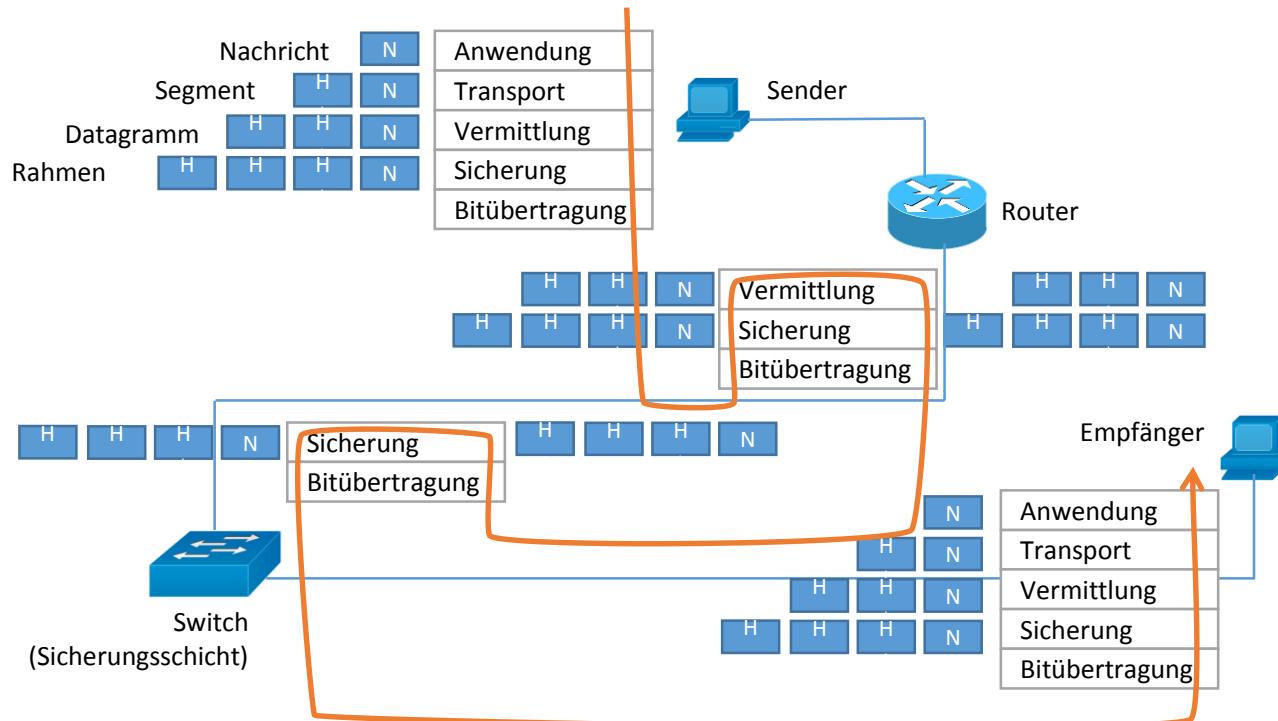
- Überträgt einzelne Bits eines Frames von einem Knoten zum nächsten
- Die Protokolle der Bitübertragungsschicht hängen vom Medium ab, über das die Übertragung stattfindet
- Ethernet hat z.B. mehrere Protokolle für die Bitübertragungsschicht („twisted pair“ Kupferkabel, Monomoden Lichtwellenleiter)



