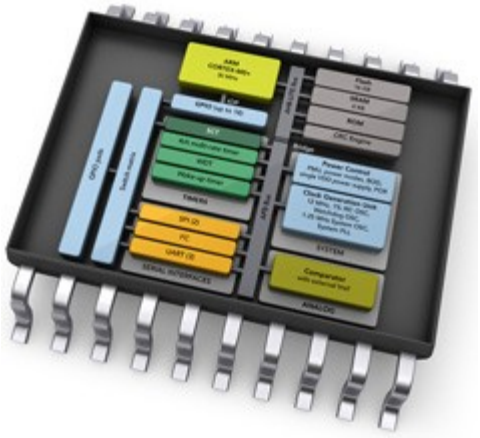
FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kommunikationssysteme

(Modulcode 941306)

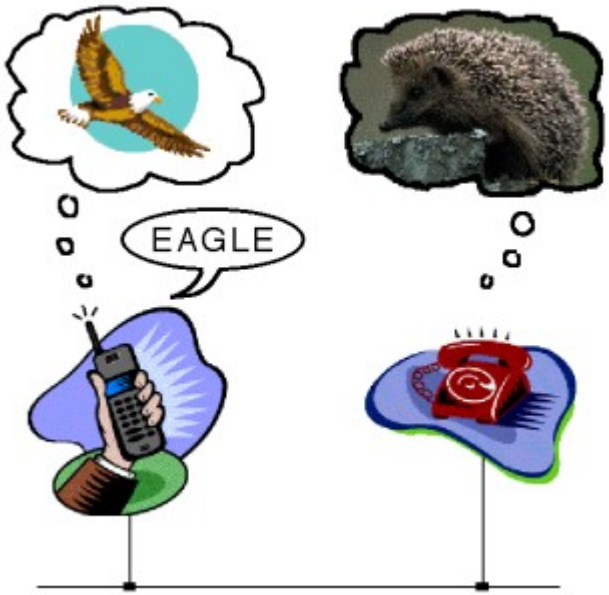
Prof. Dr. Andreas Terstegge



Nun wissen wir, wie die Verbindungsstruktur aussehen kann, aber **wie** kommunizieren Rechner und wie Anwendungen miteinander?

Hierzu müssen die Anwendungen

- sich finden
- sich verstehen
- wissen wann man dran ist zu „sprechen“



Netzwerkprotokolle

Um eine Kommunikation durchzuführen, müssen sich die Kommunikationspartner an bestimmte Regeln halten und die gleiche „Sprache“ sprechen

Auch bei Datennetzen ist eine Vereinbarung über den Austausch von Daten zwingend erforderlich:

- Übertragungsrichtung (wer redet, wer hört zu?)
- Datenformat und –kodierung (Sprache)
- Wege-Ermittlung (wie kommen die Daten zum Empfänger?)
- Fehlerbehandlung (was macht man bei Kommunikationsfehlern)?
- …

Ein Protokoll ist die Gesamtheit aller Vereinbarungen zwischen Computeranwendungen zum Zweck einer gemeinsamen Kommunikation

Der Begriff ‚Netzwerk‘

Unter **Netzwerk** versteht man mehr als nur das verbindende „Kabel“

- Wie sind die physikalischen Eigenschaften des Übertragungsmediums?
- Wie werden die Daten als Signal dargestellt?
- Wie sind die Zugriffsregeln der angeschlossenen Systeme?
- Welchen Aufbau (Topologie) unterstützt das System?
- Wie können Übertragungsfehler erkannt werden?
- Wie werden Endpunkte gefunden (adressiert)?
- Wie können entfernte Systeme in anderen Netzen erreicht werden?
- Wie werden die Daten bei den End-Systemen übermittelt?
- Welche Kodierungsregeln und Semantiken gibt es hierbei?
- …

Protokolle können sehr komplex sein!

