



Rechnernetze I

SoSe 2025

Roland Wismüller
Universität Siegen
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 17. April 2025



Rechnernetze I

SoSe 2025

2 Protokolle und Protokollhierarchie



Inhalt

- ➔ Einführung
- ➔ Protokolle und Dienste
- ➔ Die OSI-Architektur
- ➔ Die Internet-Architektur

- ➔ Peterson, Kap. 1.3
- ➔ CCNA, Kap. 3

2.1 Einführung



Teilaufgaben bei der Kommunikation in Rechnernetzen

- ➔ Bestimmung eines Weges vom Sender zum Empfänger (**Routing**)
- ➔ Aufteilen der Daten in Pakete (wegen Multiplexing und Zwischenspeicherung), Zusammenbau beim Empfänger (in der richtigen Reihenfolge)
- ➔ Fehlerbehandlung: was, wenn ein Paket verlorenght?
 - ➔ Quittierung der Pakete
 - ➔ nach Ablauf bestimmter Zeit: Sendung wiederholen
 - ➔ jetzt aber Behandlung von Kopien des Pakets nötig!
- ➔ **Flußkontrolle**
 - ➔ Empfänger an Sender: „nicht so schnell!“

2.1 Einführung ...



Teilaufgaben bei der Kommunikation in Rechnernetzen ...

- ➔ Behandlung verschiedener Datendarstellungen bei Sender und Empfänger (Formate, Byte-Reihenfolge...)
- ➔ Verschlüsselung der Daten?
- ➔ Bei Mehrfachzugriffs-Verbindungen: Regelung des Zugriffs auf das Übertragungsmedium
- ➔ Festlegung des Übertragungsmediums: Kabel / Funk, Stecker, Frequenzen, ...
- ➔ Kodierung und Format der Daten bei der Übertragung über dieses Medium (z.B. wie wird eine 1 bzw. 0 dargestellt?)
- ➔ ...

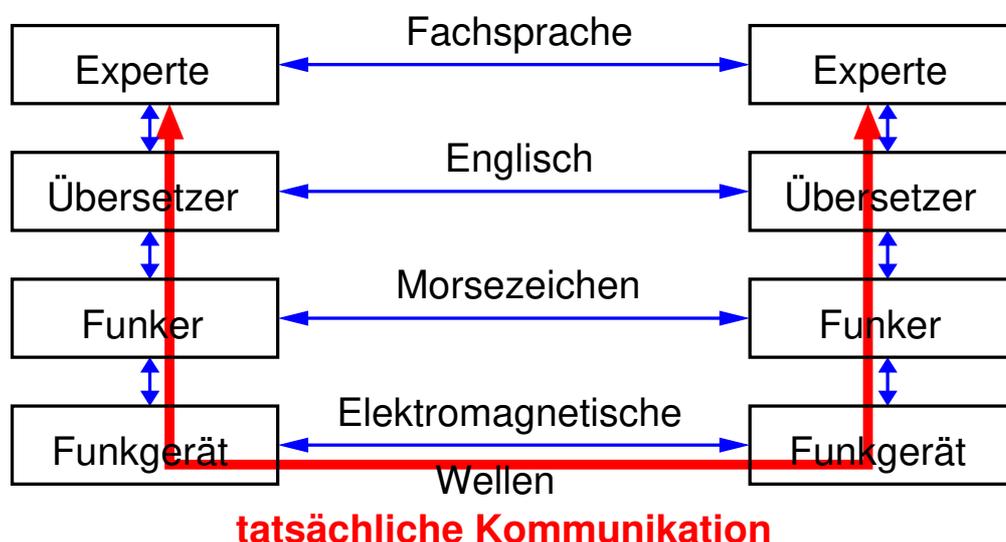
2.1 Einführung ...



(Animierte Folie)

Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

- ➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



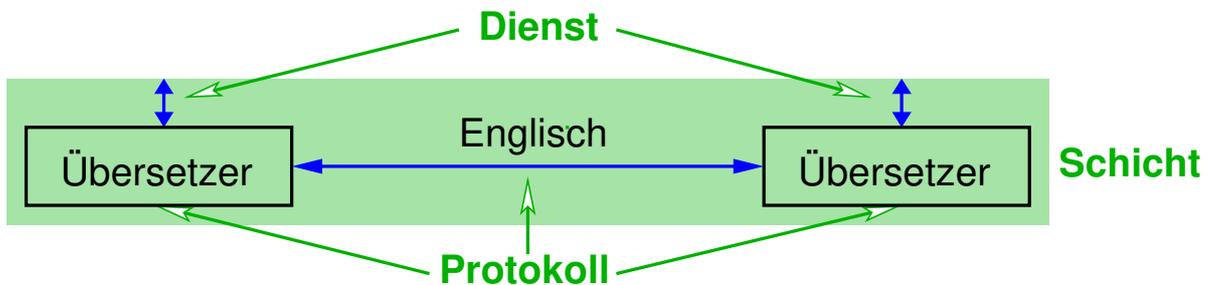
2.1 Einführung ...



