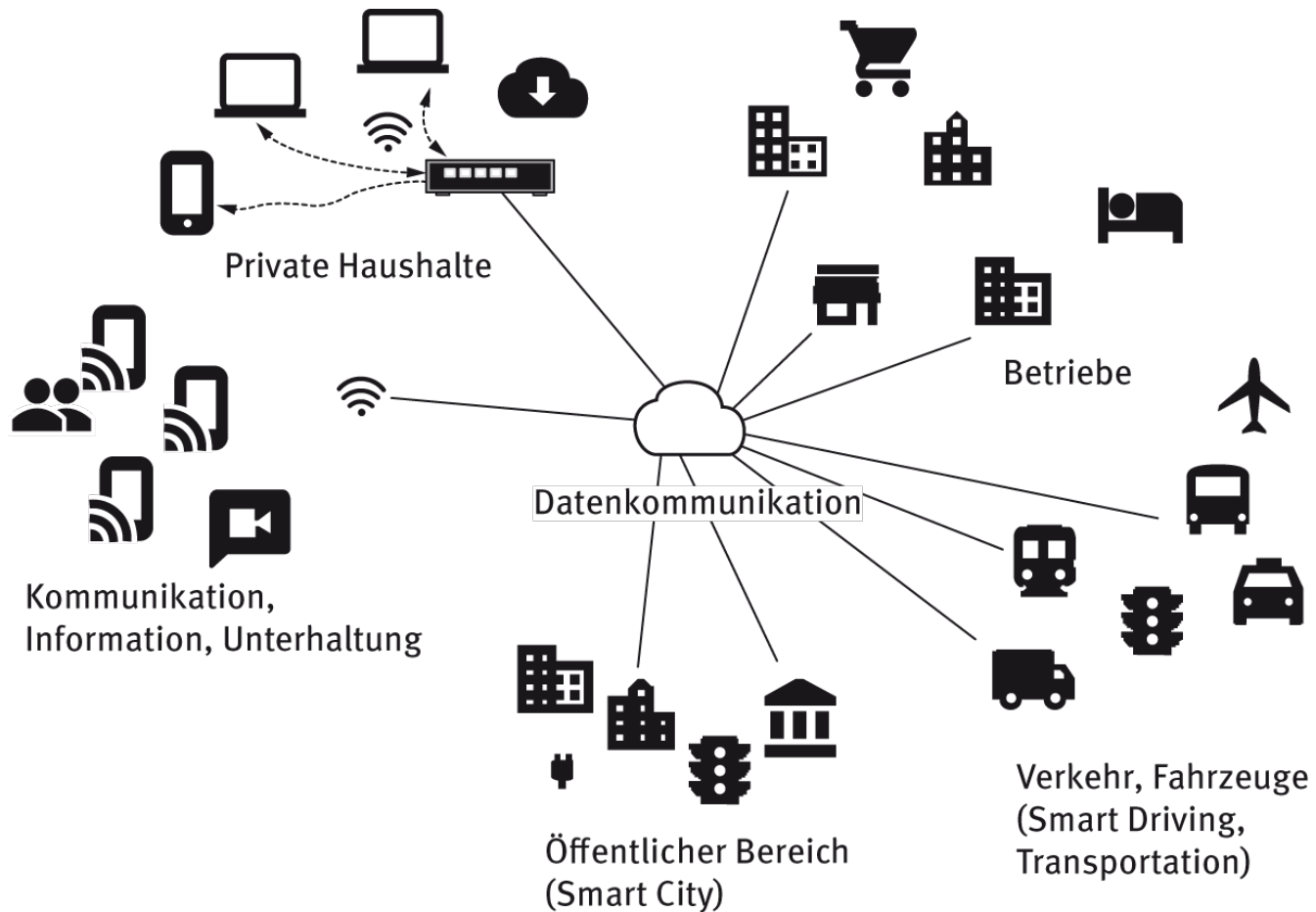




Kapitel 12: Datenkommunikation und Rechnernetze

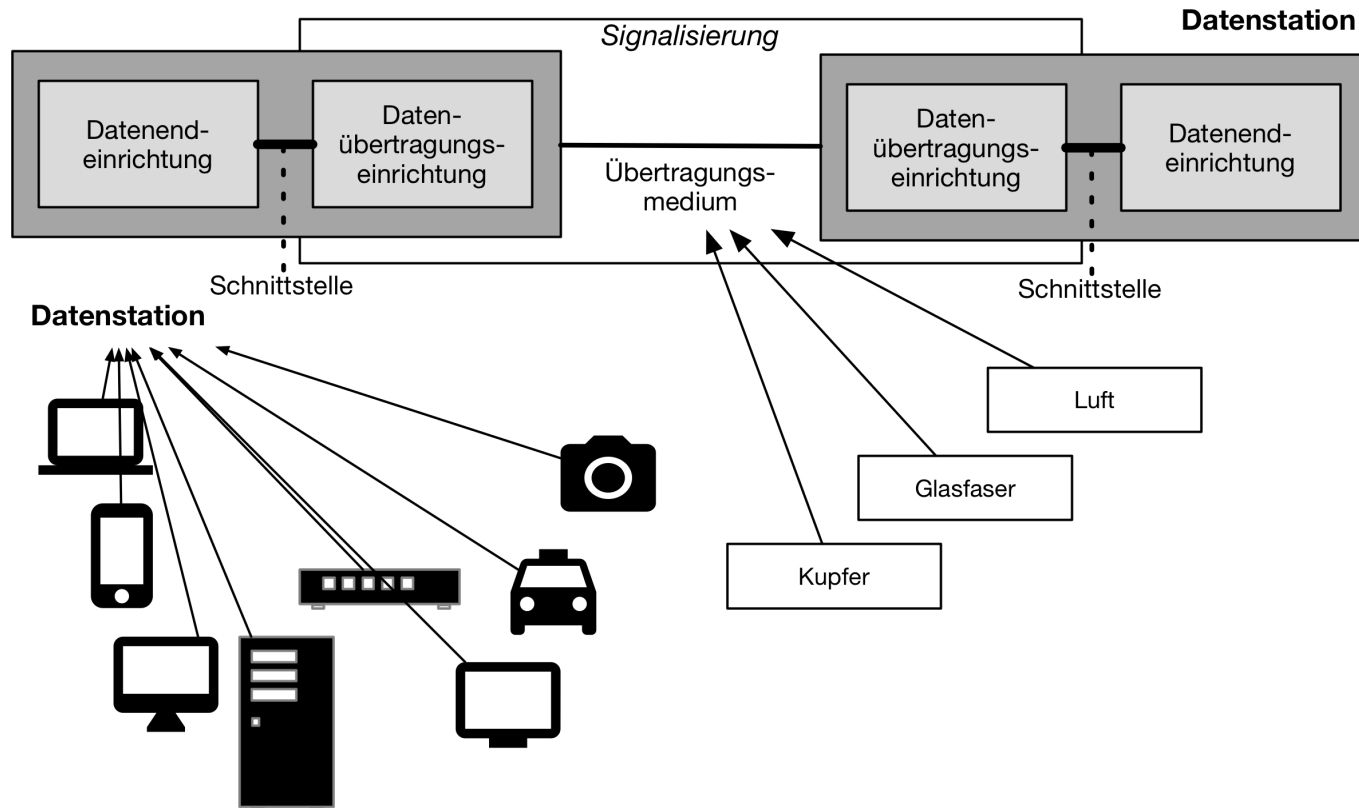
- Datenkommunikation
- Rechnernetze
- Internet-Protokolle
- Internet-Anwendungen und Cloud-Computing

Anwendungen der Datenkommunikation



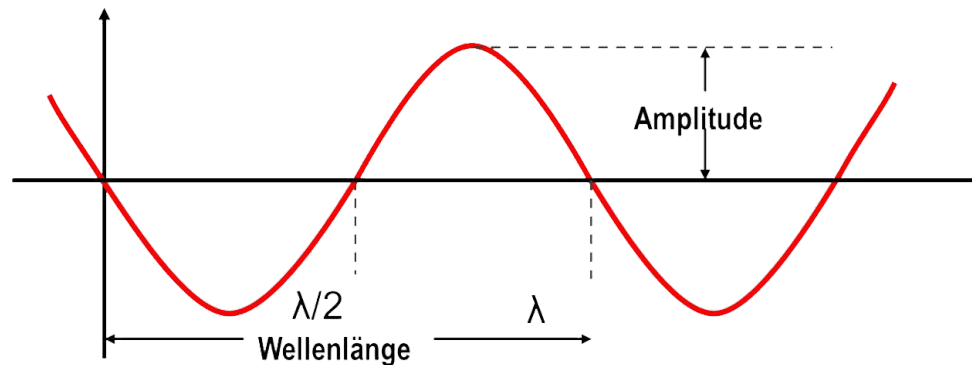
Datenübertragungssysteme

Ein **Datenübertragungssystem** besteht aus zwei oder mehreren **Datenstationen**, die zum Zwecke des Datenaustausches durch ein **Übertragungsmedium** (und mögliche Netzwerkknoten) miteinander verbunden sind.



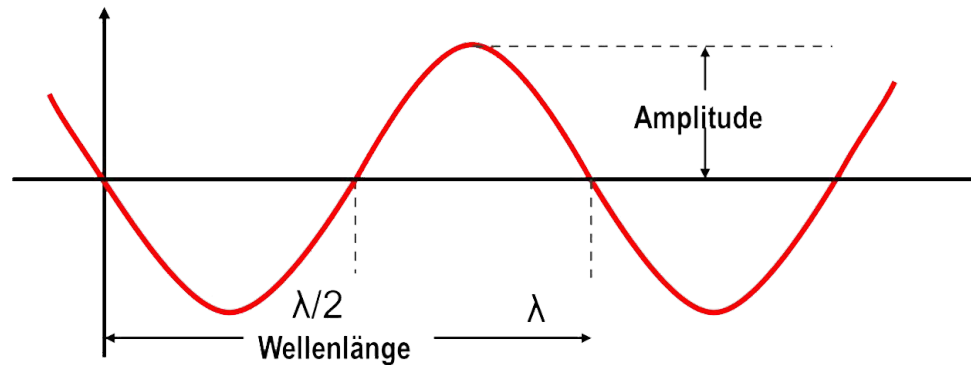
Übermittlung von Signalen

- Jede Bitfolge, die über ein Übertragungsmedium ausgetauscht wird, wird letztendlich analog durch **elektromagnetische Wellen** übertragen.
 - Beispiele:
Licht, Strom, Radiowellen, Infrarotwellen, Röntgenstrahlung, ...
- **Digitale Signale:** Interpretation dieser Wellen.


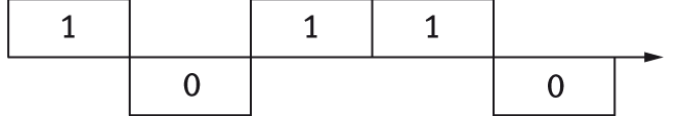
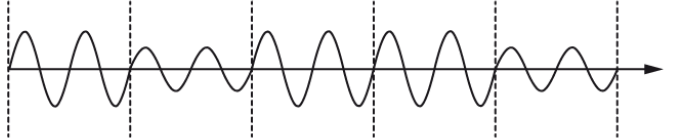
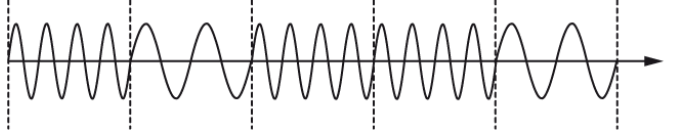
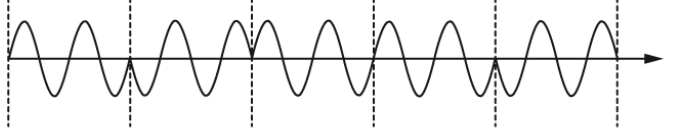


Signalparameter von elektromagnetischen Wellen

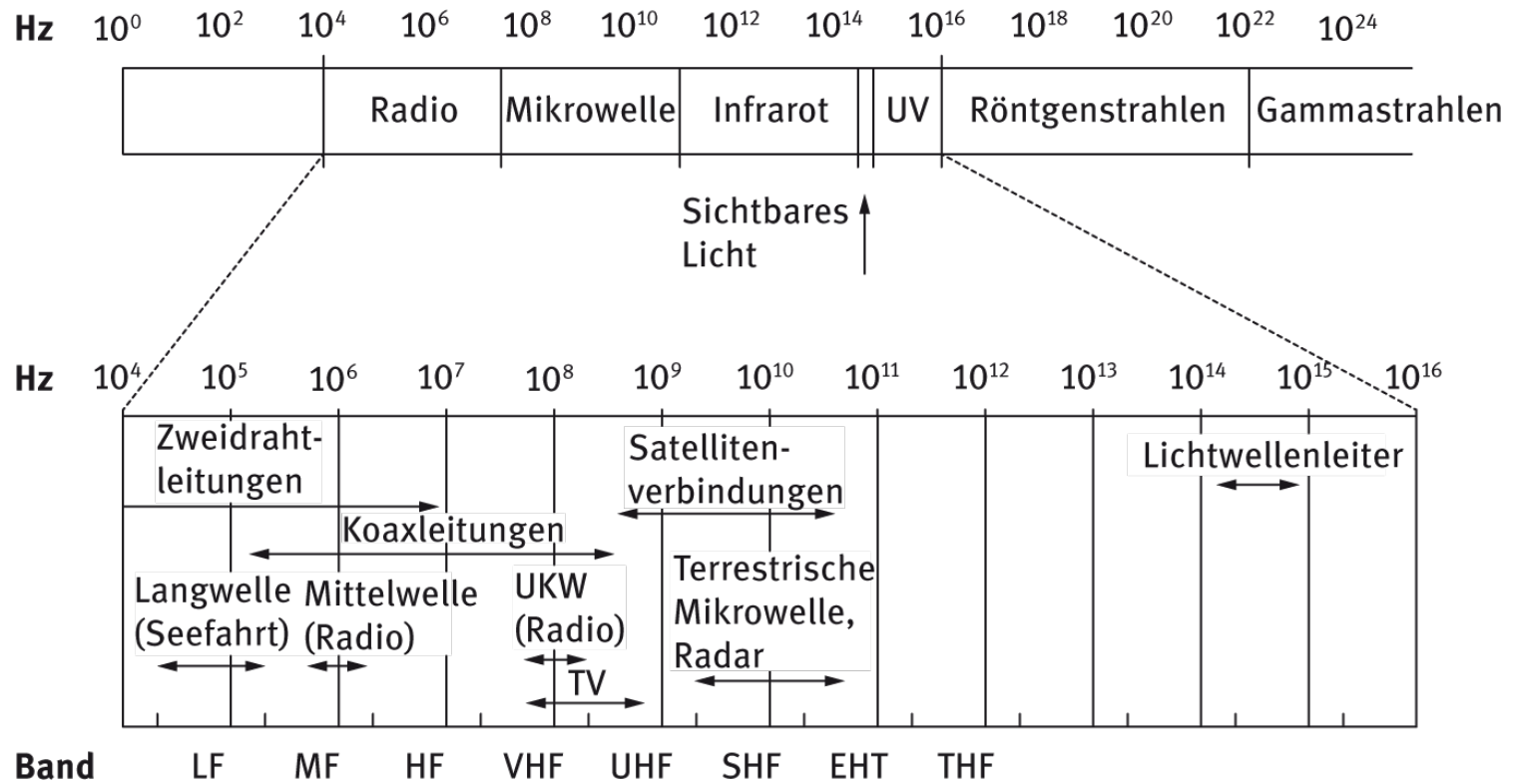
- **Frequenz:** Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit, in der Einheit Hertz (benannt nach Heinrich Hertz – abgekürzt: Hz) gemessen. 1 Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde.
- **Wellenlänge** λ : Abstand zwischen zwei gleichen, aufeinander folgenden Schwingungen. Reziprok zu Frequenz: $f = c / \lambda$
- **Amplitude:** Grad des Ausschlags (der Auslenkung) einer Schwingung von einem Nullpunkt aus zu einem positiven oder negativen Wert.
- **Phase** (engl.: phase) legt die Verschiebung (Anfangszeitpunkt) einer Schwingung fest.



