

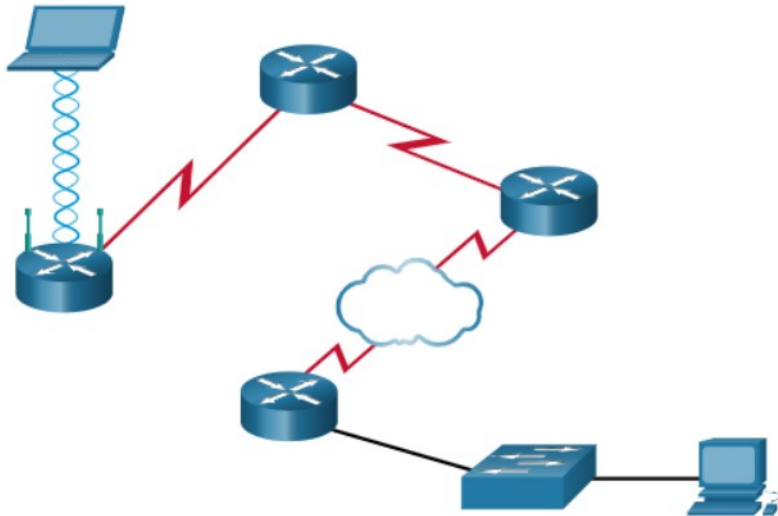
ZSL

Zentrum für Schulqualität
und Lehrerbildung
Baden-Württemberg



Networking
Academy

Data Link Layer



Andreas Grupp

Andreas.Grupp@zsl-rstue.de

Carina Haag

carina.haag@zsl-rsma.de

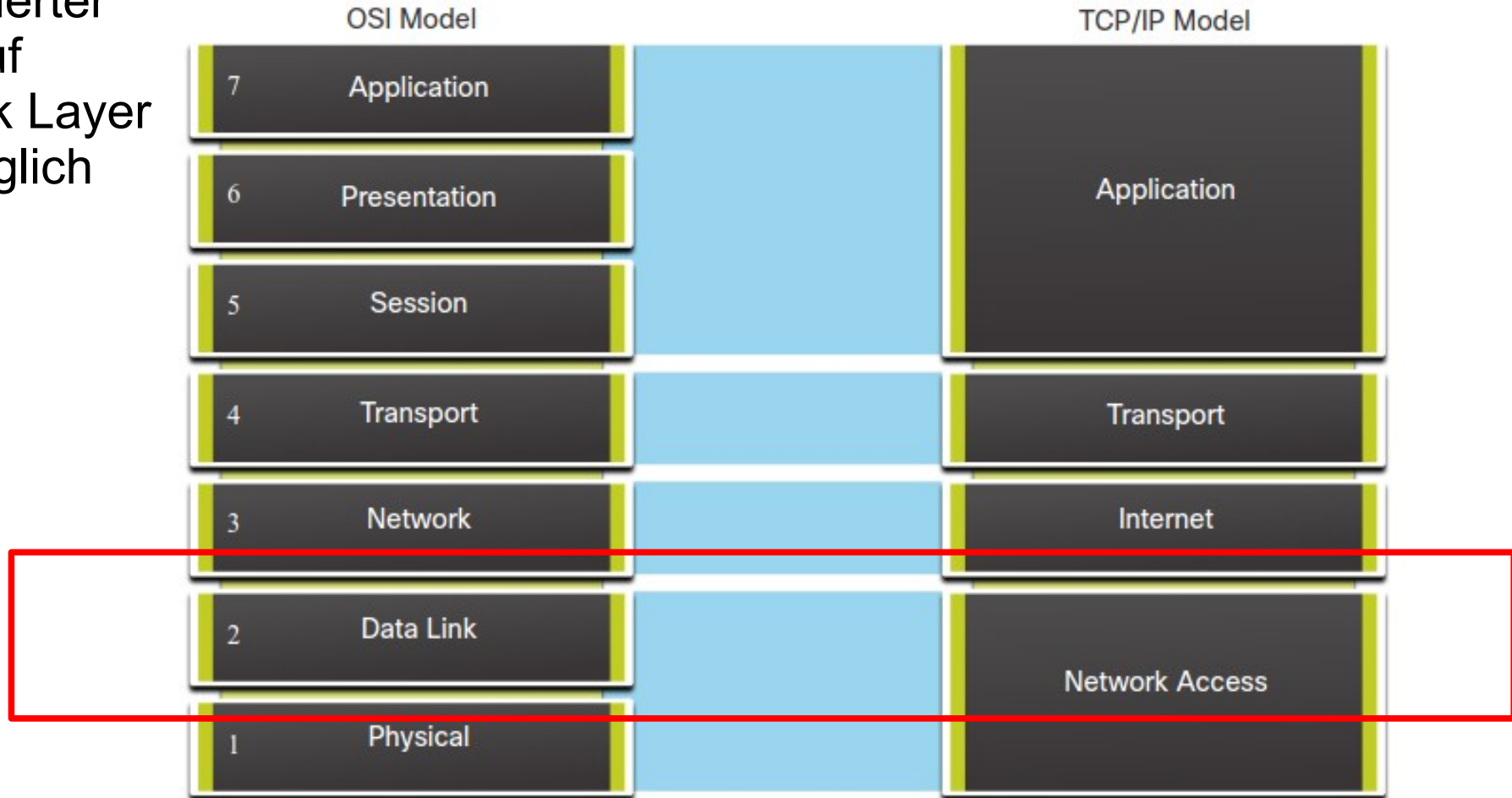
Tobias Heine

tobias.heine@zsl-rsma.de

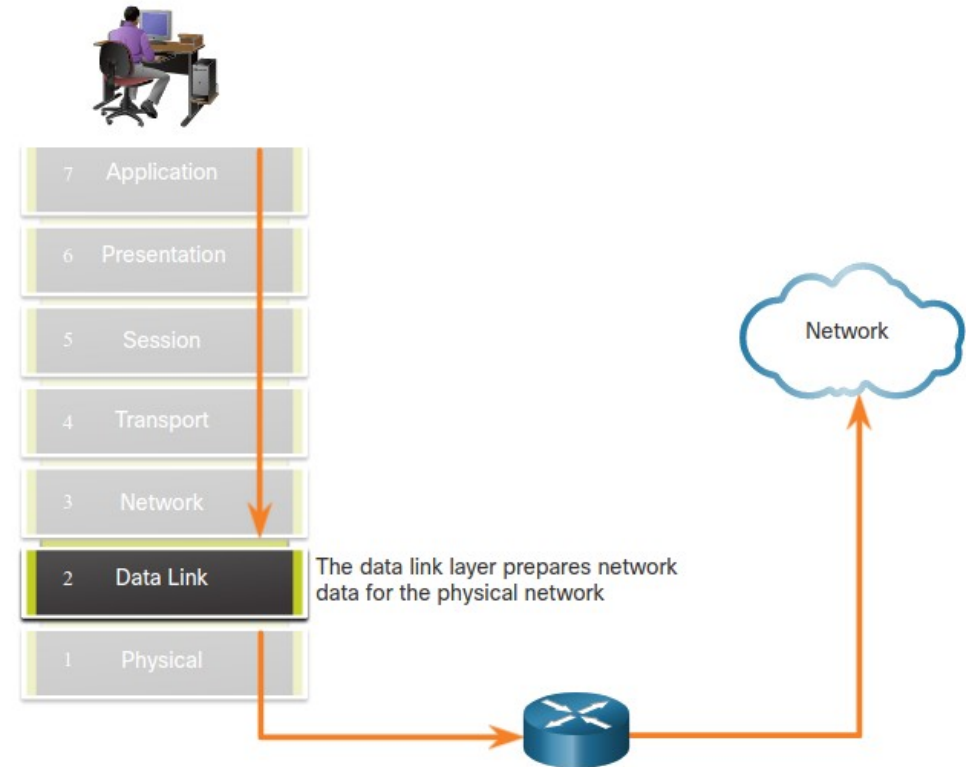
Uwe Thiessat

uwe.thiessat@gbs-sha.de

Rein isolierter
Fokus auf
Data Link Layer
nicht möglich



- Vorbereitung der **Netzwerkdaten** für das physikalische Netzwerk
- Features (Auszug):
 - Zugriff von oberen Schichten auf genutztes Medium
 - **Kapselt** Daten in Frames vor dem Senden
 - **Entkapselt** Frames nach dem Empfangen
 - **Steuerung** wie Daten auf einem Medium platziert werden
 - Durchführung einer **Fehlererkennung**