(Animierte Folie)

Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

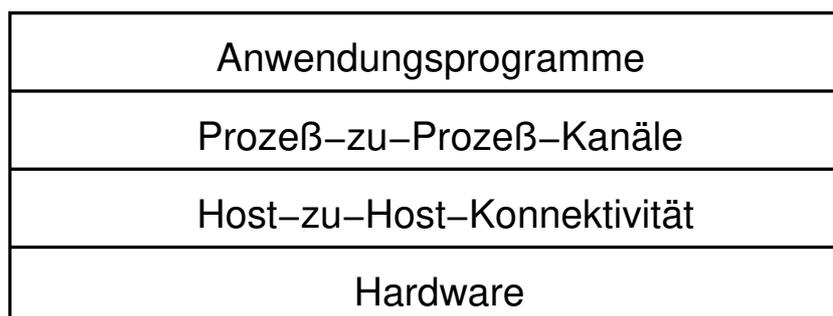
➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



2.2 Protokolle und Dienste



➔ Netzwerksysteme werden in Schichten organisiert



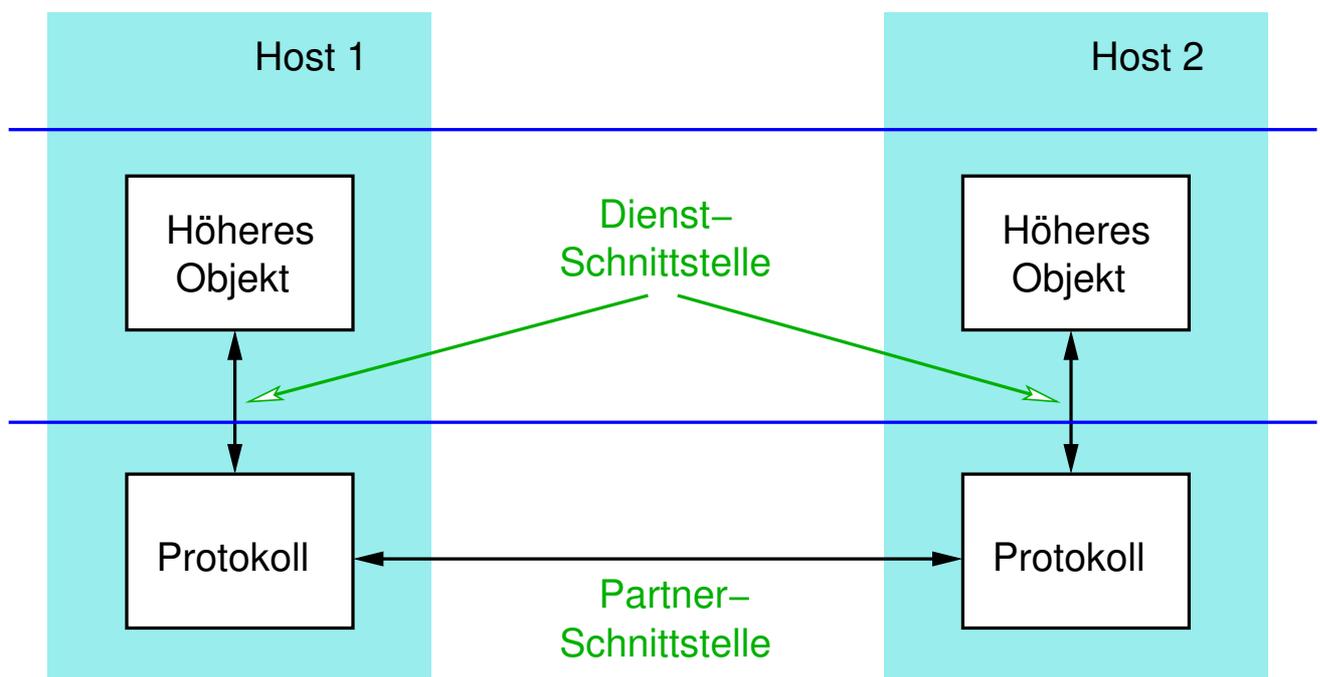
➔ Ziel der Schichtung:

- ➔ jede Schicht definiert eine Abstraktionsebene
- ➔ jede Schicht bietet eine definierte Schnittstelle
- ➔ Implementierung der Schicht ist austauschbar

Protokolle

- ➔ Objekte, aus denen sich die Schichten zusammensetzen
- ➔ Bieten Objekten der höheren Ebene Kommunikationsdienste an
- ➔ Ein Protokoll bietet zwei Schnittstellen:
 - ➔ **Dienst-Schnittstelle (*Service interface*)**
 - ➔ für Nutzer der Dienste auf demselben Rechner
 - ➔ **Partner-Schnittstelle (*Peer-to-Peer Interface*)**
 - ➔ zu seinem Gegenstück auf dem anderen Rechner
- ➔ **Achtung:** Der Begriff Protokoll ist überladen:
 - ➔ Partner-Schnittstelle
 - ➔ Implementierung dieser Schnittstelle