Informationsdarstellung mit Signalparametern

Trägersignal		Ausgangssignal	
			
Verwendeter Signalparameter		Modulationsverfahren	
a)	Amplitude	Amplitudenmodulation 	
b)	Frequenz	Frequenzmodulation 	
c)	Phase	Phasenmodulation 	

Spektrum elektromagnetischer Wellen (nach Tanenbaum)



Übertragungsleistung

- **Übertragungskapazität:**

- Welche Datenmenge kann in einer bestimmten Zeit über ein Medium übertragen werden
- Einheit: bit/Sekunde (bspw. Kbit/s, Mbit/s, Gbit/s, Tbit/s, ...)

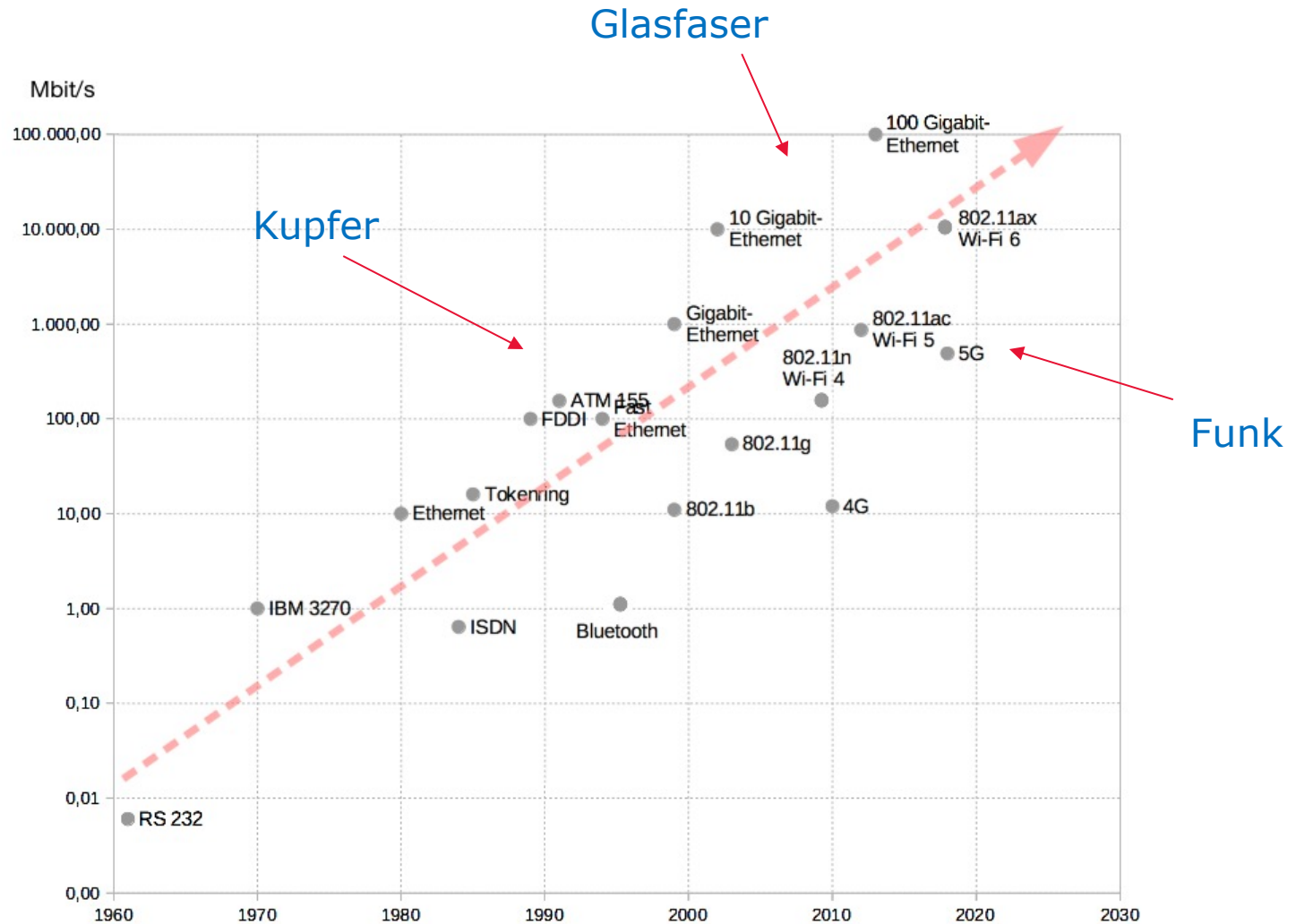
- **Signallaufzeit:**

- Zeitspanne, die ein Signal (und somit ein Bit) benötigt, um eine Strecke zwischen zwei Punkten zu durchlaufen.
- Abhängig von Ausbreitungsgeschwindigkeit (etwa Lichtgeschwindigkeit)
- Einheit: s, ms, μ s, ns

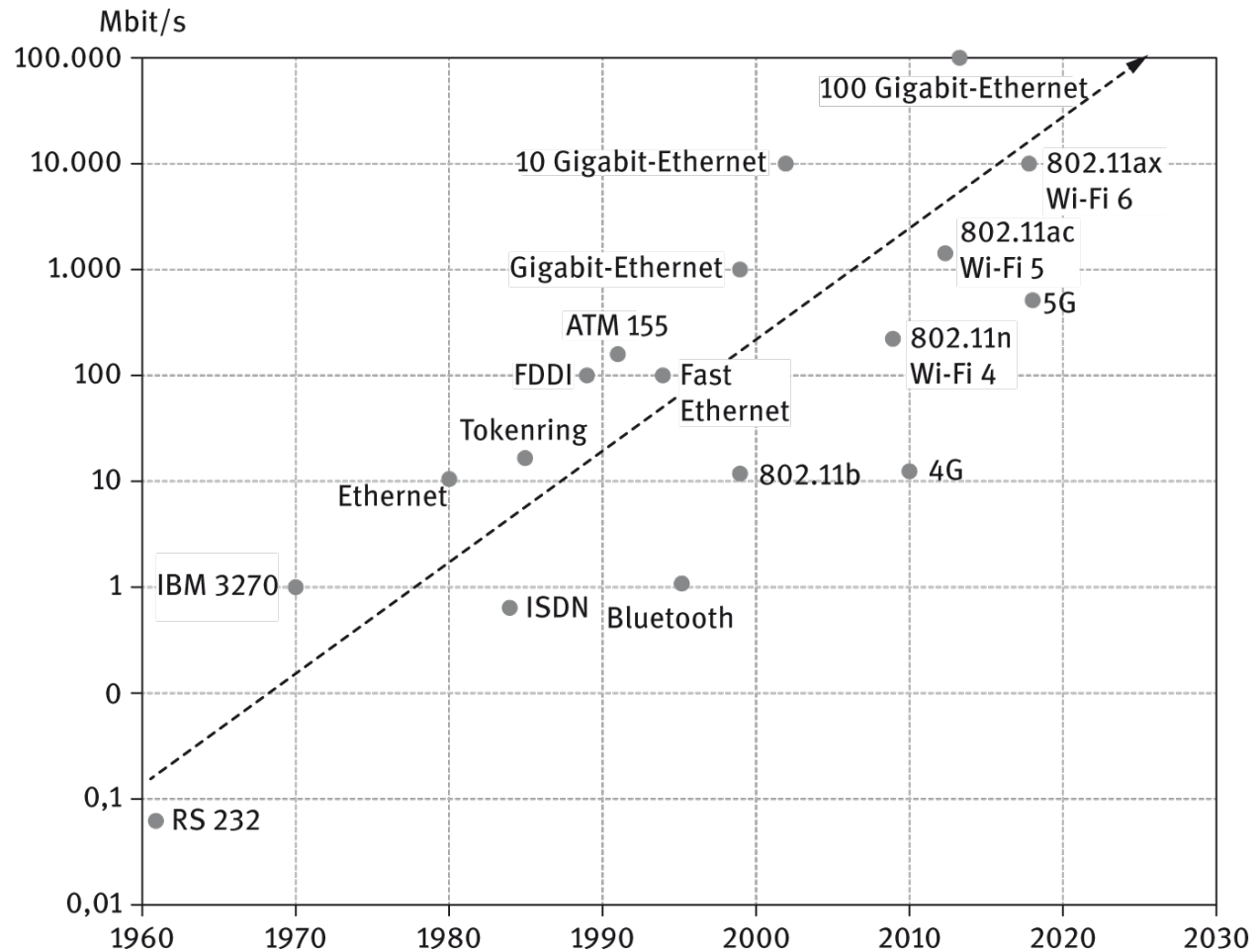
- **Ausbreitungsgeschwindigkeit:**

- Kupferkabel: etwa 75 Prozent Lichtgeschwindigkeit
- Glasfaserkabel: etwa 66 Prozent Lichtgeschwindigkeit

Entwicklung der Übertragungskapazitäten



Entwicklung der Übertragungskapazitäten



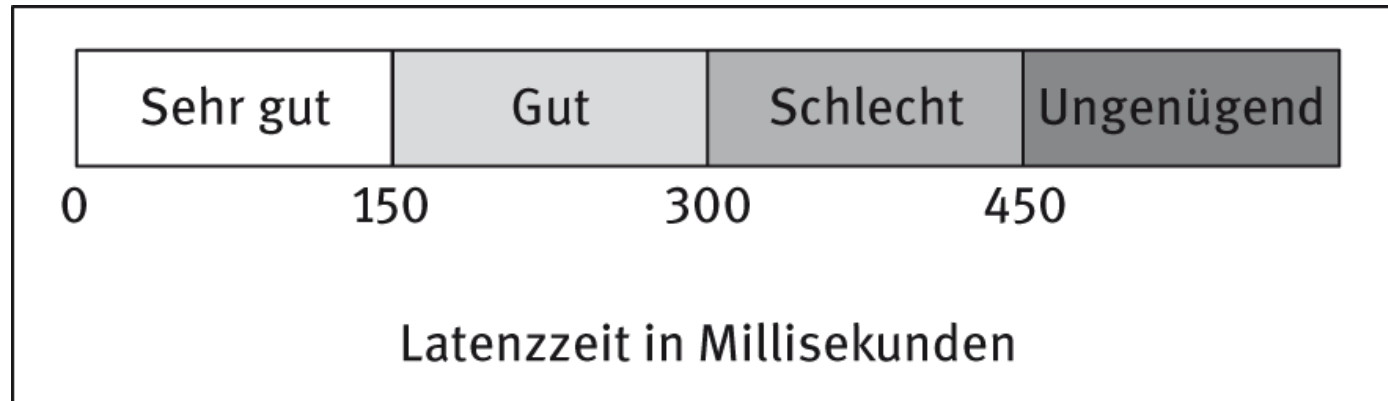
Übertragungsleistung (2/2)

- **Latenz:** Verzögerung zwischen dem Versenden und der Ankunft des ersten Datenbits einer Meldung. Ergibt sich aus
 - der Verzögerung beim Verschicken,
 - der Signallaufzeit über das Medium und
 - der Verzögerung beim Empfangen einer Bitfolge.

Die Latenz wird in Millisekunden (ms) angegeben.

- Bei interaktiven Diensten oft wichtiger/problematischer als die Übertragungskapazität!

Empfundene Verbindungsqualität und Latenz bei der Sprachkommunikation



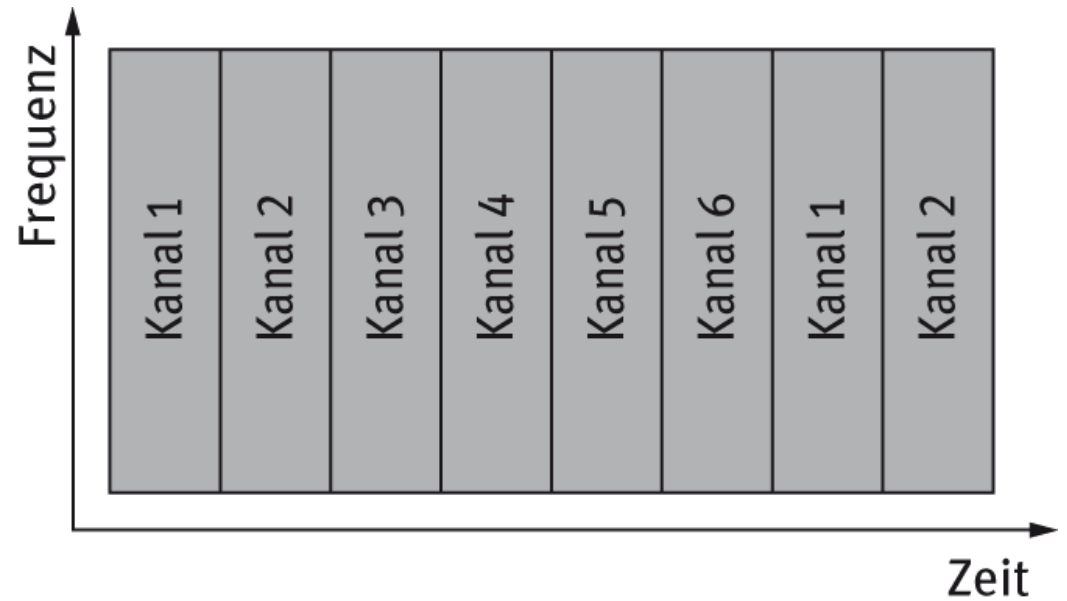
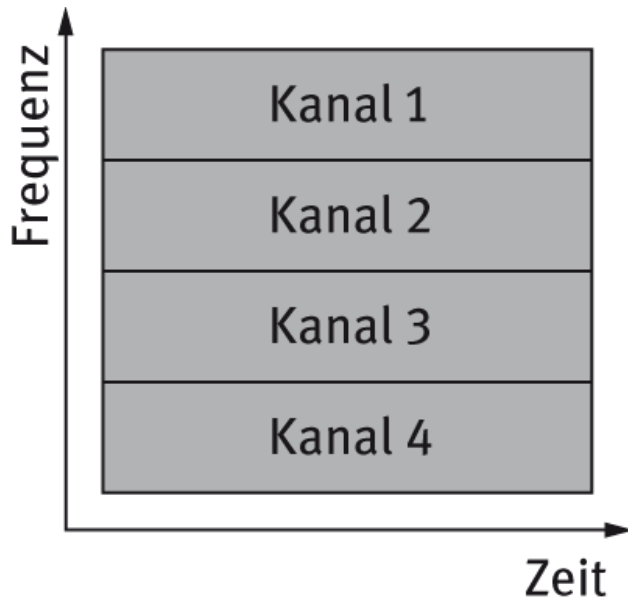
Beispiele für Latenz:

- Latenz über Glasfaser von Wien nach New York City: 30ms
- Latenz über hochfliegenden Satelliten: etwa 250 bis 300 ms
- Latenz Erde zum Mars: zwischen 3 bis 20 Minuten