- Verschiedene **Elektrotechnik-** bzw. **Telekommunikations-** Organisationen sorgen für Standards auf Layer 2
 - **Institute of Electrical and Electronics Engineers („i triple e“)**
802 → Projekt des IEEE + Arbeitsgruppennummer:
 - **IEEE 802.3** → Ethernet
 - **IEEE 802.11** → Wireless LAN
 - **IEEE 802.15** → Wireless Personal Area Network (z. B. Bluetooth)

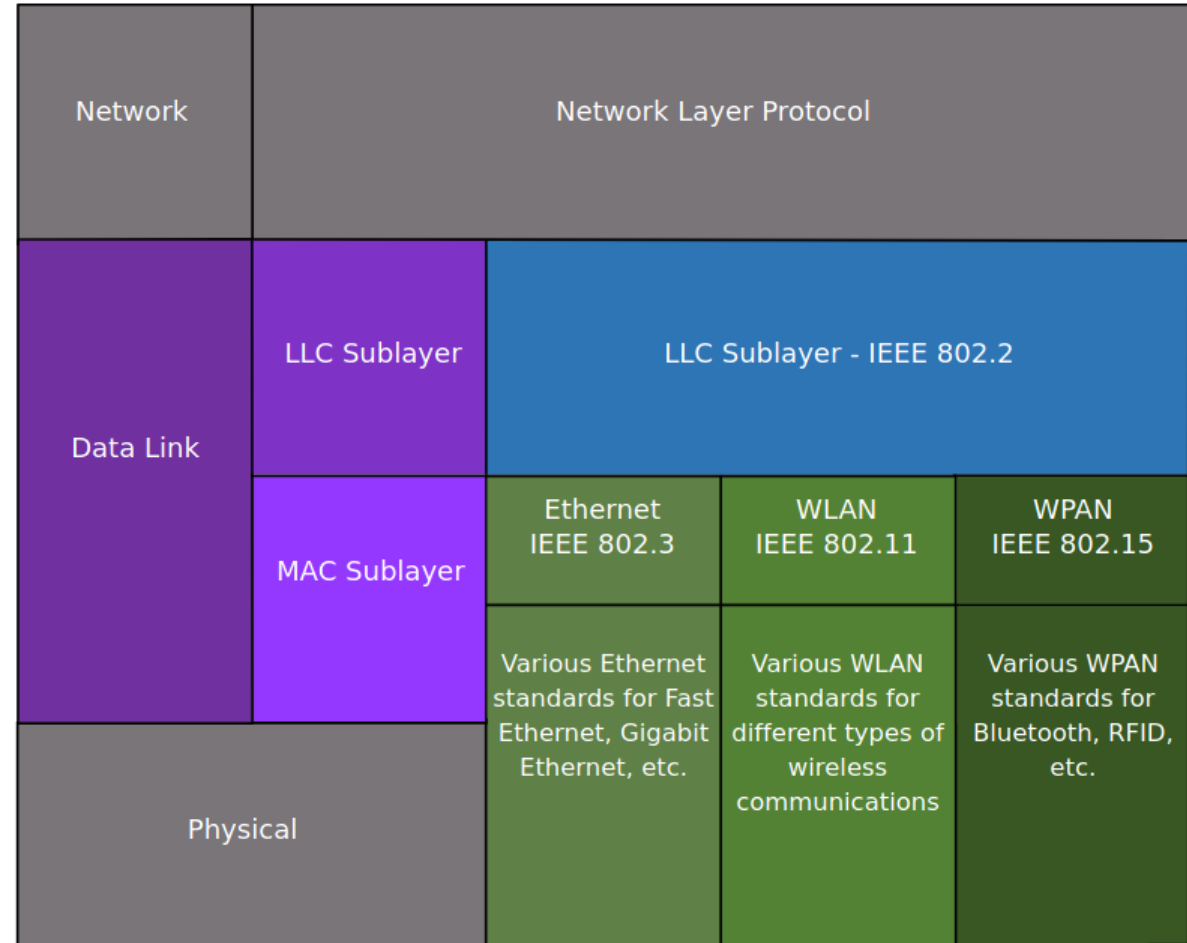
Mehr dazu z. B. unter :

<https://www.computerweekly.com/de/feature/IEEE-802-Die-Netzwerkstandards-im-Ueberblick>

- International Telecommunication Union (ITU)
- International Organization for Standardization (ISO)
- American National Standards Institute (ANSI)



- Aufteilung des Data Link Layers in zwei Sublayer
 - Logical Link Control (LLC)
 - Media Access Control (MAC)