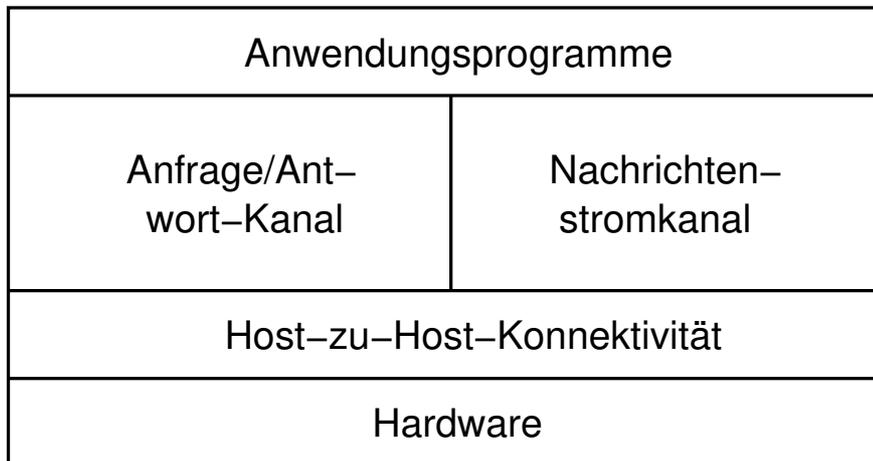
Dienst- und Partnerschnittstellen





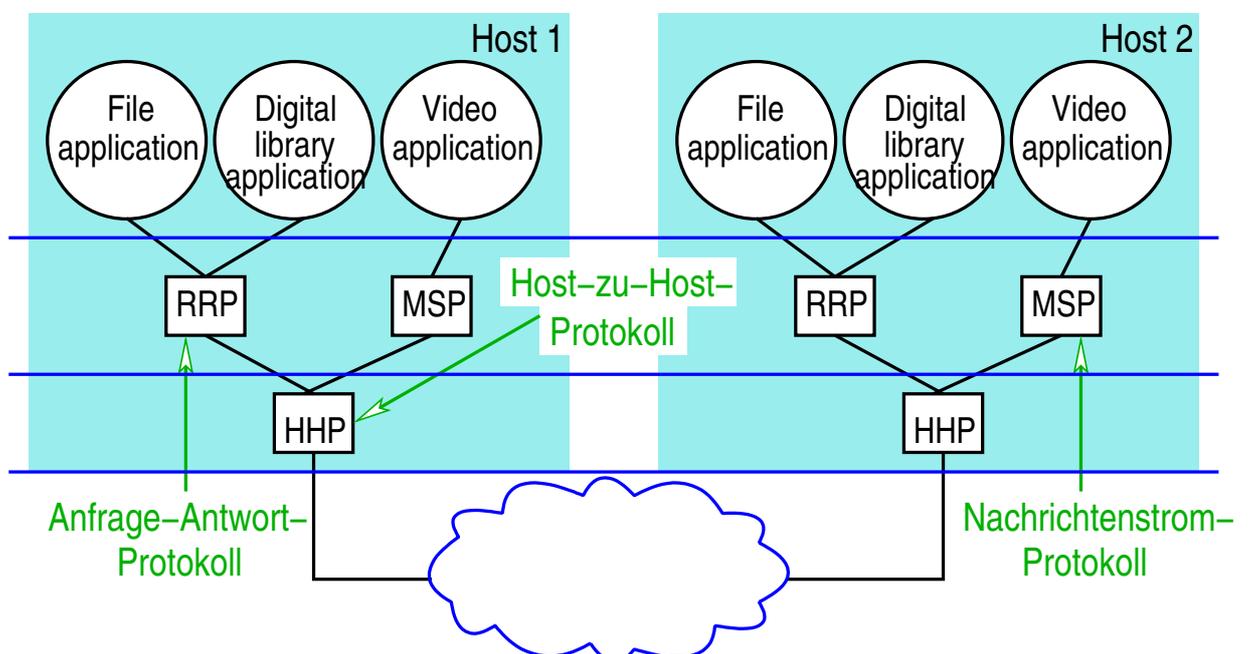
Protokollgraphen

- ➔ Häufig unterschiedliche Abstraktionen / Dienste in einer Schicht
- ➔ Realisiert durch unterschiedliche Protokolle

