

Internetworking (Interconnected Networks)



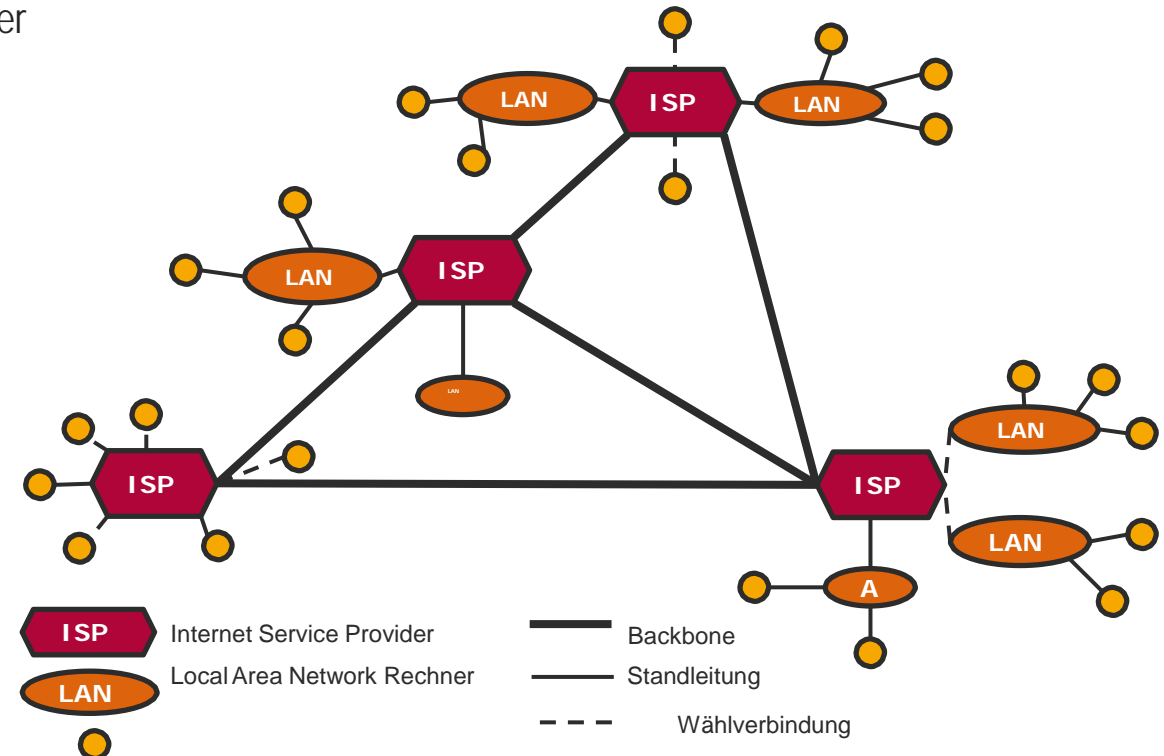
STUDIERN
AUF HÖCHSTEM
NIVEAU

Prof. Dr. Jürgen Anders, Hochschule Furtwangen
Fakultät Digitale Medien

Das Internet - ein virtuelles Netz der Netze

Internet - Weltweiter Zusammenschluss verschiedenartigster Computer-Netzwerke zu einem virtuellem Netz

- Erscheint dank Internet-Technologie als **einheitliches Netz** – **Internetworking**
- Kommunikationsprotokolle regeln Datenaustausch über die Grenzen der einzelnen physikalischen Netzwerke hinweg
- Offene Systemarchitektur Explosionsartiges Wachstum: 1969: 4 Rechner
- Heute
 - Schätzung: 20 Milliarden Websites
 - etwa 1 Milliarde Internet-Hosts im DNS
 - weltweit etwa 3,5 Milliarden Internetnutzer



Internetworking

Konzept zum Zusammenschluss **heterogener** Computernetze zu einem einheitlichen Kommunikationssystem über dedizierte Zwischensysteme, genannt Router