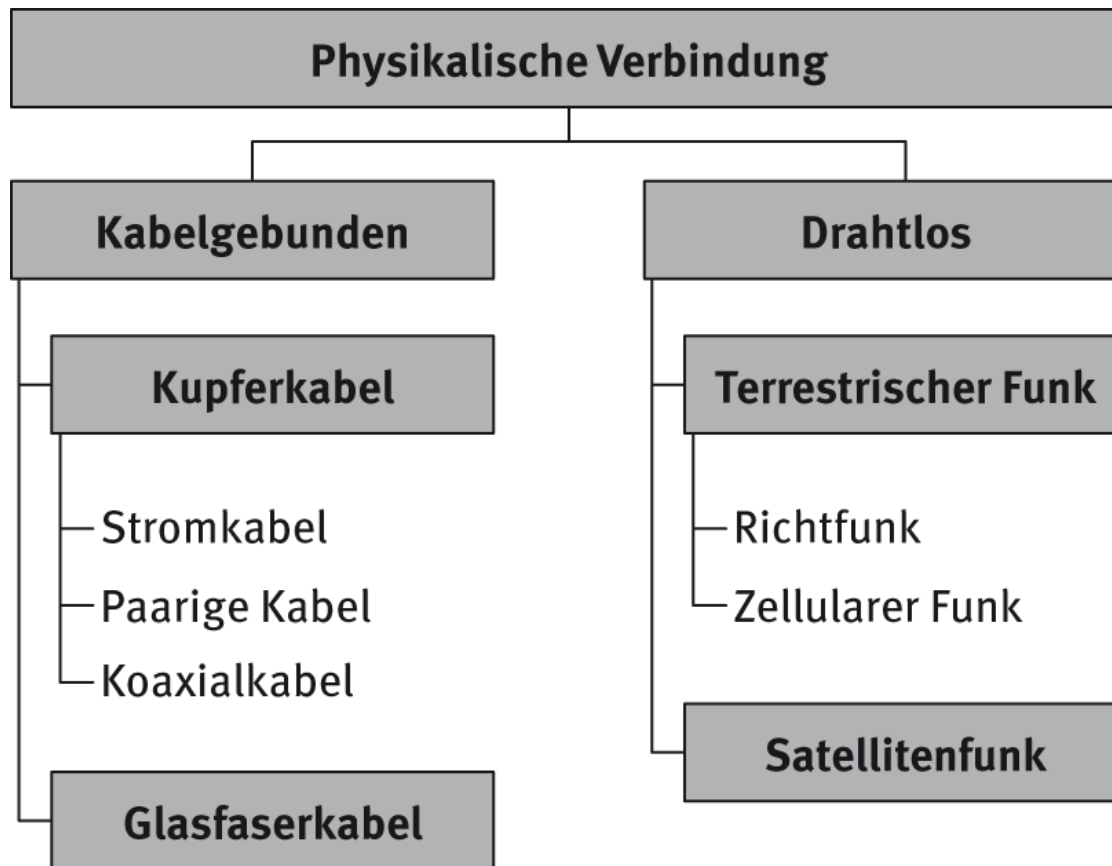
Logische und physische Datenkanäle

- Ein **Multiplexverfahren** (engl.: multiplexing) ist eine Übertragungstechnik, durch die mehrere getrennte Verbindungen (logische Kanäle) simultan über ein einzelnes physisches Übertragungsmedium oder über einen weiteren logischen Kanal übertragen werden. Hierbei wird die verfügbare Übertragungskapazität zwischen den logischen Kanälen aufgeteilt.
- Das **Frequenzmultiplexverfahren** (engl.: frequency division multiplexing; abgekürzt: FDM) verwendet für die logischen Kanäle verschiedene Frequenzbänder des gemeinsamen Übertragungsmediums.
- Das **Zeitmultiplexverfahren** (engl.: time division multiplexing; abgekürzt: TDM) erlaubt logischen Kanälen exklusive Nutzungsrechte für kurze Zeitintervalle.

Frequenz- und Zeitmultiplexverfahren



Übertragungsmedien

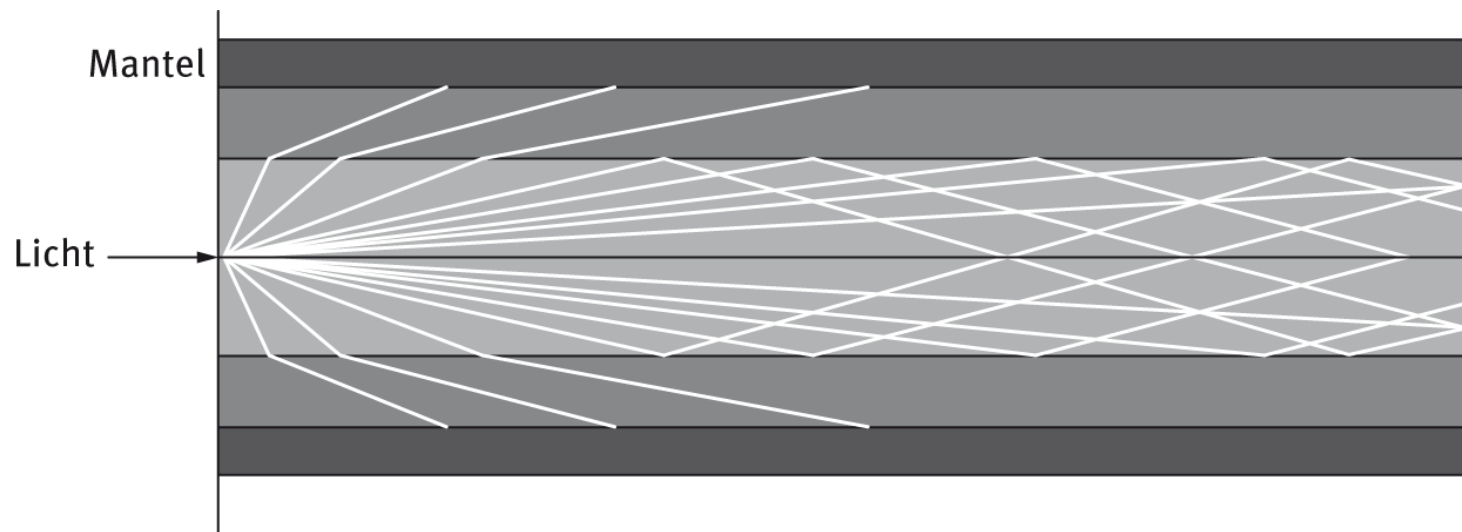


Kabel

- Die in der Telefonie verwendeten **verdrillten Kupferkabel** (*Zweidrahtkupferleitungen*, engl.: twisted pair cable) sind derzeit das am weitesten verbreitete Übertragungsmedium für die Individualkommunikation. Hierbei erfolgt die Übertragung auf elektromagnetischem Wege über zwei Kupferleiter. Die Drähte sind miteinander verdrillt, um so weit wie möglich das Übersprechen benachbarter Adern innerhalb eines Kabels auszuschließen.
- In einem **Koaxialkabel** (engl.: coaxial cable) sind zwei Kupferleiter ineinander liegend (koaxial) angeordnet. Innerhalb – in der Achse, daher der Name – des hohlen Außenleiters (Grund) befindet sich der isolierte Innenleiter (Signal).

Lichtwellenleiter

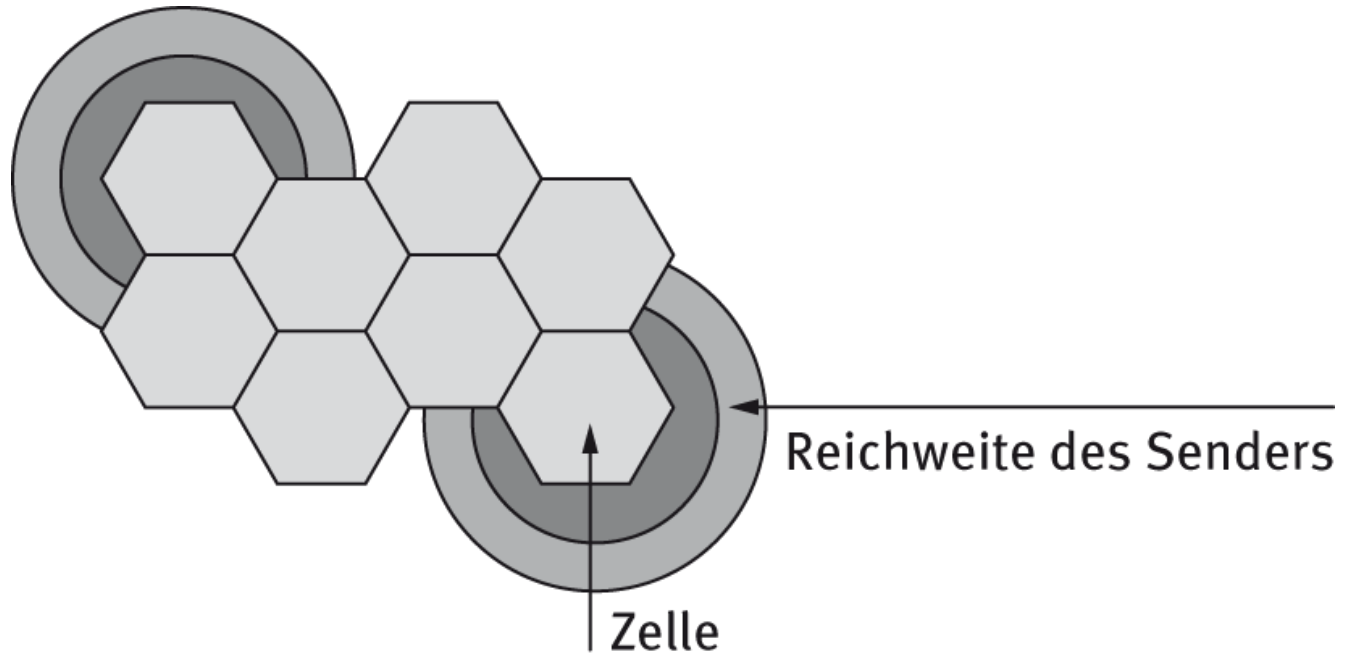
- In **Lichtwellenleitern** (engl.: optical fiber cable) erfolgt die Informationsübertragung durch dünne Glas- oder Kunststofffasern mittels sehr kurzer Laserlichtimpulse (im Nanosekundenbereich) in hoher Impulsrate (Bandbreite bis hin zu 1 THz). Lichtwellenleiter werden häufig auch als *Glasfaserkabel* bezeichnet.



Drahtlose Übertragungsmedien

- Der Begriff **Rundfunk** (engl.: broadcast radio transmission) bezieht sich auf die Aussendung von elektromagnetischen (Radio-)Wellen zur Datenübertragung an viele Adressaten, oft über Antennen, die in alle Richtungen abstrahlen. Bei **Richtfunk** (engl.: directional radio beam transmission) wird ein gebündelter Funkstrahl an die speziell ausgerichtete Antenne eines Adressaten übertragen.
- Unter einem **Zellulernetz** (engl.: cellular network) wird ein Funknetzwerk verstanden, bei dem eine große Fläche durch mehrere, einander am Rand überlappende Sendezellen versorgt wird.

Zellulernetz



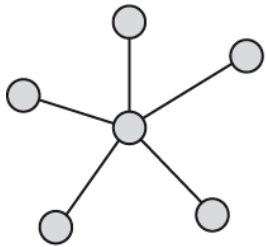


12.2 Rechnernetze

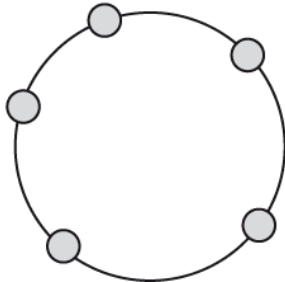
Rechnernetz und Netzwerktopologie

- **Rechnernetz:** räumlich verteiltes System von Datenstationen, die durch Datenübertragungseinrichtungen und -wege miteinander verbunden sind.
- **Netzwerktopologie:** Struktur, wie Datenstationen physisch mit einander verbunden werden können.

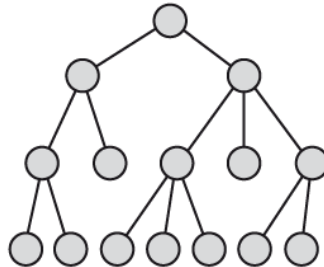
Sternnetz



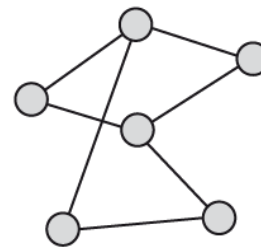
Schleifennetz



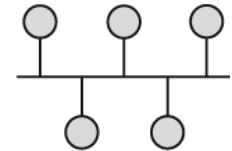
Baumnetz



Maschennetz

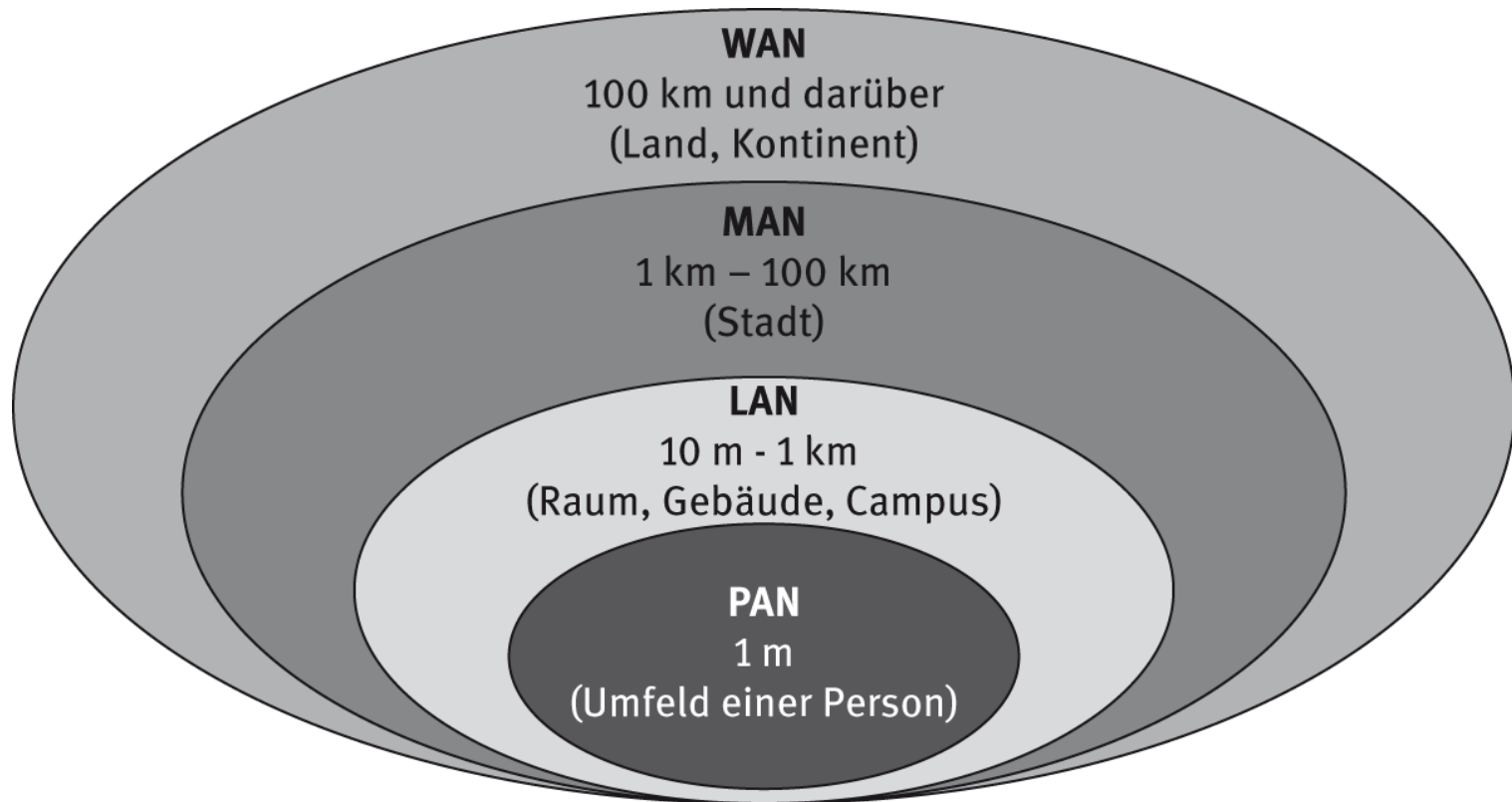


Busnetz



- **Teilstreckennetzwerk:** Verbindung zwischen Datenstationen erfolgt über Teilstrecken, die auch unterschiedliche Übertragungsmedien nutzen können
- **Diffusionsnetzwerk:** Datenstationen sind an das gleiche Übertragungsmedium angeschlossen; ein gesendetes Paket kann potenziell von allen Datenstationen empfangen werden (Beispiel: Funknetz, WLAN, lokale Netze)