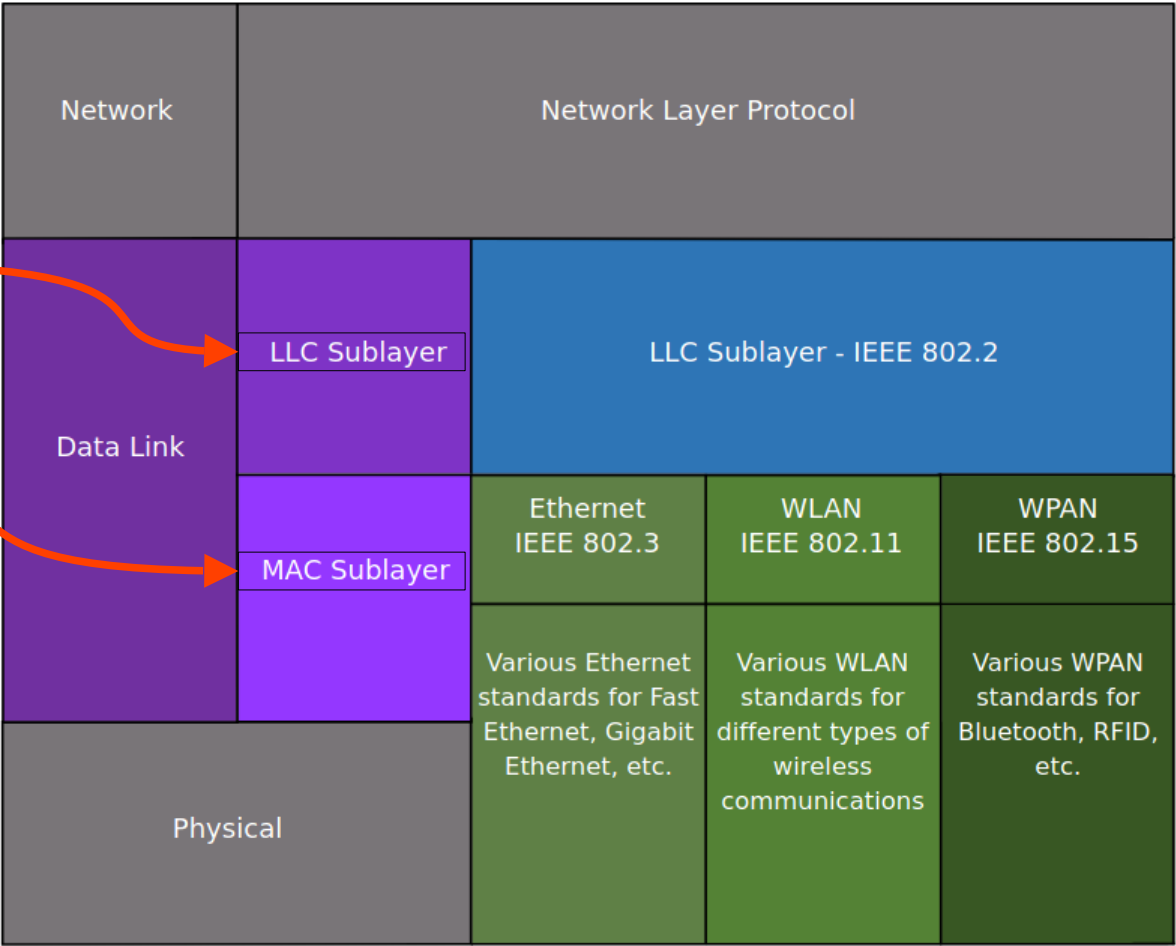
Zweck des Data Link Layers - IEEE 802 LAN/MAN Sublayers

OT: Ergänzung zur Wortherkunft LAN/MAN Sublayer

Arbeitet an allen Arten von Topologien

Arbeitet an LAN/MAN-Links

Definiert vom IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee (kurz: LMSC)



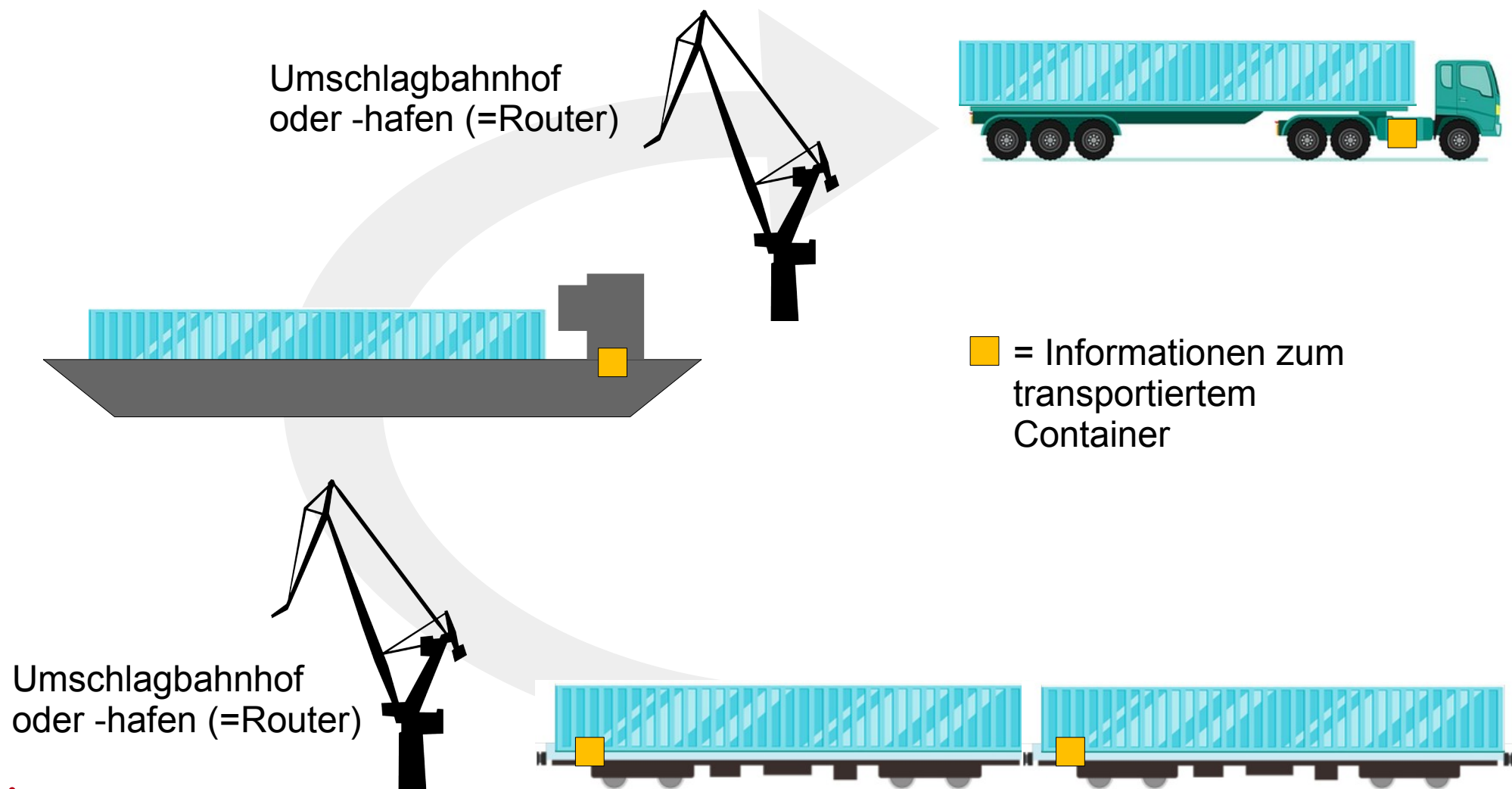
Mehr dazu z.B. unter:
<https://www.baeldung.com/cs/data-link-sub-layers>

- **Logical Link Control (LLC):**

- Kommunikation zwischen höheren Schichten und der Geräte-Hardware der unteren Schichten
- Platziert Informationen in den Frames, die das verwendete Network-Layer-Protokoll identifiziert.

