Chaos Computer Club Freiburg e.V.

Netzwerke

… oder: wie unser Geraffel miteinander redet (Teil 1)

Balrog, 27. Oktober 2026

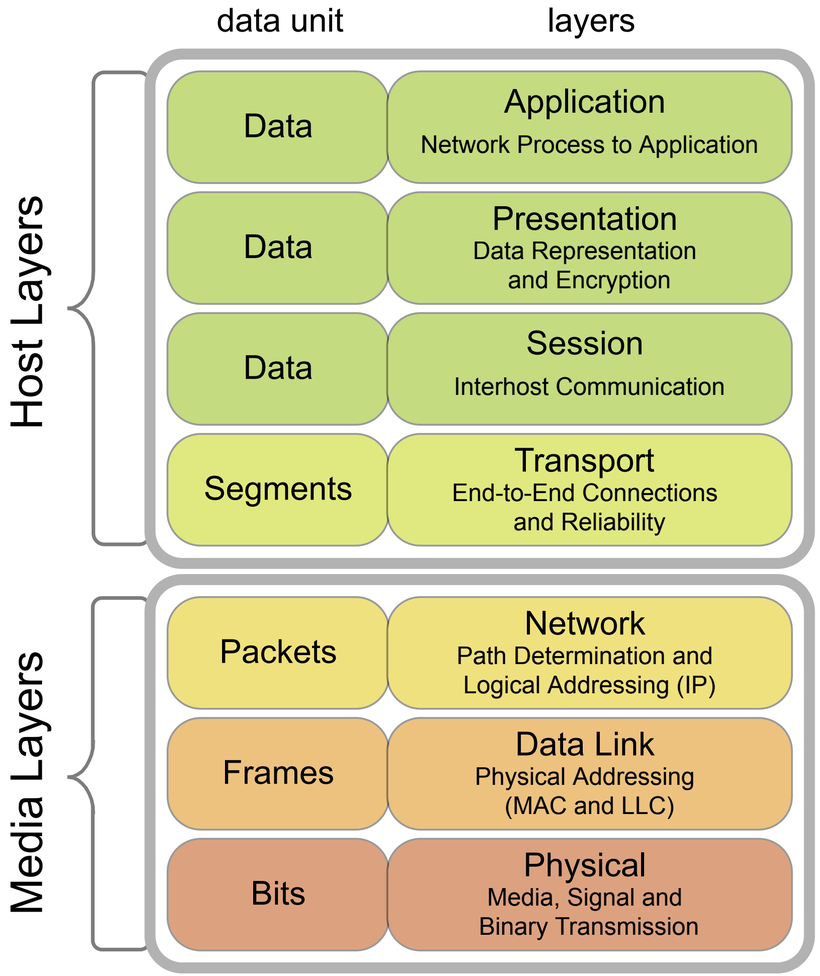
Grundlagen:
Das ISO OSI-Schichtenmodell

OSI-Schichtenmodell

Chaos Computer Club Freiburg e.V.

- International Telecommunication Union (ITU-T, 1983, damals noch CCITT) und International Organization for Standardization (ISO, 1984)
- Open Systems Interconnect (OSI) Schichtenmodell: Abstraktionsmodell für Interoperabilität

