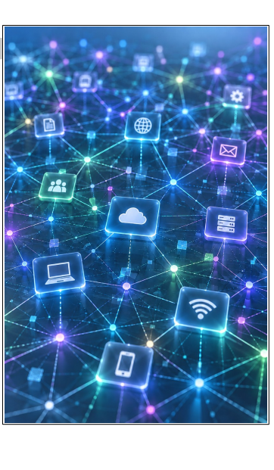
Einführung in Netzwerke – Geräte, Verbindungen, Topologien und Modelle

1. Warum gibt es Netzwerke?



- Ein Netzwerk ermöglicht es, dass mehrere Geräte miteinander kommunizieren und Daten austauschen können.
- Dabei können sehr unterschiedliche Arten von Daten übertragen werden, z. B.:
    - Texte und Nachrichten,
    - Webseiten,
    - Bilder,
    - Musik,
    - Videos,
    - Dateien,
    - Druckaufträge,
    - Spiel- und Sprachdaten,
    - Steuerbefehle für Smart-Home-Geräte.
- Ein Netzwerk ermöglicht bspw.:

```
Laptop ──── Datei ────▶ NAS

PC ──── Druckauftrag ────▶ Netzwerkdrucker

Smartphone ──── Steuerbefehl ────▶ Smart-Home-Gerät

Smart-TV ◀──── Videodaten ──── Internet
```

- Netzwerke ermöglichen somit vor allem:
    - Kommunikation zwischen Geräten,
    - Übertragung von Daten,
    - gemeinsame Nutzung von Ressourcen und Diensten.
- Eine Ressource ist etwas, das anderen Geräten oder Programmen zur Nutzung zur Verfügung steht, bspw.:
    - eine Datei,
    - Speicherplatz,
    - ein Netzwerkdrucker.
- Ein Dienst ist eine Funktion, die anderen Geräten oder Programmen zur Nutzung bereitgestellt wird, bspw.:
    - Abrufen von Dateien,
    - Bereitstellen von Speicherplatz,
    - Drucken über einen Netzwerkdrucker.
- Mehrere Geräte können bspw. gemeinsam auf Ressourcen zugreifen und Dienste nutzen.
- Ein Netzwerk muss nicht mit dem Internet verbunden sein. Bspw. können ein PC, ein Laptop und ein Netzwerkdrucker miteinander verbunden sein, obwohl keine Verbindung zum Internet besteht.

2. Wichtige Netzwerkbegriffe

2.1 LAN – Local Area Network

- Ein LAN ist ein räumlich begrenztes lokales Netzwerk.
- Typische Beispiele sind:
    - Heimnetzwerke,
    - Schulnetzwerke,
    - Büronetzwerke.
- Ein LAN kann aus wenigen oder sehr vielen Geräten bestehen.

```
PC ─────┐
        │
Laptop ─┼──── Switch ──── Netzwerkdrucker
        │
Tablet ─┘
```

- Ein LAN kann mit dem Internet verbunden sein, muss es aber nicht.

2.2 WAN – Wide Area Network

- Ein WAN verbindet Netzwerke über größere Entfernungen.
- Ein WAN kann bspw. mehrere:
    - Städte,
    - Unternehmensstandorte,
    - Regionen,
    - Länder

  miteinander verbinden.
- Vereinfacht:

```
PC ── LAN A ── WAN ── LAN B ── Server
```

- Ein Heimnetzwerk ist normalerweise ein LAN. Über einen Internetanschluss kann dieses LAN mit einem WAN verbunden werden, z. B. mit dem Internet.

2.3 Internet

- Das Internet ist ein weltweites System aus sehr vielen miteinander verbundenen Netzwerken.
- Es verbindet bspw.:
    - private Heimnetzwerke,
    - Unternehmensnetzwerke,
    - Schulnetzwerke,
    - Rechenzentren,
    - weitere öffentliche und private Netzwerke.
- Das Internet ist kein einzelnes Netzwerk, sondern ein Netzwerk aus sehr vielen miteinander verbundenen Netzwerken.
- Es kann vereinfacht als das größte und weltweit umfassendste WAN bezeichnet werden.

```
            Heimnetzwerke    weitere Netzwerke
                        │    │
                        │    │
Rechenzentren ──────────┤ Internet ├──────── Schulnetzwerke
                       (Netzwerkverbund)
                        │    │
                        │    │
   Unternehmensnetzwerke    öffentliche Netzwerke
```

2.4 Intranet

- Ein Intranet ist ein internes Netzwerk, das nur einer bestimmten Organisation oder einem begrenzten Benutzerkreis zugänglich ist.
- Beispiele:
    - internes Unternehmensnetzwerk,
    - internes Schulnetzwerk,
    - internes Netzwerk einer Behörde.
- Ein Intranet kann ähnliche Technologien wie das Internet verwenden, ist aber nur für einen begrenzten Benutzerkreis zugänglich.

2.5 WLAN – Wireless Local Area Network

- Ein WLAN ist ein drahtloses LAN bzw. der drahtlose Teil eines LAN.
- Die Geräte sind dabei über Funk mit einem Netzwerkgerät verbunden, meist mit einem Access Point.

```
Smartphone
    │
   )))
    │
Access Point
    │
   )))
    │
  Laptop
```

- Eine weit verbreitete Technologie, mit der WLAN-Verbindungen hergestellt werden, ist Wi-Fi (Näheres s. u.).
- Im Alltag werden die Begriffe WLAN und Wi-Fi meist synonym verwendet, obwohl WLAN das drahtlose Netzwerk und Wi-Fi die dafür verwendete Technologie bezeichnet.

2.6 LAN, WLAN und WAN im Vergleich

- Diese Begriffe beschreiben nicht ganz dieselbe Art von Eigenschaft.
- Ein LAN und ein WAN werden v. a. nach ihrer räumlichen Ausdehnung unterschieden.
- Ein WLAN beschreibt dagegen ein drahtloses LAN bzw. den drahtlosen Teil eines LAN, in dem Geräte über Funk verbunden sind.
- Vereinfacht:

```
LAN
├── räumlich begrenztes lokales Netzwerk
└── kann verschiedene Verbindungsarten umfassen
    │
    ├── kabelgebundene Verbindungen
    │   (Ethernet)
    │
    └── drahtlose Verbindungen über Funk
        (WLAN / Wi-Fi)

WAN
└── verbindet Netzwerke über größere Entfernungen
```

- Ein WLAN ist also nicht das Gegenteil eines LAN.
- In einem LAN können gleichzeitig vorhanden sein:
    - kabelgebundene Ethernet-Verbindungen (Näheres zu Ethernet s. u.),
    - drahtlose Wi-Fi-Verbindungen.

3. Bestandteile eines Netzwerks

- Ein Netzwerk besteht grundsätzlich aus drei Bereichen:
    - Endgeräte
    - Netzwerkgeräte
    - Verbindungen
- Z. B.:

```
                  NETZWERK
                      │
        ┌─────────────┼─────────────┐
        ▼             ▼             ▼
   Endgeräte   Netzwerkgeräte   Verbindungen
        │             │             │
        ▼             ▼             ▼
       PC          Router       Ethernet
   Smartphone      Switch        Wi-Fi
    Drucker     Access Point    Glasfaser
      ...           ...           ...
```

4. Endgeräte

- Endgeräte sind Geräte, die Daten senden, empfangen, erzeugen, verarbeiten oder nutzen. Sie sind die Geräte, über die Nutzer oder Anwendungen mit dem Netzwerk kommunizieren.

- Typische Endgeräte sind z. B.:
    - Desktop-PC,
    - Laptop oder Notebook,
    - Smartphone,
    - Tablet,
    - Netzwerkdrucker,
    - Smart-TV,
    - Spielekonsole,
    - NAS-System,
    - Smart-Home-Geräte.
- Typische Aufgaben sind je nach Endgerät z. B.:
    - Arbeiten mit Programmen,
    - Internetnutzung,
    - Kommunikation,
    - Dateiübertragung,
    - Online-Spiele,
    - Steuerung von Smart-Home-Geräten,
    - Streaming,
    - Software-Updates,
    - Zugriff auf Inhalte im Heimnetzwerk.

5. Netzwerkgeräte

5.1 Was sind Netzwerkgeräte?

- Netzwerkgeräte ermöglichen, steuern oder vermitteln die Kommunikation zwischen anderen Geräten und Netzwerken.
- Sie sorgen bspw. dafür, dass:
    - Geräte miteinander verbunden werden,
    - Daten weitergeleitet werden,
    - drahtlose Netzwerkverbindungen bereitgestellt werden,
    - ein LAN mit einem anderen Netzwerk verbunden wird.

5.2 Router (Gateway)

- Der Übergang zwischen unterschiedlichen Netzwerken wird als Gateway bezeichnet. Ein Gateway ermöglicht Geräten in einem Netzwerk, andere Netzwerke zu erreichen.
- In einem Heimnetzwerk übernimmt typischerweise der Router die Gateway-Funktion, bspw. bei der Verbindung von:
    - LAN A mit LAN B,
    - dem LAN mit einem WAN, z. B. dem Internet.

```
  Internet (WAN)
        │
     Router (Gateway)
        │
Heimnetzwerk (LAN)
```

- Der Router leitet dabei Daten zwischen unterschiedlichen Netzwerken weiter. Die technische Verbindung zum jeweiligen Internetanschluss kann je nach Zugangstechnologie über ein Modem oder einen ONT erfolgen (s. u.).
- Weitere typische Aufgaben eines Heimrouters können sein:
    - Vergabe von IP-Adressen,
    - Verwaltung von Netzwerkadressen und Netzwerkverbindungen,
    - Firewall-Funktionen.

5.3 Modem

- Ein Modem stellt die Verbindung zwischen dem Heimnetzwerk und der jeweiligen Anschlusstechnik des Internetanbieters her.
- Der Begriff Modem leitet sich von den Begriffen Modulation und Demodulation ab. Vereinfacht gesagt wandelt ein Modem Signale so um, dass sie über den jeweiligen Internetanschluss übertragen werden können, und wandelt empfangene Signale wieder in eine für das Heimnetzwerk nutzbare Form zurück.
- Dadurch können Daten zwischen dem Heimnetzwerk und dem Internetanschluss übertragen werden.
- Bei heutigen Heim-Internetanschlüssen wird ein Modem insbesondere bei folgenden Zugangstechnologien verwendet:
    - DSL-Modem für einen DSL-Anschluss,
    - Kabelmodem für einen Kabelanschluss.

```
DSL- oder Kabelnetz
        │
      Modem
        │ Ethernet
     Router
        │
 Heimnetzwerk (LAN)
```

- Ein Modem ist nicht automatisch ein Router. Beide Geräte haben unterschiedliche Aufgaben. Die Funktionen eines Modems und eines Routers können jedoch in einem einzigen Gerät kombiniert sein (s. u.).