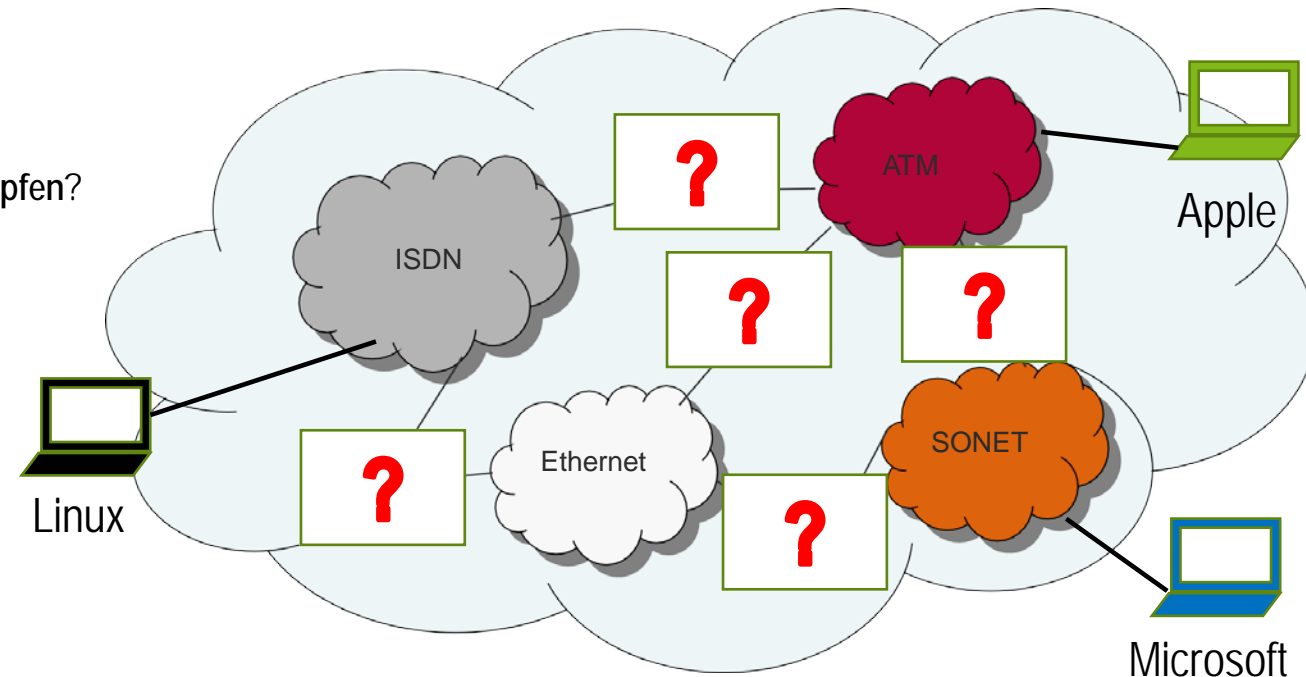
Aber

Können Netze unterschiedlicher Netzwerktechnologien nicht einfach verbinden, sie unterscheiden sich in

- Übertragungsmedium
- Zugriffssteuerung
- Adress-Format und Datenpakete-Format
- diversen Leistungskennziffern
- Fehlerbehandlungsmechanismen
- ...

Fragen:

- Wie lassen sich die unterschiedlichen Rechnernetze zu einem Internet **verknüpfen**?
- Wie wird zwischen den verschiedenen Netztechnologien **vermittelt**?
- Brauchen einheitliches **Paketformat** und **Adress-Schema**...
- Wie finden Datenpakete in einem komplexen heterogenen Netzwerkverbund ihr **Ziel**?
- Wie werden die **Paketrouten** berechnet?
- Wie werden **Staus und Überlastsituationen** vermieden?
- Wie werden **Übertragungsfehler** vermieden/überwunden?
- ...