OSI-Schichtenmodell



Away
Pizza
Salami
} QUIC

Throw — TCP, UDP, SCTP, … Loadbalancer, Firewall

Not — IP, IPSec, ICMP, IGMP, … / Router

Do — Ethernet, Bridge, Switch, Access Point, VLAN, …

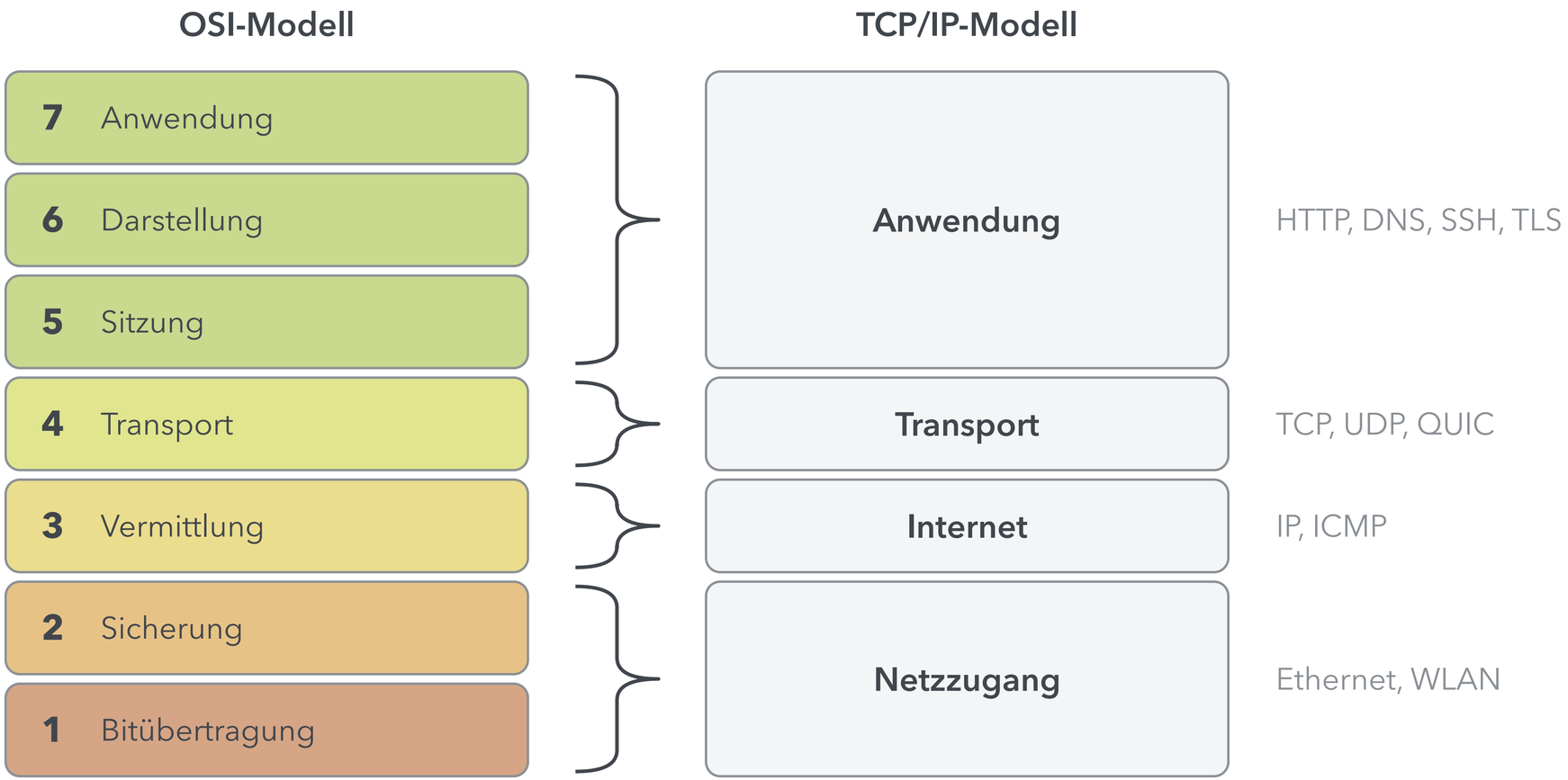
Please — Kabel, Repeater, Antenne, …

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OSI_Model_v2.svg CC BY-SA 4.0

Chaos Computer Club Freiburg e.V.

