

Anforderungen an Kommunikation

- Kapazität
 - Datendurchsatz („Geschwindigkeit“)
 - Anzahl (gleichzeitig) aktiver Nutzer
 - Anzahl „bekannter“ Nutzer
 - ...
- Latenz
 - Ausbreitung
 - Serialisierung / Aufreihung

LKW-Beispiel

- Was ist schneller? VDSL oder ein LKW?
- VDSL: 50 Mbit/s

LKW-Beispiel

- Was ist schneller? VDSL oder ein LKW?
- VDSL: 50 Mbit/s
- LKW
 - von Rostock nach München, 775km, ca. 9:40h bei 80km/h
 - 34 Europaletten à 450 Festplatten à 3 TB \approx 46PB
 - \sim 11.000 Gbit/s

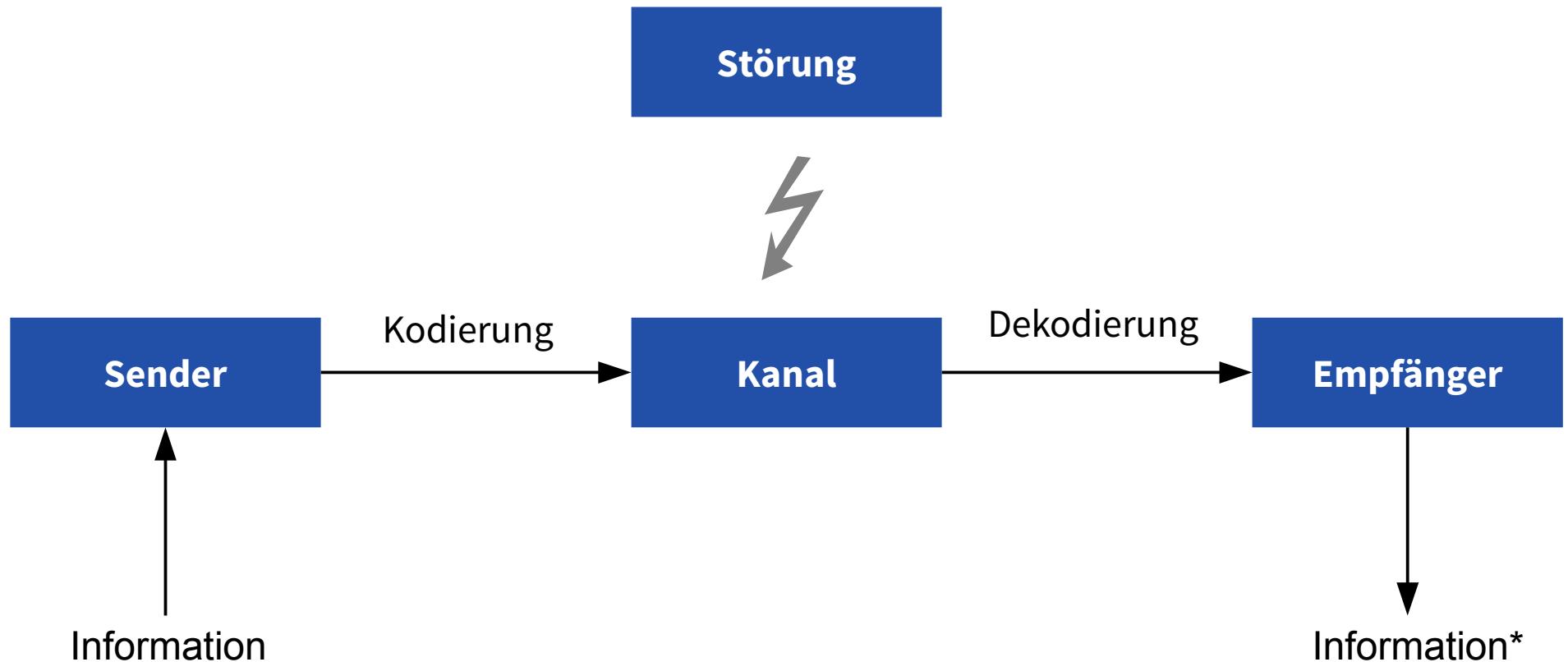
LKW-Beispiel

- Was ist schneller? VDSL oder ein LKW?
- VDSL: 50 Mbit/s
- LKW
 - von Rostock nach München, 775km, ca. 9:40h bei 80km/h
 - 34 Europaletten à 450 Festplatten à 3 TB \approx 46PB
 - \sim 11.000 Gbit/s **(220.000× VDSL)**

Anforderungen an Kommunikation II

- Schwankungen („Jitter“)
- Reichweite
- Sicherheit
 - Wahrscheinlichkeit von Fehlern
 - Fehlertoleranz
 - Vertraulichkeit, Echtheit, Manipulationssicherheit

Kommunikationsmodell (Kanalmode)ll



Signale

- **Signal** = zeitabhängige, messbare physikalische Größe
- Beispiele:
 - Schall (Lautstärke, Tonhöhe)
 - Licht (Helligkeit, Farbe)
 - Elektrische Spannung
 - ...

Symbole

- **Symbol** = feststellbare Änderung des Signals
- Änderung muss unterscheidbar sein (Größe, Zeit)
- Störungen können Erkennung verfälschen

- Beispiel: Tonhöhe
- Beispiel II: Morse-Code (kurze und lange Töne)

Kodierung

1. Quellenkodierung

2. Kanalkodierung

3. Leitungskodierung

Kodierung

1. Quellenkodierung

- Repräsentation von Informationen (Text, Bild, Ton, Video, ...) in „geeigneter Form“ für Übertragung
- Kompression (Verringerung von Redundanz)

▪ Beispiel: Morse-Code

E •

A • –

Q – – • –

Kodierung

2. Kanalkodierung

- Hinzufügen von Redundanz, um Wahrscheinlichkeit von Übermittlungsfehlern zu verringern.