- **Media Access Control (MAC):**

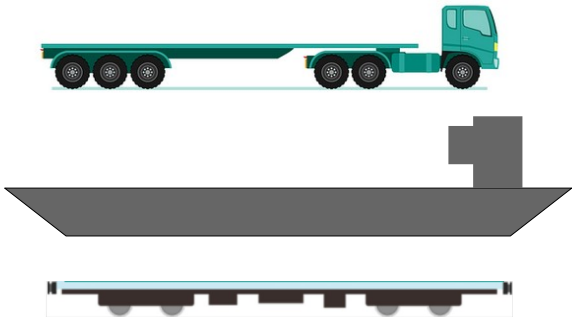
- Steuerung der Netzwerkkarte
- Übernimmt die eigentliche Kapselung
- Sorgt für Frame-Delimiting (Felder-Identifizierung im Frame)
- Adressierung
- Fehlererkennung
- Zugriffskontrolle - Platzierung des Frames auf dem Medium (abhängig von **Topologie** und **Media sharing**)



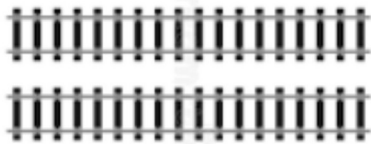
Network
(Paket)



Data-Link
(Frame)

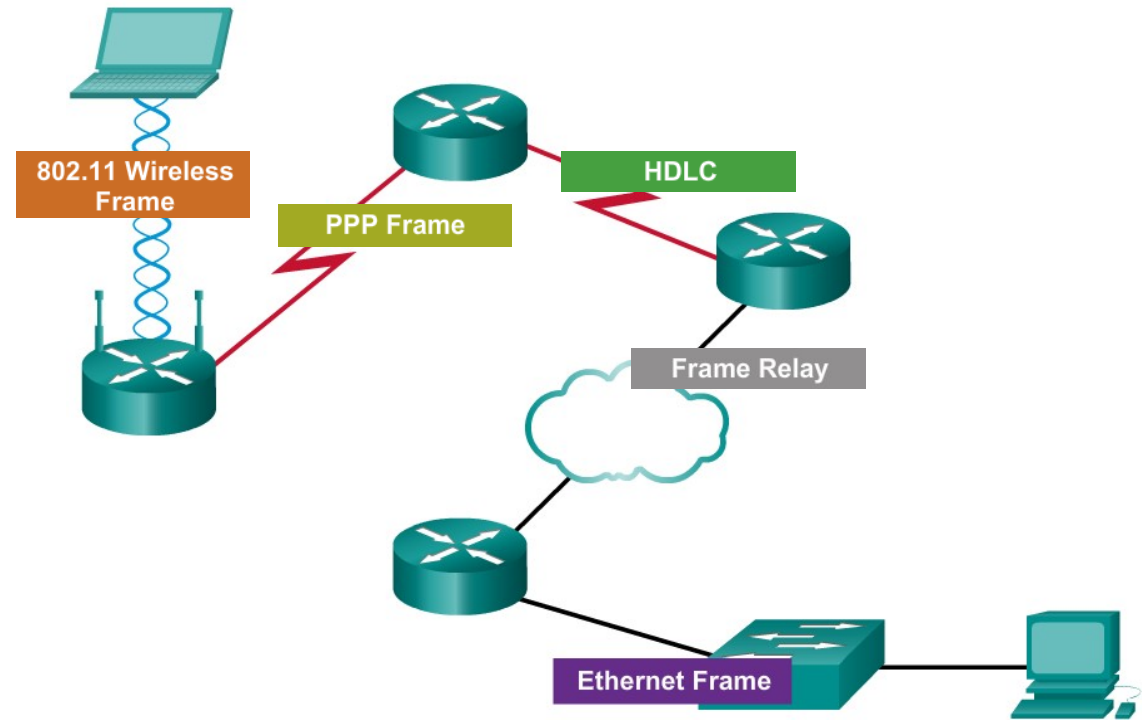


Physical
(Media)



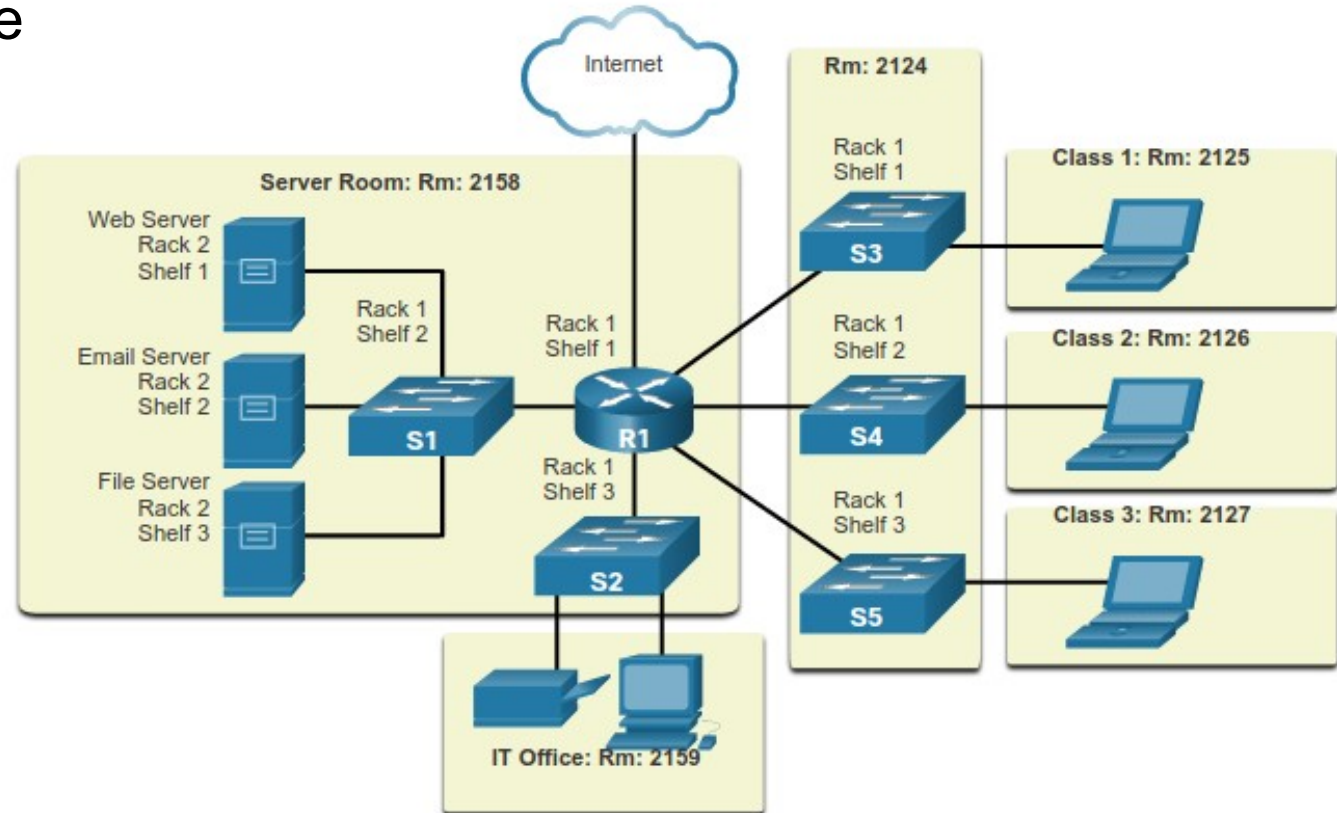
Bei jedem „Hop“ ...