Hier ist das Hilfsmittel der Abstraktion

von Bedeutung

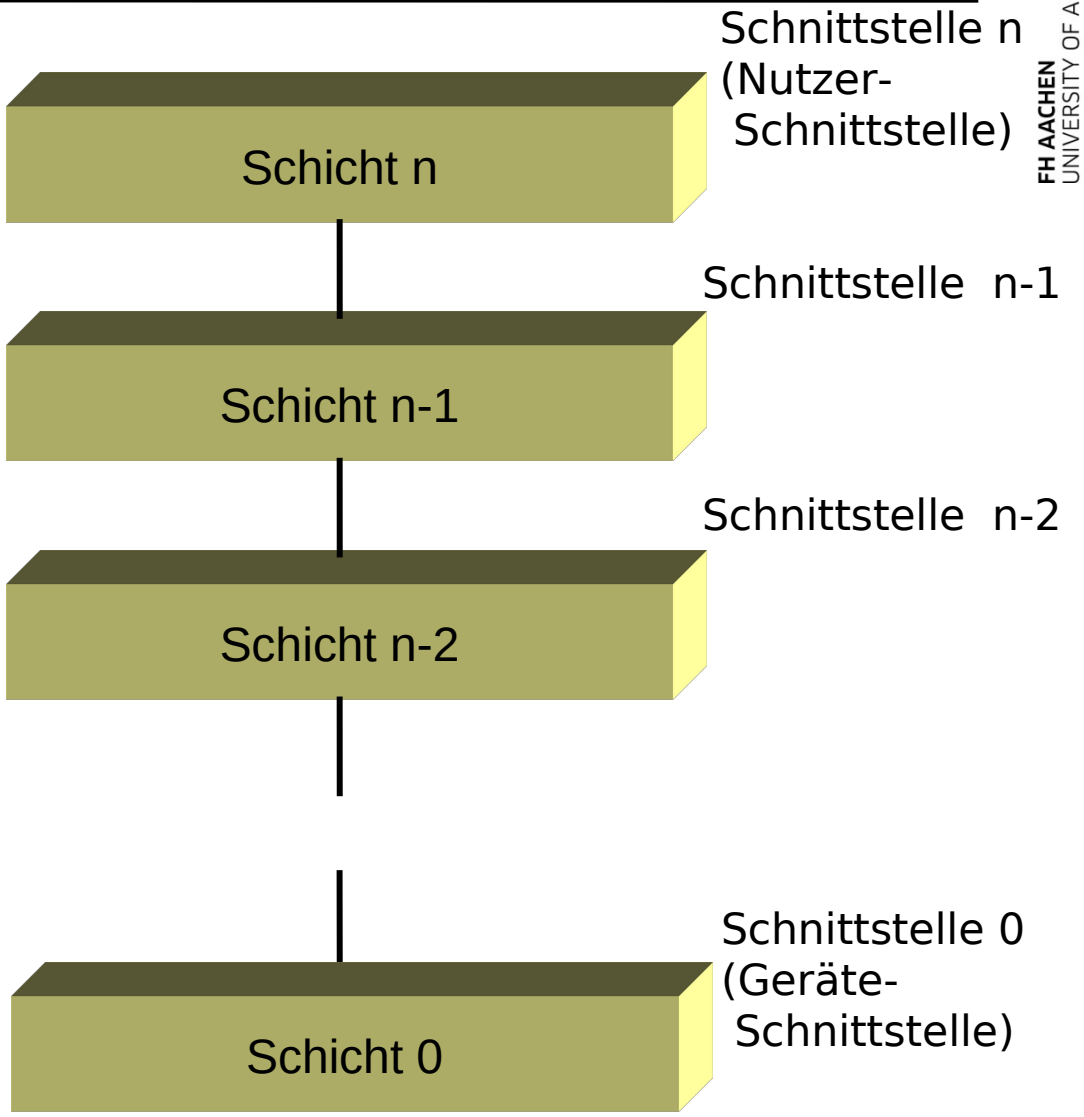
Netzwerk

- Lösung 1: „Naives“ Konzept
  - Schreibe ein großes “Kommunikationsprogramm”, welches allen beschriebenen Anforderungen genügt
    - Vorteil: Für eine gegebene Anwendung optimal und effizient
    - Nachteil: Nicht flexibel! Änderungen erfordern hohen Aufwand
- Lösung 2: Modularisierung
  - Schreibe kleinere, für eine Aufgabe spezialisierte Programme, die sich kombinieren lassen
    - Vorteil: Sehr flexibel, da einzelne Komponenten austauschbar
    - Nachteil: Durch vorgegebene Struktur wird vieles umständlich; dadurch nicht so effizient