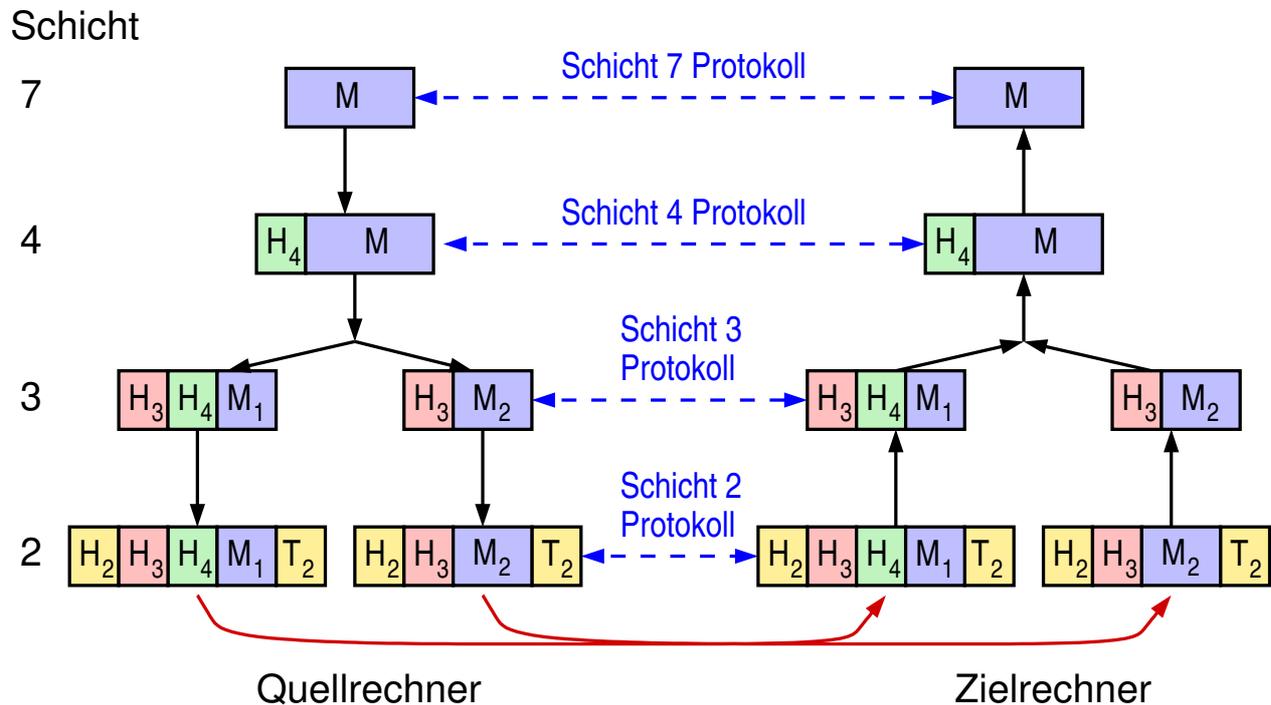


Protokollgraphen ...

- ➔ **Protokollgraph** stellt Abhängigkeiten zwischen Protokollen dar:



Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten



Anmerkungen zu Folie 51:

Falls Sie sich am Ende der Vorlesung die Folie nochmals ansehen, ist im folgenden eine konkrete Situation beschrieben, die in der Internet-Architektur zu dem dargestellten Informationsfluss führen könnte:

- ➔ Eine Anwendung (Schicht 7) will eine 2 KByte große Nachricht per UDP an einen Zielprozess senden.
- ➔ UDP (Schicht 4) stellt den Daten einen UDP Header voran und übergibt sie zur Übertragung an IP.
- ➔ IP (Schicht 3) stellt fest, daß das UDP-Paket größer ist als die MTU des verwendeten Netzwerkes (1500 Bytes) und damit fragmentiert werden muß (☞ 5.4). Es teilt die Daten daher in zwei IP-Pakete auf.
- ➔ Die IP-Pakete (Fragmente) werden anschließend über Ethernet (Schicht 2) übertragen und beim Empfänger wieder zusammengebaut.

Die Schichten-Nummern entsprechen dabei denen des OSI-Schichtenmodells.



Rechnernetze I

SoSe 2025

17.04.2025

Roland Wismüller
Universität Siegen
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 17. April 2025