- **Annahme** eines Frames von einem Medium
- **Entkapselung**
- **Neukapselung**
in Abhängigkeit des
Mediums in Senderichtung
- **Weiterleiten** des Frames



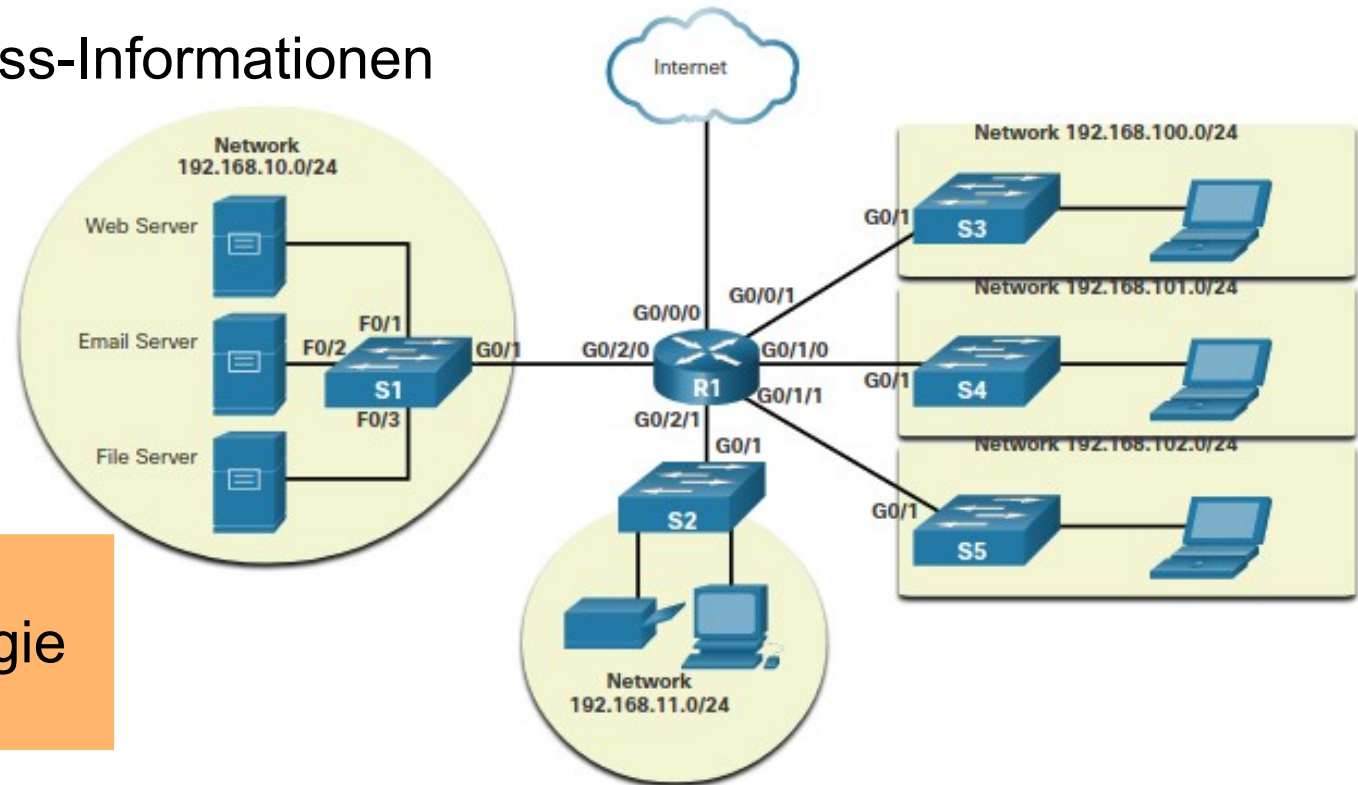
▪ Physikalische Topologie

- physikalische Verbindungen zwischen Geräten
- Gerätestandorte



▪ Logische Topologie

- Zeigt den Weg, den ein Frame von einem Node zu einem anderen Node nimmt.
- Enthält IP-Adress-Informationen



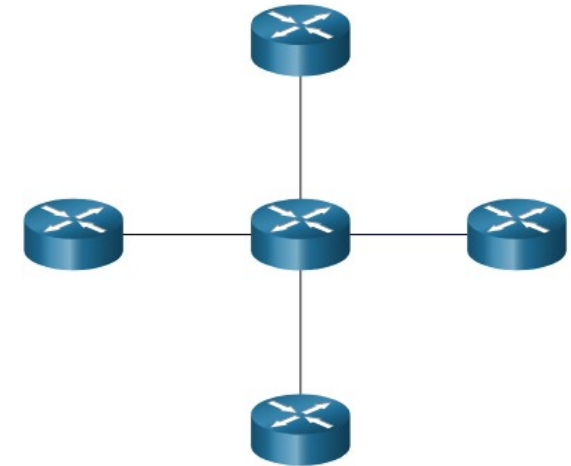
Für Data-Link-Layer
ist die logische Topologie
relevant!