5.4 ONT

- Ein ONT stellt die Verbindung zwischen dem Heimnetzwerk und dem Glasfaseranschluss des Internetanbieters her.
- ONT steht für Optical Network Terminal.

```
  Glasfasernetz
        │
       ONT
        │ Ethernet
     Router
        │
Heimnetzwerk (LAN)
```

- Der ONT wandelt die über die Glasfaser übertragenen Lichtsignale in elektrische Signale um und stellt die Verbindung über Ethernet für den Router bereit.
- Damit übernimmt ein ONT bei einem Glasfaseranschluss eine ähnliche Aufgabe wie ein Modem bei anderen Zugangstechnologien, bspw. DSL oder Kabel. Es ist jedoch ein eigenes Gerät mit einer speziellen Aufgabe bei Glasfaseranschlüssen.

5.5 Switch

- Ein Switch verbindet mehrere Geräte innerhalb eines LAN und ermöglicht die Datenübertragung zwischen diesen Geräten.

```
        Switch
          │
  ┌───────┼───────┐
  │       │       │
 PC    Drucker  Smart-TV
```

- Ein Switch wird vor allem verwendet, um mehrere kabelgebundene Geräte über Ethernet miteinander zu verbinden.
- Er kann außerdem eingesetzt werden, wenn am Router nicht genügend Ethernet-Anschlüsse für alle kabelgebundenen Geräte vorhanden sind.

5.6 Access Point

- Ein Access Point (auch: Wireless Access Point) ermöglicht Geräten den drahtlosen Zugang zu einem bestehenden LAN.

```
           LAN
            │ Ethernet
       Access Point
            │
  ┌─────────┼─────────┐
 )))       )))       )))
  │         │         │
Laptop  Smartphone  Tablet
```

- Ein Access Point verbindet somit typischerweise ein kabelgebundenes LAN mit drahtlosen Wi-Fi-Geräten.

5.7 WLAN-Repeater

- Ein WLAN-Repeater (kurz: Repeater) erweitert die Reichweite eines bestehenden WLAN.

```
Access Point
      │
     )))
      │
  Repeater
      │
     )))
      │
 Smartphone
```

- Ein WLAN-Repeater empfängt Daten über Wi-Fi (Funk) und überträgt sie ebenfalls über Funk weiter.
- Unterstützt der WLAN-Repeater eine Ethernet-Verbindung, kann er auch über ein Netzwerkkabel mit dem LAN verbunden werden.
- Ein WLAN-Repeater ist besonders sinnvoll, wenn:
    - Räume weit vom Access Point entfernt sind,
    - dicke Wände das Signal abschwächen,
    - bestimmte Bereiche schlecht mit WLAN versorgt werden.

5.8 Mesh-Systeme

- Ein Mesh-System besteht aus mehreren miteinander zusammenarbeitenden Geräten, die gemeinsam ein größeres Gebiet mit Wi-Fi versorgen.

```
          Router
            │ Ethernet
       Mesh-Knoten
            │
    ┌───────┴───────┐
   )))             )))
    │               │
Mesh-Knoten     Mesh-Knoten
    │               │
   )))             )))
    │               │
  Laptop        Smartphone
```

- Die einzelnen Mesh-Knoten werden in verschiedenen Bereichen eines Gebäudes aufgestellt, um die WLAN-Versorgung zu erweitern.
- Die Mesh-Knoten können untereinander kommunizieren und Daten über andere Mesh-Knoten weiterleiten. Dabei müssen nicht alle Mesh-Knoten direkt miteinander verbunden sein.
- Die Verbindungen zwischen den Mesh-Knoten erfolgen i. d. R. über Funk. Sie können aber auch über Ethernet hergestellt werden.
- Die Mesh-Geräte bilden gemeinsam ein WLAN-System, das für die Nutzer wie ein zusammenhängendes WLAN erscheinen kann.
- Bewegt sich ein Endgerät durch das Gebäude, kann es automatisch zwischen den Mesh-Knoten wechseln, sodass die WLAN-Verbindung möglichst erhalten bleibt.
- Mesh-Systeme sind bspw. sinnvoll für:
    - große Wohnungen,
    - Häuser mit mehreren Etagen,
    - Gebäude mit Bereichen, die schlecht mit WLAN versorgt werden.

5.9 Zusammenführung: WLAN-Router

- Ein WLAN-Router ist kein grundsätzlich anderes Gerät als ein Router. Der Begriff weist darauf hin, dass das Gerät zusätzlich die Funktion eines Access Points bereitstellt.
- Ein WLAN-Router vereint typischerweise mehrere Funktionen in einem Gerät, z. B.:
    - Router für die Verbindung unterschiedlicher Netzwerke (WAN ↔ LAN),
    - Access Point für die drahtlose Verbindung von Geräten,
    - je nach Gerät weitere Funktionen, bspw. eine Switch-Funktion,
    - je nach Modell Telefonanlage bzw. DECT-Basisstation.

```
              WLAN-Router ─────────── ggf. Telefonanlage /
                   │                  DECT-Basisstation
     ┌─────────────┼─────────────┐
  Router-    Access-Point-     ggf.
  Funktion     Funktion       Switch-
                   │          Funktion
               ))) Wi-Fi          │
                               Ethernet
```

- Dadurch können an einem einzigen Gerät sowohl kabelgebundene als auch drahtlose Endgeräte mit dem Netzwerk verbunden werden.
- Ein typisches Beispiel für einen WLAN-Router im Heimnetzwerk ist eine FRITZ!Box, die mehrere Netzwerkfunktionen in einem Gerät vereint.

6. Unterschiede wichtiger Netzwerkgeräte

6.1 Router und Switch

- Router und Switch erfüllen unterschiedliche Aufgaben und sind daher nicht dasselbe Gerät.
    - Ein Router verbindet unterschiedliche Netzwerke miteinander, z. B. das Heimnetzwerk mit dem Internet.
    - Ein Switch verbindet mehrere Geräte innerhalb eines LAN.

```
  Internet (WAN)
        │
     Router
        │ Ethernet
     Switch
        │
  ┌─────┼───────┐
  │     │       │
 PC  Drucker  Smart-TV
```

- Ein Switch stellt nicht die Verbindung zum Internet her. Er ermöglicht zusätzliche Verbindungen zwischen Geräten innerhalb des LAN.

6.2 Router, Modem und ONT

- Router, Modem und ONT erfüllen unterschiedliche Aufgaben und sind daher nicht dasselbe Gerät.
    - Ein Router verbindet unterschiedliche Netzwerke miteinander, z. B. das Heimnetzwerk mit dem Internet.
    - Ein Modem bzw. ein ONT stellt die technische Schnittstelle zur jeweiligen Anschlusstechnik des Internetanbieters her.
- Ein Modem wird bspw. bei DSL oder Kabel verwendet:

```
  Internet (WAN)
        │
DSL- oder Kabelnetz
        │
      Modem
        │ Ethernet
     Router
        │
 Heimnetzwerk (LAN)
```

- Ein ONT wird bei Glasfaser verwendet:

```
  Internet (WAN)
        │
  Glasfasernetz
        │
       ONT
        │ Ethernet
     Router
        │
 Heimnetzwerk (LAN)
```

- Die Funktionen mehrerer Geräte können in einem einzigen Gerät kombiniert sein (s. o.).

6.3 Router und Access Point

- Router und Access Point werden häufig verwechselt, weil beide in einem LAN vorkommen können.
    - Ein Router verbindet unterschiedliche Netzwerke miteinander, z. B. das Heimnetzwerk mit dem Internet.
    - Ein Access Point ermöglicht Geräten den drahtlosen Zugang zu einem bestehenden LAN.

```
      Internet (WAN)
            │
         Router
            │ Ethernet
       Access Point
            │
  ┌─────────┼─────────┐
 )))       )))       )))
  │         │         │
Laptop  Smartphone  Tablet
```

- Ein Access Point ist kein Ersatz für die Router-Funktion. Beide Geräte können jedoch in einem einzigen Gerät kombiniert sein.

6.4 Access Point und WLAN-Repeater

- Beide Geräte ermöglichen bzw. unterstützen drahtlose Netzwerkverbindungen, haben aber unterschiedliche Aufgaben.
    - Ein Access Point stellt den drahtlosen Zugang zu einem bestehenden LAN bereit.
    - Ein WLAN-Repeater erweitert die Reichweite eines bestehenden WLAN.

```
     LAN
      │ Ethernet
Access Point
      │
     )))
      │
  Repeater
      │
     )))
      │
 Smartphone
```

- Ein Access Point wird typischerweise über eine kabelgebundene Verbindung in das LAN angebunden. Ein WLAN-Repeater wird dagegen häufig über Wi-Fi mit dem bestehenden WLAN verbunden, kann je nach Gerät aber auch über Ethernet angebunden werden.

6.5 WLAN-Repeater und Mesh-Systeme

- Beide Ansätze können genutzt werden, um ein größeres Gebiet mit WLAN zu versorgen, unterscheiden sich aber in ihrem Aufbau und ihrer Funktionsweise.
    - Ein WLAN-Repeater erweitert die Reichweite eines bestehenden WLAN.
    - Ein Mesh-System besteht dagegen aus mehreren miteinander zusammenarbeitenden Mesh-Geräten, die gemeinsam ein WLAN-System bilden.
- Bei einem Mesh-System können sich Endgeräte beim Bewegen durch das Gebäude automatisch zwischen den Mesh-Knoten wechseln, sodass die WLAN-Verbindung möglichst erhalten bleibt.
- WLAN-Repeater:

```
Access Point
      │
     )))
      │
  Repeater
      │
     )))
      │
 Smartphone
```

- Mesh-System:

```
          Router
            │ Ethernet
       Mesh-Knoten
            │
    ┌───────┴───────┐
   )))             )))
    │               │
Mesh-Knoten     Mesh-Knoten
    │               │
   )))             )))
    │               │
  Laptop        Smartphone
```

7. Verbindungen im LAN

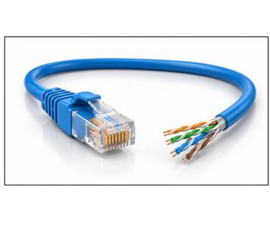
7.1 Kabelgebundene und drahtlose Verbindungen

- In einem LAN können Geräte kabelgebunden oder drahtlos über Funk (mithilfe von Funkantennen) miteinander verbunden werden. Weit verbreitet sind:
    - Ethernet für kabelgebundene und
    - Wi-Fi für drahtlose

  Verbindungen.