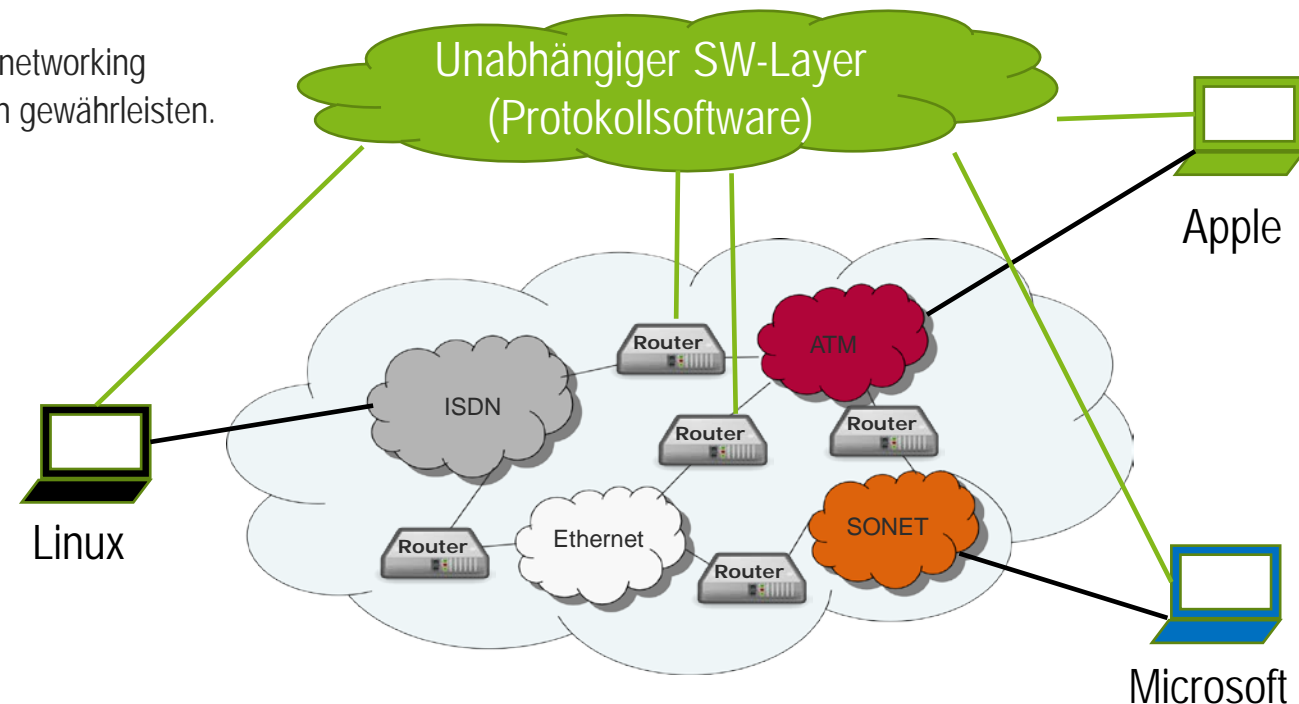


Grundidee des Internetworking

Um in einem Internet die Kommunikation über verschiedene inkompatible physikalische Netzwerke hinweg mit jeweils eigenen Kommunikationsprotokollen und Formaten zu organisieren, wird eine

- **Internet-Protokollsoftware** oberhalb der **technologiegebundenen Ebene** eingeführt, die den Netzwerkverbund als nahtloses Kommunikationssystem – virtuelles Netz – erscheinen lässt
- **Zusammenschluss der verschiedenen Rechnernetzwerke** erfolgt mit Hilfe von Spezialrechnern – **Router** –, die an den einzelnen Netzwerkgrenzen
 - das Nachbarnetzwerk ermitteln, über das ein Datenpaket zu seinem Empfänger am besten transportiert wird und
 - es in das dort gültige Format überführen
- Neben der Vernetzung der unterschiedlichen Rechnernetzwerke, soll das Internetworking gleichzeitig die Interoperabilität zwischen den verschiedenen Betriebssystemen gewährleisten. Daher müssen **alle angeschlossenen Clients und Router** über diese **Internet-Protokollsoftware** verfügen.

-> Im Internet handelt es sich dabei um den TCP/IP Protokollstapel



Open System Interconnect – Referenzmodell

Beschreibung:

Sieben aufeinanderfolgende Schichten mit eng begrenzten **Aufgaben** ermöglichen Kommunikation über **unterschiedliche technische Systeme** hinweg. Jede Instanz stellt **Dienste** zur Verfügung, die eine direkt darüberliegende Instanz nutzen kann. Zur Erbringung der Dienstleistung bedient sich eine Instanz selbst der Dienste der unmittelbar **darunterliegenden Instanz**. Der reale Datenfluss erfolgt daher **vertikal**.

Für die Lösung der modularen Teilaufgaben auf den einzelnen Schichten sind **Kommunikationsprotokolle** zuständig.

Historie:

Das Modell wurde in den 80er-Jahren entwickelt um die **Interoperabilität** von Netzwerken verschiedener Hersteller zu ermöglichen. Da wegen wirtschaftlicher Interessen seitens der Hersteller keine Einigung möglich war, wurde das Modell abstrahiert und gilt heute als **Grundlage jeglicher Datenkommunikation**: jede Netzwerktechnologie muss die gleichen, grundlegenden Netzwerk-Funktionalitäten anbieten.

Das Modell diente schließlich als Grundlage für die Entwicklung einer von den Herstellern unabhängigen Protokoll Software, dem **TCP/IP Protokollstack**.

OSI Schichtenmodell

7	Anwendung
6	Darstellung
5	Kommunikationssteuerung
4	Transport Layer
3	Network Layer
2	Link Layer
1	Hardware Layer

Was ist ein Protokoll?

Ein Kommunikations - oder Netzwerkprotokoll ist ein **Informationsfeld**, dass einer **Dateneinheit** hinzugefügt wird um eine definierte **Kommunikationsaufgabe** (einzelne Schicht im Schichtenmodell) wahrnehmen zu können. Darin enthalten sind die für die Aufgabe notwendigen **Informationen und Regeln** (zum Beispiel Adressen, Zähler, Prüfsummen, Längenangaben, etc.)