3. Leitungskodierung

- Festlegung, wie Symbole auf physischer Ebene übertragen werden.
- Beispiel: Morse-Code
 - kurzer Ton
 - langer Ton

Multiplexing

- **Multiplexing** = Mehrfachzugriff
- Hintergrund: mehrere gleichzeitig aktive Kommunikationsteilnehmer
- Zeitmultiplex..... GSM, WLAN, Ethernet
- Frequenzmultiplex..... Radiosender, DSL
- Raummultiplex..... Mehrantennensysteme (MIMO)
- Codemultiplex..... UMTS

Medienzugriff (Zeitmultiplex)

- Synchron: Jedem Teilnehmer wird ein **Zeitschlitz** zugewiesen.
- Asynchron:
 - Konkurrierender Zugriff
 - „Einfach drauflos senden“ (→ ALOHA)
 - „Erst hören, dann senden“ (CSMA)
 - Kollision, Kollisionserkennung (CSMA/CD)
 - Geregelter Zugriff
 - Kollisionsvermeidung (CSMA/CA)
 - Token-Ring

Adressen

- Lokal
 - „Direktverbindungsnetz“
 - Auswahl des Teilnehmers oder Gruppe, an den (die) eine Übertragung gerichtet ist. → Eindeutigkeit
 - Sonderfall: Nachricht an alle Teilnehmer.
 - Adressvergabe: einfach

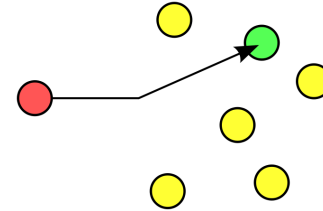
Adressen

- Global
 - Eindeutige Identifizierung eines Kommunikationsteilnehmers in einem großen Bereich (weltweit).
 - Hierarchische Adressen
 - Beispiel:
 - Postanschrift (Name, Straße, Ort, Land)
 - Telefonnummer (Landesvorwahl, Ortsvorwahl, Rufnummer, Durchwahl)
 - Adressvergabe: aufwendig

Adressierungsmethoden

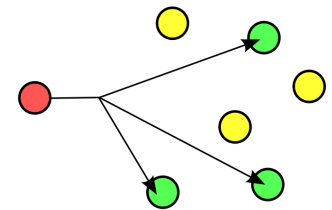
- Unicast

- 1 Sender, genau 1 Empfänger



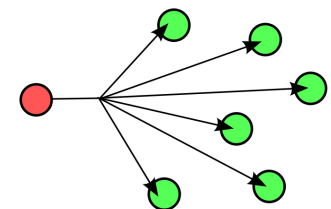
- Multicast

- 1 Sender, eine Gruppe von Empfängern



- Broadcast

- 1 Sender, alle Teilnehmer als Empfänger



Protokoll

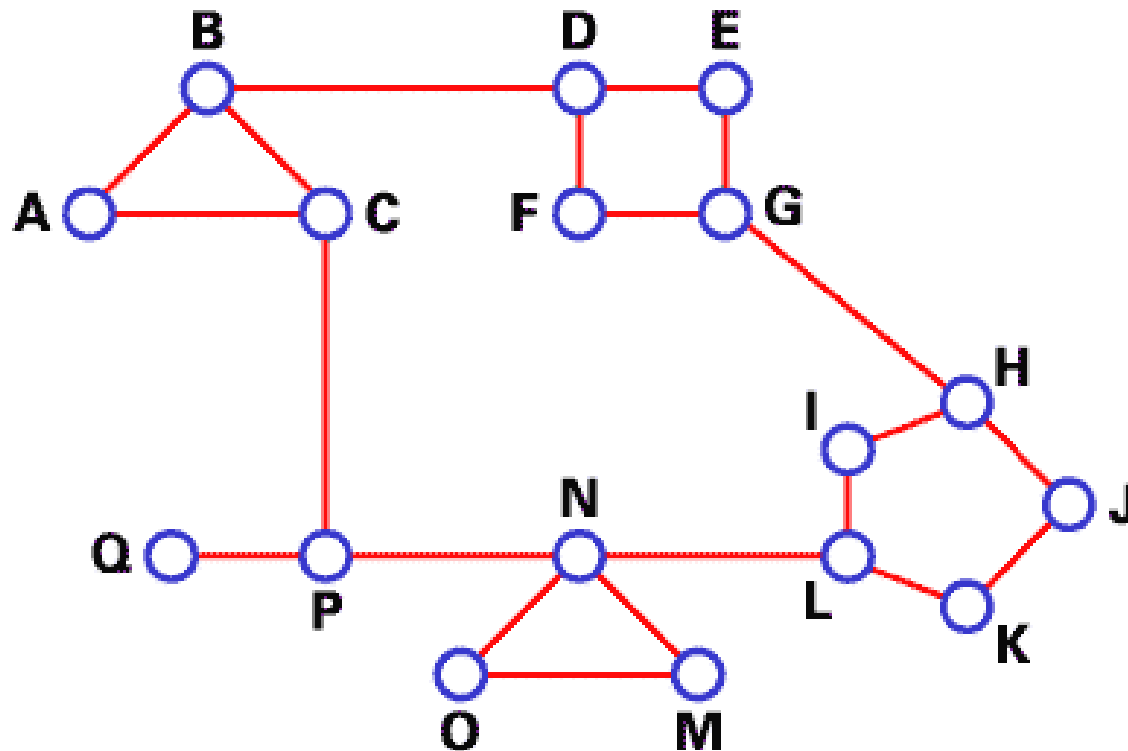
- Auf- und Abbau von Verbindungen
- Festlegung von Datenformaten (z.B. Aufbau einer Botschaft)
- Festlegung von Adressformaten
- Abbildung von Adressen
- Weiterleitungen (Routing)
- Erkennung und Umgang mit Übertragungsfehlern
- Empfangsbestätigungen
- Umgang mit unerwarteten Datenverlusten und Verbindungsabbrüchen
- Flusskontrolle

Kodierung vs. Verschlüsselung

- **Kodierung** = Zuordnung von Symbolen
- **Kryptographie**:
 - **Integrität** – Nachricht wurde nicht verändert
 - **Authentizität** – Der Absender ist der, für den er sich ausgibt.
 - **Vertraulichkeit** – Dritte können nicht mitlesen.
 - **Verbindlichkeit** (Nichtabstreitbarkeit)
- **Umsetzung**: Verschlüsselung, Prüfsummen, Schlüsselaustauschverfahren

Weiterleiten – Routing

- Finden eines Weges zwischen zwei Kommunikationsteilnehmern.