Klassifikation von Rechnernetzen nach der räumlichen Ausdehnung



Kommunikationsprotokoll

- **Offenes Kommunikationssystem**

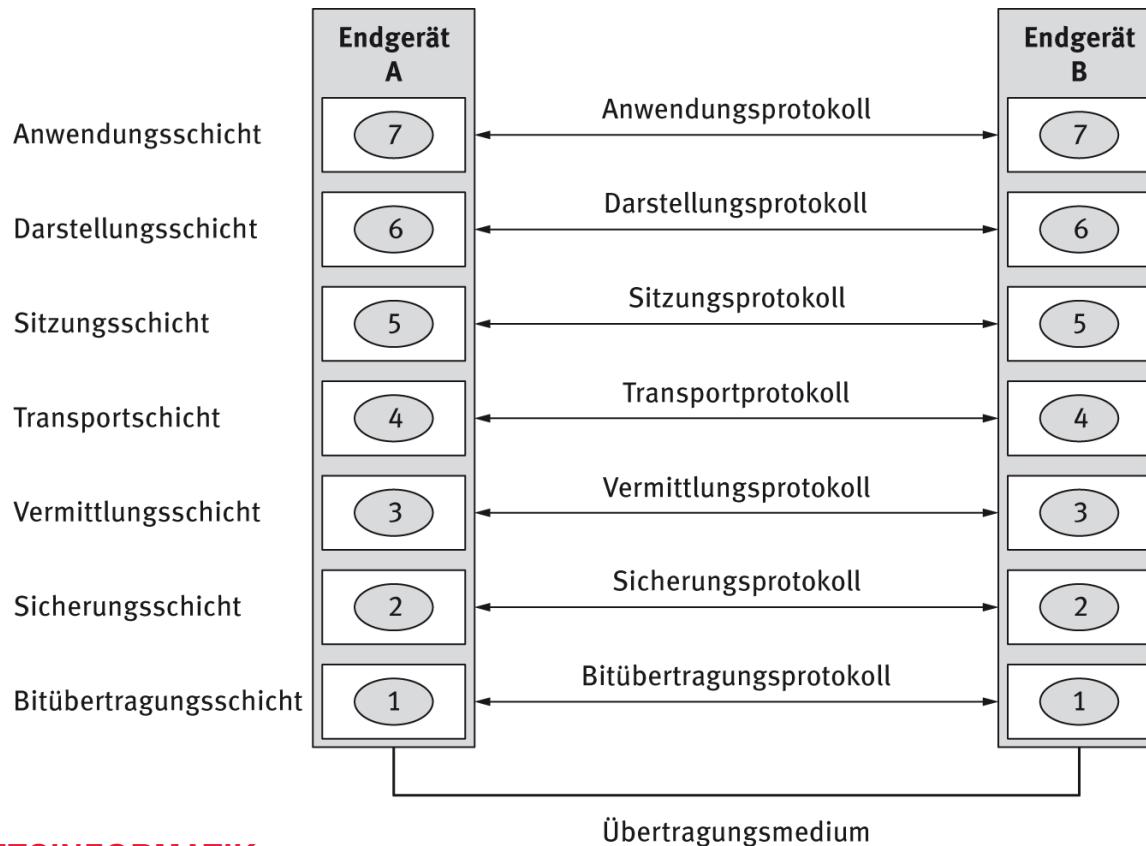
- Herstellerunabhängig (offene Standards)
- Unterstützt Interoperabilität (heterogene Netzwerke)
- Gegenteil: proprietäres Kommunikationssystem, Funktionsweise „Firmengeheimnis“

- **Kommunikationsprotokoll**

- Festgeschriebene Konvention für die Kommunikation zwischen Datenstationen (Beispiel: HTTP, das Protokoll für das Web)
- Regelt Aufbau von Meldungen:
 - Syntax
 - Repräsentationsgrößen
 - notwendige Inhalte
- Legt fest, welche Antworten auf Meldungen erfolgen müssen/können.

ISO/OSI-Referenzmodell

- **Schichtenmodell** für die Kommunikation zwischen Datenstationen in einem offenen heterogenen Netzwerk
- **Einordnung** von (alternativen) Kommunikationsprotokollen nach Aufgaben

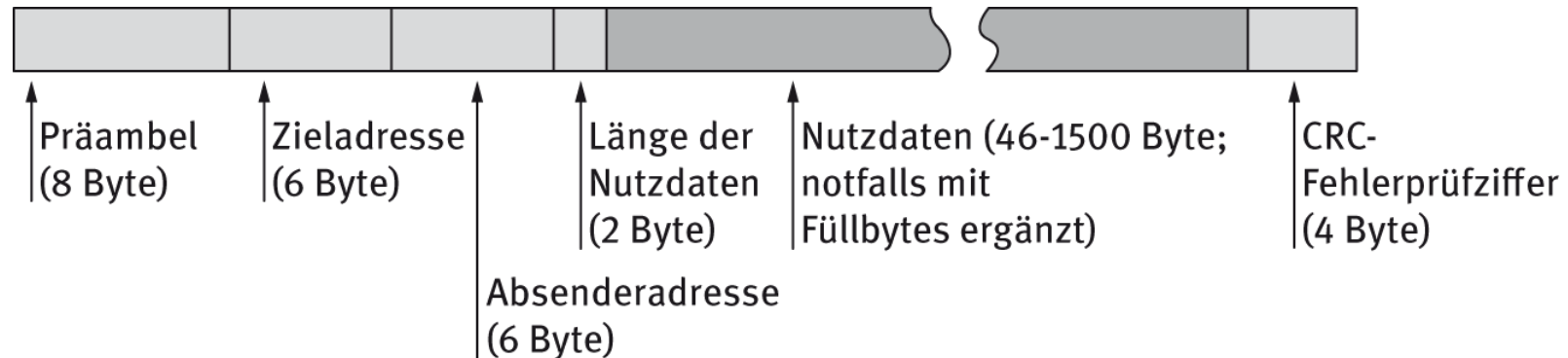


Sicherungsschicht: Versenden von Datenpaketen

- **Inhalte und Repräsentationsgrößen von Datenpaketen**

Beispiel: Aufbau eines 10-Mbit-Ethernet Pakets

Beachte: Protokolloverhead



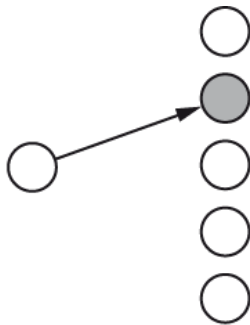
- **Gesicherte Übertragung (Fehlererkennung und -behandlung)**

- **Zugangsregelung:**

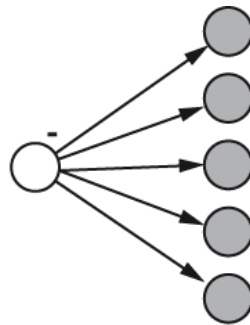
- bei Diffusionsnetzwerken
- Wer darf wann senden?

Sicherungsschicht: Adressierung

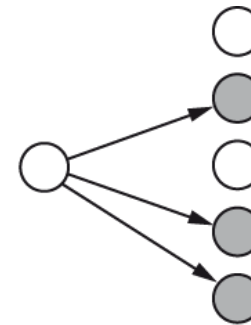
- **Punkt-Adressierung:** Adressierung einer Datenstation
- **Mehrpunkt-Adressierung:** Adressierung mehrerer Datenstationen. Ein Paket ist für mehrere Empfänger bestimmt, das Paket wird von allen bezeichneten Datenstationen empfangen.
- **Broadcast-Adressierung:** Adressierung aller Datenstationen. Ein Paket wird an alle (an das Medium angeschlossenen) Datenstationen gesendet.



Punkt-
Adressierung



Broadcast-
Adressierung

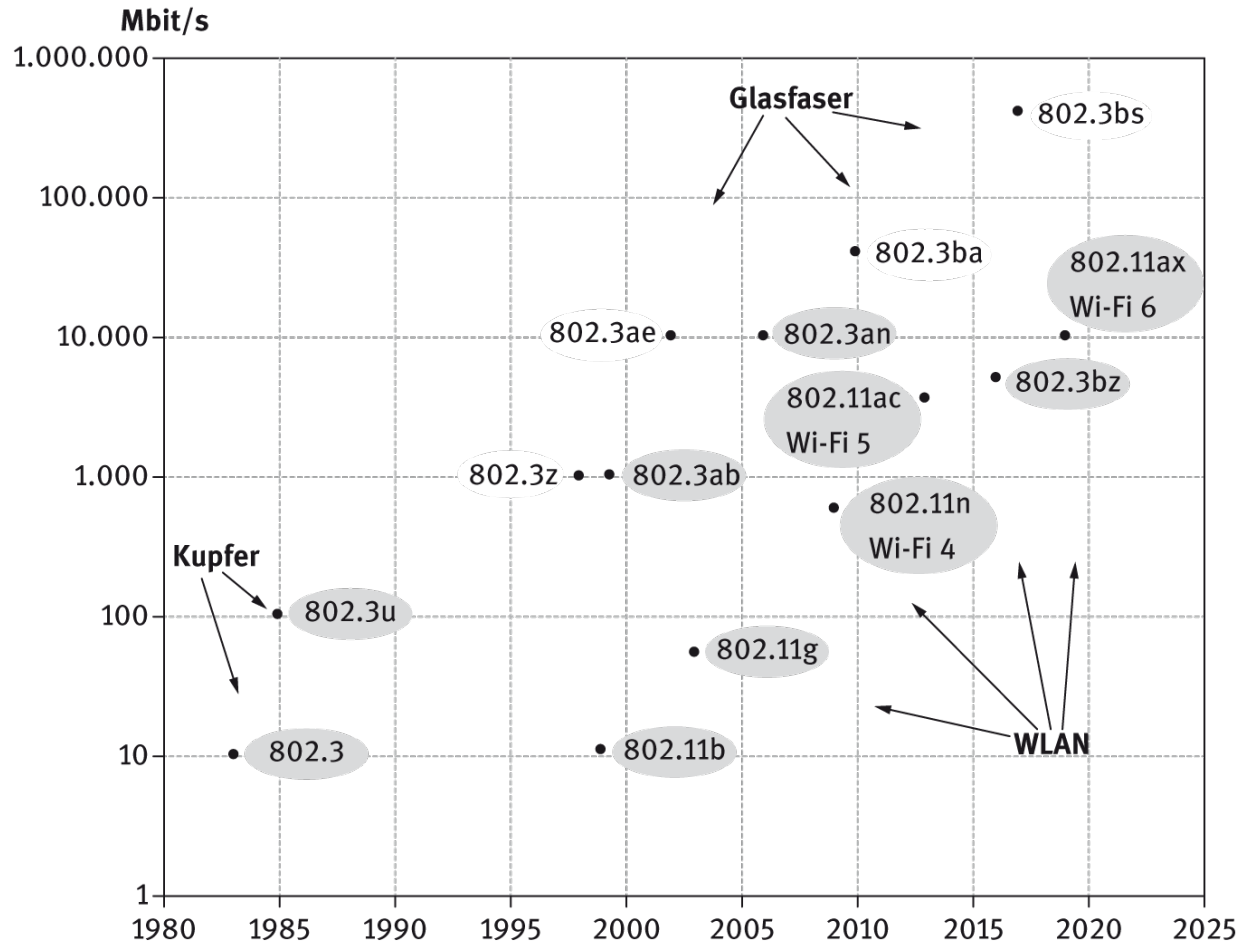


Mehrpunkt-
Adressierung

Sicherungsschicht: Zugangsverfahren

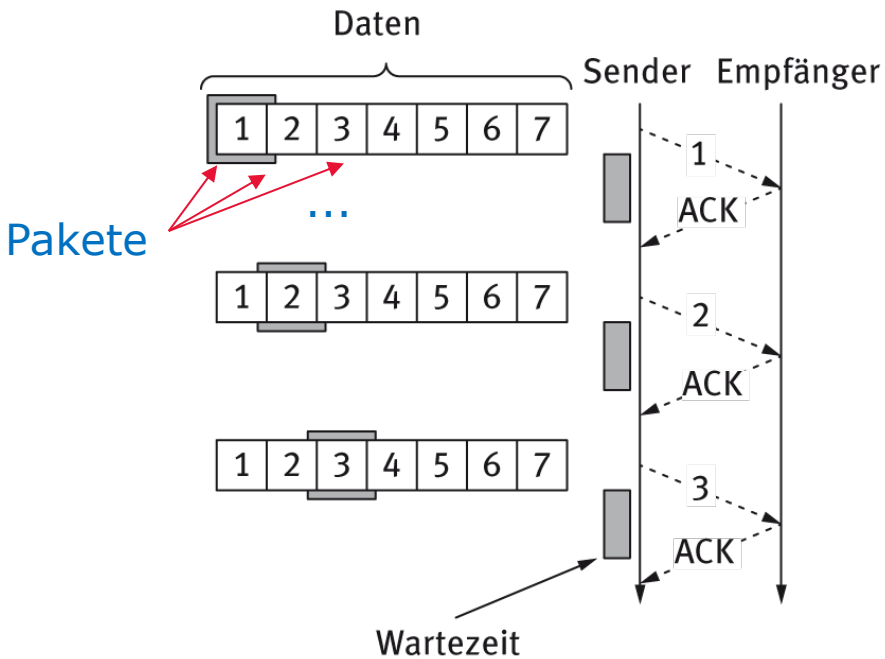
- Bei einem **Diffusionsnetz** (engl.: broadcast network, shared media network) werden alle Knoten an ein gemeinsames (das gleiche) physikalisches Übertragungsmedium angeschlossen, über das Datenpakete ausgetauscht werden. Jeder Knoten kann prinzipiell auf jedes Datenpaket zugreifen, welches über das gemeinsame Medium ausgetauscht wird. Innerhalb von Diffusionsnetzen ist daher keine Wegwahl erforderlich.
- Beim Zugangsverfahren **CSMA** (Abkürzung von engl.: carrier sense multiple access) ist jede Datenstation prinzipiell zu jedem Zeitpunkt sendeberechtigt. Bei diesem Verfahren horcht eine sendewillige Station zunächst am Übertragungsmedium und prüft damit, ob eine andere Station gerade sendet. Ist das Medium frei, so kann die Station senden.

Protokolle der Ethernet-Familie

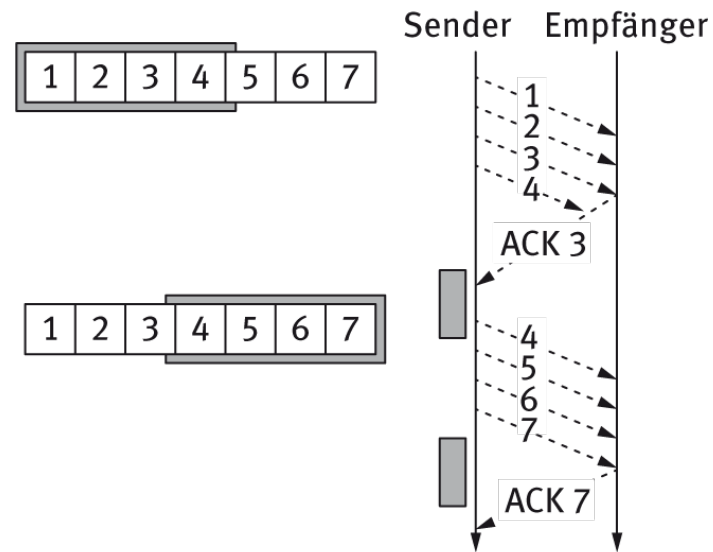


Sicherungsschicht: Flusssteuerung

- **Flusssteuerung:** Synchronisation der **Übertragungsrate** zwischen zwei Datenstationen.
- Wie erfährt der Sender, dass der Empfänger weitere Pakete empfangen kann?