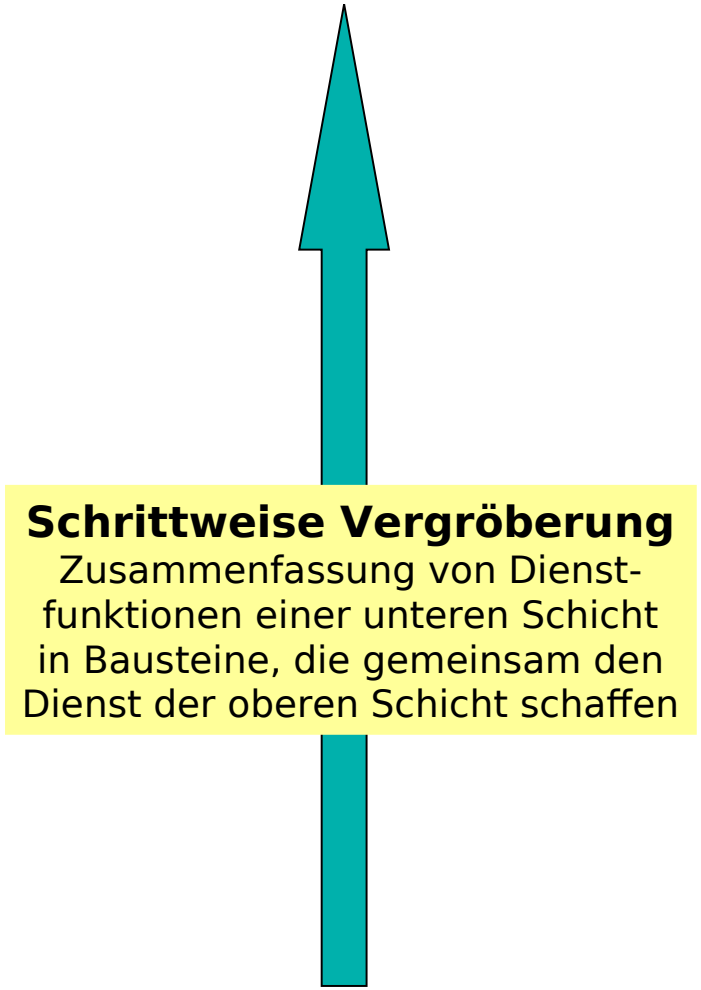
Realisiert durch **Schichtenmodelle**

Systemschichtung

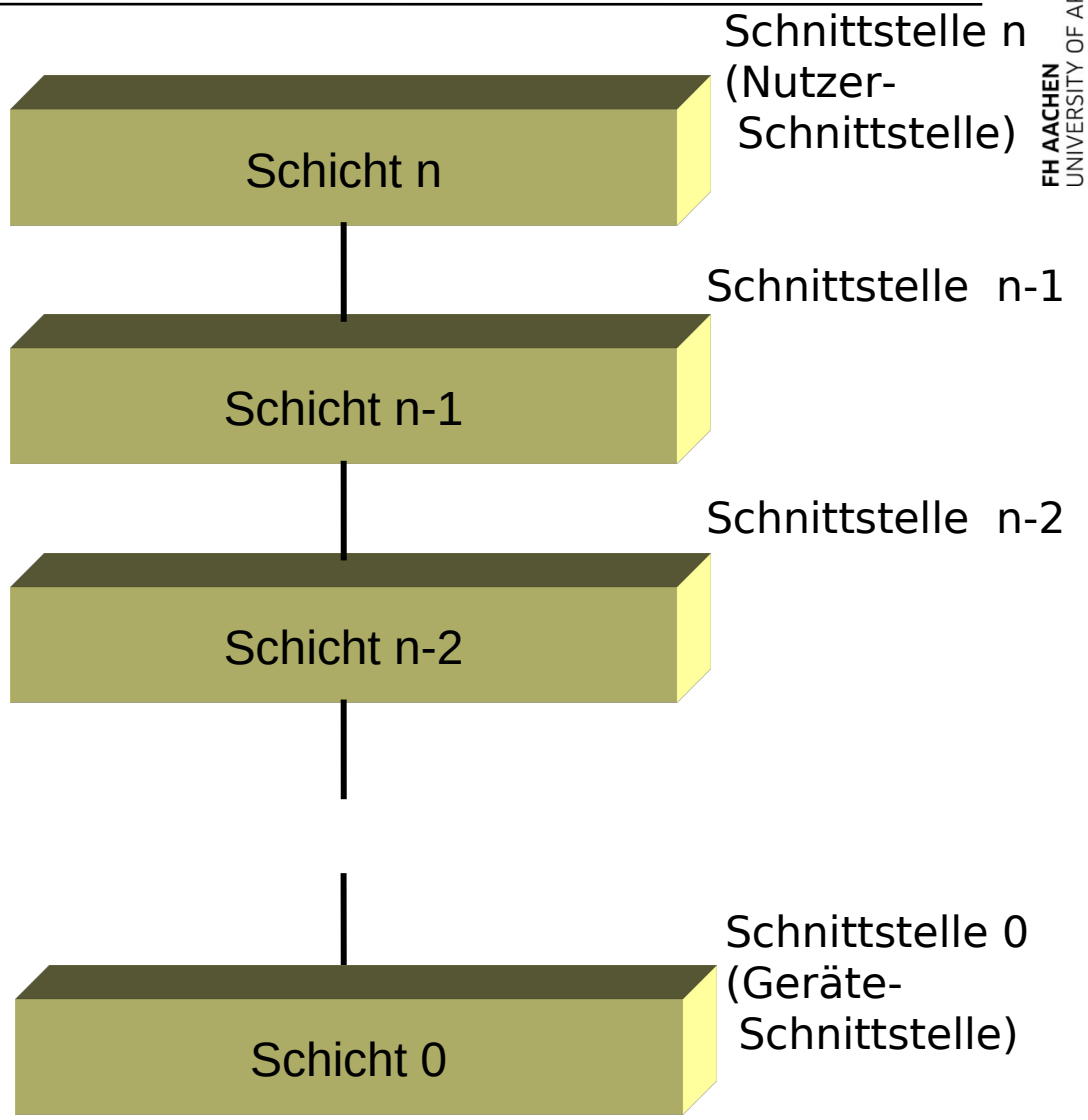
Schrittweise Verfeinerung
Zerlegung der Aufgabe in Funktionen, die einen Dienst auf einem bestimmten Abstraktionsniveau erbringen. Hierbei nutzt ein Dienst einer Schicht den Dienst der darunterliegenden Schicht



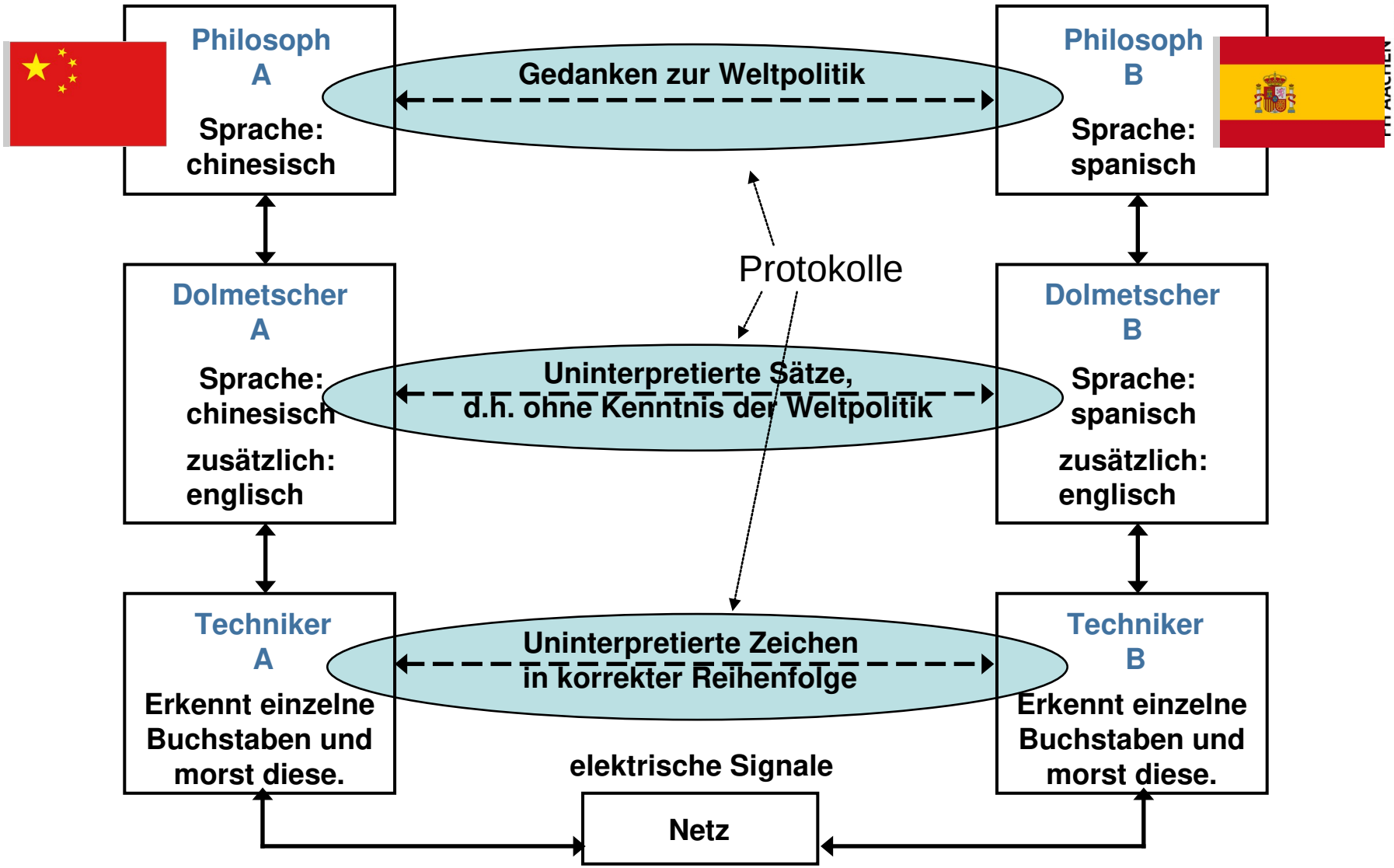
Systemschichtung



Schrittweise Vergröberung
Zusammenfassung von Dienst-funktionen einer unteren Schicht in Bausteine, die gemeinsam den Dienst der oberen Schicht schaffen