Lecture Linker



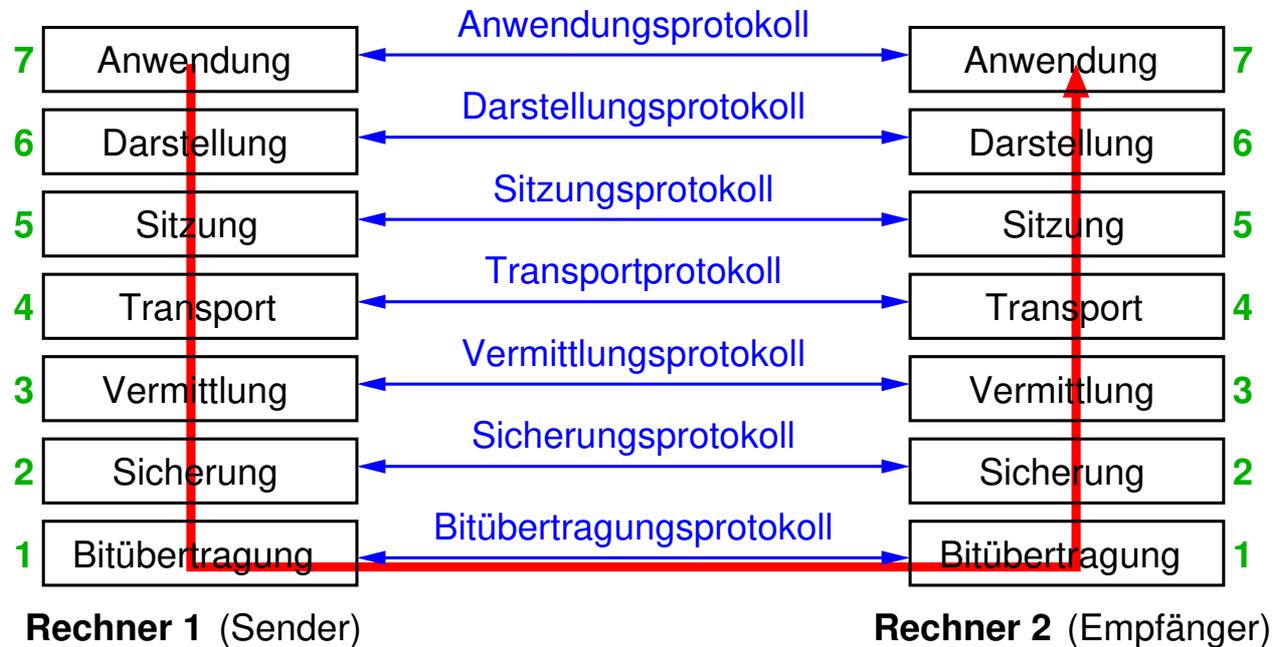
- ➔ KI Chat-Bot zur Vorlesung, mit Verlinkung auf Vorlesungsvideos
- ➔ Erreichbar unter <https://lecturelinker.bshef12.bs.informatik.uni-siegen.de>
 - ➔ nur aus dem Uni-Netz
 - ➔ Anmeldung mit ZIMT-Zugangsdaten über CAS erforderlich
- ➔ Einschreibelink für RN-2: <https://lecturelinker.bshef12.bs.informatik.uni-siegen.de/dashboard?passphrase=petite-colossal-dog>
- ➔ Link auch im Moodle-Kurs

2.3 Die OSI-Architektur



Das ISO/OSI Referenzmodell

➔ OSI: *Open Systems Interconnection*



2.3 Die OSI-Architektur ...



*

Vorbemerkung: Begriffe

- ➔ **PDU** (*Protocol Data Unit*)
 - ➔ Dateneinheit, die ein Protokoll überträgt

- ➔ **Segment**: PDU der Transportschicht
- ➔ **Paket**: PDU der Vermittlungsschicht
- ➔ **Frame**: PDU der Sicherungsschicht



Schicht 1: Bitübertragungsschicht (*Physical Layer*)

- ➔ Übertragung einzelner „roher“ Bits
- ➔ Elektrische Spezifikation
 - Medium: Kabel, Glasfaser, Funk, Infrarot, ...
 - Spannungspegel, Frequenzen, Lichtwellenlänge, ...
 - Zeitverhalten
 - Codierung und Modulationsverfahren
 - Übertragung in nur eine oder beide Richtungen?
- ➔ Mechanische Spezifikation
 - Form / Art der Stecker und Kabel
 - Anzahl der Pins, ...



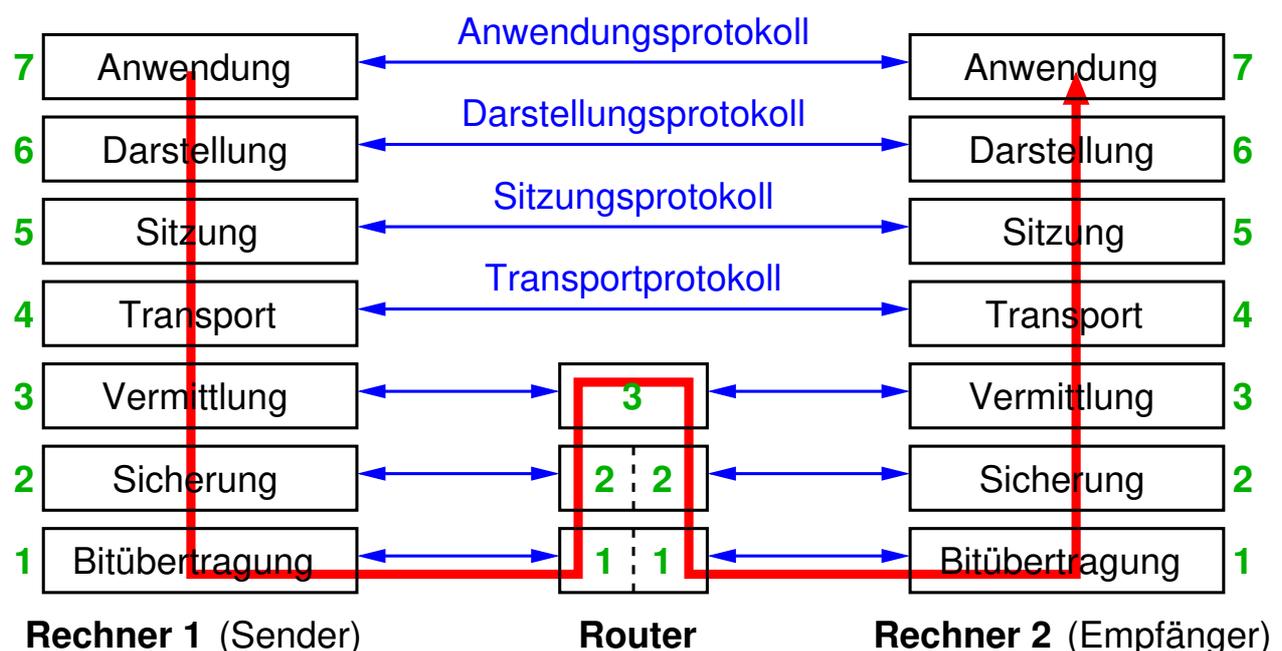
Schicht 2: Sicherungsschicht (*Data Link Layer*)