Weiterleiten – Routing

- Finden bzw. erkennen von Kommunikationsteilnehmern und Verbindungen
- Finden von *optimalen* Wegen
- Austausch mit anderen Teilnehmern über die existierenden Wege
- Verfahren:
 - Statisch, dynamisch
 - Zentral, dezentral
 - Globales Wissen, lokales Wissen
 - ...

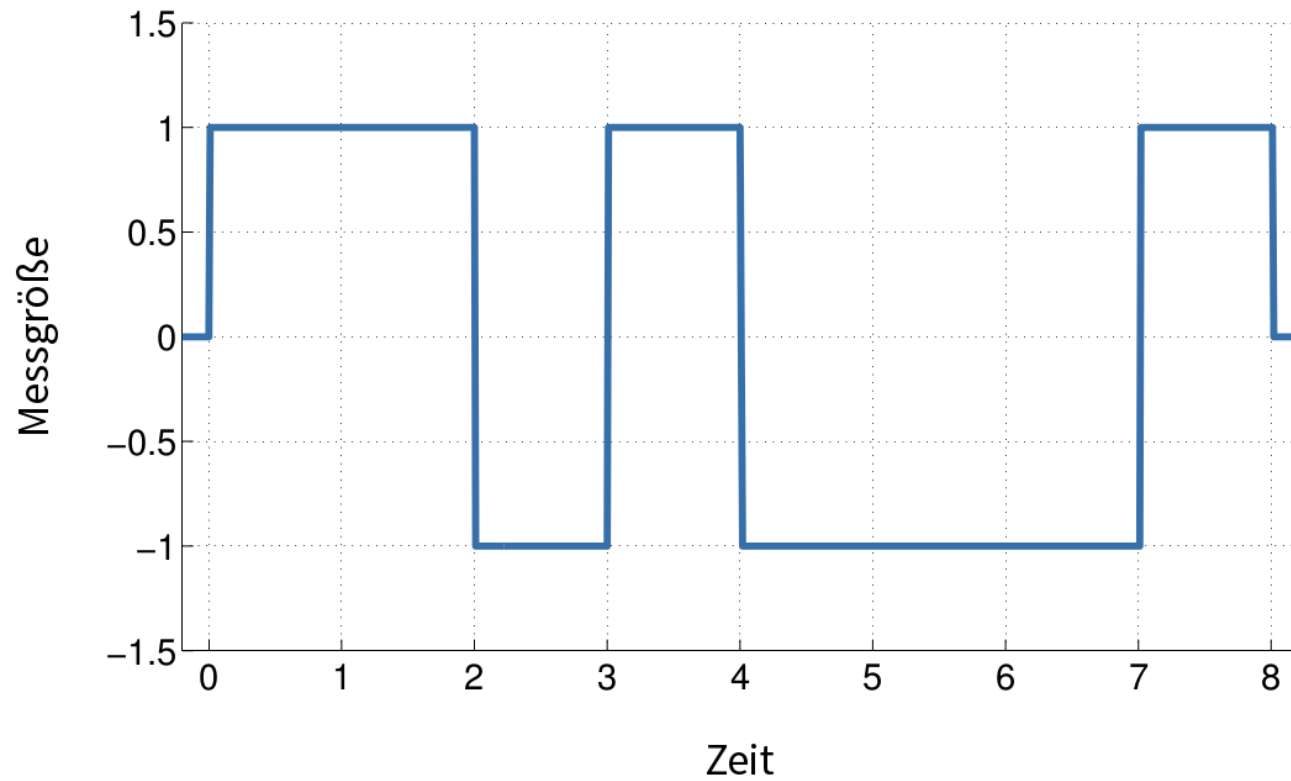
Störungen

- Dämpfung (Abschwächung des Signals)