Beispiel: Gedankenaustausch von Philosophen



Netzwerke

Protokolle sollten also unterschiedliche

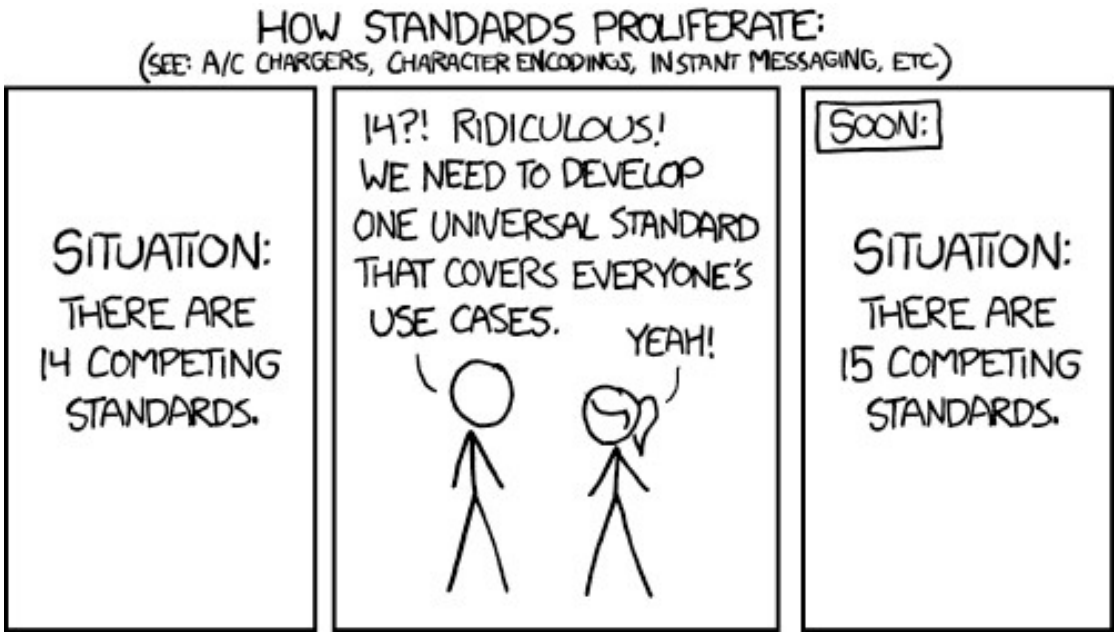
Abstraktionsebenen adressieren!

Standardisierung der Protokolle

Ziel ist die offene Kommunikation, d.h. die im technischen Sinne unlimitierte Kommunikation zwischen kommunikations-willigen Partnern

Aus offener Kommunikation folgt die Notwendigkeit einer **Standardisierung** aller Netzkomponenten incl. der verwendeten Protokolle

Entstehung und Bedeutung von Standards (teilweise ironisch)



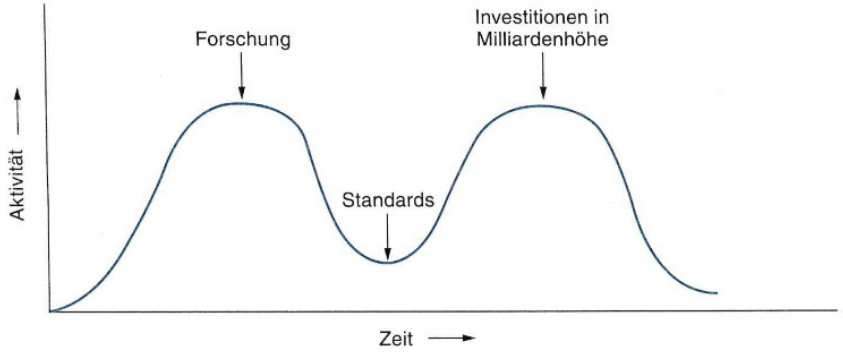


Abbildung 1.24: Die Apokalypse der zwei Elefanten.

Standardisierungsgremien – Auswahl

International Standards Organization - ISO

- Organisation, die auf freiwilliger Basis arbeitet (seit 1946).
- Mitglieder: Standardisierungsorganisationen von ca. 90 Ländern.