7.2 Ethernet

- Ethernet ist eine weit verbreitete Netzwerktechnologie für kabelgebundene Verbindungen in einem LAN.
- Im LAN werden Geräte typischerweise über Ethernet miteinander verbunden, z. B. ein PC mit einem Switch.



```
   Router
      │ Ethernet
   Switch
      │ Ethernet
  ┌───┴─────┐
 PC      Drucker
```

- Für eine Ethernet-Verbindung wird ein Netzwerkkabel verwendet. Im Alltag werden die Begriffe Netzwerkkabel, Ethernet-Kabel und LAN-Kabel häufig synonym verwendet.
- Auch der Begriff Patchkabel wird häufig für solche Kabel verwendet. Fachlich bezeichnet ein Patchkabel eine konkrete Ausführung eines Netzwerkkabels mit bereits angebrachten Steckern.
- Für die grundlegende Betrachtung von Ethernet-Verbindungen ist die genaue Unterscheidung dieser Bezeichnungen jedoch meist nicht entscheidend.
- Ethernet kann über unterschiedliche Übertragungsmedien übertragen werden, z. B. über Kupfer- oder Glasfaserkabel. Für Kupferkabel gibt es verschiedene Kabelkategorien. Die Kabelkategorie beschreibt die Übertragungseigenschaften des Kabels, insbesondere den dafür vorgesehenen Frequenzbereich.
- Grob lassen sich die Kategorien und typische Einsatzmöglichkeiten wie folgt einordnen:
    - Cat 5e – häufig für 1 Gbit/s ausreichend
    - Cat 6 – häufig für 1 Gbit/s; höhere Datenraten über kürzere Strecken möglich
    - Cat 6a – für 10 Gbit/s über bis zu 100 m geeignet
    - Cat 7 – für hohe Übertragungsraten ausgelegt
    - Cat 8 – für sehr hohe Übertragungsraten über kurze Strecken ausgelegt
- Die genannten Angaben zeigen, welche Ethernet-Datenraten die jeweilige Verkabelung unter geeigneten Bedingungen unterstützen kann. Die tatsächlich erreichbaren Datenraten hängen unter anderem von den Netzwerkgeräten und Netzwerkschnittstellen sowie der Länge und Qualität der Verbindung ab.
- In heutigen Heimnetzwerken sind Ethernet-Verbindungen mit 1 Gbit/s weit verbreitet. Schnellere Verbindungen mit 2,5 Gbit/s, 5 Gbit/s oder 10 Gbit/s sind bei geeigneten Netzwerkgeräten möglich.
- Die Geschwindigkeit der Ethernet-Verbindung innerhalb des LAN ist nicht zwangsläufig gleich der Geschwindigkeit des Internetanschlusses. Ein LAN kann bspw. mit 10 Gbit/s Daten zwischen Geräten übertragen, obwohl die Internetverbindung „nach außen" eine geringere Datenrate bietet.

7.3 Wi-Fi (inkl. Exkurs Bluetooth)

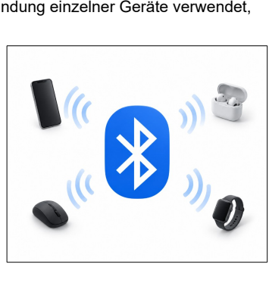
- Wi-Fi ist eine weit verbreitete Netzwerktechnologie für drahtlose Verbindungen in einem LAN.

```
   Router
      │ Ethernet
Access Point
      │
     ))) Wi-Fi
      │
 Smartphone
```

- Wi-Fi basiert auf der Standardfamilie IEEE 802.11.
- IEEE steht für Institute of Electrical and Electronics Engineers. Das IEEE ist ein internationaler Berufsverband für Technik und Ingenieurwesen, der unter anderem technische Standards entwickelt.
- 802.11 ist die Bezeichnung einer Standardfamilie des IEEE für drahtlose lokale Netzwerke. Die verschiedenen Standards dieser Familie legen unter anderem fest, wie Daten über Funk übertragen werden und welche technischen Verfahren dabei verwendet werden.
- Die einzelnen Weiterentwicklungen von 802.11 werden durch Bezeichnungen wie 802.11n, 802.11ac, 802.11ax und 802.11be unterschieden. Für die Vermarktung und Kennzeichnung von Geräten werden dafür die Bezeichnungen Wi-Fi 4, Wi-Fi 5, Wi-Fi 6 und Wi-Fi 7 verwendet.
- Die wichtigsten neueren Wi-Fi-Generationen lassen sich grob so einordnen:
    - Wi-Fi 4 – IEEE 802.11n (2009): bis zu 600 Mbit/s
    - Wi-Fi 5 – IEEE 802.11ac (2013): bis zu etwa 7 Gbit/s
    - Wi-Fi 6 – IEEE 802.11ax (2021): bis zu 9,6 Gbit/s
    - Wi-Fi 7 – IEEE 802.11be (2024): über 30 Gbit/s
- Die angegebenen Datenraten sind theoretische Maximalwerte der jeweiligen Standards. Die tatsächlich erreichbare Datenrate hängt unter anderem vom verwendeten Wi-Fi-Standard, den Netzwerkgeräten und ihren Wi-Fi-Schnittstellen, der Entfernung zum Access Point, Hindernissen (z. B. Wandaufbau und Wanddicke), Funkstörungen und der Anzahl gleichzeitig übertragender Geräte ab.
- Grob: In einem modernen Heimnetzwerk sind pro Gerät unter guten Bedingungen 100 bis 1000 Mbit/s (= 1 Gbit/s) erreichbar.
- Wi-Fi kann je nach Standard und Gerät unterschiedliche Frequenzbereiche nutzen. Besonders wichtig sind:
    - 2,4 GHz – größere Reichweite und bessere Durchdringung von Hindernissen, aber meist stärker ausgelastet;
    - 5 GHz – häufig höhere Datenraten und mehr verfügbare Funkkanäle als 2,4 GHz, aber geringere Reichweite;
    - 6 GHz – zusätzlicher Frequenzbereich für neuere Wi-Fi-Standards mit mehr verfügbaren Funkkanälen, aber geringerer Reichweite als 5 GHz.
- Welche Frequenzbereiche tatsächlich genutzt werden können, hängt unter anderem vom Wi-Fi-Standard und den verwendeten Geräten ab.
- Auch bei Wi-Fi ist die Geschwindigkeit der Verbindung innerhalb des LAN nicht zwangsläufig gleich der Geschwindigkeit des Internetanschlusses. Ein Gerät kann bspw. über Wi-Fi mit dem lokalen Netzwerk verbunden sein, während der Internetanschluss eine deutlich geringere Datenrate bietet.

Exkurs: Bluetooth

- Bluetooth ist eine weit verbreitete Funktechnologie für die drahtlose Verbindung von Geräten über kurze Entfernungen.
- Bluetooth wird typischerweise für die direkte Verbindung einzelner Geräte verwendet, z. B.:
    - Smartphone ↔ Kopfhörer
    - PC ↔ Maus
    - Tablet ↔ Tastatur



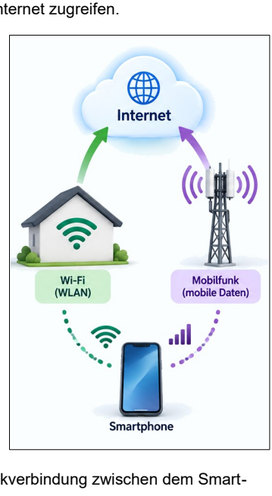
- Im Unterschied zu Wi-Fi verbindet Bluetooth normalerweise einzelne Geräte miteinander und dient nicht dazu, ein LAN bzw. WLAN bereitzustellen.
- Bluetooth arbeitet im 2,4-GHz-Frequenzbereich und ist für einen vergleichsweise geringen Energieverbrauch ausgelegt.
- Bluetooth-Verbindungen sind in der Regel für kürzere Entfernungen und geringere Datenmengen ausgelegt als Wi-Fi.
- Die Reichweite und Datenrate hängen unter anderem von der verwendeten Bluetooth-Version, den Geräten und den Umgebungsbedingungen ab.

7.4 Ethernet- und Wi-Fi-Verbindungen im Vergleich

- Eine Ethernet-Verbindung (Kabel) bietet gegenüber einer Wi-Fi-Verbindung typischerweise:
    - eine stabile Verbindung,
    - hohe und vergleichsweise konstante Datenraten,
    - weniger Beeinflussung durch Wände und andere Funknetze.
- Eine Wi-Fi-Verbindung (Funk) bietet dagegen:
    - mehr Bewegungsfreiheit,
    - keine direkte Kabelverbindung zum Endgerät,
    - eine einfache Verbindung, insbesondere für mobile Geräte.
- Die tatsächliche Datenrate einer Wi-Fi-Verbindung kann stärker schwanken als bei einer kabelgebundenen Verbindung. Reichweite, Hindernisse und Funkstörungen können die Verbindung beeinflussen.
- Welche Verbindungsart sinnvoll ist, hängt vom jeweiligen Einsatzzweck ab. Stationäre Geräte wie PCs oder Netzwerkgeräte werden häufig per Ethernet verbunden, mobile Geräte wie Smartphones und Tablets dagegen meist über Wi-Fi.

8. Wie ein Smartphone ins Internet gelangt

- Bei Smartphones gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Wege, über die eine Internetverbindung hergestellt werden kann:
    - Wi-Fi bzw. WLAN
    - Mobilfunk bzw. mobile Daten
- Wi-Fi
    - Bei einer Verbindung über Wi-Fi verbindet sich das Smartphone zunächst mit dem WLAN des jeweiligen Heimnetzwerks.
    - Dazu stellt das Smartphone eine Funkverbindung zu einem Access Point her. Der Access Point verbindet das Smartphone mit dem LAN. Das Smartphone kann dadurch über das LAN und den Router auf das Internet zugreifen.



```
  Internet (WAN)
        │
     Router
        │
Heimnetzwerk (LAN)
        │
  Access Point
        │
       )))
        │
   Smartphone
```

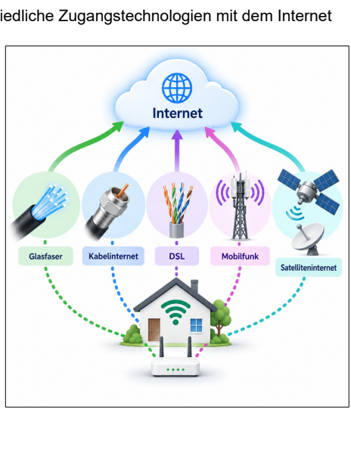
- Mobilfunk
    - Bei mobilen Daten verbindet sich das Smartphone über das Mobilfunknetz des Mobilfunkanbieters mit dem Internet.
    - Das Mobilfunknetz umfasst die technische Infrastruktur des Mobilfunkanbieters, über die mobile Geräte mit dem Internet und anderen Netzen verbunden werden.
    - Eine Mobilfunkbasisstation stellt dabei die Funkverbindung zwischen dem Smartphone und dem Mobilfunknetz her.
    - Es wird kein LAN benötigt – weder ein Access Point noch ein Router oder ein WLAN.

```
Internet (WAN)
      │
      │ Verbindung zum Mobilfunknetz
      │
Mobilfunknetz
      │
      │ Verbindung zur Mobilfunkbasisstation
      │
 Mobilfunk-
basisstation
      │
     ))) Mobilfunkverbindung
      │
 Smartphone
```

- Typische Mobilfunkstandards sind:
    - ~ 4G (LTE, seit etwa 2010/2011, weit verbreitet),
    - ~ 5G (fünfte Mobilfunkgeneration, seit 2019 kommerziell eingeführt, mit höheren möglichen Datenraten und geringerer Latenz als 4G).
- Die tatsächlich erreichbare Datenrate hängt stark ab von:
    - ~ Mobilfunkstandard,
    - ~ Entfernung zur Mobilfunkbasisstation,
    - ~ Netzauslastung,
    - ~ Ausbau des Mobilfunknetzes.
- Welche Verbindung für den Datenverkehr genutzt wird – ob Wi-Fi oder Mobilfunk –, hängt von den Einstellungen des Smartphones und der jeweiligen Situation ab.