- ➔ **Zugriffskontrolle (MAC, *Media Access Control*)**
 - physische Adressierung der Kommunikationspartner
 - regelt Zugriff auf das gemeinsam genutzte Medium
 - nur bei Mehrfachzugriffs-Verbindungen
- ➔ **LLC (*Logical Link Control*)**
 - sichert Datenübertragung auf einer Verbindung
 - Fehlerbehandlung, Flußkontrolle
 - Daten sind in Frames aufgeteilt (typ. ~ 100-1000 Byte)
 - Frame durch Header und Trailer begrenzt
 - Trailer enthält Redundanzbits (z.B. Prüfsumme) zur Fehlererkennung bzw. -korrektur

Schicht 3: Vermittlungsschicht (*Network Layer*)

- ➔ Unterste Schicht, die Kommunikation zwischen Knoten in verschiedenen (Sub-)Netzen ermöglicht
 - Host-zu-Host-Kommunikation
- ➔ Oberste Schicht der Netzwerk-Zwischenknoten
 - definiert Schnittstelle der Subnetze
- ➔ Definiert einheitliches Adressierungsschema (logische Adressen)
- ➔ Hauptaufgabe: **Routing** = Bestimmung eines Weges zwischen Sender und Empfänger
 - statisch, nur aufgrund der Verbindungstopologie
 - dynamisch, z.B. lastabhängig
- ➔ Beispiel: IP-Protokoll im Internet

Netzwerk-Zwischenknoten (Router) im OSI-Modell



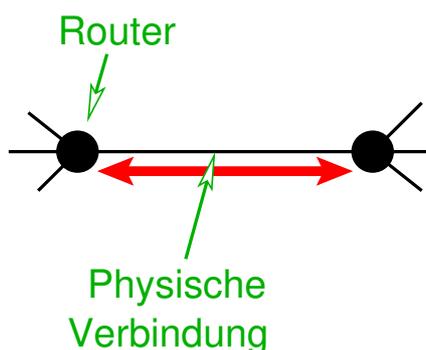
Schicht 4: Transportschicht (*Transport Layer*)

- ➔ Ermöglicht Kommunikation zwischen Endpunkten (Prozessen) auf verschiedenen Rechnern
 - Ende-zu-Ende-Kommunikation
- ➔ Stellt i.a. auch verbindungsorientierte Dienste bereit
 - Kommunikationspartner erhalten den Eindruck einer Leitungsvermittlung
 - selbst wenn untere Schichten paketorientiert arbeiten
- ➔ Aufgaben:
 - Adressierung der zu kontaktierenden Prozesse
 - Multiplexing von Kommunikationen
 - ggf. Auf- und Abbau von Verbindungen
- ➔ Beispiel: TCP-Protokoll im Internet

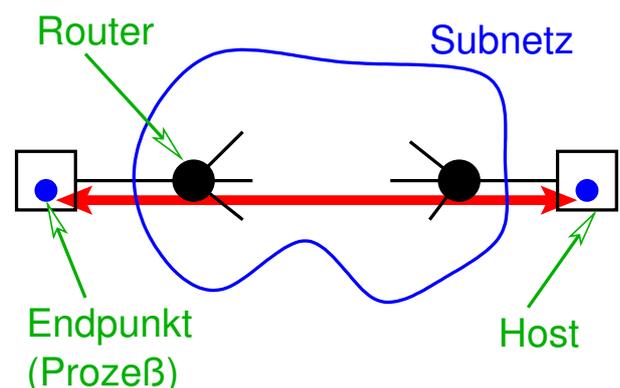
Schicht 4: Transportschicht (*Transport Layer*) ...

- ➔ Sichert ggf. auch Datentransport zwischen Endpunkten
 - u.a. Fehlerbehandlung, Flußkontrolle
 - Abgrenzung der Schichten:

Sicherungsschicht



Transportschicht



2.3 Die OSI-Architektur ...



★★

Schicht 5: Sitzungsschicht (*Session Layer*)

- ➔ Dienste zur Verwaltung von Sitzungen, z.B.
 - ➔ Dialogsteuerung („wer darf wann senden?“)
 - ➔ atomare Aktionen („alles oder gar nichts“)
 - ➔ Synchronisierung (z.B. Weiterführung eines unterbrochenen Transfers)

Schicht 6: Darstellungsschicht (*Presentation Layer*)

- ➔ Unterste Schicht, die die Semantik der Daten kennt
- ➔ Konvertiert Datenformate und –darstellung
- ➔ Auch: Kompression, Verschlüsselung
- ➔ Schicht 5 und 6 heute i.a. in Anwendungsschicht integriert!