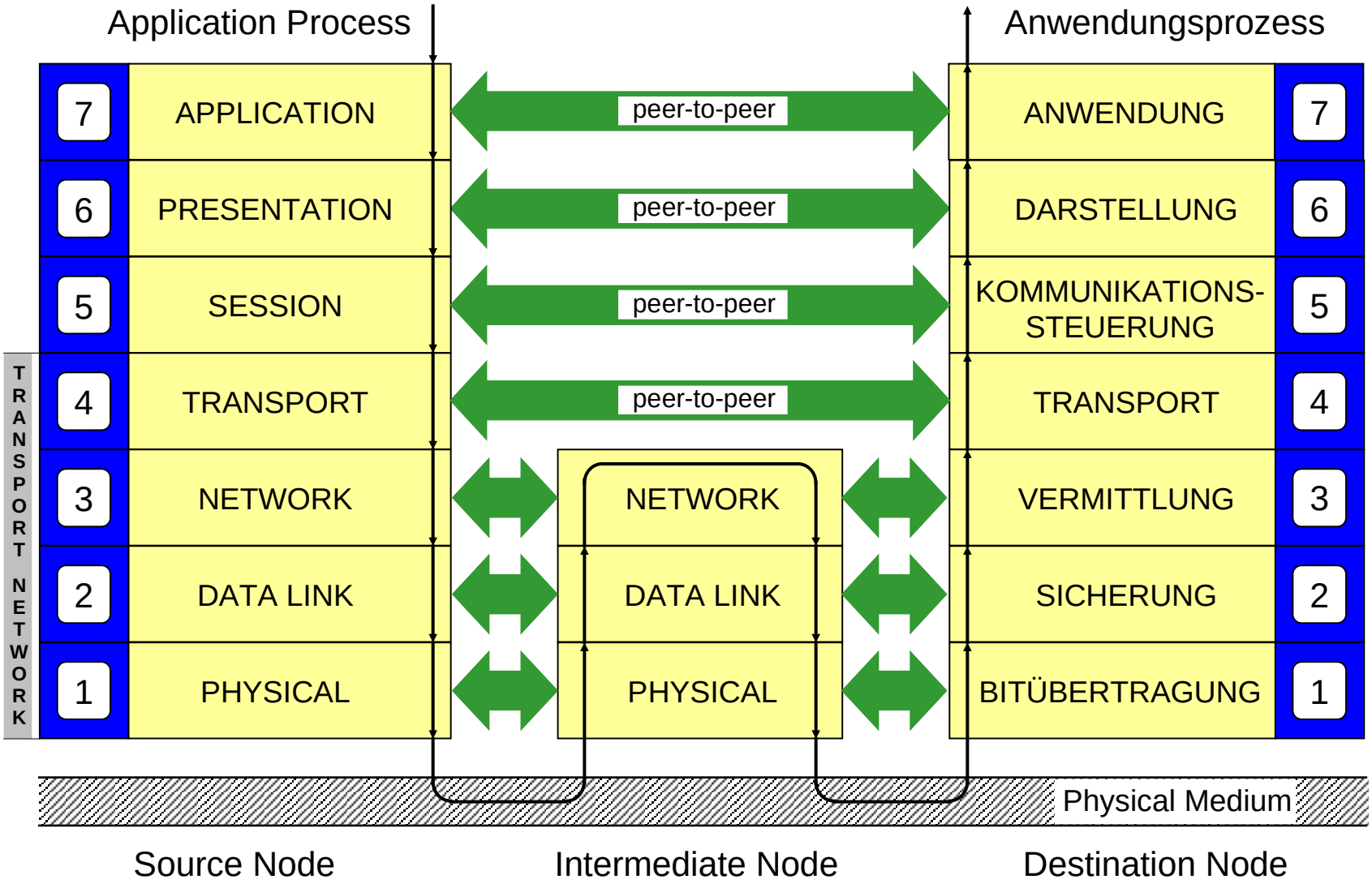
www.iso.org

- Beschäftigt sich mit einem sehr weiten Spektrum von Standards
- Hat 200 Technical Committees (TC) mit spezifischen Aufgaben (z.B. TC97 für Computer und Informationsverarbeitung)
- TC haben Subkomitees, die wiederum in Arbeitsgruppen unterteilt sind.

- Zusammenarbeit mit ITU-T bzgl. Telekommunikationsstandards, (ISO ist Mitglied von ITU-T)
- **Bahnbrechende Leistung im Bereich der Datenkommunikation: Das ISO/OSI-Referenzmodell.**
- Bahnbrechend bzgl. des Konzepts, nicht wegen der daraus entstandenen Produkte!

(OSI: Open Systems Interconnection)