9. Wie ein Heimnetzwerk mit dem Internet verbunden wird

- Ein Heimnetzwerk kann über unterschiedliche Zugangstechnologien mit dem Internet verbunden werden.



- Wichtige Zugangstechnologien sind:
    - Glasfaser
    - Kabelinternet
    - DSL
    - Mobilfunk
    - Satelliteninternet
- Glasfaser
    - Bei einer Glasfaserverbindung werden Daten als kurze Lichtimpulse durch einen Lichtwellenleiter aus dünnen Glasfasern übertragen.
    - Reicht die Glasfaserleitung bis in das Haus oder die Wohnung, spricht man häufig von FTTH – Fiber to the Home.

```
Internet (WAN)
      │
Glasfasernetz
      │ Glasfaser / Lichtwellenleiter
     ONT
      │ Ethernet
   Router
      │
Heimnetzwerk (LAN)
```

- Kabelinternet
    - Bei einer Kabelinternetverbindung werden Daten über elektrische Signale durch Koaxialkabel übertragen.
    - Kabelinternet nutzt dabei die Infrastruktur des Kabelfernsehens.

```
Internet (WAN)
      │
  Kabelnetz
      │ Koaxialkabel
 Kabelmodem
      │ Ethernet
   Router
      │
Heimnetzwerk (LAN)
```

- DSL
    - Bei einer DSL-Verbindung werden Daten über elektrische Signale durch (störanfällige) Kupferleitungen übertragen.
    - DSL nutzt dabei die vorhandene Kupferleitung der Telefoninfrastruktur (in Deutschland: insbes. Telekom).

```
Internet (WAN)
      │
   DSL-Netz
      │ Kupferleitung
  DSL-Modem
      │ Ethernet
    Router
      │
Heimnetzwerk (LAN)
```

- Mobilfunk
    - Ein Internetzugang kann auch – wie bei einem Smartphone – über das Mobilfunknetz erfolgen.

```
Internet (WAN)
      │
      │ Verbindung zum Mobilfunknetz
      │
Mobilfunknetz
      │
      │ Verbindung zur Mobilfunkbasisstation
      │
 Mobilfunk-
basisstation
      │
      │ Mobilfunkverbindung
      │
Mobilfunkrouter
      │
      │ Ethernet / Wi-Fi
      │
Heimnetzwerk (LAN)
```

- Anders als bei Smartphones ist Mobilfunk als fester Internetanschluss für ein Heimnetzwerk weniger verbreitet als DSL, Kabelinternet oder Glasfaser.

- Satelliteninternet
    - Beim Satelliteninternet werden Daten über Funk zwischen einer Satellitenantenne und einem Satelliten übertragen.

```
  Internet (WAN)
        │
    Satellit
        │ Funkverbindung
Satellitenantenne
        │ Ethernet
     Router
        │
  Heimnetzwerk (LAN)
```

- Satelliteninternet kann besonders in abgelegenen Gebieten relevant sein, in denen kein leistungsfähiger Festnetzanschluss verfügbar ist.
- Für ein typisches Heimnetzwerk in dicht besiedelten Regionen ist es jedoch meist nicht die erste Wahl.

- Vergleich wichtiger Zugangstechnologien

Zugangstechnologie	Übertragungsweg	Typische Geschwindigkeit	Typischer Einsatz	Verbreitung heute
Glasfaser	Glasfaser / Lichtwellenleiter	häufig 1 Gbit/s und mehr	Festnetz-Internetzugang	stark zunehmend
Kabelinternet	Koaxialkabel	häufig bis 1 Gbit/s	Festnetz-Internetzugang	hoch
DSL	Kupferleitung	bis etwa 250 Mbit/s	Festnetz-Internetzugang	hoch, aber rückläufig
Mobilfunk	Funk	stark unterschiedlich	mobiler Internetzugang	mobile Geräte: sehr hoch
Satelliteninternet	Funk	stark unterschiedlich	Internetzugang in abgelegenen Gebieten	gering

- Umrechnungsfaktor: 1.000 Mbit/s = 1 Gbit/s.
- Welche Zugangstechnologie verfügbar und sinnvoll ist, hängt unter anderem vom Standort und vom vorhandenen Netzausbau ab.
- Die tatsächlich erreichbare Übertragungsrate hängt unter anderem von der verwendeten Technik, dem Tarif, den beteiligten Netzwerkgeräten und den konkreten Bedingungen ab.

10. Zusammenspiel wichtiger Netzwerkgeräte

- In einem Heimnetzwerk können mehrere Netzwerkgeräte zusammenarbeiten, um die Verbindung zum Internet und die Kommunikation zwischen den Geräten zu ermöglichen.
- Ein möglicher Aufbau mit einem Glasfaseranschluss ist:

```
              Internet (WAN)
                    │
              Glasfasernetz
                    │ Glasfaser / Lichtwellenleiter
                   ONT
                    │ Ethernet
             Router (Gateway)
                    │
         ┌──────────┴──────────┐
       Switch             Access Point
         │                     │
   ┌─────┼──────┐        ┌─────┼─────┐
PC Smart-TV Drucker     )))   )))   )))
                         │     │     │
                      Laptop Tablet Repeater
                                     │
                                    )))
                                     │
                                 Smartphone
```

- Über den Router ist das Heimnetzwerk mit dem Internet verbunden.
- Der Switch verbindet mehrere kabelgebundene Geräte innerhalb des LAN.
- Der Access Point stellt die drahtlose Verbindung zu Geräten über Wi-Fi bereit.
- Ein WLAN-Repeater kann die Reichweite des bestehenden WLAN erweitern.
- Je nach Netzwerk können weitere Geräte, beispielsweise Mesh-Knoten, hinzukommen.
- In einem typischen Heimnetzwerk werden jedoch nicht alle diese Geräte benötigt. Welche Geräte erforderlich sind, hängt vom Internetanschluss, der Größe des Gebäudes und der gewünschten Netzwerkstruktur ab.
- Die Funktionen mehrerer Netzwerkgeräte können auch in einem einzigen Gerät kombiniert sein. Ein Beispiel dafür ist ein WLAN-Router:

```
               Internet (WAN)
                     │
               Glasfasernetz
                     │ Glasfaser / Lichtwellenleiter
                    ONT
                     │ Ethernet
             WLAN-Router (Gateway)
      Ethernet       │
   ┌─────┬─────┬─────┴─────┬─────┬─────┐
   │     │     │          )))   )))   )))
   │     │     │           │     │     │
  PC Smart-TV Drucker   Laptop Tablet Repeater
                                       │
                                      )))
                                       │
                                   Smartphone
```

- Bei der Kommunikation zwischen den Geräten werden Daten mit einer bestimmten Datenmenge und Übertragungsrate übertragen. Wie diese Größen zusammenhängen und wie daraus die Übertragungszeit bestimmt werden kann, wird im folgenden Kapitel betrachtet.

11. Datenübertragung: Datenmenge, Übertragungsrate und -zeit

- Bei der Kommunikation in einem Netzwerk werden Daten zwischen Geräten übertragen. Dabei spielen die Datenmenge und die Übertragungsrate eine wesentliche Rolle. Was diese Angaben bedeuten, wie sie zusammenhängen und wie daraus die Übertragungszeit bestimmt werden kann, wird im folgenden Kapitel betrachtet.

11.1 Daten und Informationen

- Daten (Singular: Datum) sind codierte Zeichen, Werte oder Zeichenfolgen, die von Computersystemen gespeichert, verarbeitet und übertragen werden können.
- Informationen ergeben sich aus der Bedeutung, die Daten in einem bestimmten Zusammenhang haben.
- Beispiel:
    - 12011992 → Daten
    - Geburtsdatum des HAL 9000 * → Kontext
    - Der HAL 9000 wurde am 12.01.1992 „geboren". → Information

  * Näheres siehe https://de.wikipedia.org/wiki/HAL_9000.
- Daten können bspw. Texte, Zahlen, Bilder, Musik oder Videos darstellen.
- Daten und Informationen sind daher nicht dasselbe: Daten können Informationen darstellen; ihre Bedeutung ergibt sich aus dem jeweiligen Zusammenhang.

11.2 Datenmenge

- Die Datenmenge gibt an, wie viele Daten übertragen oder gespeichert werden.
- Die kleinste Einheit zur Angabe einer digitalen Datenmenge ist das Bit.
- Ein Bit kann zwei Zustände bzw. die Werte 0 und 1 annehmen.
- Digitale Daten werden in Computersystemen als Folgen von 0 und 1 dargestellt.
- Mit mehreren Bit können unterschiedliche Kombinationen von 0 und 1 dargestellt werden:

Anzahl Bit	Mögliche Kombinationen	Anzahl möglicher Zustände	
1	0, 1	$2^1 =$	2
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 2 \cdot 2 =$	4
3	000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111	$2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 =$	8
4	0000 bis 1111	$2^4 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 =$	16
5	00000 bis 11111	$2^5 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 =$	32

- Die Anzahl der möglichen Zustände ergibt sich aus einer Zweierpotenz, weil ein Bit genau zwei Zustände annehmen kann. Sie lässt sich mit folgender Formel berechnen:

  Anzahl möglicher Zustände = $2^{\text{Anzahl der Bit}}$
- 8 Bit werden zu einem Byte zusammengefasst.
- Für größere Datenmengen werden Einheiten verwendet, die auf dem Byte aufbauen:

	: 8		: 1000		: 1000		: 1000		: 1000		
Bit (bit)	⟶ ⟵	Byte (B)	⟶ ⟵	Kilobyte (kB)	⟶ ⟵	Megabyte (MB)	⟶ ⟵	Gigabyte (GB)	⟶ ⟵	Terabyte (TB)	…
	• 8		• 1000		• 1000		• 1000		• 1000		

- Damit ergibt sich bspw.
    - 1 B = 8 bit
    - 1 kB = 1.000 B
    - 1 MB = 1.000 kB
    - 1 GB = 1.000 MB
    - 1 TB = 1.000 GB

  sowie
    - 1 GB = 1.000 MB = 1.000.000 kB = 1.000.000.000 B = 8.000.000.000 bit
- Typische Datenmengen können bspw. sein:
    - Einzelne Zeichen (z. B. Buchstaben, Ziffern): wenige Byte
    - Textdatei (z. B. Textdokument): wenige kB bis MB
    - Bilddatei (z. B. Foto): mehrere MB
    - App- oder Betriebssystem-Update: mehrere MB bis mehrere GB
    - Videodatei (z. B. Film): mehrere GB
    - Große Datensammlungen: mehrere TB oder mehr
- Anm: In Ergänzung zur Datenmenge wird der Begriff Datenvolumen verwendet. Er bezeichnet eine übertragene Datenmenge und wird bspw. bei Mobilfunktarifen verwendet. Dort kann ein bestimmtes maximales Datenvolumen vereinbart sein, das ohne zusätzliche Kosten genutzt werden kann. Bei einer Flatrate gibt es eine solche Begrenzung des Datenvolumens in der Regel nicht.