2.3 Die OSI-Architektur ...



★★

Schicht 7: Anwendungsschicht (*Application Layer*)

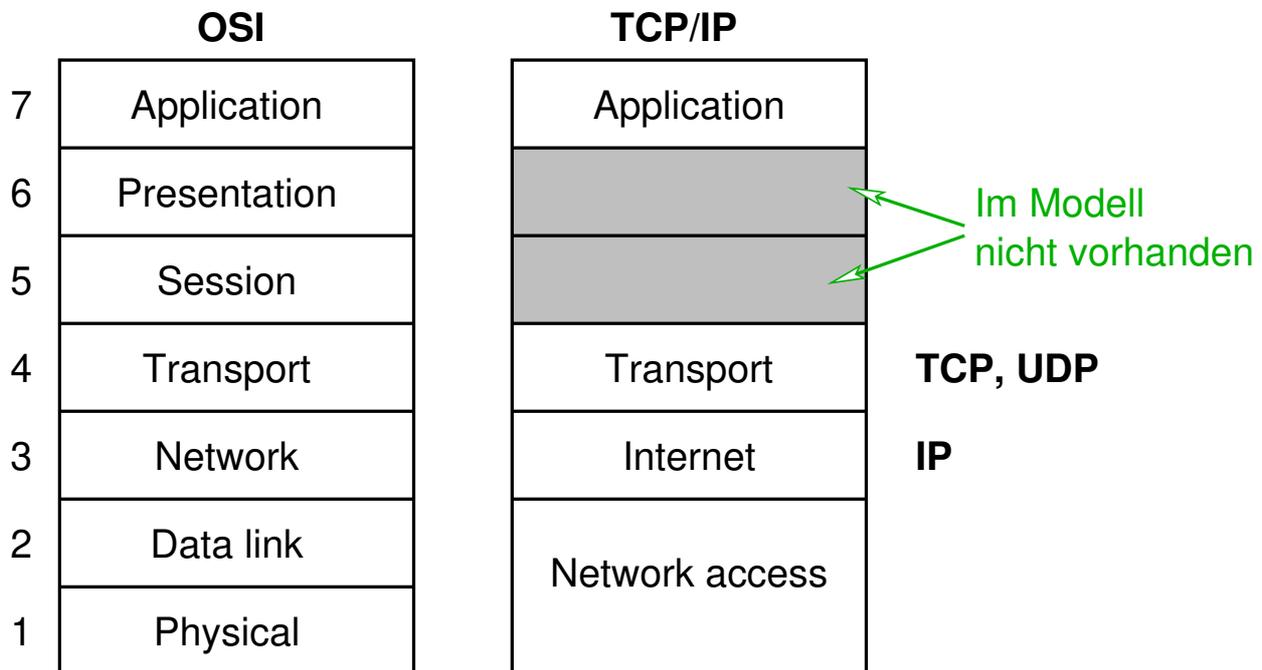
- ➔ Spezialisierte Dienste und Protokolle für verschiedene Anwendungsbereiche
- ➔ Beispiele:
 - ➔ HTTP (*Hypertext Transport Protocol*)
 - ➔ zur Übertragung von Web-Seiten
 - ➔ SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*)
 - ➔ zum Austausch von Email
 - ➔ SMB (*Server Message Block*) / NFS (*Network File System*)
 - ➔ Protokolle für Netzwerk-Dateisysteme
 - ➔ SSH (*Secure Shell*)
 - ➔ sicheres Protokoll zur Nutzung entfernter Rechner