Das ISO-OSI-Referenzmodell für offene Systeme

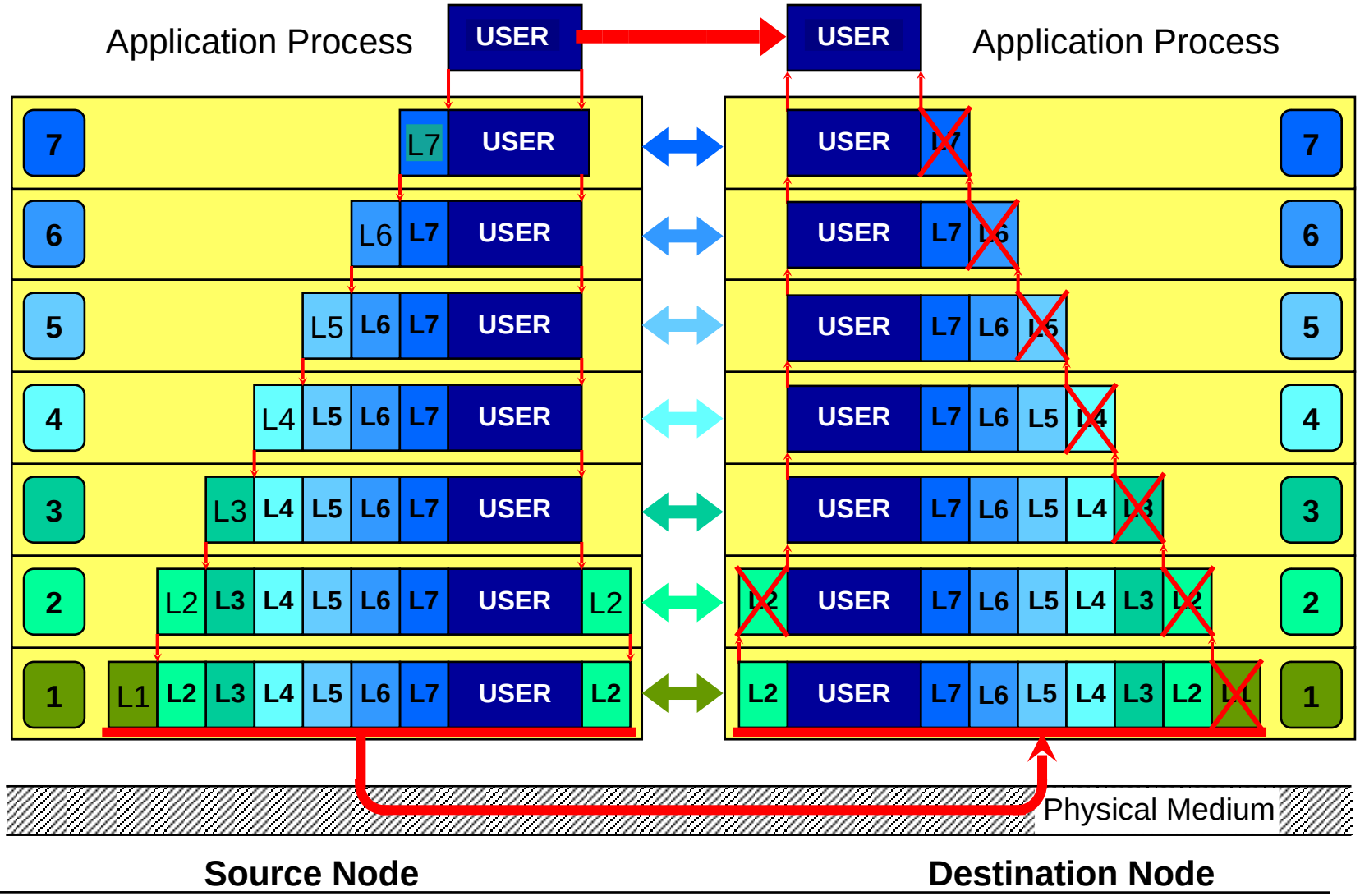


Wechselspiel zwischen den Schichten

- Interaktion der Schichten
  - Eine Schicht (*n*-1) bietet der über ihr liegenden Schicht *n* Dienste an
  - Schicht *n* versieht ihre Nachricht mit Kontrollinformationen (**Header**) und versendet alles zusammen (oftmals **Protocol Data Unit** (PDU) genannt)
  - Zwei Kommunikationspartner auf Schicht *n* tauschen PDUs aus und nutzen dazu die Dienste der nächsttieferen Schicht (*n*-1)
  - Für Schicht (*n*-1) sind diese PDUs die zu übertragenden Daten

Merke: Schicht 2 wird hiervon abweichen. Tatsächlich findet hier ein Framing statt, welches Synchronisation und Fehlererkennung/-korrektur vereinfacht

Das ISO-OSI-Referenzmodell für offene Systeme



Aufgaben der Schichten

- **Schicht 7**: Anwendungsschicht (Application Layer)
  - In dieser Ebene werden **(Standard-)Schnittstellen** zur Verfügung gestellt, die **bestimmten Anwendungstypen** ganze Kommunikationsdienste bereitstellen
  - Ein Beispiel hierfür ein allgemeingültiges Protokoll zur Übertragung von Webseiten samt fest definierter Schnittstelle (GET, POST, DELETE, …) sein. Wer einen Webbrowser oder einen Webserver implementieren will, könnte dann diese Schnittstelle zur Kommunikation mit den Produkten anderer verwenden

Merke: Das Internet realisiert dies anders

Aufgabe der Schichten

- **Schicht 6**: Darstellungsschicht (Presentation Layer)
  - Beschäftigt sich damit, die zu übertragenden Daten so **darzustellen**, dass sie **von vielen unterschiedlichen Systemen** gehandhabt werden können
  - Beispielsweise codieren manche Rechner einen String mit ASCII-Zeichen, andere benutzen Unicode, manche benutzen bei Integern das 1-, andere das 2-Komplement. Problematisch ist auch die Byteordnung des Prozessors (Big/Little-Endian)
  - Formal wird hier das verwendete Format beschrieben werden
    - Anstatt für jede Anwendung eine eigene Übertragungssyntax und -semantik zu definieren, stellt man hier eine allgemeingültige Lösung bereit
    - Die spezifische Daten eines Rechners werden hier eindeutig beschrieben

Aufgabe der Schichten

- **Schicht 5**: Sitzungsschicht (Session Layer)
  - Öffnen, Schließen und Managen einer **Sitzung** zwischen Applikationen, d.h. Aufbau eines semi-permanenten Dialoges
  - **Dialogkontrolle**, d.h. es kann festgelegt werden, welcher Kommunikationspartner wann übertragen darf (wer redet, wer hört zu?). Da wir bei ISO/OSI eigentlich eine Steuerung über einen Header benötigen könnte hierzu ein Token *verwendet werden.* Bei bestimmten Operationen darf dann nur der Kommunikationspartner, der im Besitz des Tokens ist, diese Operation durchführen
  - Wichtiger Ansatz wäre auch die Bereitstellung von **Wiederaufsetzpunkten**. Wurde beispielsweise eine 2-stündige Dateiübertragung mittendrin durch einen Ausfall unterbrochen, so braucht nicht die gesamt Übertragung wiederholt werden, sondern man geht nur bis zum letzten Aufsetzpunkt zurück

Aufgabe der Schichten

- **Schicht 4**: Transportschicht (Transport Layer)
  - Ermöglicht die **Kommunikation zwischen Anwendungen** der Endsysteme
    - Segmentierung von Datenströmen zur Übertragung der Daten in Einheiten: Datagramme (Paketen)
    - Verbergen wesentlicher Charakteristika der Netzinfrastruktur
  - Aufgabe: Transport der Daten zwischen den Kommunikationspartnern mit bestimmten (aushandelbaren) Dienstmerkmalen
    - Adressierung von Anwendungsprozessen
    - Eventuell Regeln zur *Behandlung von Fehlern*
    - Eventuell Flusskontrolle/Staukontrolle zur Anpassung der Datenrate an die Fähigkeiten des Netzes und des Empfängers

Aufgabe der Schichten

- **Schicht 3**: Vermittlungsschicht (Network Layer)
  - **Übertragung der Daten zwischen Rechnern in einem Netz aus Netzen**
  - Hauptaufgabe ist dabei, eine geeignete Wegewahl (*Routing*) zu treffen
  - Eine notwendige Voraussetzung sind dazu u.a. ein gemeinsamer *Adressraum für Rechner* und eine Einigung auf eine *maximale PDU-Größe (Datagramm-Größe)*
  - Statisches Netzkonzept: Zwischenknoten speichern ankommende Nachrichten zwischen und ermitteln (über Tabellen) den Teilnehmer, der die Daten als nächstes erhält. Hierbei muss man mit diesem direkt kommunizieren können.
  - Weiterhin: Multiplexing mehrerer logischer Verbindungen über eine physikalische Verbindung