11.3 Übertragungsrate

- Die Übertragungsrate gibt an, wie viele Daten innerhalb einer bestimmten Zeit übertragen werden können.
- Übertragungsraten werden im Netzwerkbereich häufig in Bit pro Sekunde (bit/s) angegeben.
- Häufig verwendete Einheiten sind:
  - 1 kbit/s = 1.000 bit/s
  - 1 Mbit/s = 1.000 kbit/s = 1.000.000 bit/s
  - 1 Gbit/s = 1.000 Mbit/s = 1.000.000.000 bit/s
- Eine Übertragungsrate von bspw. 100 Mbit/s bedeutet, dass theoretisch 100 Millionen Bit pro Sekunde übertragen werden können.
- Übertragungsraten können sowohl in Bit pro Sekunde (bit/s) als auch in Byte pro Sekunde (B/s) angegeben werden. Dabei steht das kleine „b“ in Mbit/s für Bit, das große „B“ in MB/s für Byte.
- Da 1 Byte = 8 bit gilt, kann zwischen beiden Angaben umgerechnet werden:
  - 100 Mbit/s **:** 8 = 12,5 MB/s
  - 25 MB/s • 8 = 200 Mbit/s

  Eine Übertragungsrate von 100 Mbit/s entspricht rechnerisch somit 12,5 MB/s.
- Bei Angaben zu Übertragungsraten muss daher genau auf die Einheit geachtet werden. Mbit/s und MB/s bezeichnen unterschiedliche Übertragungsraten.
- Je höher die Übertragungsrate ist, desto mehr Daten können innerhalb derselben Zeit übertragen werden.
- Die Übertragungsrate wird häufig auch vereinfacht als Geschwindigkeit bezeichnet. Fachlich genauer ist jedoch der Begriff Übertragungsrate.

11.4 Übertragungszeit

- Die Übertragungszeit gibt an, wie lange die Übertragung einer bestimmten Datenmenge dauert.
- Sie hängt von der Datenmenge und der Übertragungsrate ab:
  - Je größer die Datenmenge ist, desto länger dauert die Übertragung.
  - Je höher die Übertragungsrate ist, desto kürzer dauert die Übertragung.
- Die Übertragungszeit lässt sich mit folgender Formel berechnen:

  Übertragungszeit = Datenmenge **:** Übertragungsrate
- Für die Berechnung müssen Datenmenge und Übertragungsrate in zueinander passenden Einheiten angegeben werden:
  - Wird die Datenmenge bspw. in MB angegeben, muss die Übertragungsrate in MB/s vorliegen.
  - Eine Übertragungsrate in Mbit/s kann mit folgender Formel in MB/s umgerechnet werden (vgl. auch Berechnung im Teilkapitel oben):

    Übertragungsrate in MB/s = Übertragungsrate in Mbit/s **:** 8
- Beispiel:
  - Eine Datei mit einer Datenmenge von 1.000 MB wird mit einer Übertragungsrate von 100 Mbit/s übertragen.
  - Zunächst wird die Übertragungsrate in MB/s umgerechnet:

    100 Mbit/s **:** 8 = 12,5 MB/s
  - Anschließend wird die Übertragungszeit berechnet:

    1.000 MB **:** 12,5 MB/s = 80 s
  - Die Übertragung dauert somit theoretisch 80 Sekunden.
  - Die Berechnung lässt sich auch direkt in einer verkürzten Form darstellen:

    1.000 MB **:** (100 Mbit/s **:** 8) = 80 s
- Ist die Datenmenge bspw. in GB angegeben, muss sie vor der Berechnung in eine Einheit umgerechnet werden, die zur Einheit der Übertragungsrate passt.
- Beispiel:
  - Eine Videodatei ist 3,2 GB groß und wird mit einer Übertragungsrate von 100 Mbit/s übertragen.
  - Zunächst wird die Datenmenge in MB umgerechnet:

    3,2 GB = 3.200 MB
  - Anschließend wird die Übertragungsrate in MB/s umgerechnet:

    100 Mbit/s **:** 8 = 12,5 MB/s
  - Nun wird die Übertragungszeit berechnet:

    3.200 MB **:** 12,5 MB/s = 256 s
  - Die Zeit wird in Minuten und Sekunden umgerechnet:

    256 s = 4 min 16 s
- Die Übertragung dauert somit theoretisch 4 Minuten und 16 Sekunden.

11.5 Download und Upload

- Beim Download werden Daten von einem entfernten System, bspw. einem Server im Internet, auf das eigene Gerät übertragen.
- Beim Upload werden Daten vom eigenen Gerät zu einem entfernten System, bspw. einem Server im Internet, übertragen.

```
              ─────── Upload ──────▶
Eigenes Gerät                          Internet-Server
              ◀────── Download ─────
```

- Typische Beispiele:
  - Beim Herunterladen einer Textdatei aus dem Internet findet ein Download statt.
  - Beim Hochladen eines Daten-Backups in einen Online-Speicher findet ein Upload statt.
  - Beim Ansehen eines Videos werden fortlaufend Daten auf das eigene Gerät übertragen („gestreamt“); dies ist ebenfalls ein Download.
  - Bei einer Online-Videokonferenz werden sowohl Daten heruntergeladen als auch hochgeladen: Das Bild und der Ton der anderen Person werden auf das eigene Gerät übertragen, während das eigene Bild und der eigene Ton hochgeladen werden.
- Entsprechend unterscheidet man zwischen Downloadrate und Uploadrate:
  - Downloadrate: Übertragungsrate beim Herunterladen von Daten.
  - Uploadrate: Übertragungsrate beim Hochladen von Daten.
- Bei einem Internetanschluss können Downloadrate und Uploadrate gleich oder unterschiedlich hoch sein. Man unterscheidet daher:
  - Symmetrischer Anschluss: Downloadrate und Uploadrate sind gleich hoch.
  - Asymmetrischer Anschluss: Downloadrate und Uploadrate sind unterschiedlich hoch.
- Ein symmetrischer Anschluss ist dabei nicht grundsätzlich besser als ein asymmetrischer Anschluss. Entscheidend ist, ob die angebotenen Download- und Uploadraten zur jeweiligen Nutzung passen:
  - Beim Herunterladen großer Dateien oder beim Streaming ist vor allem eine hohe Downloadrate wichtig.
  - Beim Hochladen großer Dateien, bspw. in einen Online-Speicher, ist vor allem eine hohe Uploadrate wichtig.
  - Bei Videoanrufen sind sowohl Downloadrate als auch Uploadrate relevant, da gleichzeitig Daten in beide Richtungen übertragen werden.

11.6 Übertragungsraten in der Praxis

- Die in einem Tarif eines Internetproviders angegebene Übertragungsrate bezeichnet die Download- und Uploadrate, die für einen Internetanschluss angeboten bzw. vereinbart wird.
- Die tatsächlich erreichbare Übertragungsrate kann von der angegebenen Übertragungsrate abweichen. Sie hängt u. a. von der verwendeten Zugangstechnologie, den Netzwerkgeräten und den konkreten Bedingungen ab.
- Auch innerhalb des Heimnetzwerks kann die tatsächlich erreichbare Übertragungsrate begrenzt sein. Bei einer Wi-Fi-Verbindung können bspw. Entfernung, Hindernisse, Funkstörungen und die verwendeten Geräte die Datenrate beeinflussen.
- Die tatsächlich erreichte Übertragungsrate kann mit einem Geschwindigkeitstest („Speedtest“) gemessen werden. Bspw. bietet die Bundesnetzagentur hierfür die sog. Breitbandmessung an. Damit können die erreichten Download- und Uploadraten eines Internetanschlusses ermittelt und mit den vertraglich vereinbarten Datenraten verglichen werden.
- Beispiel:
  - Ein Internetanschluss bietet laut Tarif 100 Mbit/s im Download und 40 Mbit/s im Upload.
  - Wiederholte Messungen ergeben weniger als 90 Mbit/s im Download und höchstens 35 Mbit/s im Upload.
  - Die gemessenen Werte liegen damit unter den angegebenen Werten. Die Abweichung kann verschiedene technische Ursachen haben.
- Für die Beurteilung muss auch berücksichtigt werden, unter welchen Bedingungen die Messung durchgeführt wurde, bspw. über Ethernet oder Wi-Fi, mit welchen Netzwerkgeräten und bei welcher gleichzeitigen Nutzung mehrerer Endgeräte bzw. Anwendungen.
- Für die praktische Nutzung ist außerdem entscheidend, dass ein Internet-Anschluss für den geplanten Einsatzzweck ausreichend dimensioniert ist.
- Beispiel:
  - Ein Fernseher streamt ein Video.
  - Zeitgleich lädt ein PC eine größere Datei herunter und
  - ein Smartphone nimmt an einer Videokonferenz teil.
- In diesem Fall müssen die Daten für alle drei Anwendungen gleichzeitig über die Internetverbindung übertragen werden.
- Für die Beurteilung eines Internetanschlusses ergibt sich somit vereinfacht:

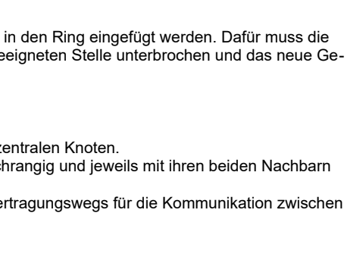
  Angegebene Übertragungsrate
  → Tatsächlich erreichbare Übertragungsrate
  → Benötigte Übertragungsrate
  → Reicht die verfügbare Übertragungsrate aus?
- Je höher die tatsächlich verfügbare Übertragungsrate ist, desto mehr Daten können gleichzeitig übertragen werden. Welche Übertragungsrate tatsächlich benötigt wird, hängt jedoch von der jeweiligen Nutzung ab.