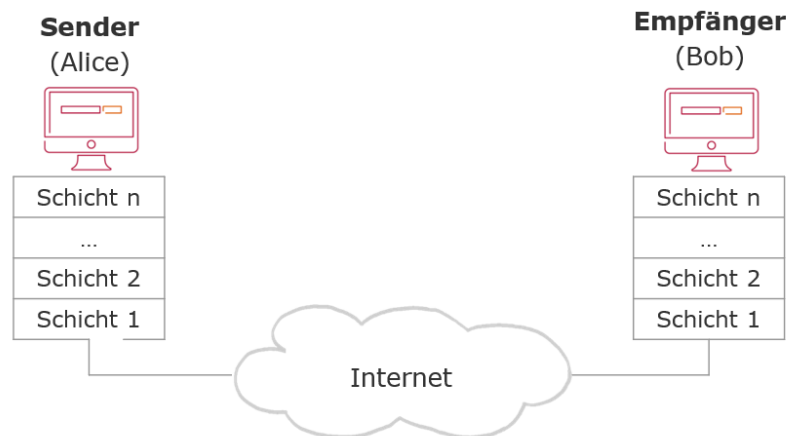
OSI Schichtenmodell

	Layer	Aufgabe	Beispiel/Protokoll
7	Application Anwendungsschicht	Standardisierte Anwendungen (Protokolle), Netzdienste Nicht Anwendungssoftware oder WWW!	Mail (SMTP), Web (http), ...
6	Presentation Darstellungsschicht	Programmierschnittstelle zwischen abstrahiertem Netzwerk und den Netzwerkapplikationen, optional: Verschlüsselung	TCP/UDP Sockets, Streaming Socket,
5	Session Kommunikations- steuerung	Kommunikationsaufbau/-Abbau zwischen Endsystemen, Ablaufsteuerung	Virtuelle Verbindungen, 3-Wege Handshake
4	Transport Transportschicht	Bildung von Übertragungseinheiten (Segmente), Nummerierung von Segmenten, Transportsicherung (Quittung), Flusskontrolle	TCP/UDP-Segmente, Quittungen, Retransmission
3	Network Layer Vermittlungsschicht	Physik-übergreifender („logische“) Identifikation der Teilnehmer, netzwerkübergreifende Vermittlung und Adressierung von Datenpaketen	IP-Datagramme, Routing
2	Data-Link Layer Bit-Sicherungsschicht	Fehlerkorrektur, lokale Adressierung, Data-Switching, Zugriffsverfahren	LAN, Ethernet, WLAN
1	Hardware Layer Übertragungsmedium	Übertragungsmedien, Signalart, Containergröße	Datenkabel, Glasfaserleitung, Richtfunkstrecke

OSI und Internet-Modell (TCP/IP)

Grundidee des Schichtenmodells:

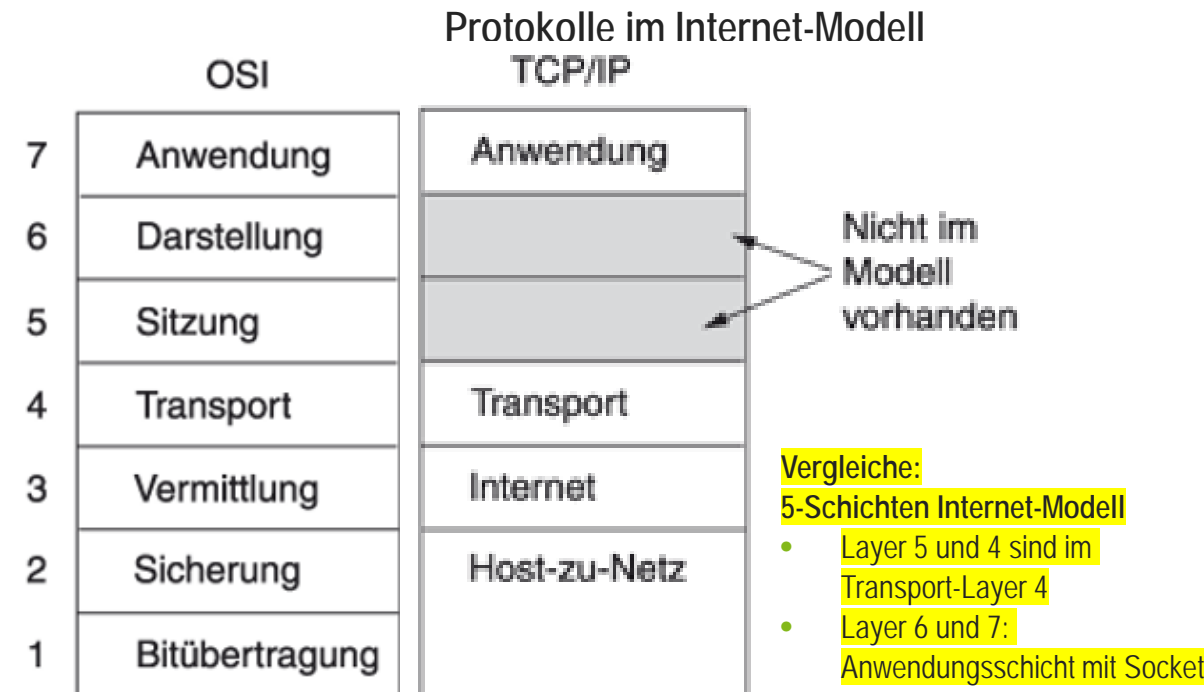
- Jede Schicht kommuniziert jeweils nur mit den direkt **benachbarten Schichten**
- ist verantwortlich für die Lösung eines **Teilproblems**, z.B.
- Austausch **physikalischer Signale**
- Umsetzung von **Binärdaten** in physikalische Signale
- Hinzufügen von **Zusammengehörigkeits-** und **Adressinformationen** zu Binärdaten
- Sender und Empfänger müssen **gleichem Schichtenmodell** folgen
- Es wird jeweils auf den **gleichen Schichten miteinander kommuniziert**
- Einzelheiten und Ablauf regeln die auf den einzelnen Schichten angesiedelten **Kommunikationsprotokolle**