- Verzerrung
- Verzögerung

- Interferenzen
- Reflexionen

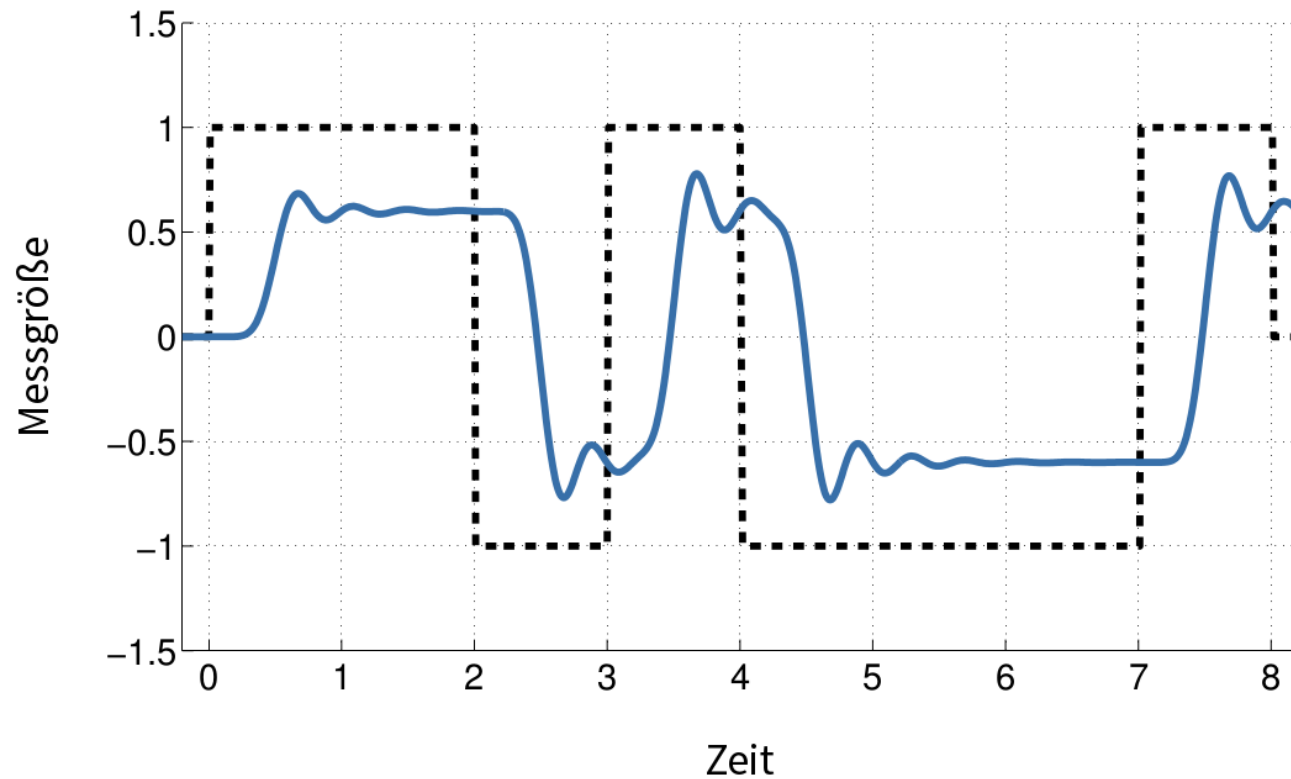
- Störungen können zeitlich veränderlich sein.

Störungen



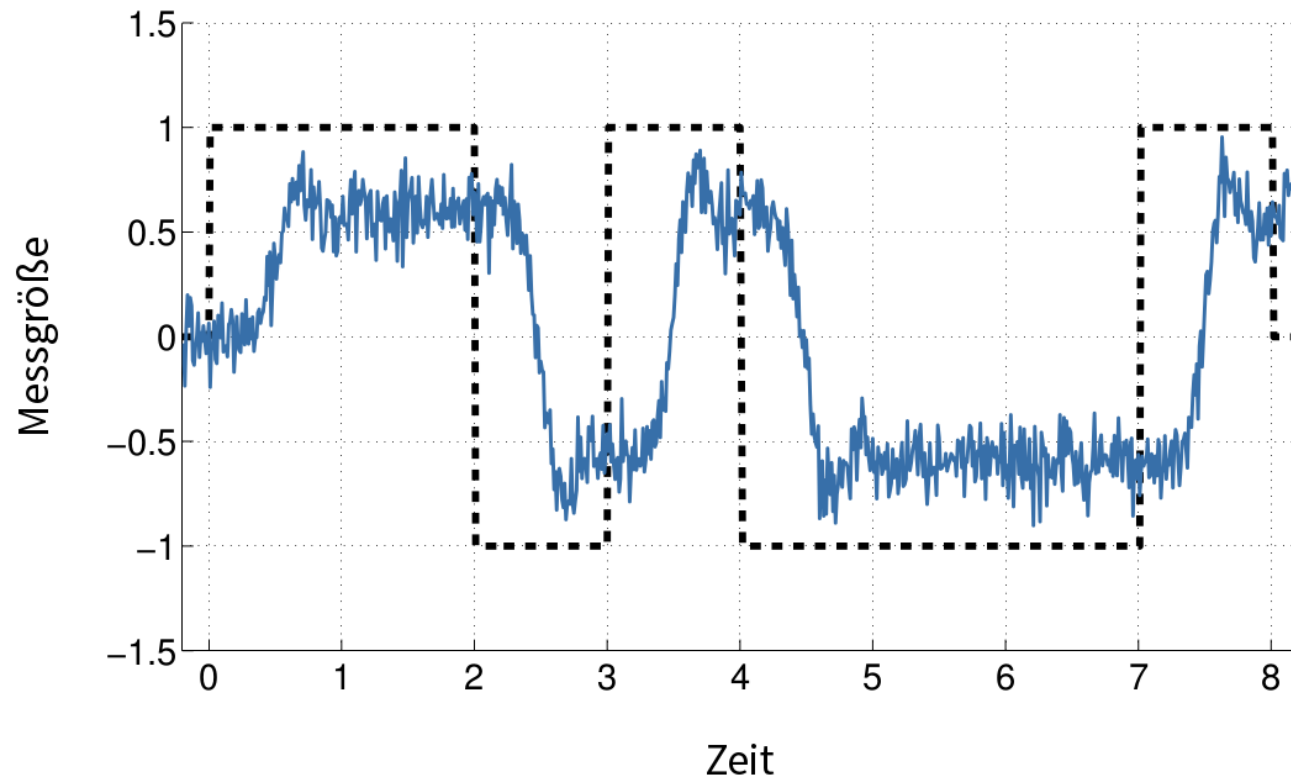
- Ideales Signal

Störungen



- Signal nach Dämpfung und Verzerrung

Störungen



- Signal nach Dämpfung und Verzerrung, überlagert von Störungen.