12. Netzwerk-Topologien

- Eine Netzwerk-Topologie beschreibt, wie die Geräte eines Netzwerks miteinander verbunden und angeordnet sind.
- Je nach Topologie unterscheiden sich unter anderem:
  - die Struktur des Netzwerks,
  - der Verbindungsaufwand (Kabel- oder Drahtlosverbindungen),
  - die Erweiterbarkeit,
  - die Ausfallsicherheit.
- Ein einzelnes Gerät innerhalb eines Netzwerks wird als Knoten bezeichnet, z. B. ein Computer oder eine Netzwerkkomponente.
- Je nach Topologie können Knoten unterschiedliche Rollen haben. So gibt es z. B. bei der Sterntopologie einen zentralen Knoten, während bei der Ringtopologie und der vollvermaschten Topologie kein zentraler Knoten vorhanden ist.
- Die folgenden Topologien werden zunächst hinsichtlich ihres Aufbaus und der Rolle ihrer Knoten innerhalb des LANs betrachtet. Dabei wird auch berücksichtigt, welche Auswirkungen der Ausfall von Knoten oder Verbindungen auf das LAN hat.
- Abschließend wird betrachtet, wie ein LAN mit anderen Netzwerken bzw. dem Internet verbunden werden kann.

12.1 Stern-Topologie

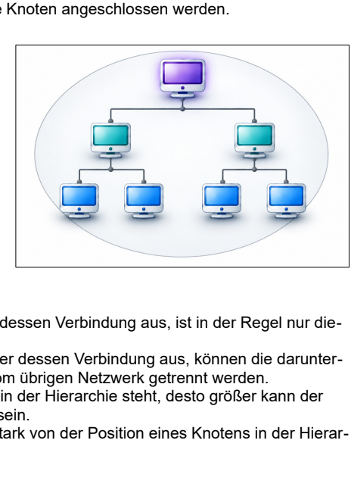
- Aufbau
  - Jedes Gerät ist direkt mit einem zentralen Knoten verbunden.
  - Die Kommunikation zwischen zwei angeschlossenen Geräten läuft über diesen zentralen Knoten.
  - Dadurch entsteht eine übersichtliche Struktur.
  - Für jedes angeschlossene Gerät wird eine eigene Verbindung zum zentralen Knoten benötigt.
  - Neue Geräte können vergleichsweise einfach über eine zusätzliche Verbindung mit dem zentralen Knoten angeschlossen werden.



- Knotenstruktur
  - Die Sterntopologie besitzt einen zentralen Knoten, der die übrigen Knoten miteinander verbindet und das Zentrum der internen Kommunikation bildet.
  - Die angeschlossenen Geräte sind untereinander nicht direkt verbunden, sondern kommunizieren über den zentralen Knoten.
  - Der zentrale Knoten kann z. B. durch einen Switch realisiert werden.
- Ausfallsicherheit
  - Fällt ein einzelner angeschlossener Knoten oder dessen Verbindung aus, ist in der Regel nur dieser Knoten betroffen.
  - Die übrigen Geräte können weiterhin miteinander kommunizieren.
  - Fällt dagegen der zentrale Knoten aus, ist die Kommunikation zwischen den angeschlossenen Geräten in der Regel nicht mehr möglich.
  - Der zentrale Knoten stellt damit einen zentralen Ausfallpunkt der Topologie dar.
- Einsatzbereich
  - Sinnvoll, wenn eine einfache und übersichtliche Netzwerkstruktur mit einem zentralen Knoten gewünscht ist und die Geräte nicht direkt miteinander verbunden werden müssen.
  - Die zentrale Struktur erleichtert die Verwaltung und Erweiterung des Netzwerks, sodass neue Geräte einfach angeschlossen, entfernt oder ausgetauscht werden können.
  - Beispiele: Heimnetzwerke im privaten Bereich; manche Schulnetzwerke; kleine Unternehmensnetzwerke.

12.2 Ring-Topologie

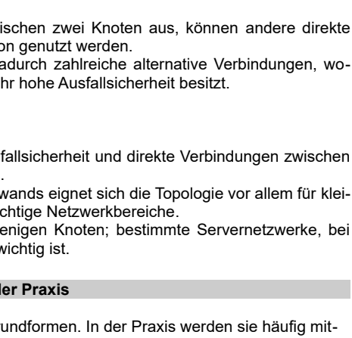
- Aufbau
  - Jedes Gerät ist direkt mit zwei weiteren Geräten verbunden. Dadurch entsteht ein geschlossener Ring aus allen Geräten.
  - Die Kommunikation zwischen zwei Geräten erfolgt über die Verbindungen des Rings; Daten werden dabei von einem Gerät zum nächsten weitergeleitet.
  - Für die Ringstruktur sind vergleichsweise wenige Verbindungen erforderlich.
  - Neue Geräte können grundsätzlich in den Ring eingefügt werden. Dafür muss die bestehende Verbindung an einer geeigneten Stelle unterbrochen und das neue Gerät eingebunden werden.



- Knotenstruktur
  - Die Ring-Topologie besitzt keinen zentralen Knoten.
  - Die Knoten sind grundsätzlich gleichrangig und jeweils mit ihren beiden Nachbarn verbunden.
  - Jeder Knoten ist damit Teil des Übertragungswegs für die Kommunikation zwischen anderen Knoten.
- Ausfallsicherheit
  - Fällt ein einzelner Knoten oder eine Verbindung aus, kann der Ring unterbrochen werden.
  - Dadurch kann die Kommunikation zwischen den übrigen Knoten beeinträchtigt oder vollständig unterbrochen werden.
  - Die einfache Ring-Topologie besitzt daher eine geringe Ausfallsicherheit.
- Einsatzbereich
  - Sinnvoll, wenn eine einfache, geschlossene Netzwerkstruktur ohne zentralen Knoten gewünscht ist und der vergleichsweise geringe Verbindungsaufwand wichtiger ist als eine hohe Ausfallsicherheit.
  - Beispiele: bestimmte industrielle Netzwerke; ältere lokale Netzwerke (z. B. Token-Ring).

12.3 Baum-Topologie

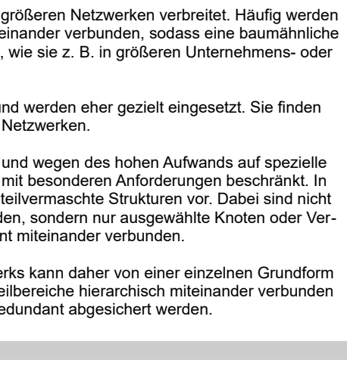
- Aufbau
  - Die Knoten sind über mehrere Ebenen hierarchisch und verzweigt miteinander verbunden. Die Struktur ähnelt dabei den Ästen eines Baumes.
  - Dadurch können größere Netzwerke in mehrere Teilbereiche gegliedert werden.
  - Die Struktur ermöglicht eine vergleichsweise einfache Erweiterung des Netzwerks, indem weitere Geräte an geeignete Knoten angeschlossen werden.
- Knotenstruktur
  - Die Baum-Topologie besitzt übergeordnete und untergeordnete Knoten.
  - An der Spitze der Hierarchie steht ein oberster Knoten, von dem die weiteren Bereiche des Netzwerks ausgehen.
  - Untergeordnete Knoten können wiederum weitere Geräte oder Teilbereiche verbinden.



- Ausfallsicherheit
  - Fällt ein einzelner Endknoten oder dessen Verbindung aus, ist in der Regel nur dieser Knoten betroffen.
  - Fällt ein übergeordneter Knoten oder dessen Verbindung aus, können die darunterliegenden Knoten bzw. Bereiche vom übrigen Netzwerk getrennt werden.
  - Je höher ein ausgefallener Knoten in der Hierarchie steht, desto größer kann der betroffene Bereich des Netzwerks sein.
  - Die Ausfallsicherheit hängt daher stark von der Position eines Knotens in der Hierarchie ab.
- Einsatzbereich
  - Sinnvoll, wenn ein Netzwerk übersichtlich in mehrere Bereiche oder Ebenen gegliedert werden und eine schrittweise Erweiterung möglich sein soll.
  - Beispiele: Netzwerke größerer Unternehmen mit mehreren Abteilungen; Schulnetzwerke mit mehreren Bereichen oder Gebäuden.

12.4 Vollvermaschte Topologie

- Aufbau
  - Jeder Knoten ist direkt mit jedem anderen Knoten verbunden. Dadurch entsteht eine vollständig vermaschte Struktur.
  - Für eine große Anzahl von Knoten sind sehr viele Verbindungen erforderlich.
  - Das Hinzufügen eines weiteren Knotens erfordert eine direkte Verbindung zu jedem bereits vorhandenen Knoten.



- Knotenstruktur
  - Die Vollvermaschung besitzt keinen zentralen Knoten.
  - Die Knoten sind grundsätzlich gleichrangig und nicht von einem einzelnen zentralen Knoten abhängig.
  - Jeder Knoten kann direkt mit jedem anderen Knoten kommunizieren.
- Ausfallsicherheit
  - Fällt ein einzelner Knoten aus, sind die übrigen Knoten weiterhin direkt miteinander verbunden.
  - Fällt eine einzelne Verbindung zwischen zwei Knoten aus, können andere direkte Verbindungen für die Kommunikation genutzt werden.
  - Zwischen den Knoten bestehen dadurch zahlreiche alternative Verbindungen, wodurch die Vollvermaschung eine sehr hohe Ausfallsicherheit besitzt.
- Einsatzbereich
  - Sinnvoll, wenn eine sehr hohe Ausfallsicherheit und direkte Verbindungen zwischen den Knoten besonders wichtig sind.
  - Wegen des hohen Verbindungsaufwands eignet sich die Topologie vor allem für kleinere Netzwerke oder besonders wichtige Netzwerkbereiche.
  - Beispiele: kleine Netzwerke mit wenigen Knoten; bestimmte Servernetzwerke, bei denen eine hohe Ausfallsicherheit wichtig ist.