■ WAN Topologien

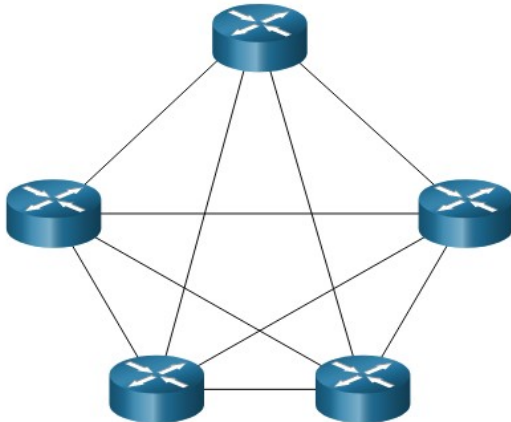
- **Point-To-Point** (ungeteilte Verbindung zwischen zwei Nodes)



- **Hub and Spoke**
(WAN-Version einer Stern-Topologie) →



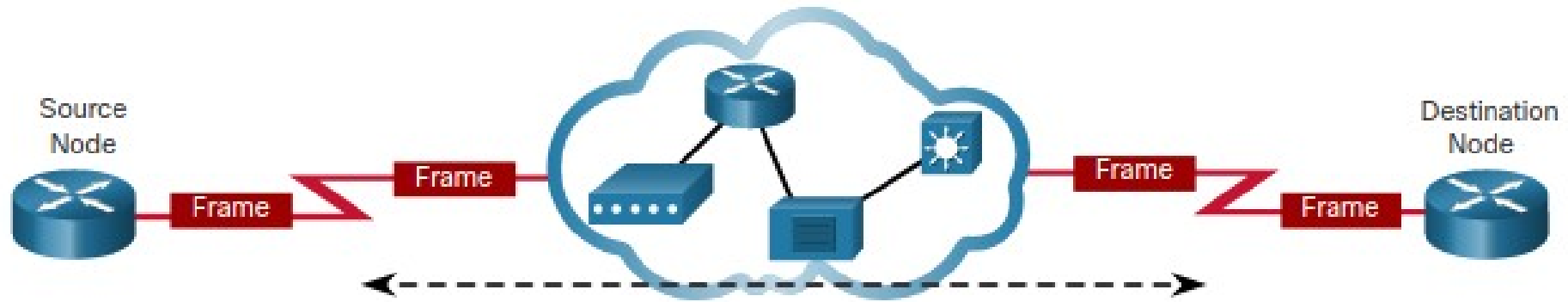
- **Mesh** (Hochverfügbarkeits-Topologie)
Teuer / jeder Link ist eine Point-To-Point-Verbindung zu einem anderen Node:



Hybrid → Variation der drei Topologien (z. B. Partial Mesh)

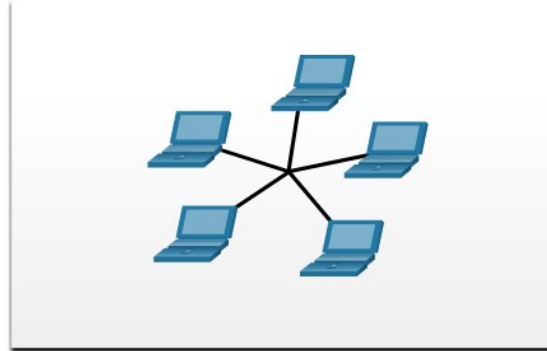
- Exakt 2 Knoten sind über einen Link verbunden
z. B. via Point-to-Point Protocol (PPP)
- Kontrolle ob eingehender Frame für Empfänger ist, erübrigt sich
- Keine Adressierung auf Data-Link-Layer erforderlich → es gibt ja nur einen Empfänger
- Vereinfacht das zugehörige Data-Link-Layer-Protokoll



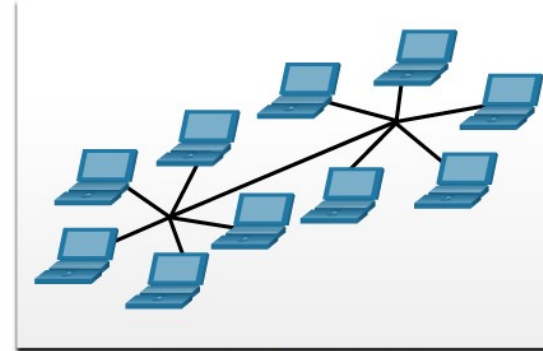


Zwischengeschaltete (intermediary) Geräte bedeuten nicht automatisch Topologieänderung. Technologien mit virtuellem Kanal (sogenannter ***Virtual Circuit***) zwischen Source- und Destination-Router

→ Point-to-Point-Topologie in solchen Fällen weiterhin gegeben.
Relevant ist immer die logische, nicht die physikalische Topologie



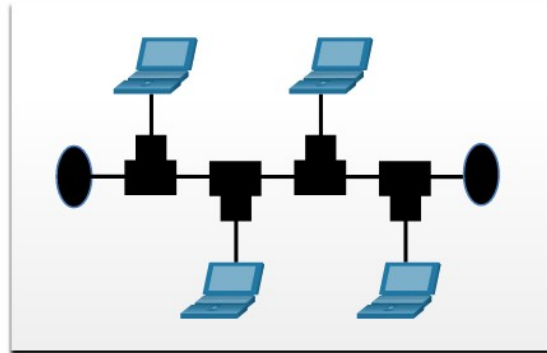
Star Topology



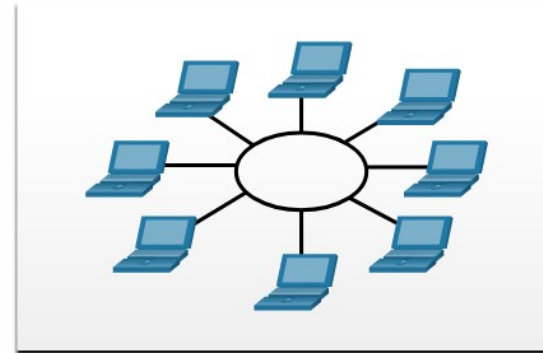
Extended Star Topology

typische
Infrastruktur
in heutigen
Netzen

Verbindung über
T-Stücke
+ Koax-Kabel
+ Terminatoren

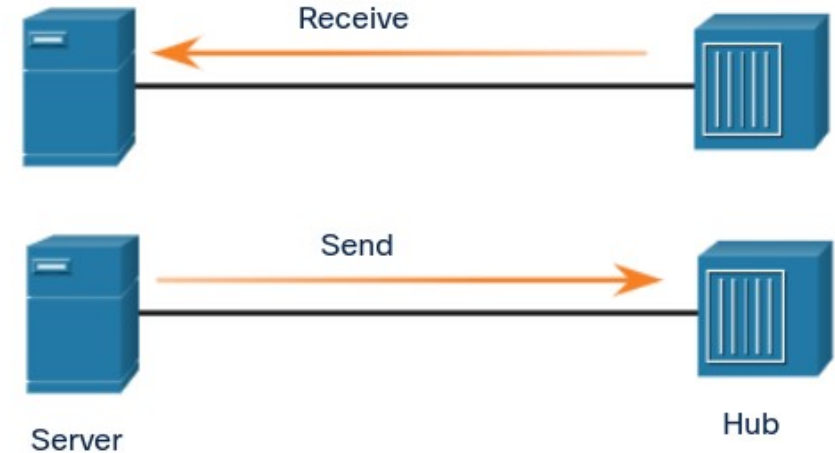


Bus Topology



Ring Topology

Halbduplex: Geräte senden und empfangen **NICHT** gleichzeitig auf einem Medium (früher: Netzwerke mit Hubs, heute: Wireless LAN)