Aufgabe der Schichten

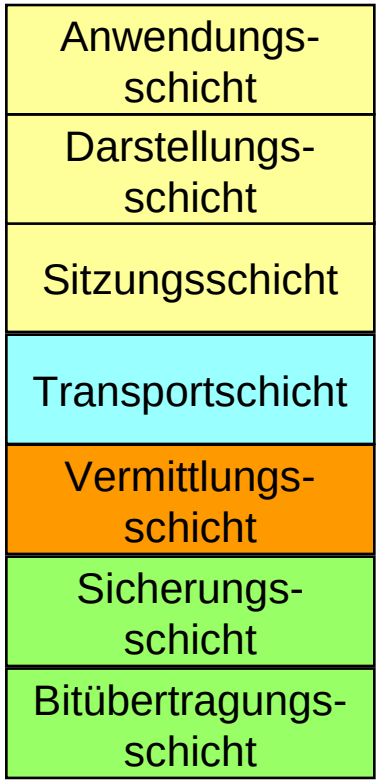
- **Schicht 2**: Sicherungsschicht (Data Link Layer)
  - Kommunikation zwischen Rechnern in einem einzelnen Netz
  - Logical Link Control (LLC):
    - Liefert der Vermittlungsschicht eine *fehlerfreie Übertragung* der Daten zwischen zwei Rechnern (z.B. innerhalb eines lokalen Netzes)
      - Dazu werden die ankommenden Daten in sog. *Rahmen* unterteilt, die einzeln übertragen werden
      - Der Empfänger überprüft, ob die Übertragung korrekt war (z.B. mittels einer *Prüfsumme*). Im Fehlerfall wird der entsprechende Rahmen neu angefordert
      - Weiterhin wird versucht, eventuell auftretende Staus durch *Flusskontrolle* zu vermeiden, z.B. wenn der Empfänger überlastet ist.
  - Medium Access Control:
    - Bei lokalen Netzen wird außerdem der *konfliktfreie Zugriff* auf das Netz geregelt, es können ja ggf. nicht mehrere Teilnehmer gleichzeitig senden

Aufgabe der Schichten

- **Schicht 1**: Bitübertragungsschicht (Physical Layer)
  - Transportiert die einzelnen Bits über eine bestimmte physikalische Leitung (Medium)
  - D.h. es muss festgelegt werden, welchen *Leitungstyp* man benutzt und wie eine “1” bzw. eine “0” auf der Leitung *kodiert* werden
    - Dazu legt man z.B. bei Verwendung von Kupferkabel als Leitung fest, dass Bits als Spannungspulse übertragen werden (z.B. „Übertrage für eine Millisekunde +1 Volt, um eine 1 zu transportieren“)
  - Weiterhin wird definiert:
    - Stecker (*Pinbelegungen*),
    - *Übertragungsrichtung* (uni-/bidirektional) ,
    - ...

Schichtenmodelle in der Praxis

- Orientierung am OSI-Referenzmodell, aber Reduktion des Overheads:

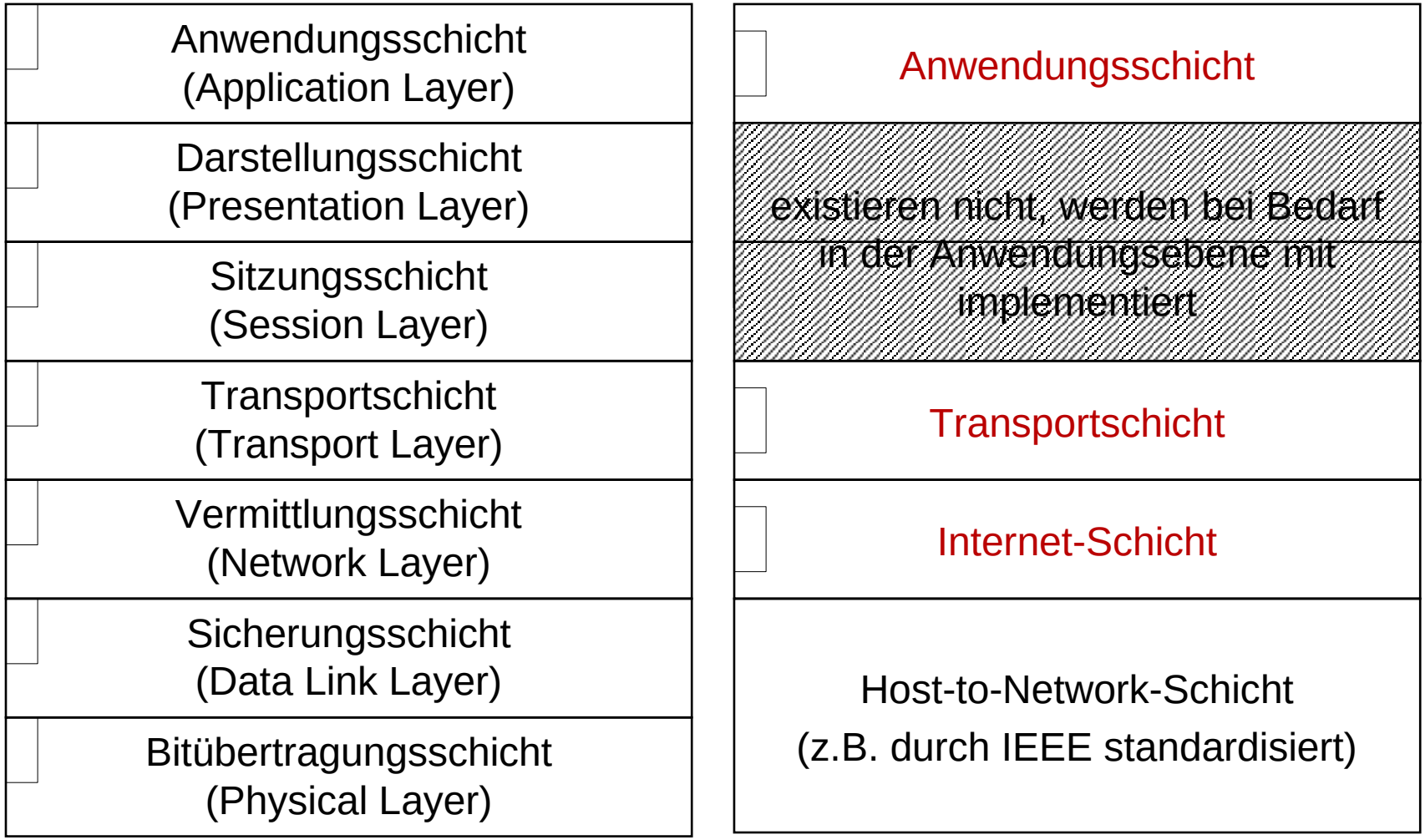


Gemeinsame Implementierung für bestimmte Anwendungen

Implementierung als **IP** (Vermittlungsschicht) und **TCP/UDP** (Transportschicht) als ineinander greifende Module des **Betriebssystems**