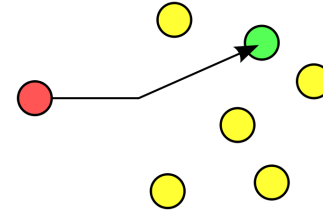
Vermittlungsarten

- **Leitungsvermittlung** → Telefongespräch
 - „Reserviere eine dedizierte Leitung zwischen Sender und Empfänger.“
- **Nachrichtenvermittlung** → Brief
 - „Wähle für jede Nachricht individuell einen Weg.“
- **Paketvermittlung** → Internet
 - „Teile eine Nachricht in mehrere kleinere Pakete auf und versende jedes Paket unabhängig von den anderen.“

Adressierungsmethoden

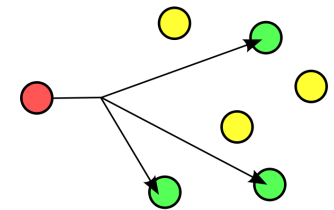
- Unicast

- 1 Sender, genau 1 Empfänger



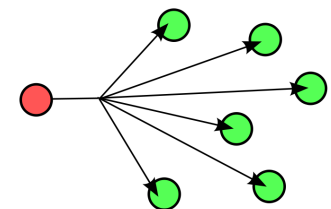
- Multicast

- 1 Sender, eine Gruppe von Empfängern



- Broadcast

- 1 Sender, alle Teilnehmer als Empfänger



Fehlererkennung

- Übertragungsfehler können trotz Kanalkodierung auftreten.
- Ziel: Erkennen von fehlerhaften Übertragungen (empfängerseitig).
- Im Fehlerfall ggf. Neuübertragung
- Beispiel: Prüfsummen
 - 0381 / 123 567

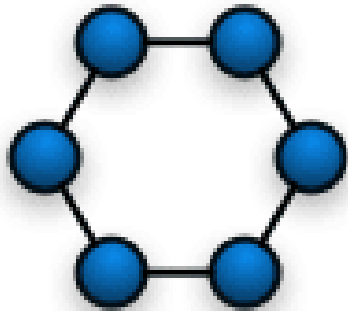
Fehlererkennung

- Übertragungsfehler können trotz Kanalkodierung auftreten.
- Ziel: Erkennen von fehlerhaften Übertragungen (empfängerseitig).
- Im Fehlerfall ggf. Neuübertragung
- Beispiel: Prüfsummen
 - 0381 / 123 567
 - $0 + 3 + 8 + 1 + 1 + 2 + 3 + 5 + 6 + 7 = 36$

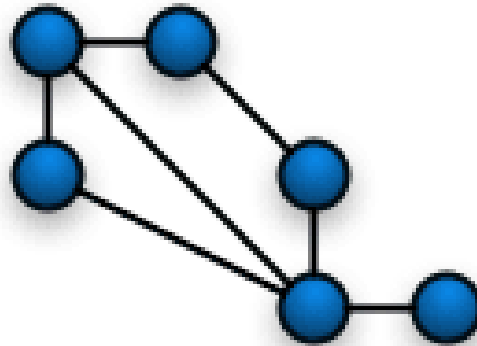
Fehlererkennung

- Übertragungsfehler können trotz Kanalkodierung auftreten.
- Ziel: Erkennen von fehlerhaften Übertragungen (empfängerseitig).
- Im Fehlerfall ggf. Neuübertragung
- Beispiel: Prüfsummen
 - 0381 / 123 567 **6**
 - $0 + 3 + 8 + 1 + 1 + 2 + 3 + 5 + 6 + 7 = 36$