12.5 Verbreitung und Mischformen in der Praxis

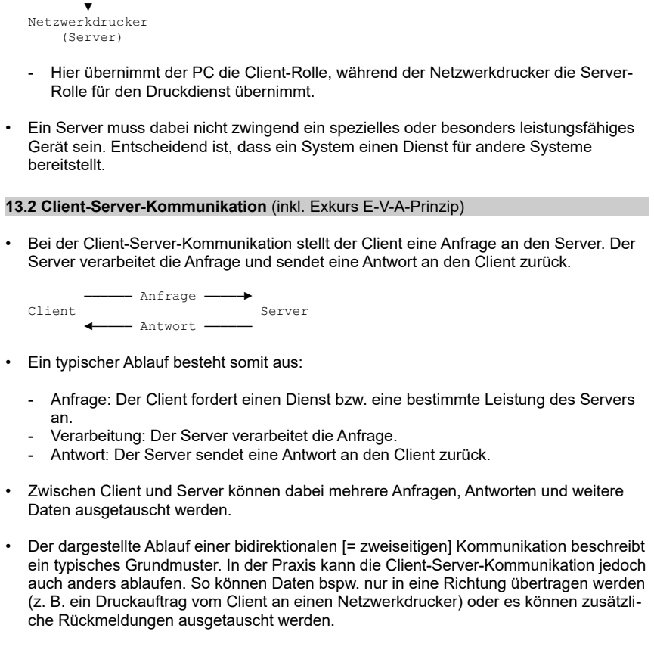
- Die beschriebenen Topologien sind Grundformen. In der Praxis werden sie häufig miteinander kombiniert, sodass reale Netzwerke aus verschiedenen Topologien bestehen können.
- Die Sterntopologie ist insbesondere bei lokalen Netzwerken sehr verbreitet. Sie bildet häufig die Grundlage eines Heimnetzwerks, in dem mehrere Geräte mit einem zentralen Knoten (häufig einem WLAN-Router) verbunden sind.
- Baumtopologien sind insbesondere in größeren Netzwerken verbreitet. Häufig werden mehrere sternförmige Teilbereiche miteinander verbunden, sodass eine baumähnliche hierarchische Gesamtstruktur entsteht, wie sie z. B. in größeren Unternehmens- oder Schulnetzwerken zu finden ist.
- Ringstrukturen sind deutlich seltener und werden eher gezielt eingesetzt. Sie finden sich bspw. in bestimmten industriellen Netzwerken.
- Vollvermaschte Strukturen sind selten und werden des hohen Aufwands auf spezielle Netzwerkbereiche oder Verbindungen mit besonderen Anforderungen beschränkt. In der Praxis kommen dagegen häufiger teilvermaschte Strukturen vor. Dabei sind nicht alle Knoten direkt miteinander verbunden, sondern nur ausgewählte Knoten oder Verbindungen werden zusätzlich redundant miteinander verbunden.
- Die tatsächliche Struktur eines Netzwerks kann daher von einer einzelnen Grundform abweichen. So können sternförmige Teilbereiche hierarchisch miteinander verbunden und durch zusätzliche Verbindungen redundant abgesichert werden.

12.6 Vergleich der Netzwerk-Topologie

Topologie	Aufbau / Knotenstruktur	Verbindungsaufwand	Erweiterbarkeit	Ausfallsicherheit	Verbreitung / Einsatz
Stern	Zentraler Knoten; alle Knoten sind direkt mit ihm verbunden	**Mittel:** eigene Verbindung für jeden Knoten	**Gut:** Knoten können einfach ergänzt werden	**Gut:** Ausfall Knoten: betrifft meist nur diesen; Ausfall zentraler Knoten: kann das LAN beeinträchtigen	**Sehr hoch:** v. a. Heimnetzwerke sowie kleine und mittlere LANs
Ring	Jeder Knoten ist mit zwei weiteren Knoten verbunden; kein zentraler Knoten	**Gering:** vergleichsweise wenige Verbindungen	**Eingeschränkt:** Ring muss zum Einfügen eines Knotens unterbrochen werden	**Gering:** Ausfall eines Knotens oder einer Verbindung kann den Ring unterbrechen	**Gering:** v. a. bestimmte industrielle Netzwerke; früher z. B. Token-Ring
Baum	Hierarchisch und verzweigt; Knoten sind über mehrere Ebenen verbunden	**Mittel bis hoch:** mehrere Ebenen und Teilbereiche	**Gut:** weitere Knoten oder Teilbereiche können ergänzt werden	**Abhängig von der Position:** Ausfall übergeordneter Knoten kann größere Bereiche betreffen	**Hoch in größeren Netzwerken:** z. B. Unternehmens- und Schulnetzwerke
Vollvermascht	Jeder Knoten ist direkt mit jedem anderen verbunden; kein zentraler Knoten	**Sehr hoch:** sehr viele direkte Verbindungen	**Schlecht:** neuer Knoten benötigt Verbindungen zu allen vorhandenen Knoten	**Sehr hoch:** zahlreiche alternative Verbindungen	**Gering:** v. a. kleine Netzwerke oder besonders wichtige Netzwerkbereiche

12.7 Anbindung an andere Netzwerke

- Ein LAN kann über einen Router bzw. ein Gateway mit anderen LANs, einem WAN oder dem Internet verbunden werden. Dabei kann ein Knoten des LANs zugleich die Funktion eines Routers bzw. Gateways übernehmen. Alternativ kann dafür ein separates Router-/Gateway-Gerät eingesetzt werden.
- Die Rolle des Routers als Verbindung zu anderen Netzwerken bzw. zum Internet ist dabei von seiner Rolle als möglicher zentraler Knoten innerhalb der jeweiligen Netzwerktopologie zu unterscheiden.
- Allgemein gilt: Fällt die Schnittstelle bzw. Verbindung nach außen aus, bleibt die interne Kommunikation im LAN grundsätzlich möglich; die Verbindung zu anderen Netzwerken bzw. zum Internet ist jedoch nicht mehr möglich.



13. Client-Server-Modell

13.1 Client und Server

- In den bisherigen Kapiteln wurde betrachtet, wie Geräte miteinander verbunden sind und Daten übertragen werden. Bei der Kommunikation können Geräte bzw. die darauf ausgeführten Programme unterschiedliche Aufgaben bzw. Rollen übernehmen.
- Beim Client-Server-Modell werden zwei grundlegende Rollen unterschieden:
  - Client: nutzt einen Dienst und fordert ihn bei Bedarf an.
  - Server: stellt einen Dienst für andere Programme bzw. Geräte bereit.
- Client und Server bezeichnen dabei Rollen in einer Kommunikation und nicht zwingend bestimmte Gerätearten.
  - Ein PC kann bspw. als Client auf einen Dienst zugreifen.
  - Ein anderer PC kann als Server einen Dienst bereitstellen.
  - Ein Gerät bzw. ein darauf ausgeführtes Programm kann je nach Anwendung auch beide Rollen übernehmen.
- Ein (Netzwerk-)Dienst ist eine Funktion, die ein System anderen Systemen zur Nutzung bereitstellt.
- Beispiel:
  - Ein Netzwerkdrucker stellt einen Druckdienst bereit. Ein PC kann diesen Dienst nutzen, indem er einen Druckauftrag an den Drucker sendet.

```
   PC
 (Client)
    │
    │  Druckauftrag
    │
    ▼
Netzwerkdrucker
   (Server)
```

  - Hier übernimmt der PC die Client-Rolle, während der Netzwerkdrucker die Server-Rolle für den Druckdienst übernimmt.
- Ein Server muss dabei nicht zwingend ein spezielles oder besonders leistungsfähiges Gerät sein. Entscheidend ist, dass ein System einen Dienst für andere Systeme bereitstellt.

13.2 Client-Server-Kommunikation (inkl. Exkurs E-V-A-Prinzip)

- Bei der Client-Server-Kommunikation stellt der Client eine Anfrage an den Server. Der Server verarbeitet die Anfrage und sendet eine Antwort an den Client zurück.

```
        ────── Anfrage ──────▶
Client                         Server
        ◀───── Antwort ───────
```

- Ein typischer Ablauf besteht somit aus:
  - Anfrage: Der Client fordert einen Dienst bzw. eine bestimmte Leistung des Servers an.
  - Verarbeitung: Der Server verarbeitet die Anfrage.
  - Antwort: Der Server sendet eine Antwort an den Client zurück.
- Zwischen Client und Server können dabei mehrere Anfragen, Antworten und weitere Daten ausgetauscht werden.
- Der dargestellte Ablauf einer bidirektionalen [= zweiseitigen] Kommunikation beschreibt ein typisches Grundmuster. In der Praxis kann die Client-Server-Kommunikation jedoch auch anders ablaufen. So können Daten bspw. nur in eine Richtung übertragen werden (z. B. ein Druckauftrag vom Client an einen Netzwerkdrucker) oder es können zusätzlich Rückmeldungen ausgetauscht werden.

Exkurs: Das EVA-Prinzip

- Der beschriebene Ablauf lässt sich auch mit dem EVA-Prinzip in Verbindung bringen. EVA steht für Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe und beschreibt einen grundlegenden Ablauf der Informationsverarbeitung:

  Eingabe → Verarbeitung → Ausgabe
  - Bei der Eingabe werden Daten aufgenommen.
  - Bei der Verarbeitung werden die eingegebenen Daten bearbeitet oder ausgewertet.
  - Bei der Ausgabe werden die verarbeiteten Daten als Ergebnis ausgegeben.
- Beispiele aus dem Bereich Hardware:
  - Eingabe: Tastatur, Maus, Mikrofon, Scanner
  - Verarbeitung: CPU (Hauptprozessor)
  - Ausgabe: Monitor, Lautsprecher, Drucker
- Beispiele aus dem Bereich Software:
  - Taschenrechner: Zahleneingabe → Berechnung (z. B. Addition) → Ergebnisausgabe
  - Textverarbeitung: Texteingabe → Verarbeitung des Textes (z. B. Formatierung) → Darstellung auf dem Bildschirm
  - Bildbearbeitung: Bilddaten → Bearbeitung (z. B. Retusche) → bearbeitetes Bild

13.3 Beispiele und Serverdienste

- Das Client-Server-Modell findet sich bei vielen Anwendungen und Diensten im Alltag.
- Beispiel: Webseite aufrufen
  - Beim Aufrufen einer Webseite übernimmt der Webbrowser die Client-Rolle. Der Webserver stellt die angeforderten Webseiten-Inhalte bereit.
  - Der Browser fordert die Inhalte der Webseite an. Der Webserver stellt die angeforderten Daten bereit und sendet sie an den Browser zurück.
- Beispiel: E-Mail
  - Beim Abrufen von E-Mails übernimmt das Mailprogramm die Client-Rolle. Ein Mailserver stellt die gespeicherten Nachrichten bereit.
  - Das Mailprogramm fordert die Nachrichten vom Mailserver an. Der Mailserver stellt die angeforderten Nachrichten bereit und übermittelt sie an das Mailprogramm.
  - Auch beim Versenden einer E-Mail kommuniziert das Mailprogramm mit einem Mailserver, um die Nachricht zu übermitteln.
- Weitere Beispiele:
  - Streamingdienst: Eine Streaming-App fordert Audio- oder Videodaten von einem Server an. Die erhaltenen Daten werden anschließend auf dem Gerät wiedergegeben.
  - Messenger: Eine Messenger-App übermittelt Nachrichten über Server des jeweiligen Dienstes an andere Nutzer.
  - Netzwerkdrucker: Ein PC sendet einen Druckauftrag an einen Netzwerkdrucker.
  - Dateiserver: Ein PC fordert eine Datei von einem zentral bereitgestellten Speicher an.
  - DNS-Server: Ein DNS-Server (Domain Name System) ordnet einem Domainnamen (z. B. mijozi.de) die zugehörige IP-Adresse zu (z. B. 92.204.214.149). Ein Client kann diese Zuordnung beim DNS-Server anfragen.
- Die Beispiele zeigen, dass Server je nach Aufgabe unterschiedliche Dienste bereitstellen. Ein Server kann dabei einen oder mehrere Dienste zugleich bereitstellen. Umgekehrt können in größeren Netzwerken auch mehrere Server eingesetzt werden, die unterschiedliche Dienste bereitstellen.