Send-and-Wait Protokoll



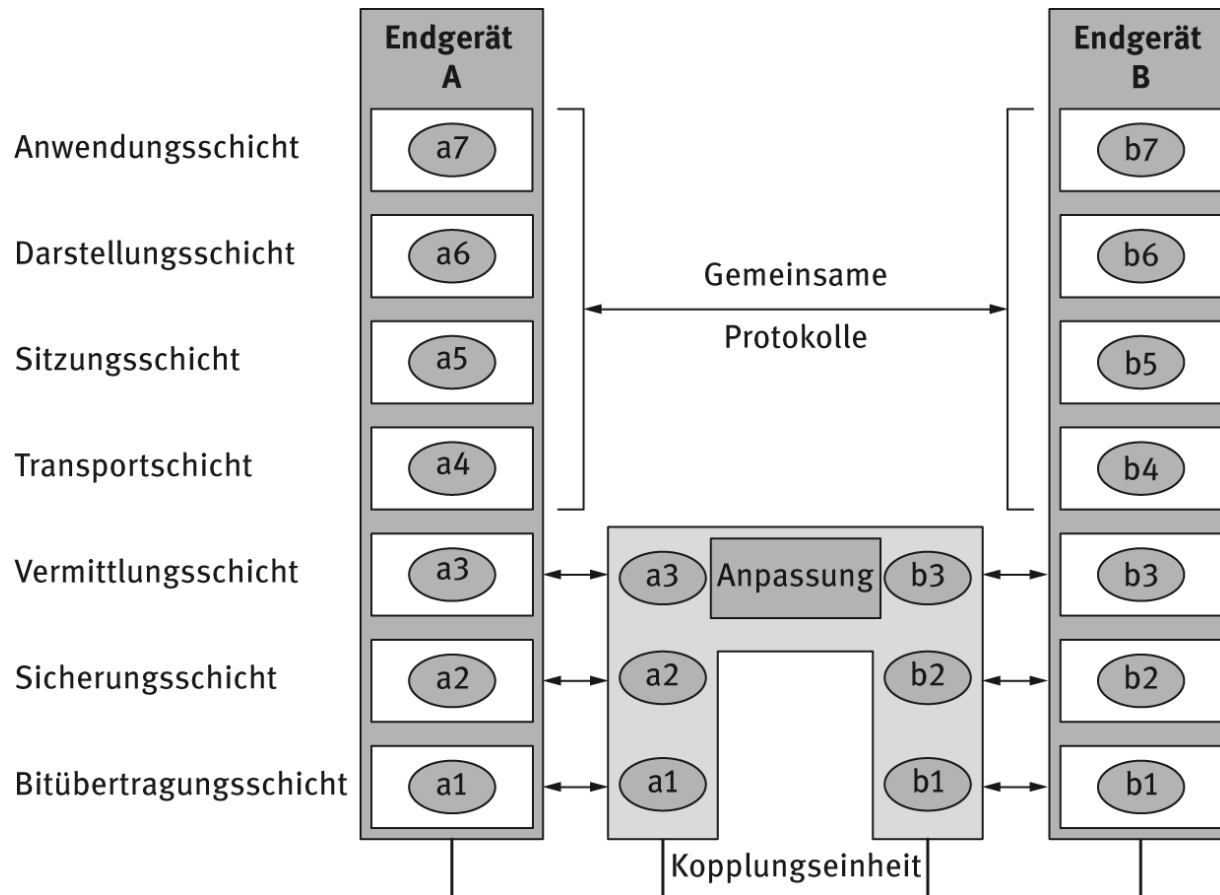
Sliding-Window Protokoll

Vermittlungsschicht: Wegwahl

- Finden von Wegen in **Teilstreckennetzen**
 - Datenstationen empfangen Datenpakete, untersuchen, ob diese Datenpakete für sie bestimmt sind und leiten sie gegebenenfalls weiter.
 - Von einer Datenstation existieren potenziell viele Wege zum Bestimmungsort.
- Wegwahleinheit: „Router“
- In einem **Diffusionsnetz**: nicht notwendig

Kopplungseinheiten

Aufgabe: Verbindung von Netzwerksegmenten (Übertragungsmedien)



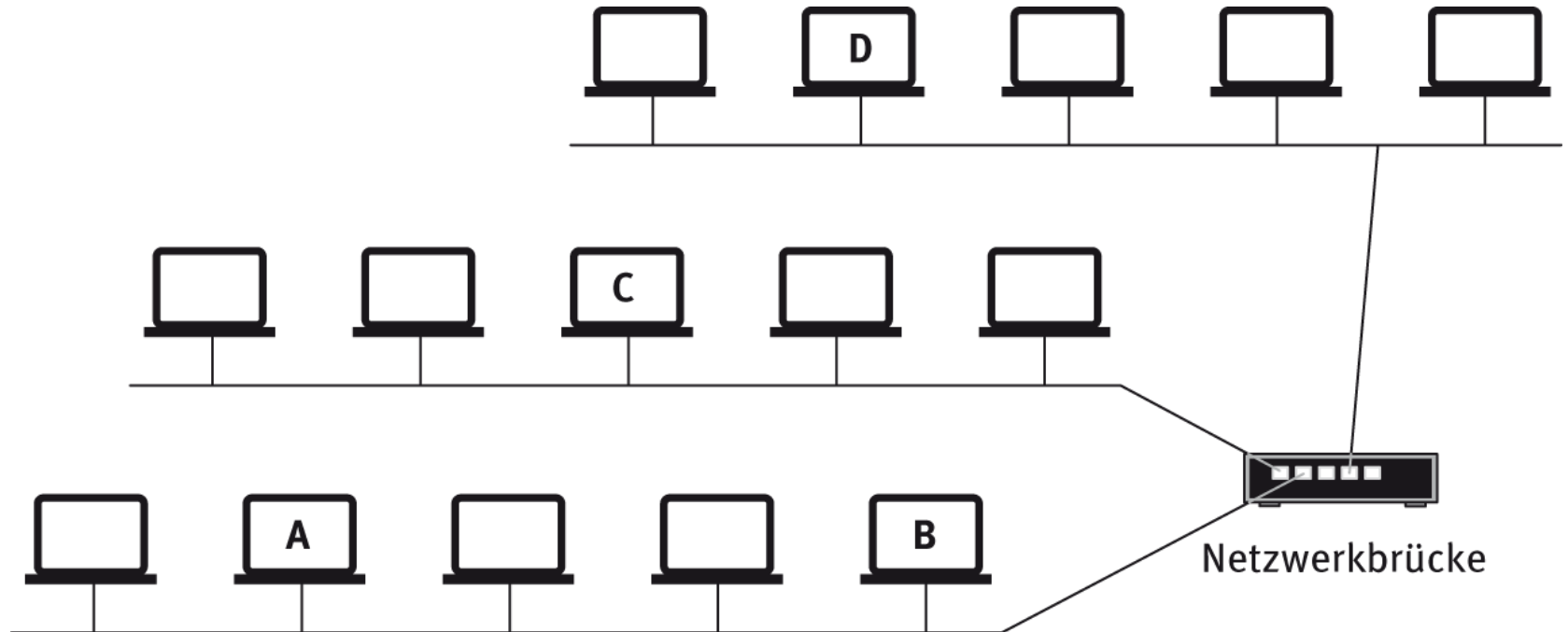
Kopplungseinheiten

Hub: Kopplungseinheit, an die mehrere Netzwerksegmente angeschlossen werden

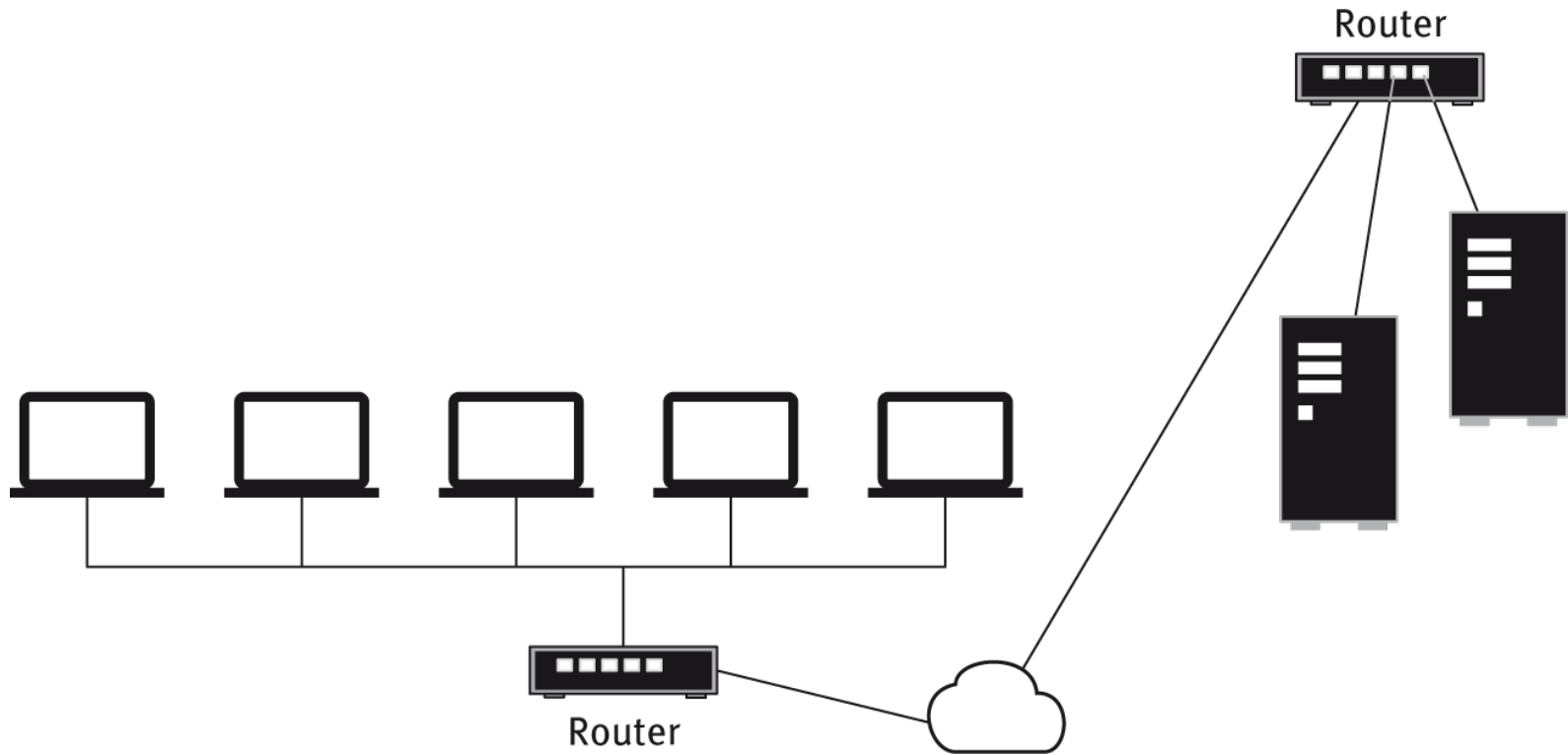
Unterscheidung nach Schichten:

- **Repeater:** Kopplungseinheit auf der Bitübertragungsschicht (empfängt elektrische oder optische Signale (Bits) an einem Anschluss und sendet diese an alle weiteren angeschlossenen Netzwerksegmente)
- **Netzwerkbrücke:** Kopplungseinheit auf der Sicherungsschicht (empfängt Pakete von einem Netzwerksegment, prüft und sendet diese in ein oder mehrere andere Netzwerksegmente weiter)
- **Router** (Wegwahleinheit): Kopplungseinheit auf der Vermittlungsschicht (empfängt Pakete auf einer Teilstrecke, ermittelt den Weg und sendet Pakete auf der nächsten Teilstrecke weiter)
- **Anwendungs-Gateway:** Kopplungseinheit auf der Anwendungsschicht.

Verbindung dreier Netzwerksegmente mittels einer Netzwerkbrücke



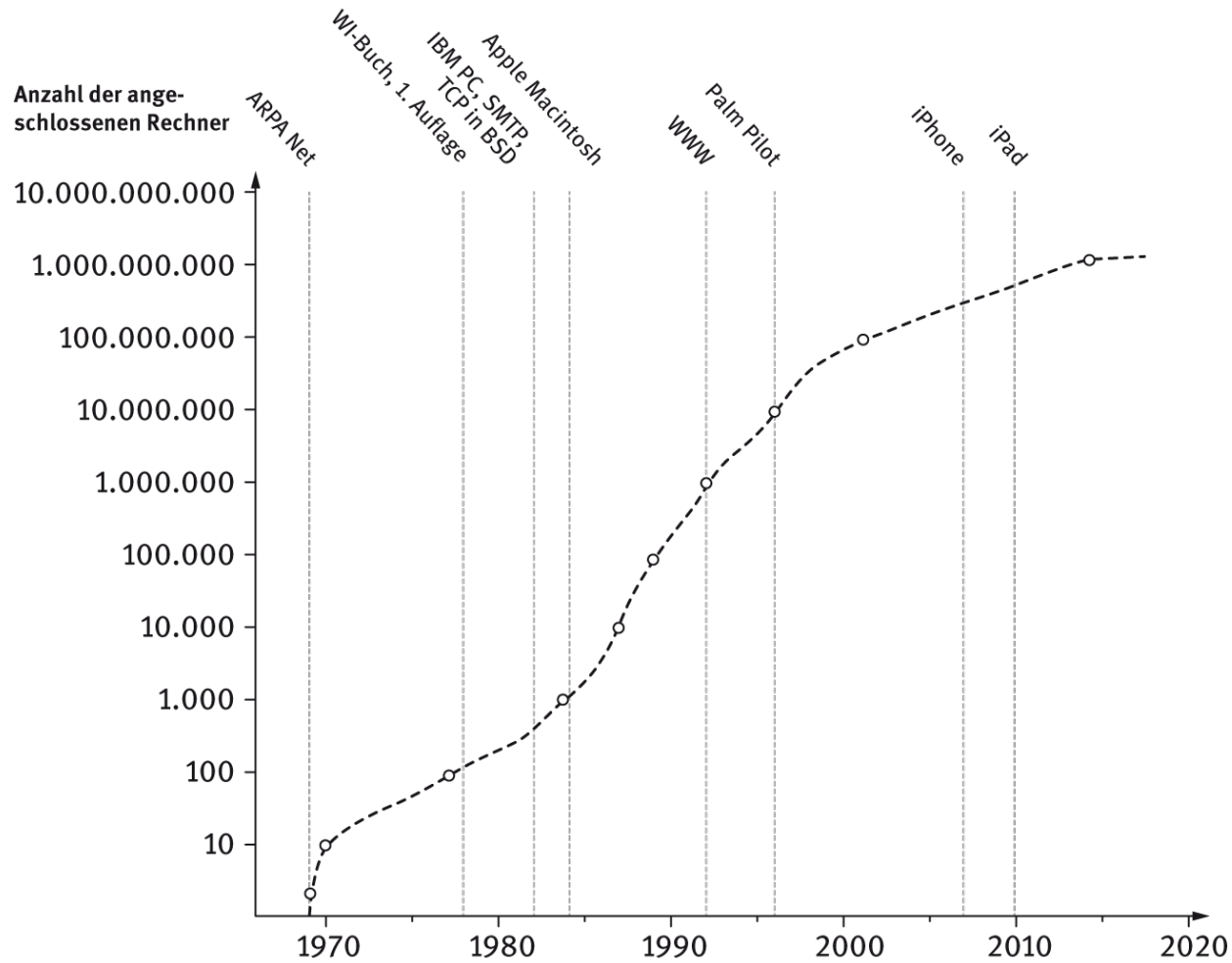
Anbindung von lokalen Netzen an das Internet über einen Router