Im weltweiten Internet eingesetzte **Internet-Protokollsoftware**:

- **TCP/IP-Protokollsuite** auch **TCP/IP-Protokollstapel** oder kurz **TCP/IP-Stack** genannt

Kommunikationsprotokolle der TCP/IP Protokollsuite gehören jeweils zu verschiedenen Schichten des **TCP/IP-Schichtenmodells**:



TCP/IP – Protokollstapel

1 - Hardware Layer

- Schicht unterhalb des TCP/IP-Referenzmodells
- Hier findet der Datentransport über das physikalische Übertragungsmedium statt
- Festlegung der zur Übertragung notwendigen elektrischen, mechanischen, funktionalen, ... Parameter ist Aufgabe der nächsthöheren Schicht

2 - Link Layer

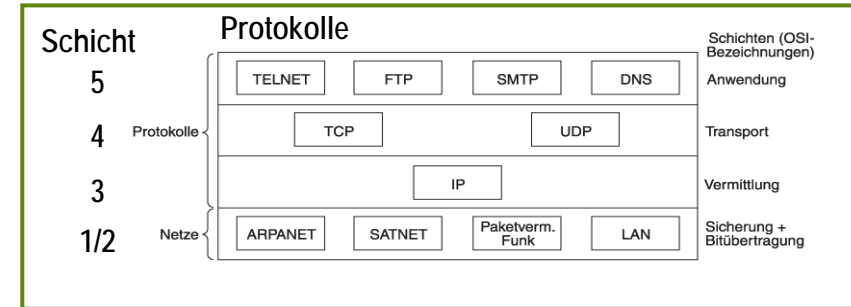
... auch Network Interface oder Physical Layer sorgt für

- Verbindungsaufbau und Übereinkommen über logische Interpretation der übertragenen physikalischen Signale
- Gruppierung der Bitströme in größere logische Einheiten (Datenpakete)
- Datenpakete können Mechanismen zur Fehlererkennung/- korrektur enthalten
- Media Access Control – MAC
 - Steuerung des Zugriffs auf Übertragungsmedium
 - bekannte MAC-Protokolle: Ethernet, Token Ring, FDDI, ...
- Logical Link Control – LLC
 - Verwaltung der logischen Verbindung einschließlich Fehleranalyse und Flusskontrolle

3 - Network Layer / Internetschicht

Stellt Transportdienst für Datenpakete bereit

- Ausgehend von dem für diese Schicht festgelegten Adressierungsschema wird hier für jedes Datenpaket der Weg vom Sender zum Empfänger durch das Netzwerk festgelegt -> Routing
- Routing folgt unterschiedlichen Kriterien, z.B. maximaler Durchsatz, geringe Kosten, gleichmäßige Lastverteilung, bestmögliche Sicherheit, ...