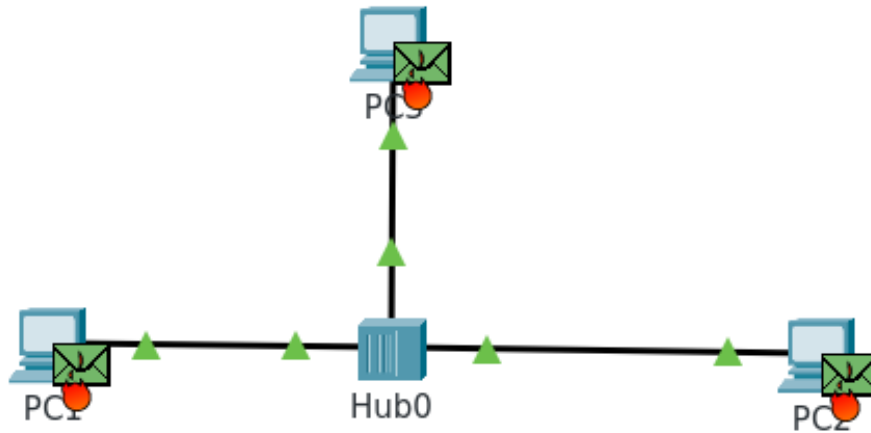
Vollduplex: Geräte senden und empfangen gleichzeitig auf einem Medium.

Wichtig: Interfaces auf Switchen und daran angeschlossene Geräte müssen im gleichen Duplex-Modus laufen (Gefahr von Duplex-Mismatch)

- Bei mehr als zwei Knoten an einem Medium muss es Verfahren für den Medienzugriff / die Datenübertragung geben
- Zwei Grundtypen für Media Access
 - **Contention-based access** → Alle versuchen ohne große Abstimmung ihre Daten zu übertragen. Unterstützung durch **Carrier Sense Multiple Access**-Verfahren
 - CSMA/CD
→ Collision Detection: z. B. bei Ethernet (IEEE 802.3) im Halb-Duplex
 - CSMA/CA
→ Collision Avoidance: z. B. bei WLANs (IEEE 802.11) genutzt
 - **Controlled access** → Gegenteil – jede Station hat eigene, zugeteilte Zeit um Daten zu senden.

CSMA/CD

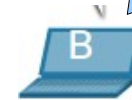
- Wenn zwei Geräte zur gleichen Zeit senden, erfolgt eine Kollision
- Das bekommen Sender und Empfänger mit (z. B. über Amplituden-Ausschlag)
- Beide Geräte werden daher ihre Daten erneut senden.



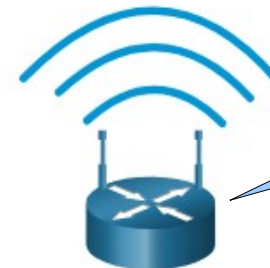
CSMA/CA

- In einer Wireless-Umgebung lässt sich eine Kollision nicht erkennen
- Daher: Kollision vermeiden
→ Ein Sender informiert die anderen Geräte über die benötigte Übertragungs-Dauer. Diese wissen wie lange das Medium nicht erreichbar ist.

Ich erhalte ein Frame, das nicht für mich ist. Der Inhalt ist „egal“, aber ich sehe, dass die Leitung für eine bestimmte Zeit belegt ist ... ich verhalte mich ruhig

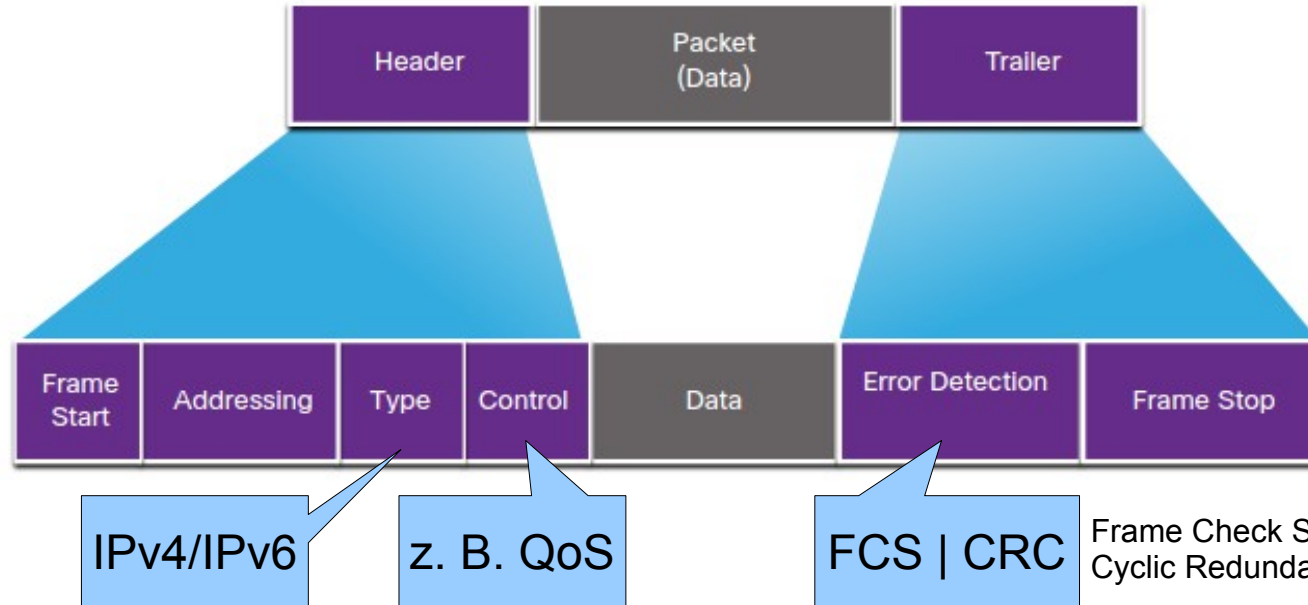


Ich erhalte gerade ein Frame für mich...
...und ich verhalte mich ruhig. Ich bestätige danach den Erhalt der Daten



Ich sende ein Frame an PC A

- Der genaue Aufbau eines Frames hängt vom jeweiligen genutzten Medium ab.
- Je fragiler die Umgebung, desto mehr Kontrollinformationen werden benötigt (höherer Overhead, langsamere Übertragung):
- Im Allgemeinen folgender Aufbau:

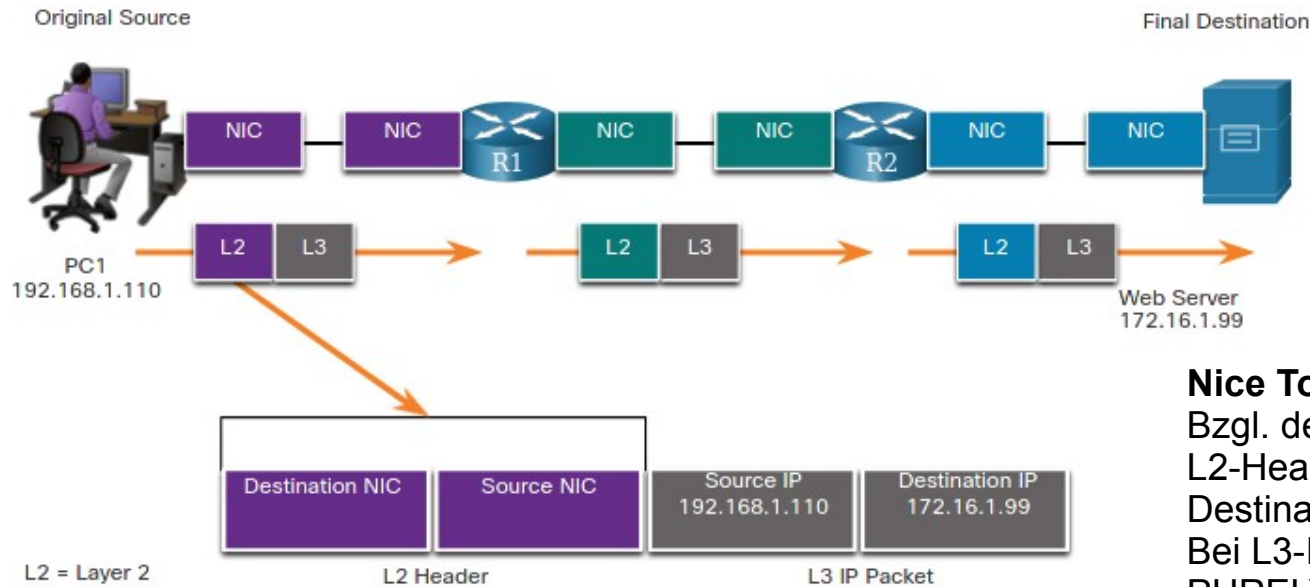


Ethernet-Frame:
Mindestgröße:
64 Bytes
Maximalgröße:
1518 Bytes

Frame Check Sequence
Cyclic Redundancy Check

- Layer-2-Adressen = Physikalische Adresse = Mac-Adresse
- Eindeutig für jede Netzwerkkarte. Wird bei Produktion des Gerätes durch den Hersteller vergeben (Stichwort OUI)
- Anhand der Ziel-Adresse in einem Frame kann ein empfangendes Gerät erkennen, ob es selbst der Empfänger ist. Wenn ...
 - ja: → entkapseln
→ bei Bedarf mit neuen Adressen kapseln und weiterleiten
 - nein: → Frame wird verworfen

- Layer-2-Adressen = Physikalische Adresse = Mac-Adresse
- Eindeutig für jede Netzwerkkarte. Wird bei Produktion des Gerätes durch den Hersteller vergeben (Stichwort OUI)
- Anhand der Ziel-Adresse in einem Frame kann ein empfangendes Gerät erkennen, ob es selbst der Empfänger ist.

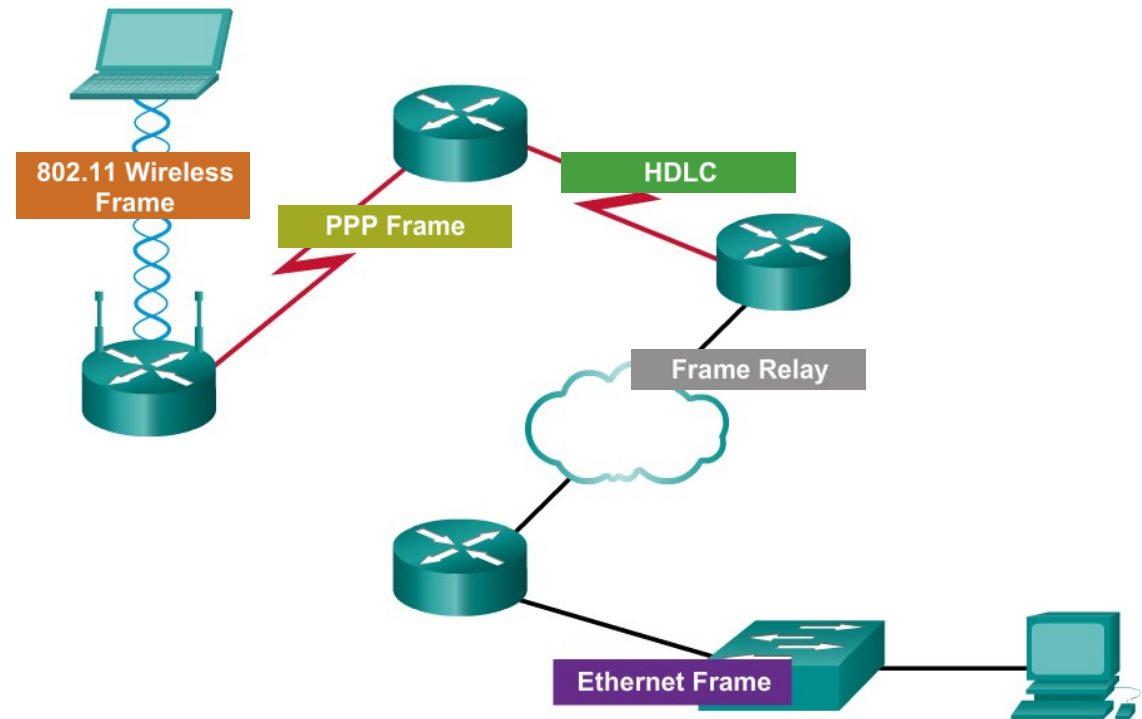


Nice To Know:

Bzgl. der Reihenfolge der Adressen bei L2-Header steht aus gutem Grund die Destination-Adresse vorne. Bei L3-IP-Paketen ist es laut [Vint Cerf](#) PURELY ARBITRARY

Bei jedem „Hop“ ...

- **Annahme** eines Frames von einem Medium
- **Entkapselung**
- **Neukapselung**
in Abhängigkeit des
Mediums in Senderichtung
- **Weiterleiten** des Frames



Aktivitäten

- Animation 6.1.3: Providing Access to Media
- Animation 6.2.5: Full-/Half-Duplex
- Animation 6.3.4: Examples of Layer 2 Protocols
- **Modul-Quiz 6.4.2: Data Link Layer**

Fragen ...