Diese beiden Schichten können autark, durch die Netzwerkkarte realisiert werden. Das Betriebssystem nutzt die Fähigkeiten der **Netzwerkkarte** zur Kommunikation. Von daher können die Schichten logisch zusammen gefasst werden

Das Internet-Referenzmodell



Aufgabe der Schichten

- **Host-to-Network-Schicht** (entspricht ISO/OSI 1-2)
  - Idee: die faktische Datenübertragung, wird von der **Netzwerkkarte** des Rechners erledigt
    - Vorteil bei Multi-Access-Netzen: Die Netzwerkkarte kann selber entscheiden, ob die Daten für den eigenen Rechner sind -> Entlastung des Betriebssystems (da kein Interrupt notwendig)
    - Starke Entkopplung vom Betriebssystem: IP teilt dem Treiber der Netzwerkkarte mit, dass diese Daten (zuverlässig) an eine gegeben Zieladresse (MAC-Adresse) übertragen soll
    - Übertrage das IP-Datagramm der Länger 1500 Byte an die MAC-Adresse
    - Direkte Anbindung des Zielrechners erforderlich
  - Beispiele
    - Ethernet in kabelgebundenen, lokalen Netzen
    - WLAN in drahtlosen lokalen Netzen
    - PPP über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über DSL
    - ...

IEEE Standards für die Host-to-Network Schicht

- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

www.ieee.org

- 802.1 Overview and Architecture of LANs
- 802.2 Logical Link Control (LLC)
- 802.3 CSMA/CD („Ethernet“)
- 802.4 Token Bus
- 802.5 Token Ring
- 802.6 DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
- 802.7 Broadband Technical Advisory Group (BBTAG)
- 802.8 Fiber Optic Technical Advisory Group (FOTAG)
- 802.9 Integrated Services LAN (ISLAN) Interface
- 802.10 Standard for Interoperable LAN Security (SILS)
- 802.11 Wireless LAN (WLAN)
- 802.12 Demand Priority (HP’s AnyLAN)
- 802.14 Cable modems
- 802.15 Personal Area Networks (Bluetooth)
- 802.16 WirelessMAN (WiMAX)
- 802.17 Resilient Packet Ring
- 802.18 Radio Regulatory Technical Advisory Group (RRTAG)
- 802.19 Coexistence Technical Advisory Group
- 802.20 Mobile Broadband Wireless Access (MBWA)
- 802.21 Media Independent Handover
- 802.22 Wireless Regional Area Networks (WRAN)

Aufgabe der Schichten

- **Internet-Schicht** (entspricht ISO/OSI 3)
  - Aufgabe dieser Schicht: Kommunikation zwischen Rechnern auch über die eigenen Netzwerkgrenzen hinaus. Die dabei gewählte Übertragungstechnik ist paketvermittelnd, d.h. *Datagramme* werden unabhängig voneinander mit *Adressinformation* versehen vom Sender losgeschickt.
  - Im Netze findet ein Store-and-Forward statt. An der Grenze zwischen zwei Netzen sorgen *Router* für die Weiterleitung der Daten. Nach dem Empfang findet die Entscheidung über den nächsten Router konzeptionell anhand der Zieladresse statt.
  - Pakete können im Netz verloren gehen oder beim Empfänger in einer anderen Reihenfolge ankommen als sie abgesendet wurden. Die Behebung solcher Situation ist der Transportebene vorbehalten
  - Festlegung eines einzigen Protokolls zur Kopplung aller Netze im Internet samt Paketformat: das *Internet Protocol (IP)*

Aufgabe der Schichten

- **Transportschicht** (entspricht ISO/OSI 4)
  - Kümmert sich um die Kommunikation zwischen Anwendungen. Definiert sind zwei unterschiedliche Ende-zu-Ende Protokolle:
    - *TCP (Transmission Control Protocol)*, ein *zuverlässiges*, *verbindungsorientiertes* Protokoll, welches einen Strom von Bytes sicher zwischen zwei Rechnern überträgt. Dazu wird der Strom segmentiert und in IP-Pakete verkapselt. Auf der Gegenseite werden die ankommenden Pakete in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt, so dass der ursprüngliche Datenstrom entsteht. TCP sorgt auch für Flusskontrolle, damit der Sender den möglicherweise langsameren Empfänger nicht überlastet.
    - *UDP (User Datagram Protocol)*, ein *unzuverlässiges* (“best effort”) und *verbindungsloses* Protokoll. UDP wird benutzt, wenn nur kurze Nachrichten übermittelt werden sollen oder wenn eine *schnelle* Lieferung der Daten wichtiger ist als eine absolut zuverlässige (Sprache, Video).

Aufgabe der Schichten

- **Anwendungsschicht**
  (entspricht ISO/OSI 5-7 + Anwendung)

  - In dieser Schicht werden wie bei ISO/OSI *Schnittstellen für Anwendungen* implementiert, oder ganze Anwendungen realisiert (Web-Server: httpd)
  - Festgelegt werden aber auch *Dialoge* (Schicht 5: üblicherweise Anfrage – Antwort) und *Nachrichtenformate* (Schicht 6: Syntax & Semantik)
  - SMTP (für E-Mails), DNS (Abbildung von Rechnernamen auf IP-Adressen), HTTP (Übertragung von Webseiten) usw.

Fazit

- Datenkommunikation:
  - Sammlung aufeinander aufbauender Protokolle, die gemeinsam die gesamte Funktionalität eines fehlerfreien Datenaustauschs definieren
    - ISO/OSI-Referenzmodell als Versuch, solche Protokolle zu standardisieren; die Terminologie des Modells wird weiter verwendet
    - ISO/OSI-Schichten 1 und 2 werden aus Softwaresicht als *Treiber für Netzwerkkarten* implementiert, und in er Netzwerkkarte selber implementiert. Innerhalb eines lokalen Netzes können mittels dieser Funktionalität Rechner kommunizieren
    - TCP/IP-Referenzmodell baut auf den Netzwerkkartentreibern auf
      - IP und TCP/UDP sind als *Teil eines Betriebssystems* implementiert
      - Anwendungsprotokolle können als *zusätzliche Dienste* auf dem System laufen (sog. Daemon-Prozesse)