12.3 Internet-Protokolle

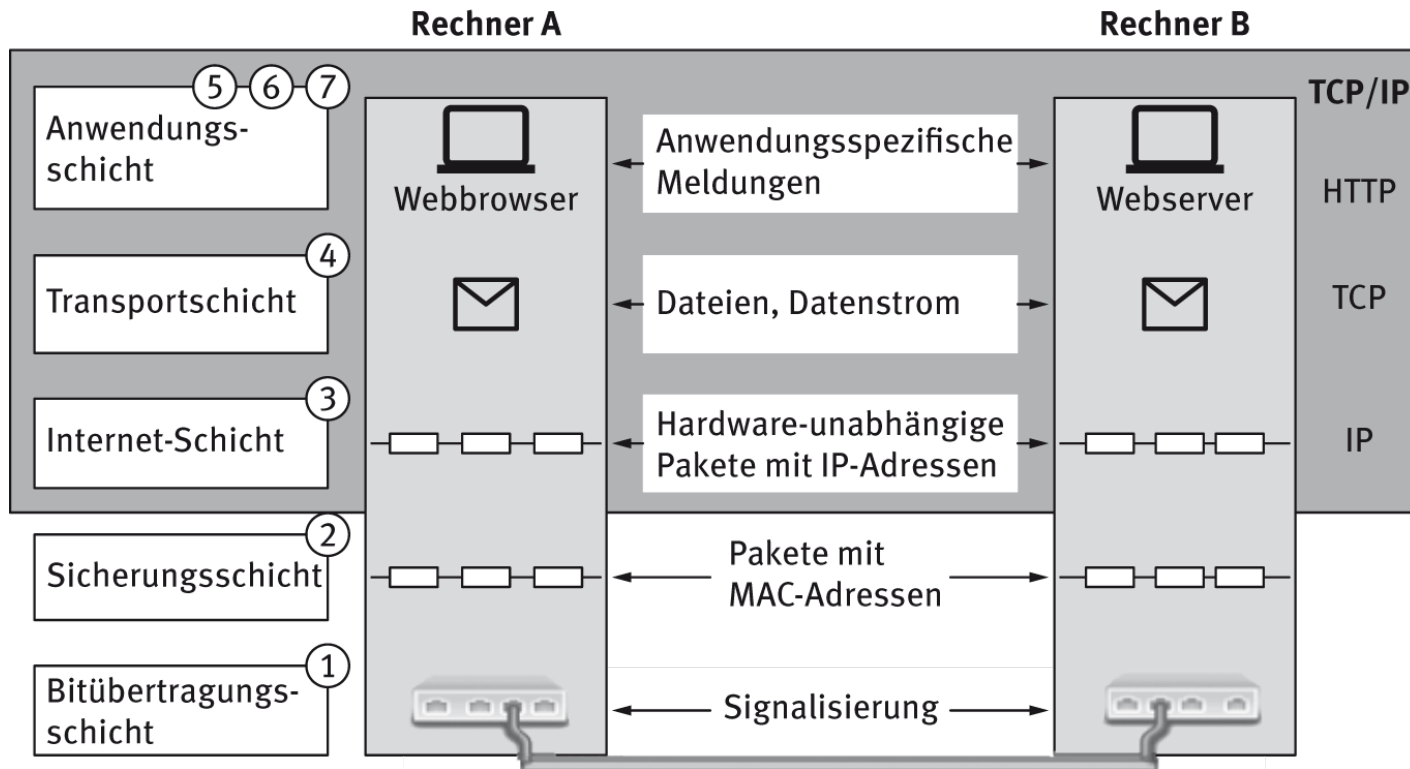
Entwicklung des Internets: Anzahl der angeschlossenen Rechner



Netzneutralität

- Unter **Netzneutralität** (engl.: net neutrality) versteht man den offenen Zugang zu einem Rechnernetz und die Gleichbehandlung von allen rechtmäßigen Daten bei der Datenübertragung.

Schichtenmodell von TCP/IP

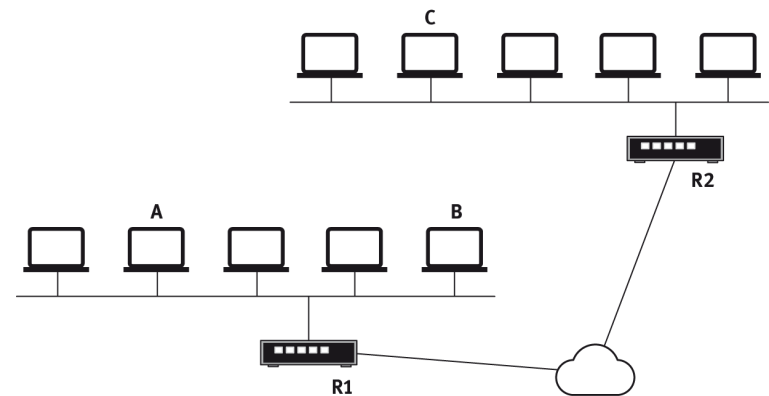


IP-Adressen

- IP-Adressen ermöglichen **hardwareunabhängige Adressierung**
- IP-Adressen sind notwendig, um unterschiedliche lokale Netze (auf der zweiten Schicht: Sicherungsschicht) zu verbinden
- Zuordnung zwischen physischer Adresse (MAC-Adresse) und IP-Adresse über ARP-Protokoll

Ablauf: A will an B senden, kennt nur IP-Adresse von B:

1. A Broadcast: wer hat/kennt MAC-Adresse von B?
2. B antwortet: ich bins!
3. A liest aus der Antwort die MAC-Adresse von B

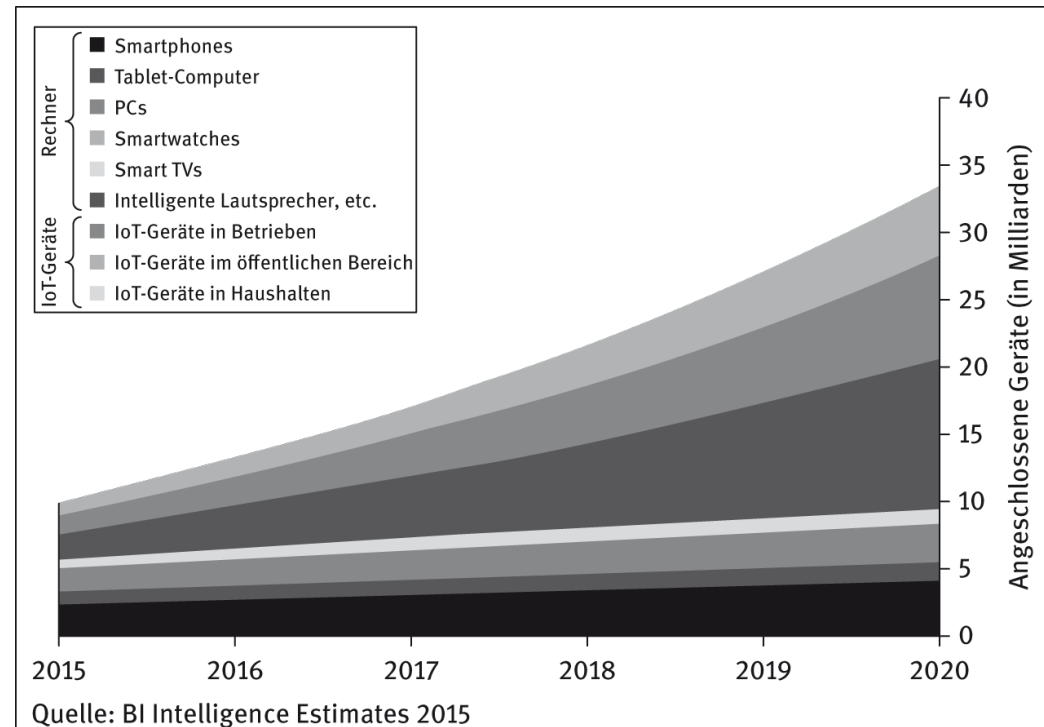


- IP-Adresse teilt sich in **Netzwerkadresse** (wie finde ich das lokale Netz) und **Rechneradresse** (wie finde ich einen Rechner im lokalen Netz)
- Zwei Varianten: **IPv4** und **IPv6**

IPv4

■ IPv4:

- Repräsentationsgröße der IP-Adresse: 32 Bit (4 Bytes)
- Beispiel: 137.208.116.240
- Max: 4 Mrd. möglich
- Bedarf 2020: > 30 Mrd.
- weltweiter Mangel an IPv4-Adressen!



Klassifikation von IPv4-Adressen

0	8	16	24	32
Adressklasse A				
0	Netzadresse (7 Bits)	Rechneradresse (24 Bits)		
0-127				
Adressklasse B				
10	Netzadresse (14 Bits)		Rechneradresse (16 Bits)	
128-191				
Adressklasse C				
110	Netzadresse (21 Bits)			Rechneradresse (8 Bits)
192-223				
Adressklasse D				
1110	Mehrpunktadressen			
224-239				
Adressklasse E				
1111	reserviert			
240-255				

Klassen von IPv4-Adressen

0	8	16	24	32
Adressklasse A				
0	Netzadresse (7 Bits)		Rechneradresse (24 Bits)	
0-127				
Adressklasse B				
10	Netzadresse (14 Bits)		Rechneradresse (16 Bits)	
128-191				
Adressklasse C				
110	Netzadresse (21 Bits)		Rechneradresse (8 Bits)	
192-223				
Adressklasse D				
1110	Mehrpunktadressen			
224-239				
Adressklasse E				
1111	reserviert			
240-255				

IPv6

- **IPv6:**

- Repräsentationsgröße der IP-Adresse: 128 Bit (16 Bytes)
- Beispiel: 2a03:2880:f107:83:face:b00c::25de
- Mögliche Anzahl 2^{128} , 340 Sextillionen ($3,4 \cdot 10^{38}$) Adressen
- Pro mm^2 der Erdoberfläche können etwa $6.665 \cdot 10^{17}$ (über 666 Billionen) Adressen vergeben werden!

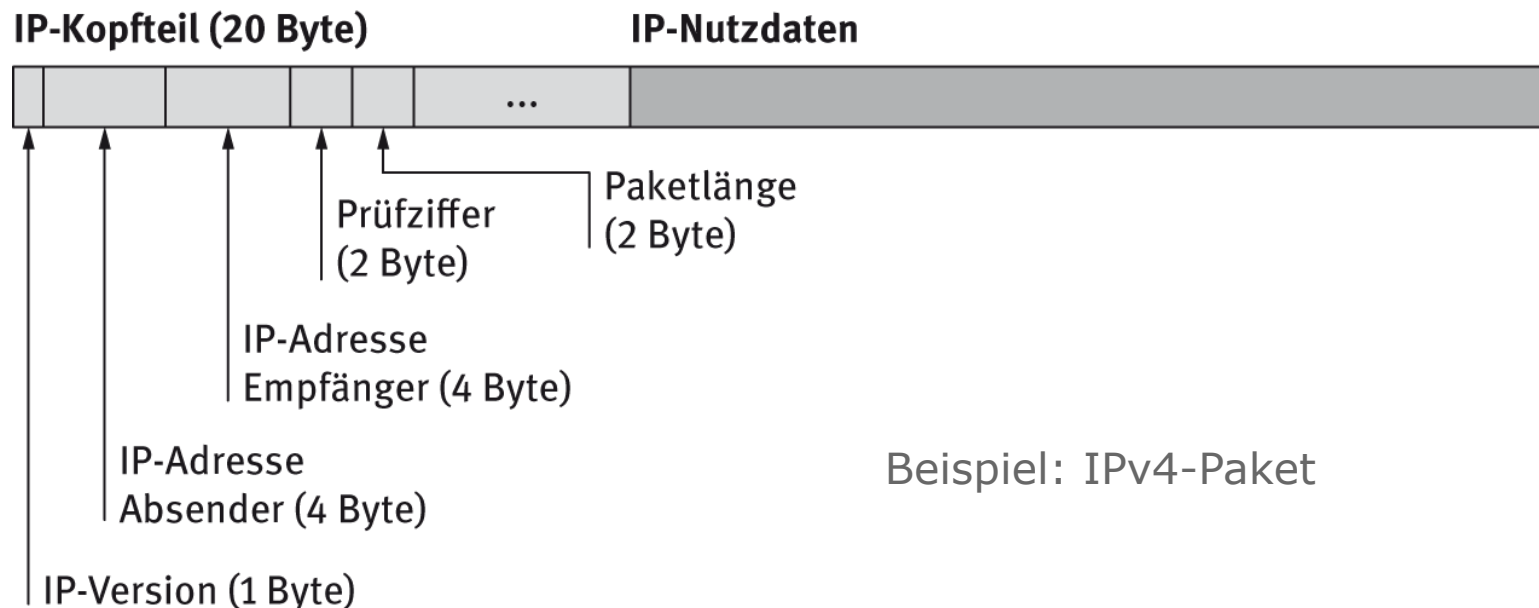
- **Probleme:**

- Umstellung schleppend
- Verlangt, dass alle Programme IPv6 verarbeiten können
- Mehraufwand für Anwender: Firewalls müssen überall auf IPv6 angepasst werden, etc.
- Allerdings durch Mangel wird der Druck höher

IP-Pakete

Jedes **IP-Paket**

- ist ein **Datagramm** (Paket mit Absender- und Zieladresse)
- besteht aus einem **Kopfteil** (Steuerinformation) und aus einem **Nutzdatenbereich**.
- Wird im Nutzdatenbereich des Protokolls auf der Sicherungsschicht (bspw. Ethernet) übertragen

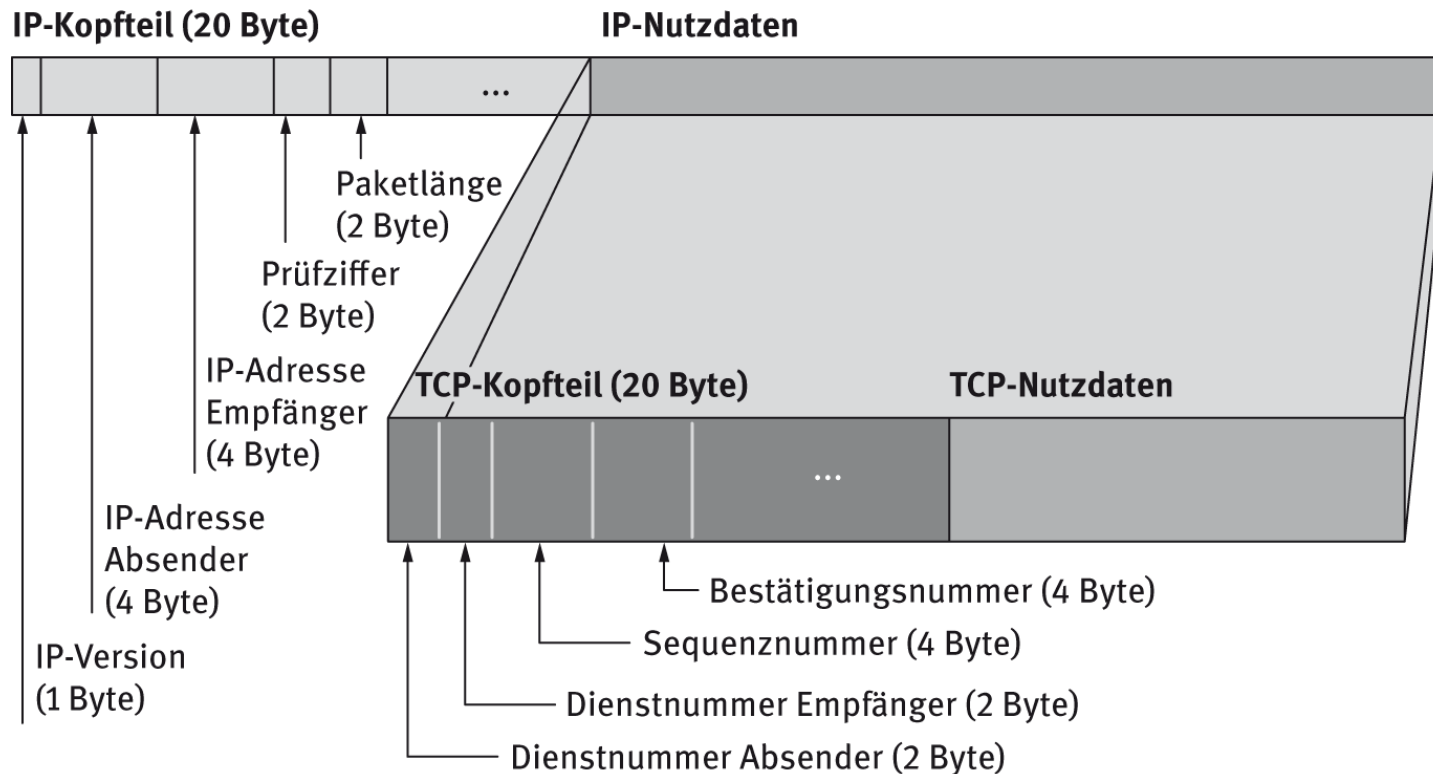


Transportschicht (TCP)