13.4 Vorteile und Nachteile des Client-Server-Modells

- Das Client-Server-Modell bietet Vorteile durch die zentrale Bereitstellung und Verwaltung von Diensten. Gleichzeitig entstehen durch diese Struktur bestimmte Abhängigkeiten und zusätzlicher Aufwand.
- Vorteile:
  - Zentrale Bereitstellung und gemeinsame Nutzung: Dienste, Daten und Ressourcen können zentral bereitgestellt und von mehreren Clients genutzt werden.
    - Beispiel: Ein zentraler Dateiserver kann Unterrichtsmaterialien für mehrere PCs bereitstellen, sodass diese von verschiedenen Clients genutzt werden können.
  - Zentrale Verwaltung und Wartung: Zentral bereitgestellte Dienste können an einer Stelle eingerichtet, verwaltet, gewartet und angepasst werden.
    - Beispiel: Wird auf einem zentralen Mailserver die maximale Größe für E-Mail-Anhänge geändert, muss die Änderung nur auf dem Server vorgenommen werden und nicht auf jedem einzelnen Client.
- Nachteile:
  - Abhängigkeit von Servern: Da Dienste zentral bereitgestellt werden, kann der Ausfall eines Servers dazu führen, dass der betreffende Dienst für mehrere Clients nicht verfügbar ist.
    - Beispiel: Fällt ein zentraler Webserver aus, können die dort bereitgestellten Webseiten für die Clients nicht mehr abgerufen werden.
  - Belastung von Servern: Wenn viele Clients gleichzeitig einen Dienst nutzen, muss der Server zahlreiche Anfragen verarbeiten. Bei hoher Auslastung kann sich die Antwortzeit erhöhen.
    - Beispiel: Greifen viele Benutzer gleichzeitig auf einen Streamingdienst zu, kann dies durch eine zu hohe Server-Auslastung zu stockenden Videostreams oder einem automatischen Wechsel auf eine geringere Videoauflösung führen.
  - Aufwand für Betrieb und Verwaltung: Server müssen eingerichtet, gewartet, aktualisiert und ggf. abgesichert werden. Dadurch entsteht zusätzlicher technischer und organisatorischer Aufwand.
    - Beispiel: Ein zentraler Server muss regelmäßig aktualisiert, gewartet und abgesichert werden. Dafür sind spezielle technische Kenntnisse und Arbeitszeit erforderlich.

14. Peer-to-Peer-Modell

14.1 Grundprinzip

- Im vorherigen Kapitel wurde das Client-Server-Modell betrachtet. Dabei übernimmt ein System die Client-Rolle und nutzt einen von einem anderen System bereitgestellten Dienst. Im Peer-to-Peer-Modell können beteiligte Systeme dagegen Dienste und Ressourcen anderer nutzen und selbst Dienste und Ressourcen bereitstellen.
- Die beteiligten Systeme werden als Peers bezeichnet. Ein Peer ist somit nicht dauerhaft nur Client oder nur Server. Je nach Kommunikation kann ein Peer Dienste und Ressourcen nutzen oder selbst Dienste und Ressourcen bereitstellen.
- Für die Kommunikation ist kein zentraler Server erforderlich. Peers können Dienste und Ressourcen direkt untereinander bereitstellen und nutzen.
- Peer-to-Peer beschreibt dabei keine bestimmte Geräteart. Auch unterschiedlich leistungsfähige Geräte können als Peers miteinander kommunizieren. Entscheidend ist, dass sie grundsätzlich sowohl Ressourcen anderer nutzen als auch selbst Ressourcen bereitstellen können.

14.2 Beispiele für Peer-to-Peer

- Beispiel 1: Gemeinsame Dateien
  - Zwei PCs können Dateien direkt miteinander austauschen. PC A stellt eine Datei für PC B bereit. Gleichzeitig kann PC B eine andere Datei für PC A bereitstellen.

```
            ─────── Datei A ──────▶
PC A (Peer)                          PC B (Peer)
            ◀────── Datei B ───────
```

  - Beide PCs können somit Ressourcen bereitstellen und nutzen. Ein zentraler Server ist für den Dateiaustausch nicht erforderlich.
- Beispiel 2: Dezentrale Verteilung von Dateien
  - Bei der dezentralen Verteilung einer Datei über ein Peer-to-Peer-System wird diese häufig in kleinere Dateiteile aufgeteilt. Ein Peer kann unterschiedliche Dateiteile von verschiedenen Peers beziehen und bereits erhaltene Dateiteile an weitere Peers weitergeben.

```
        Peer A
       /      \
Peer B ---- Peer C
       \      /
        Peer D
```

  - Dadurch wird die Datei nicht ausschließlich von einem zentralen Server an alle Teilnehmer übertragen. Die beteiligten Peers tragen selbst zur Verteilung der Daten bei.
  - Bekannte P2P-Systeme für den Dateiaustausch sind bzw. waren bspw.:
    - BitTorrent: Ein Protokoll zur dezentralen Verteilung von Dateien, bspw. bei großen Softwarepaketen. Die Dateiteile (Pieces) werden dabei zwischen den beteiligten Peers ausgetauscht.
    - eDonkey und eMule: Seinerzeit weit verbreitete P2P-Systeme bzw. Programme zum Austausch von Dateien zwischen vielen Peers.
    - Gnutella: Ein dezentrales Filesharing-System, bei dem Peers Dateien untereinander suchen und austauschen konnten.
    - Napster: Ein frühes Filesharing-System, das insbesondere für den Austausch von Musikdateien bekannt wurde. Die Dateisuche erfolgte über zentrale Server, während die Dateien zwischen den Nutzern übertragen wurden.
  - Über solche Systeme wurden bzw. werden bspw. Musik, Filme, Bilder, Software und andere Dateien ausgetauscht. Die Technik selbst ist dabei nicht illegal. Problematisch kann jedoch der Austausch urheberrechtlich geschützter Inhalte ohne entsprechende Erlaubnis sein.
  - Die Beispiele zeigen außerdem, dass Peer-to-Peer-Systeme unterschiedlich stark dezentralisiert sein können. Manche Systeme enthalten zusätzlich zentrale Komponenten.

14.3 Vorteile und Nachteile des Peer-to-Peer-Modells

- Das Peer-to-Peer-Modell ermöglicht die direkte Bereitstellung und Nutzung von Ressourcen und Diensten zwischen den beteiligten Peers. Dadurch kann auf eine zentrale Bereitstellung verzichtet werden. Gleichzeitig entstehen Nachteile durch die fehlende zentrale Verwaltung und die Abhängigkeit von einzelnen Peers.
- Vorteile:
  - Keine zentrale Infrastruktur erforderlich: Peers können Ressourcen und Dienste direkt untereinander bereitstellen und nutzen.
  - Verteilung der Daten: Mehrere Peers können gemeinsam zur Bereitstellung und Verteilung von Daten beitragen.
  - Geringere Abhängigkeit von einem einzelnen zentralen System: Der Ausfall eines einzelnen Peers muss nicht dazu führen, dass eine Ressource oder ein Dienst für alle Teilnehmer nicht mehr verfügbar ist, wenn weitere Peers dieselbe Ressource oder denselben Dienst bereitstellen.
- Nachteile:
  - Keine zentrale Verwaltung: Ressourcen und Dienste werden auf den einzelnen Peers bereitgestellt und müssen dort jeweils verwaltet werden.
  - Abhängigkeit von einzelnen Peers: Ist ein Peer nicht erreichbar, stehen die von ihm bereitgestellten Ressourcen oder Dienste möglicherweise nicht zur Verfügung.
  - Unterschiedliche Leistungsfähigkeit: Die beteiligten Peers können unterschiedlich leistungsfähig sein und unterschiedlich viele Ressourcen zur Verfügung stellen.
  - Sicherheitsaufwand: Da jeder Peer selbst Ressourcen und Dienste bereitstellen kann, muss jeder einzelne Peer angemessen geschützt und verwaltet werden.

15. Client-Server und Peer-to-Peer in der Praxis

15.1 Vergleich der Modelle

- Im Client-Server-Modell und im Peer-to-Peer-Modell können Systeme Ressourcen und Dienste nutzen und bereitstellen. Die Modelle unterscheiden sich vor allem darin, wie diese Aufgaben organisiert und verteilt werden.
- Server und Clients bzw. Peers:
  - Im Client-Server-Modell übernehmen Client und Server unterschiedliche Rollen.
  - Im Peer-to-Peer-Modell können Peers sowohl Ressourcen und Dienste anderer nutzen als auch selbst bereitstellen.
- Zentrale bzw. verteilte Bereitstellung und Verwaltung:
  - Im Client-Server-Modell werden Dienste und Ressourcen zentral durch Server bereitgestellt und können zentral verwaltet und gewartet werden.
  - Im Peer-to-Peer-Modell können mehrere Peers gemeinsam zur Bereitstellung von Ressourcen und Diensten beitragen. Die Verwaltung ist stärker auf die einzelnen Peers verteilt.
- Abhängigkeit von zentralen Servern bzw. einzelnen Peers:
  - Im Client-Server-Modell kann der Ausfall eines zentralen Servers dazu führen, dass ein Dienst für mehrere Clients nicht verfügbar ist.
  - Im Peer-to-Peer-Modell betrifft der Ausfall eines einzelnen Peers zunächst die von ihm bereitgestellten Ressourcen und Dienste. Sind diese auch bei anderen Peers verfügbar, können sie weiterhin genutzt werden.

15.2 Mischformen in der Praxis

- In der Praxis lassen sich Client-Server- und Peer-to-Peer-Modell miteinander verbinden. Unterschiedliche Aufgaben innerhalb eines Systems können dabei nach unterschiedlichen Modellen organisiert sein.
- Zentrale Komponenten und Peer-to-Peer-Kommunikation:
  - Ein zentraler Server kann bspw. Benutzer verwalten, Verbindungen koordinieren oder weitere Dienste bereitstellen.
  - Die eigentliche Übertragung von Daten kann dabei direkt zwischen den beteiligten Peers erfolgen.
- Beispiel: BitTorrent
  - Bei BitTorrent werden Dateiteile zwischen den beteiligten Peers ausgetauscht.
  - Zusätzlich können zentrale Komponenten (z. B. Tracker) zur Ermittlung bzw. Koordination beteiligter Peers eingesetzt werden.
  - Damit verbindet BitTorrent die dezentrale Datenübertragung zwischen Peers mit zusätzlichen Komponenten zur Organisation des Austauschs.
- Beispiel: Videokommunikation
  - Bei bestimmten Videokommunikationssystemen können zentrale Server bspw. Benutzer verwalten oder die Verbindung zwischen Teilnehmern herstellen.
  - Die Audio- und Videodaten können anschließend direkt zwischen den beteiligten Geräten übertragen werden.
  - Damit können auch bei einem solchen System zentrale und Peer-to-Peer-Elemente miteinander verbunden sein.
- Mischformen zeigen, dass unterschiedliche Aufgaben innerhalb eines Systems zentral oder dezentral organisiert werden können.