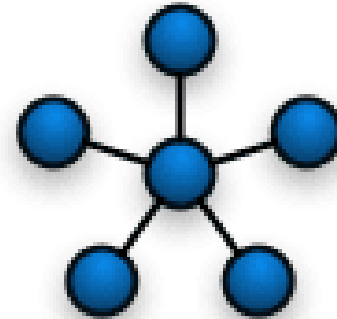
Netzwerkstrukturen



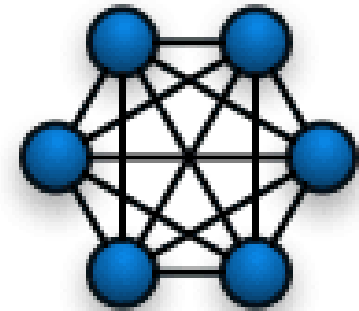
Ring



Vermascht



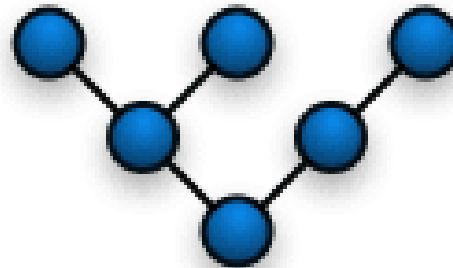
Stern



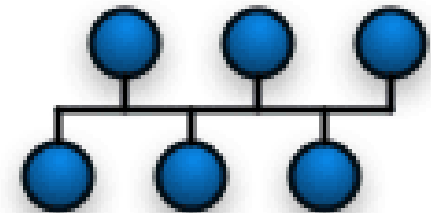
Vollvermascht



Linie

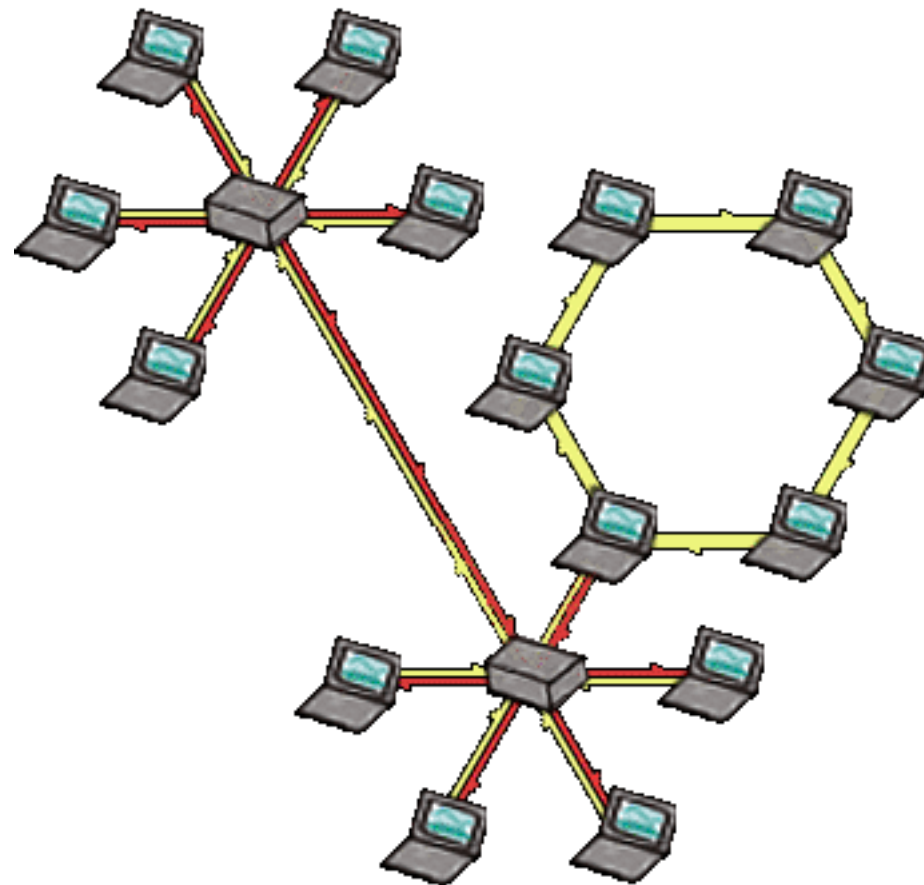