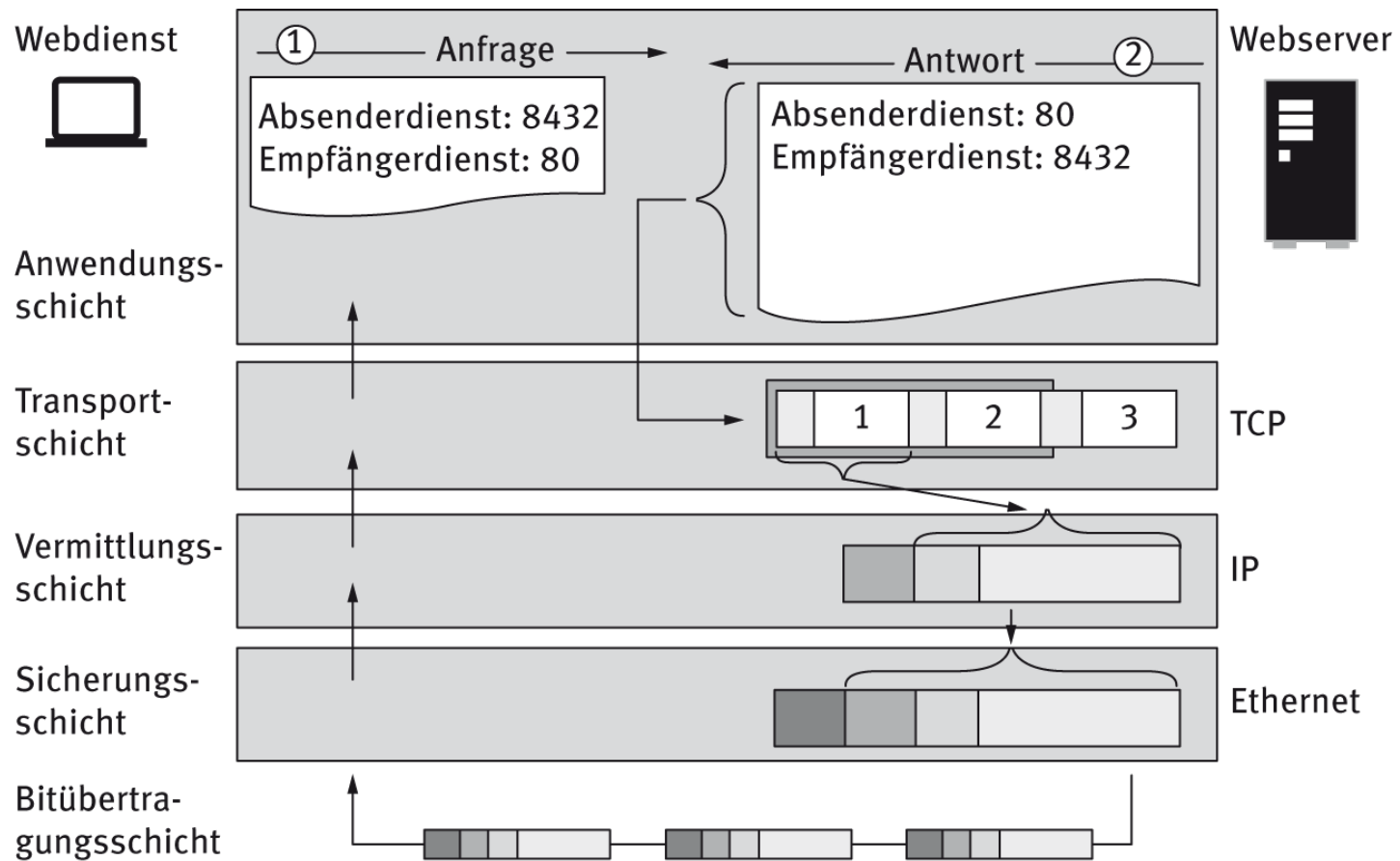
- Wichtigstes Protokoll der Internetprotokolle auf der Transportschicht: **TCP** (Abkürzung von engl.: transmission control protocol)
- **Aufgaben:**
 - Fügt IP-Pakete zu einem Datenstrom zusammen (Sliding-Window-Protokoll)
 - fordert verloren gegangenen Pakete nach, korrigiert Reihenfolge
 - Adressierung auf Programm-Ebene: Mit IP kann man Rechner adressieren, über TCP Programm auf Rechner.
- Wichtige Elemente in TCP-Paketen:
 - **Dienstnummer** (engl.: port): Adressierung des Server-/Klientenprogramme
 - **Sequenznummer:** für Sliding-Window-Protokoll

TCP-Pakete

- TCP-Pakete werden im Nutzdatenteil von IP-Paketen übertragen



HTTP-Verbindung zwischen Klient und Server mit Dienstnummern

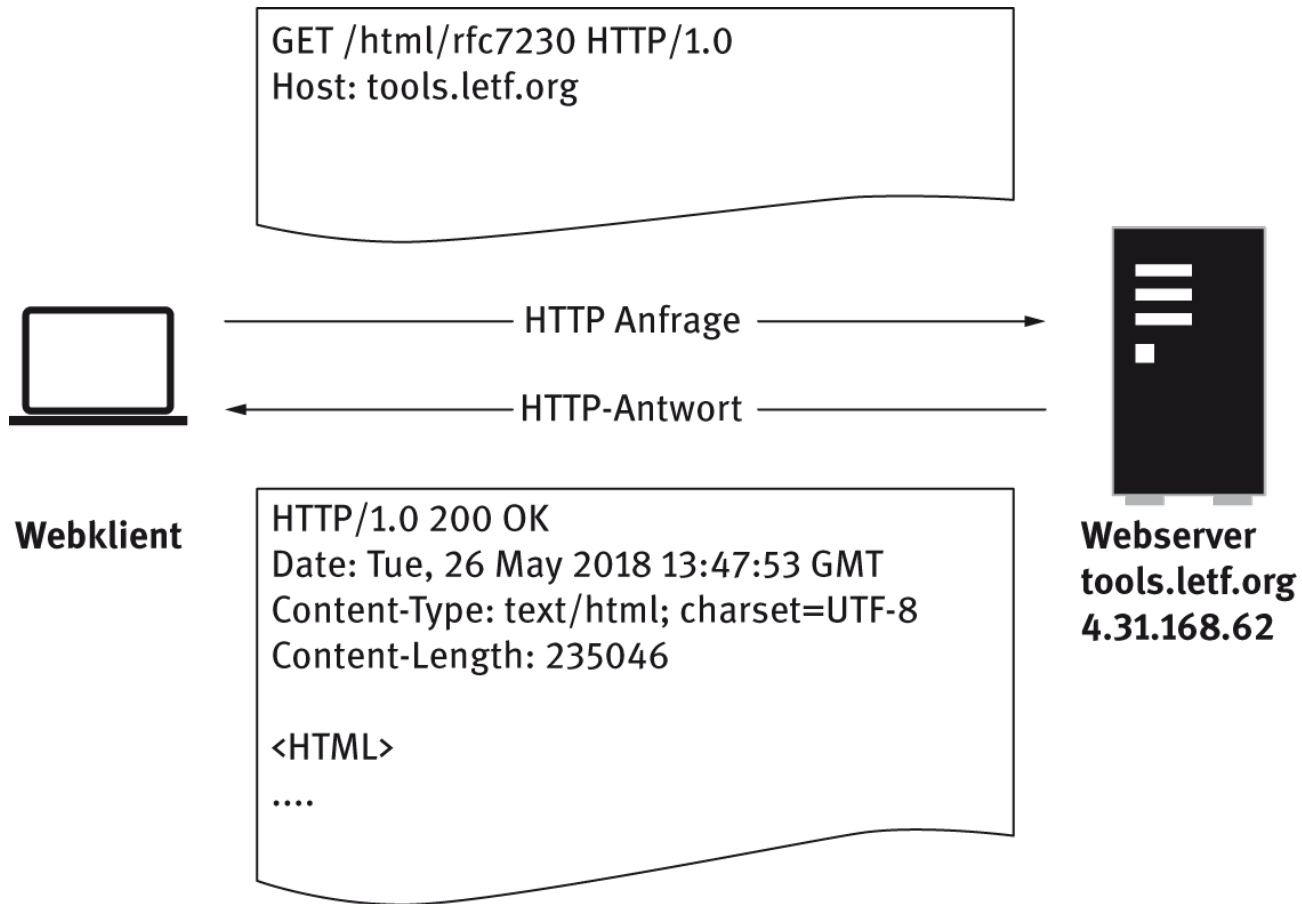


Protokolle der Anwendungsschicht

Beispiele:

- **HTTP** (Abkürzung von engl.: hypertext transfer protocol)
 - Protokoll der Anwendungsschicht
 - Definiert Kommunikation im WWW
 - Verwendet auf der Transportschicht das Protokoll TCP
- **HTTPS** (Abkürzung von engl.: hypertext transfer protocol secure)
 - Übertragung von HTTP über TLS,
 - TLS: Transportverschlüsselung und Authentifizierung des Servers
- **SMTP**: Simple Mail Transfer Protocol
- **IMAP**: Abfrage von Mail-Box

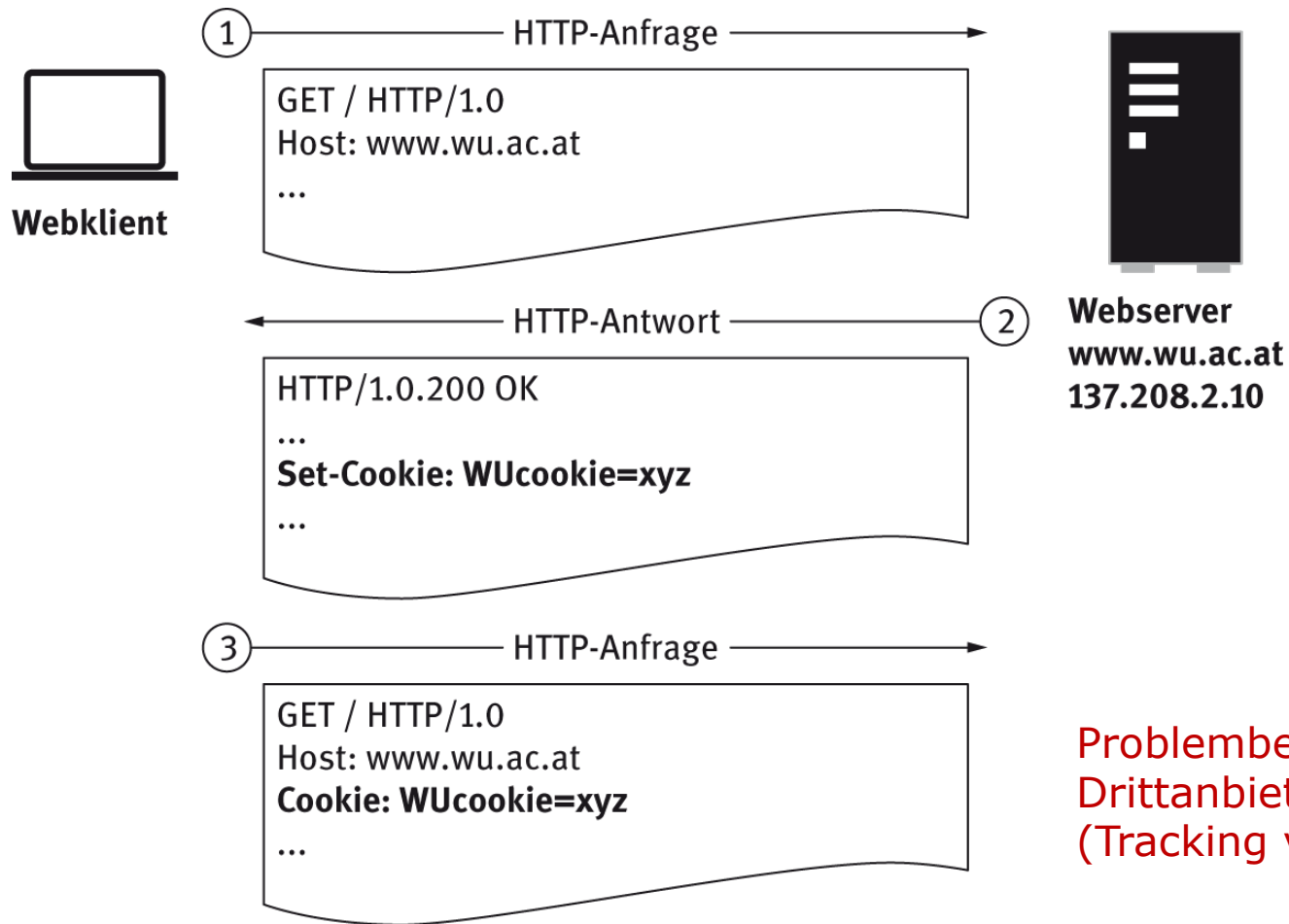
HTTP-Anfrage und HTTP-Antwort



HTTP

- Jede **HTTP-Meldung** (engl.: HTTP message) besteht aus einem *Kopfteil* (engl.: header), einer *Trennzeile* (engl.: separator line) und einem *Nutzdatenteil* (engl.: body). Der Kopfteil der Meldung enthält die Steuerinformation.
- Eine **HTTP-Anfrage** (engl.: HTTP request) besteht aus einer Kopfzeile, optionalen *Anfrageparametern* (engl.: request header field) und einem Nutzdatenteil, der auch leer sein kann. Die Kopfzeile der HTTP-Anfrage enthält die **HTTP-Methode** (engl.: HTTP method), einen Bezeichner für die angeforderte Ressource und die Bezeichnung der verwendeten Version des HTTP-Protokolls.
- Eine **HTTP-Antwort** (engl.: HTTP reply) besteht aus einer Kopfzeile, optionalen *Antwortparametern* (engl.: reply header field) und einem Nutzdatenteil, der auch leer sein kann. Die Kopfzeile der HTTP-Antwort enthält die Protokollversion, die der HTTP-Server unterstützt, gefolgt von einem Statuscode und einer Statusmeldung (textuelle Beschreibung des Statuscodes).
- Ein **HTTP-Cookie** (engl.: HTTP cookie) ist eine Zeichenfolge, die vom Webserver beim Webklienten gespeichert wird und bei späteren Anfragen vom Webklienten automatisiert übertragen wird.