2.4 Die Internet-Architektur



★★

Die Internet-Architektur im Vergleich mit OSI



2.4 Die Internet-Architektur ...



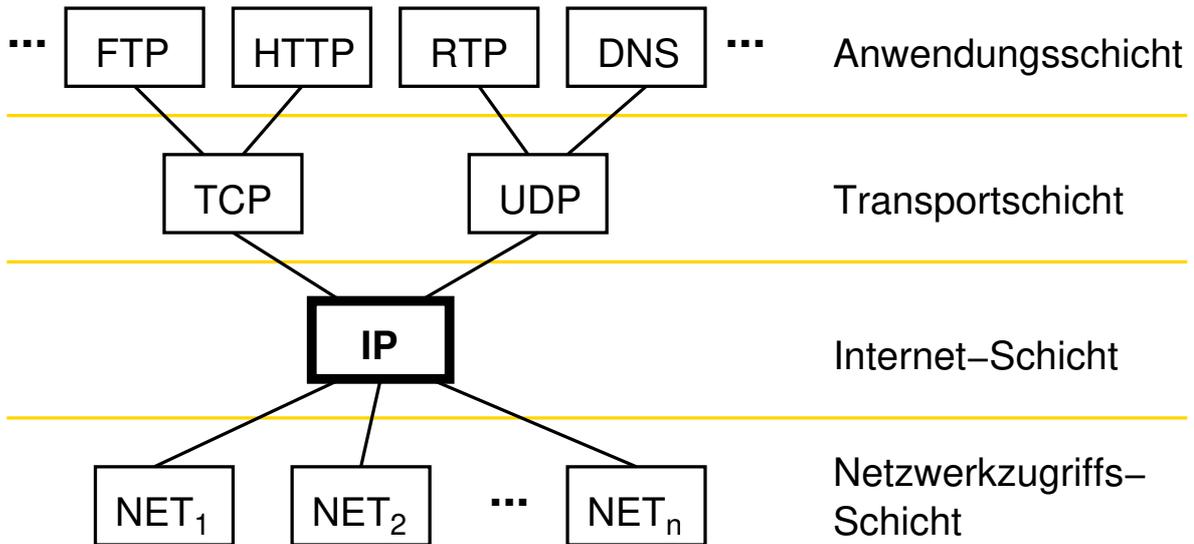
★★

Schichten der Internet-Architektur

- ➔ Netzwerk-Zugriffsschicht (*Network access*)
 - ➔ wird nicht von der Internet-Architektur spezifiziert
 - ➔ d.h. das IP-Protokoll kann auf beliebige Netzwerke aufgesetzt werden
- ➔ Internet-Schicht
 - ➔ ein zentrales Protokoll: **IP (*Internet Protocol*)**
 - ➔ verbindungslos, paketvermittelt, unzuverlässig
- ➔ Transportschicht
 - ➔ **TCP (*Transmission Control Protocol*)**
 - ➔ verbindungsorientiert, zuverlässig
 - ➔ **UDP (*User Datagram Protocol*)**
 - ➔ verbindungslos, unzuverlässig



Protokollgraph der Internet-Architektur



- ➔ Sanduhr-Modell: IP als zentrale Verbindung der höheren Protokolle und der Netzwerk-Zugriffsschicht



Adressierung von Hosts im Internet

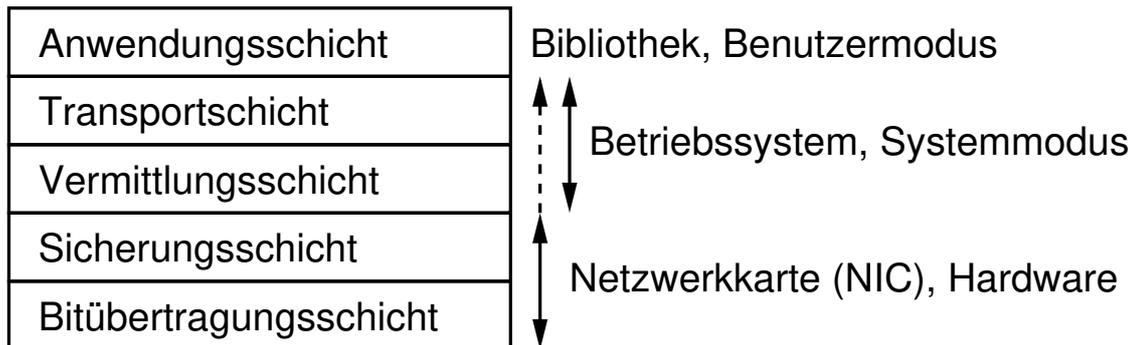
★★

- ➔ Anwendungsschicht: **Hostname**
 - ➔ z.B. www.bs.informatik.uni-siegen.de
- ➔ Vermittlungsschicht: **IP-Adresse** (logische Adresse)
 - ➔ z.B. 141.99.179.6
- ➔ Sicherungsschicht: **MAC-Adresse** (physische Adresse)
 - ➔ z.B. 1a:68:25:f0:a3:d9

2.5 Implementierung von Protokollen



➔ Typische Implementierung der OSI-Schichten:



➔ Zur Vermeidung von Kopieroperationen: Nachrichten oft als Liste von Blöcken realisiert

- ➔ erlaubt Hinzufügen / Entfernen von Headern ohne Kopie
- ➔ Netzwerkkarten realisieren heute typisch direkten Speicherzugriff mit Scatter/Gather

➔ Z.T. auch Funktionen der Schicht 3/4 durch NIC realisiert

2.6 Zusammenfassung



➔ Schichten, Protokolle und Dienste

➔ ISO-OSI Referenzmodell

- ➔ 7 Schichten: Bitübertragung, Sicherung, Vermittlung, Transport, Sitzung, Darstellung, Anwendung

➔ Internet Protokollarchitektur

- ➔ Netzwerk-Zugriff, IP, TCP/UDP, Anwendung

Nächste Lektion:

➔ Direktverbindungsnetze

- ➔ Codierung, Framing, Fehlererkennung und -korrektur
- ➔ Medienzugriffssteuerung (MAC), Ethernet