4 - Transport Layer / Transportschicht

Bereitstellung eines universellen Transportsdienstes mit

- explizit geschalteten Verbindungen mit Auf- und Abbaumodalitäten
- gesicherten Qualitätskriterien
 - Fehlerkorrekturmethode
 - korrekte Anordnung der übertragenen Datenpakete
- Datenflusskontrolle
 - zur gleichmäßigen Auslastung der Netzinfrastruktur
 - Drosselung des Übertragungsvolumens bei Überlast

5 - Application Layer / Anwendungsschicht

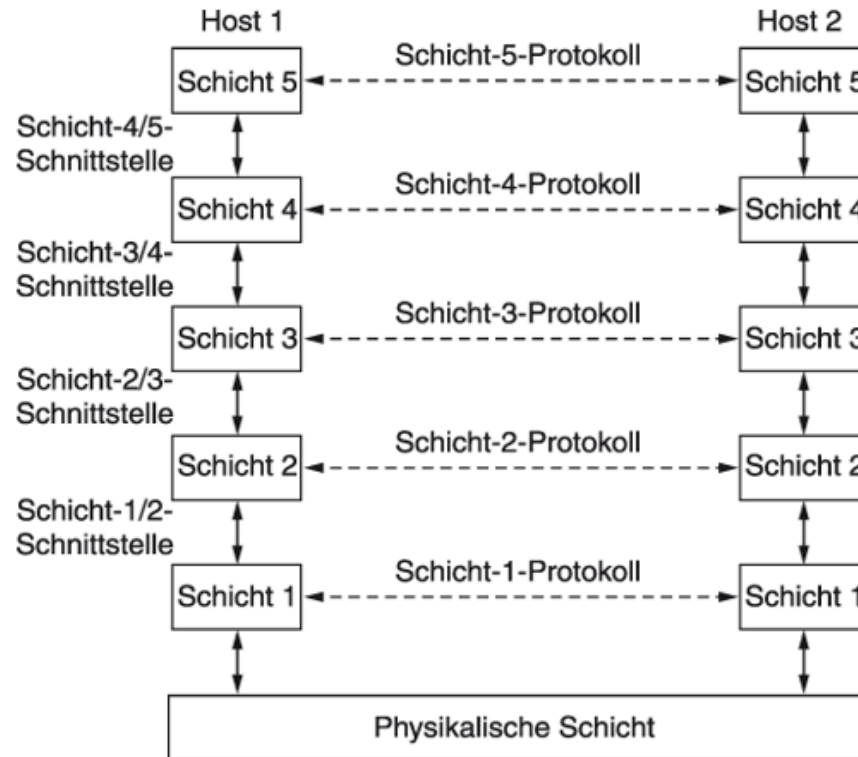
Bereitstellung von Funktionen für Anwendungsprogramme, z.B. ermöglichen die folgenden Protokolle jeweils anderen Anwendungen die Nutzung des Internet

- FTP (File Transfer Protocol) – Datei Transfer
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – WWW
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – Email
- ...

Anwendungen selbst (File Transfer, WWW, Email, ...) gehören nicht zur Anwendungsschicht, sondern stehen außerhalb des Protokollstapels

Diensteschichten: vertikale und horizontale Kommunikation

Vertikale Sicht:
Pakete werden zwischen den Schichten
übergeben, die schichtspezifischen
Protokolle hinzugefügt



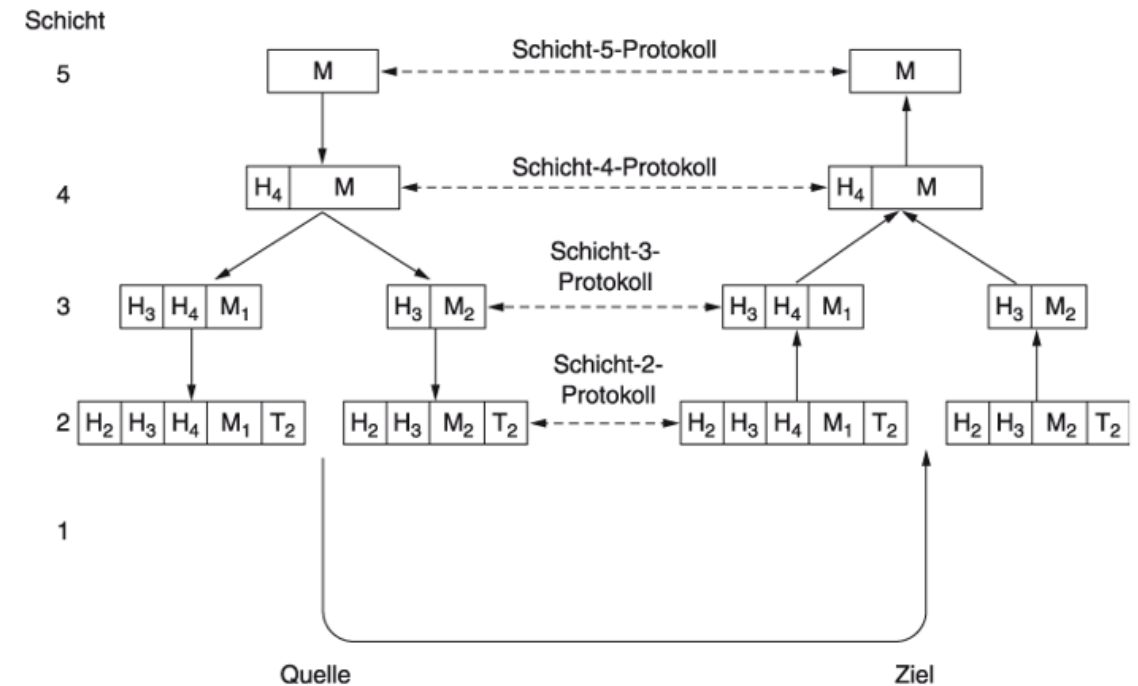
Horizontale Sicht:

Zwischen Schichten gleicher Höhe findet dienstbezogene Internetkommunikation statt, die Kommunikation erfolgt über die jeweiligen Protokolle

Vertikale Kommunikation (Enkapsulierung)

Ablauf: jeder Layer („Protokollinstanz“)...

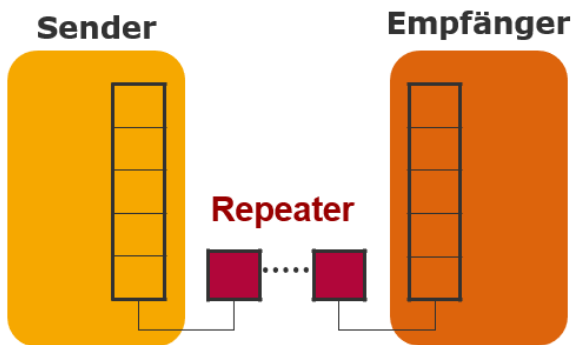
1. nimmt die Daten des **benachbarten Layers** entgegen
2. fügt seine **Signalisierung-Botschaften** an den **horizontal gegenüberliegenden Layer** hinzu (PCI/Header)
3. verpackt das ganze zu einem **neuen Datenblock (PDU)**, genannt „packet“
4. und übergibt dieses an den **nächsten Layer**
5. es entsteht sukzessive ein dem Datenpaket vorgeschalteter **Protokollstapel (Stack)**



Internetworking braucht Zwischen- und Vermittlungssysteme (1/2)

Repeater

- Arbeiten auf unterster Schicht (**physikalische Schicht**), sind daher für höhere Schichten „unsichtbar“
- Dienen der reinen **Signalverstärkung** bei der Überwindung größerer Distanzen
- Verfügen über **keinerlei „Eigenintelligenz“**

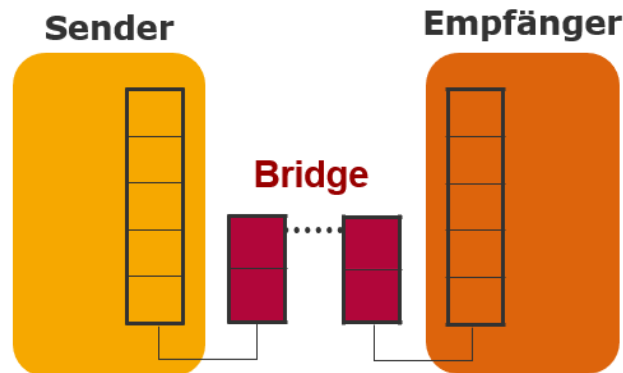


5	Anwendung
4	TCP (Transport)
3	IP (Internet)
2	Netzzugang (LAN)
1	Hardware

Bridge (verbindet zwei LAN-Segmente)

Switch (verbindet mehrere LAN-Segmente)

- Ermöglichen **LAN-Erweiterung** mit intelligentem Verkehrsmanagement
- Lokaler Verkehr (Collision Domain) bleibt lokal, wird nicht über Bridge weitergeleitet