Web-Site mit HTTP-Cookies

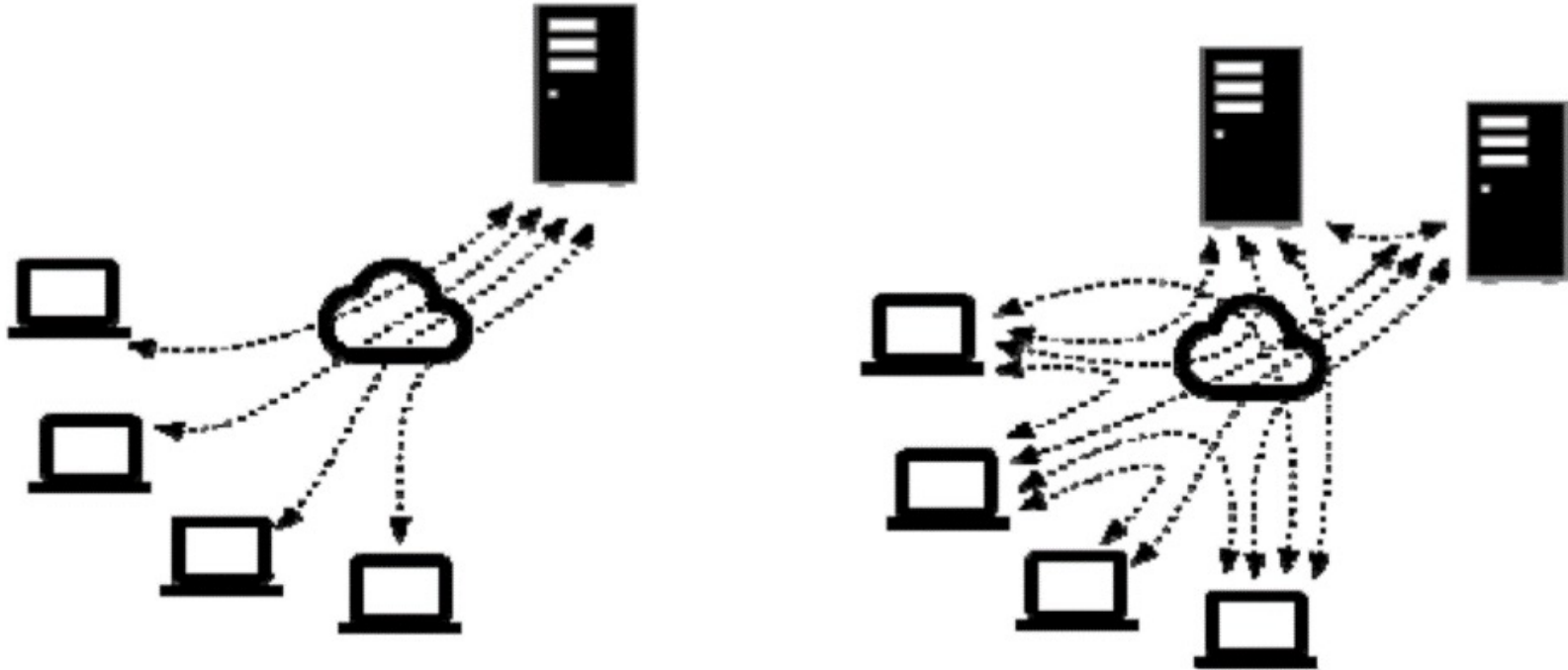


Problemereich:
Drittanbieter-Cookies
(Tracking von Benutzern)



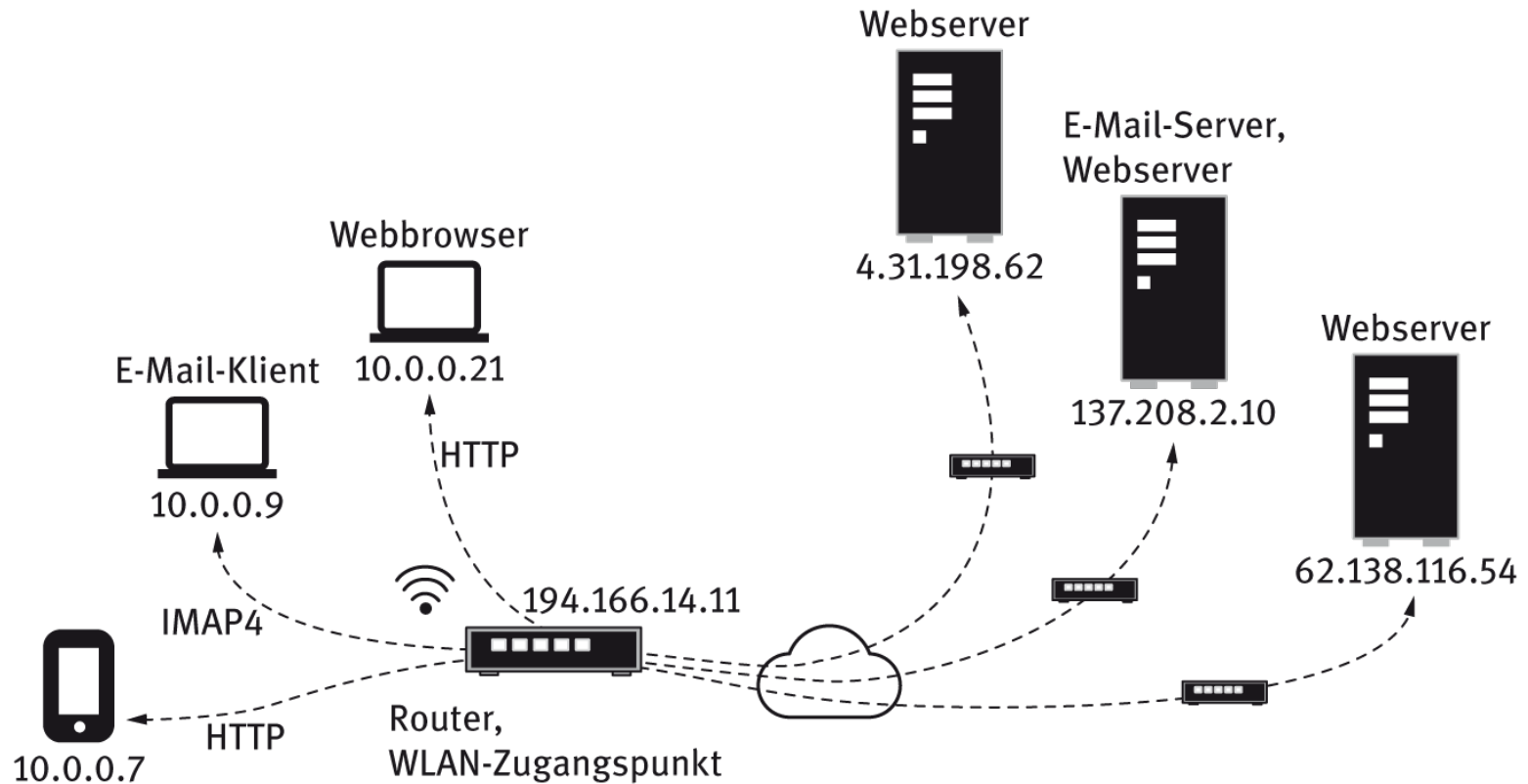
12.4 Internet-Anwendungen und Cloud-Computing

Client-Server- und Peer-to-Peer-Architektur



Eine **Peer-to-Peer-Architektur** (engl.: peer to peer architecture, abgekürzt: P2P) realisiert ein Modell von gleichgestellten Rechnern (engl.: peer), bei denen die Kommunikation jederzeit von jedem beliebigen Partner initiiert werden kann. Dienste können von jedem Rechner angeboten und in Anspruch genommen werden.

Nutzung von Web- und E-Mail-Diensten von privaten Haushalten



Cloud-Computing

- **Zweck:**

- Auslagerung von betrieblichen Anwendungsdienste auf Rechner im Internet (in der „Cloud“).

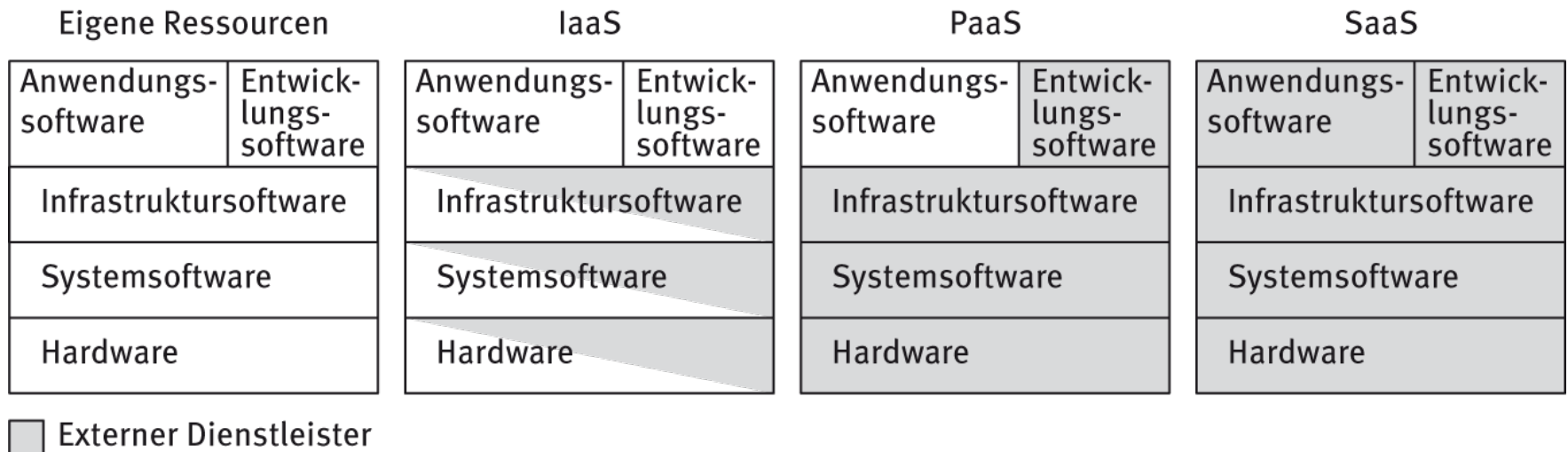
- **Definition:**

- Nutzung von meist mehreren Servern, die
 - von externen Dienstleistern
 - über das Internet bereitgestellt werden,
 - um dort Daten zu speichern, zu verwalten oder zu verarbeiten,ohne hierfür lokale Rechner verwenden zu müssen.

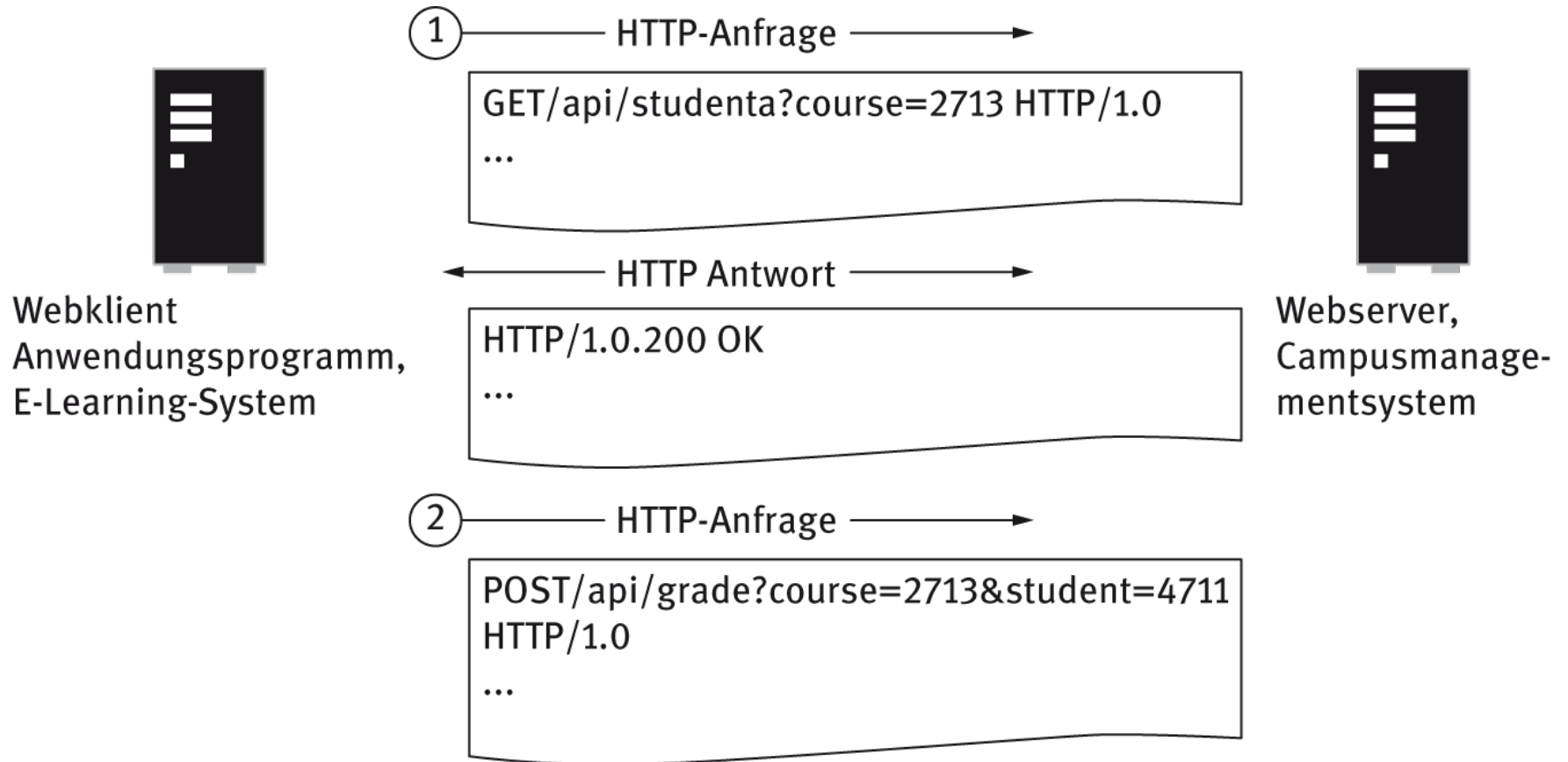
Dienstleistungsmodelle für Cloud-Computing

Drei Hauptmodelle:

- Software-as-a-Service (SaaS)
- Platform-as-a-Service (PaaS)
- Infrastructure-as-a-Service (IaaS)



Maschine-zu-Maschine-Kommunikation über REST



Die wichtigsten Punkte

1. Die Datenkommunikation stellt die Grundlage der heutigen Kommunikationsinfrastruktur dar. Mittels Datenkommunikation erfolgt persönliche Kommunikation (Telefonie, Kurznachrichtendienste), öffentliche Kommunikation (Informationsangebote im Web, digitales Fernsehen) sowie geschäftliche Kommunikation (E-Commerce, B2B, B2C und B2G).
2. Protokolle regeln die Kommunikation ausgehend von der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation (beispielsweise zwischen einem Rechner und einer an diesen angeschlossenen Festplatte) bis zur Kommunikation in Rechnernetzen (Internet).
3. Zur Strukturierung dieser vielfältigen Aufgaben hat sich das ISO/OSI-Referenzmodell mit seinen sieben Schichten durchgesetzt, wobei die unterste Schicht die physikalischen Eigenschaften für die Übertragung und Codierung einzelner Bits regelt, und die höheren Schichten zunehmend anwendungsnähere Aufgaben regeln.
4. Die Kommunikation im Internet erfolgt mittels TCP/IP, wobei der heute am weitesten verbreitete Standard IPv4 ist (Version 4 der Internet-Protokolle). Die nächste Generation der Internet-Protokolle ist IPv6, deren Protokolle seit vielen Jahren definiert sind. Der Einsatz von IPv6 bietet dem Endbenutzer vorerst relativ wenige Vorteile und erfordert die Anpassung von Konfigurationen. Da die Verfügbarkeit von IPv4-Adressen laufend abnimmt, ist anzunehmen, dass IPv6 in den kommenden Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen wird.
5. Durch Cloud-Computing ist es möglich, Rechen- und Kommunikationsaufgaben an externe Dienstleister auszulagern, wodurch informationstechnische Dienste auch ohne den Betrieb und die Wartung von eigenen Rechnern und deren Betriebssystemen angeboten und genutzt werden können. Cloud-Computing ermöglicht Selbstbedienung und unterstützt Skalierbarkeit.

Online-Materialien