Transportsystem



Protokollschichtung



Kapitel 1.2

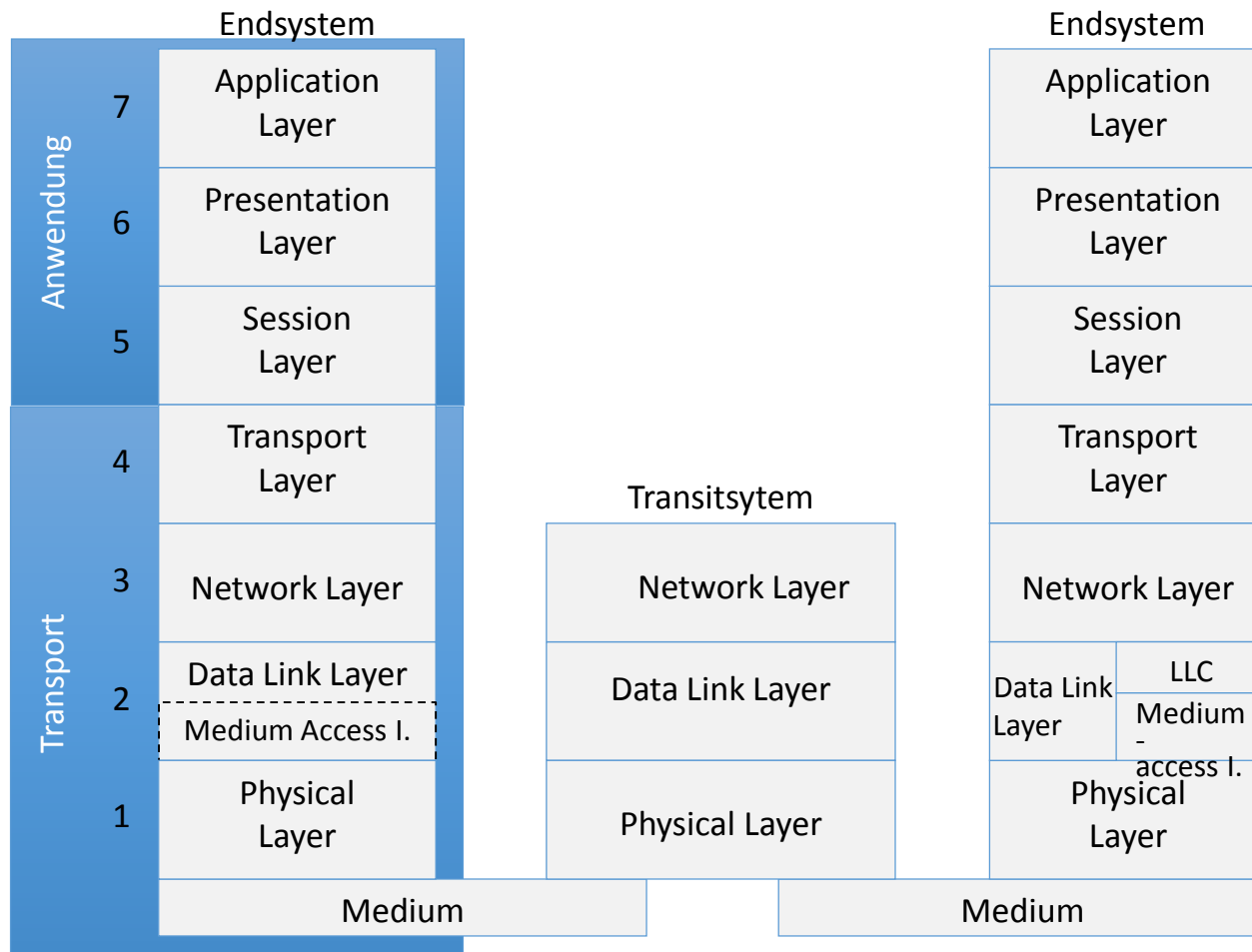
Das ISO/OSI- Referenzmodell

(Engl. Open Systems Interconnection Model)

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

Definition: ISO/OSI-Modell

- Standardisiertes *Referenzmodell* zum Nachrichtenaustausch in einem Telekommunikationsnetz
- Basiert auf einer abstrakten *Schichtenarchitektur* mit insgesamt 7 Schichten (vgl. Internet-Modell mit 5 Schichten)



Unterschiede ISO/OSI zum Internet-Modell

- ISO/OSI ist ein allgemeines *Referenzmodell* für Telekommunikationsnetze.
- Das Internet-Modell orientiert sich stark an seinen Kernprotokollen (TCP und IP) → Nicht universell anwendbar auf Protokolle außerhalb des Internet-Kontexts
- ISO/OSI ist ein akademisch sauber erarbeiteter Standard. Nennenswerte praxisrelevante Implementierungen sind allerdings nicht bekannt.

Unterschiede Internet-Modell zu ISO/OSI

- Das gesamte Anwendungssystem ist eine einzige Schicht.
- Bietet aus Implementierungssicht mehr Flexibilität.
- Nachteile
 - ISO/OSI-Schichten 5 und 6 sind eng an Anwendungen gekoppelt.
 - Es besteht kein allgemeines Sitzungskonzept.
 - Es besteht keine transparente Anpassung der Darstellung.