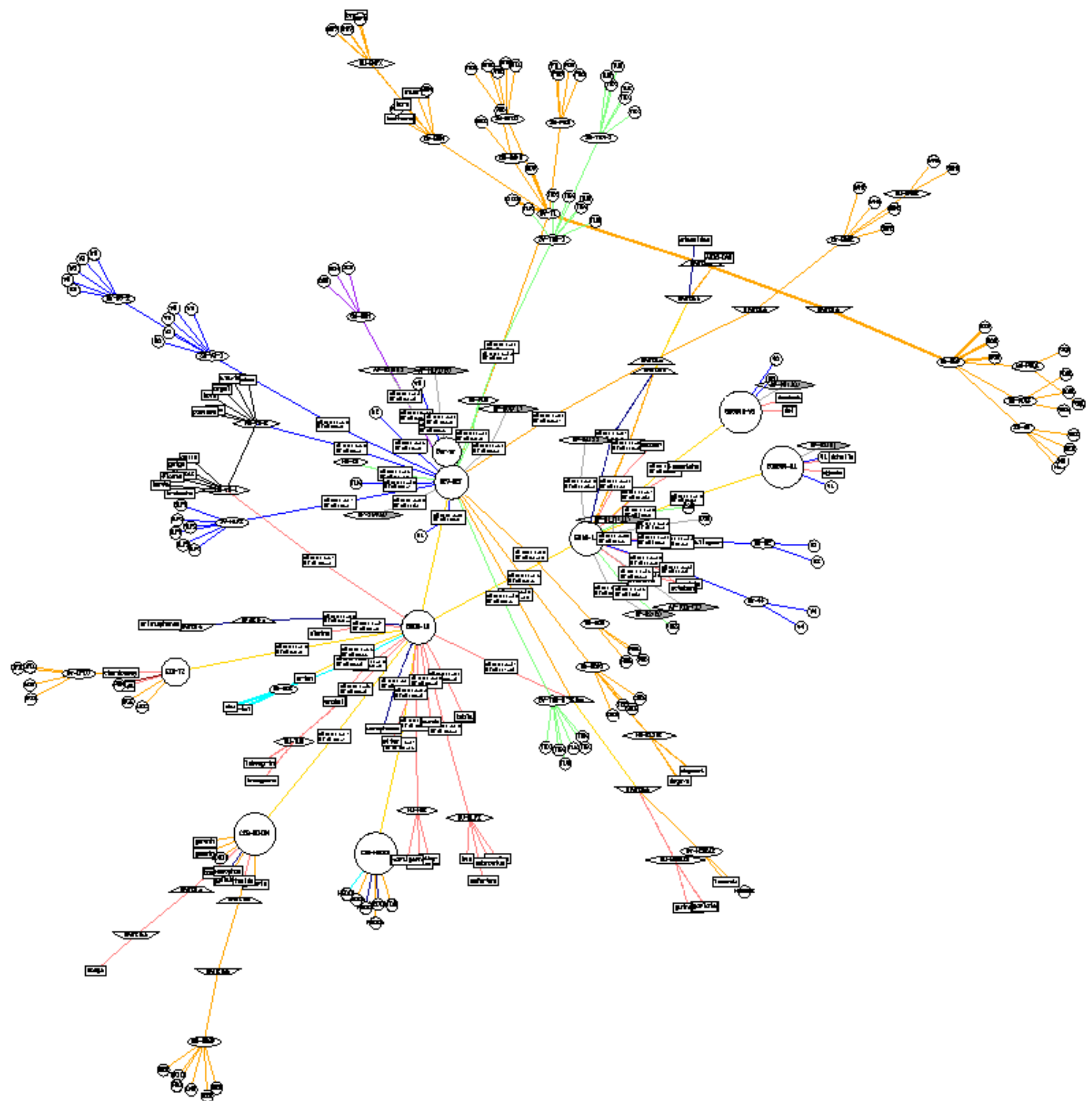
Baum

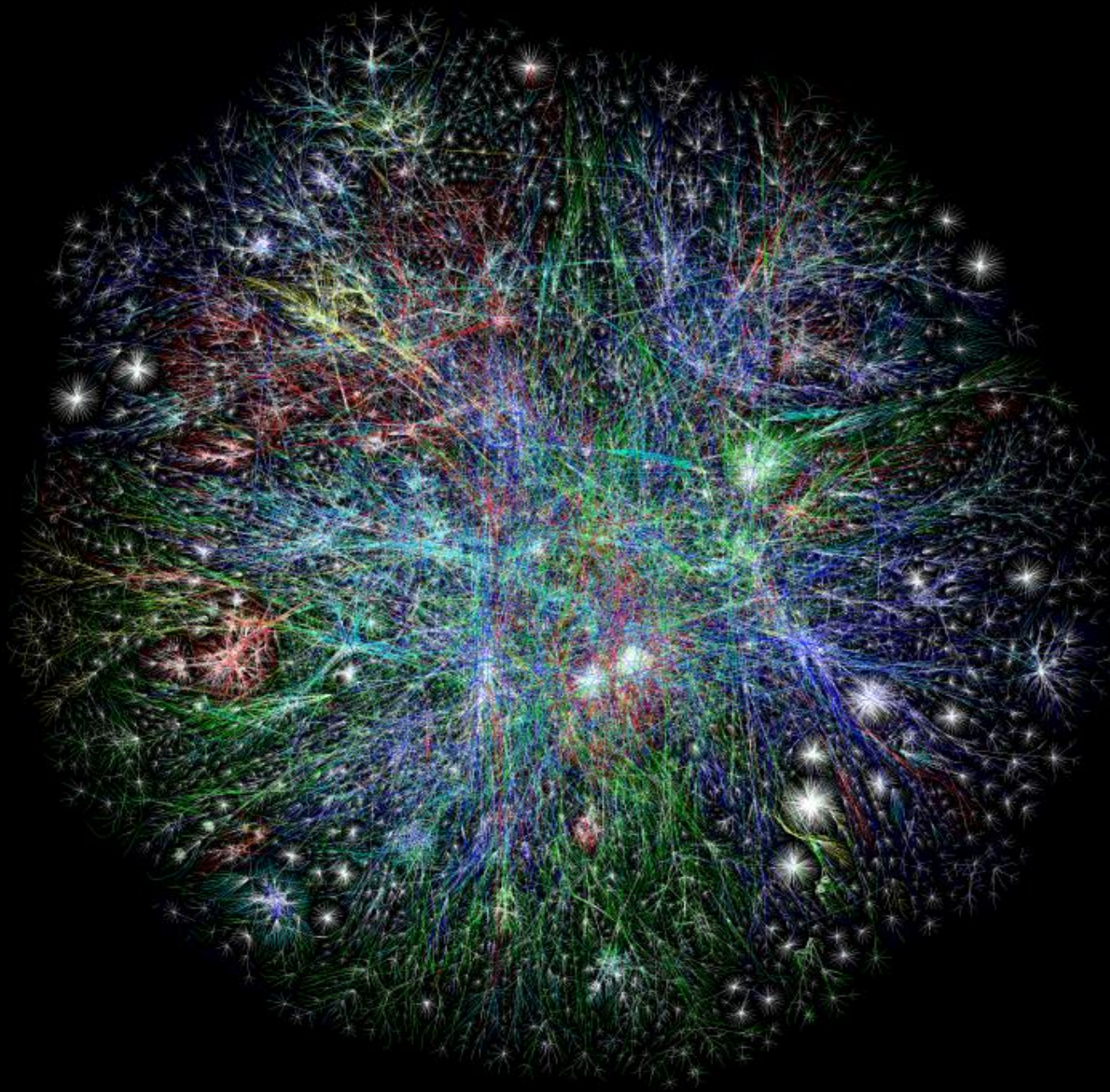


Bus

Netzwerkstrukturen II

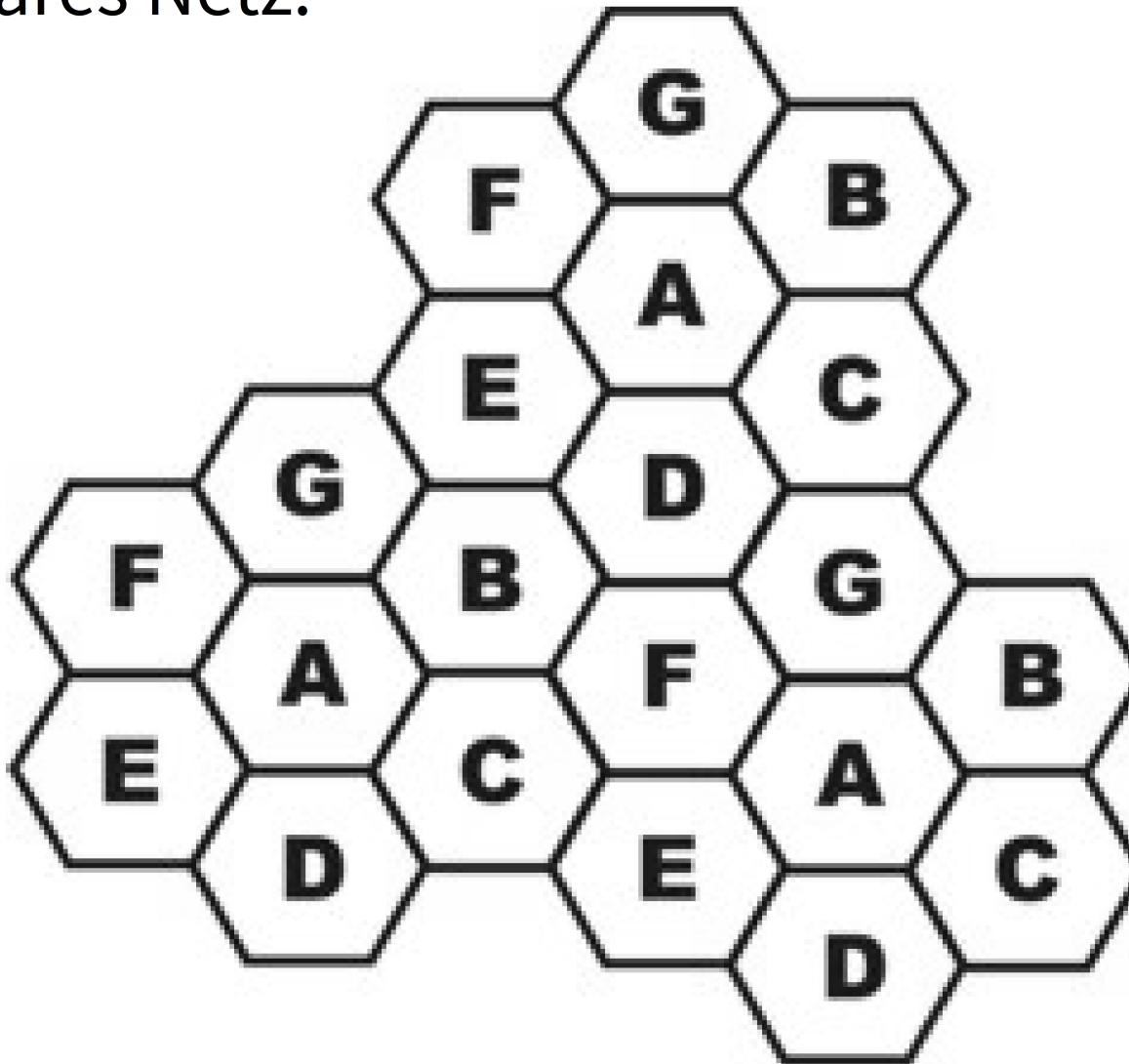




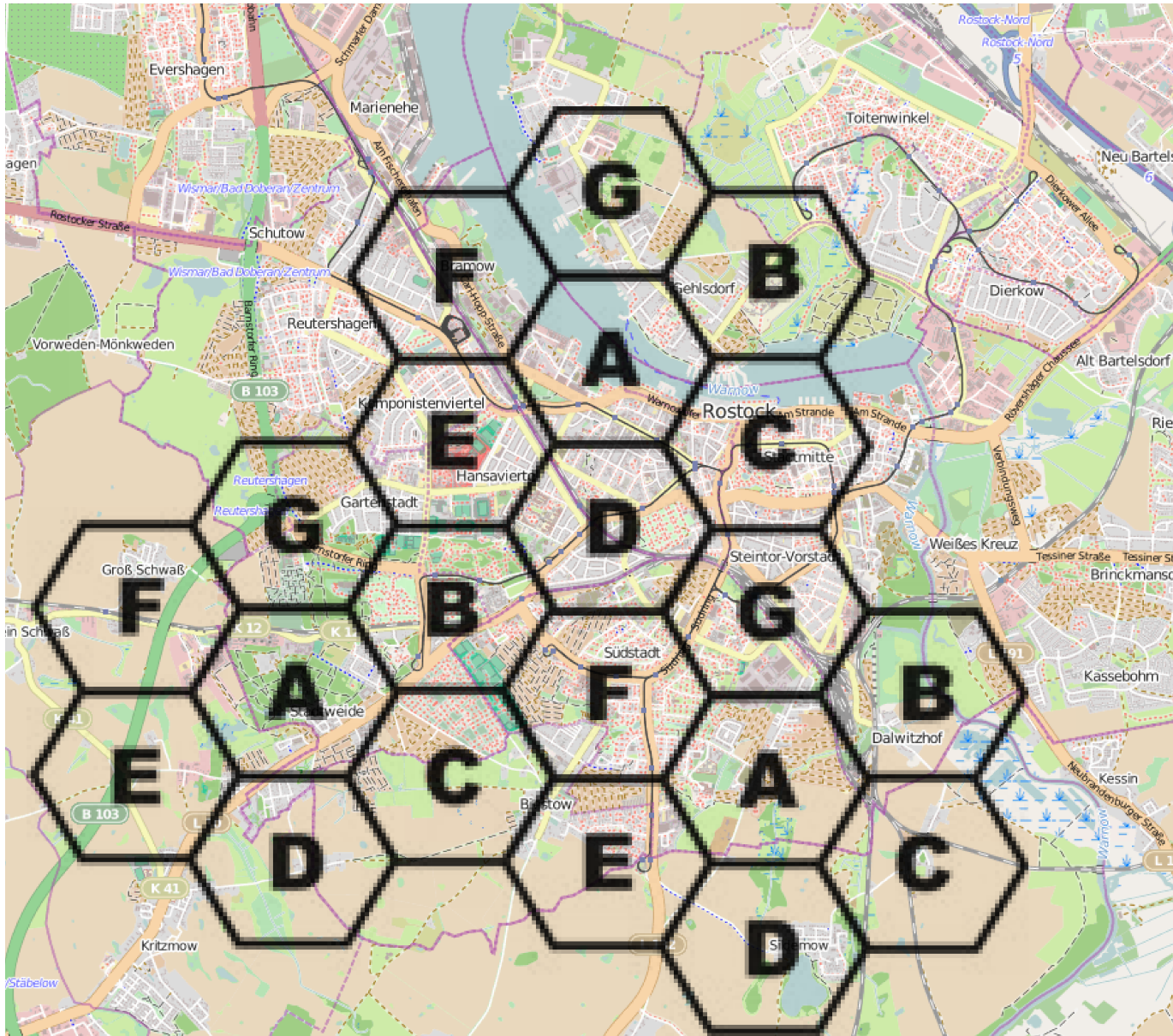


Netzwerkstrukturen

- Zellulares Netz:



Netzwerkstrukturen



Quellen

- Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
 - Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
 - Technische Universität München

- Bilder wie gekennzeichnet bzw.
 - „The Internet mapping project“ (Bell Labs)
 - Karte: Openstreetmap contributors (CC-BY-SA)