5	Anwendung
4	TCP (Transport)
3	IP (Internet)
2	Netzzugang (LAN)
1	Hardware

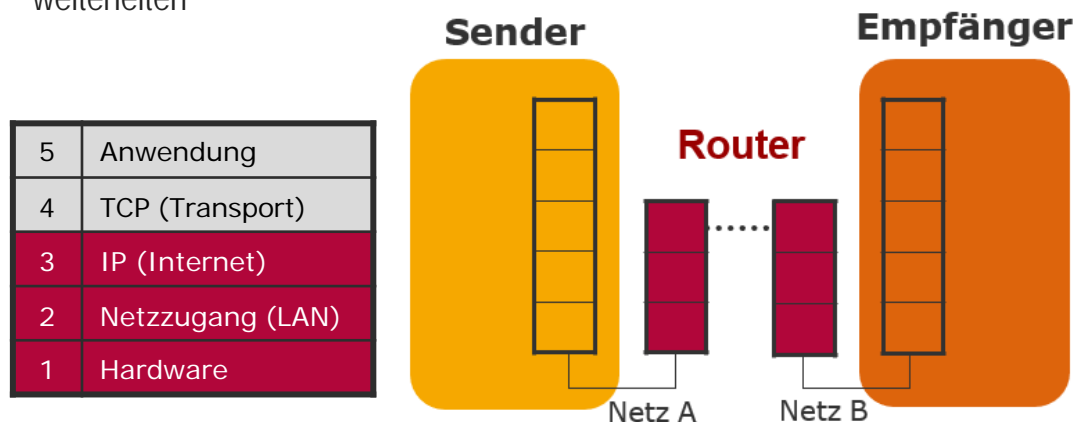
Was hält das Internet zusammen?

- Die an einem **Internet(verbund)** beteiligten physikalischen Netze werden mithilfe von **Zwischensystemen** verknüpft, die Aufgaben der **Paketvermittlung** zwischen den Netzen übernehmen
- Es gibt Zwischensysteme mit unterschiedlichen **Funktionsumfängen**:
 - Repeater
 - Hub
 - Bridge
 - Switch
 - Router
 - Gateway
- Funktionsumfang legt Zuordnung zu bestimmten Protokollschichten des TCP/IP-Protokollstapels fest ...

Internetworking braucht Zwischen - und Vermittlungssysteme (2/2)

Router

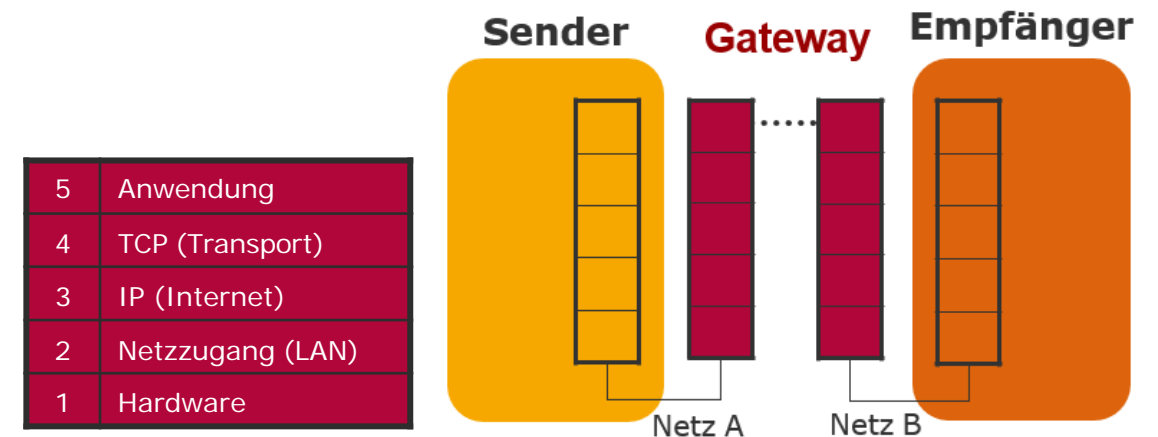
- Spezialrechner zur **physikalischen Verbindung** verschiedener **Rechnernetzen**
- Aufgebaut aus Prozessor, Speicher und **Netzwerkkarte** für jedes angeschlossene Netz
- Einzige Aufgabe ist die Beförderung von Datenpaketen **zwischen** den angeschlossenen **Netzwerken**
- Setzen Adressschemata, Paketformate usw. der einen Netzwerktechnologie in die des **anderen Netzwerks um**
- Router müssen dazu wie „normale“ Endgeräte zu **allen angeschlossenen Netzwerken** gehören
- Als Teil der angeschlossenen Netzwerke **kennt Router deren Netzwerktechnologien** und kann Datenpakete effizient umsetzen und weiterleiten



Gateway

Gateway verbindet Netzwerke zu einem **neuen System**

- Ermöglicht **Kommunikation zwischen Anwendungsprogrammen** bzw. Komponenten einer verteilten Anwendung auf unterschiedlichen Endsystemen
- **Übersetzt** unterschiedliche **Anwendungsprotokolle** ineinander



Internetworking (Interconnected Networks)



STUDIERN
AUF HÖCHSTEM
NIVEAU

Prof. Dr. Jürgen Anders, Hochschule Furtwangen
Fakultät Digitale Medien