OSI-Schichtenmodell

TCP/IP-Modell



Geredet wird trotzdem in OSI-Nummern: „Layer 2“, „Layer 7“

OSI-Modell

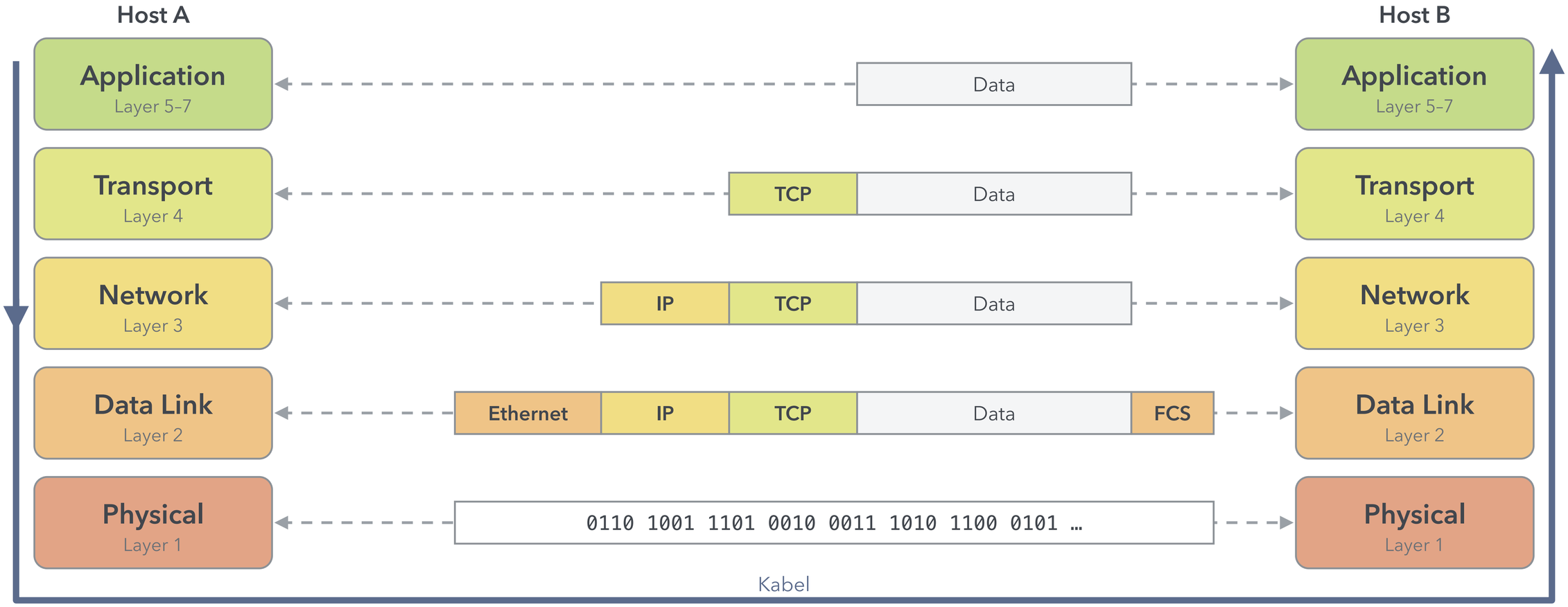
Chaos Computer Club Freiburg e.V.

- Kommunikation findet logisch immer horizontal statt (Schicht 3 mit Schicht 3)
- In der Realität reicht jede Schicht ihr Paket an die darunterliegende Schicht weiter
- Diese packt die Daten in ein Format, das sie adressieren kann (z.B. IP-Paket wird in ein Ethernet-Frame eingepackt)

Chaos Computer Club Freiburg e.V.

OSI-Modell

Kapselung



logisch: jede Schicht spricht mit ihrem Gegenüber

tatsächlich: runter, über das Kabel, wieder rauf

Ethernet

Ethernet

Chaos Computer Club Freiburg e.V.

- Busprotokoll: wer reden will, redet
- CSMA/CD & Collisions → „Collision Domain“
- Physikalische Einschränkungen (Länge, Anzahl der Stationen am Bus, Terminatoren)

Ethernet

Chaos Computer Club Freiburg e.V.

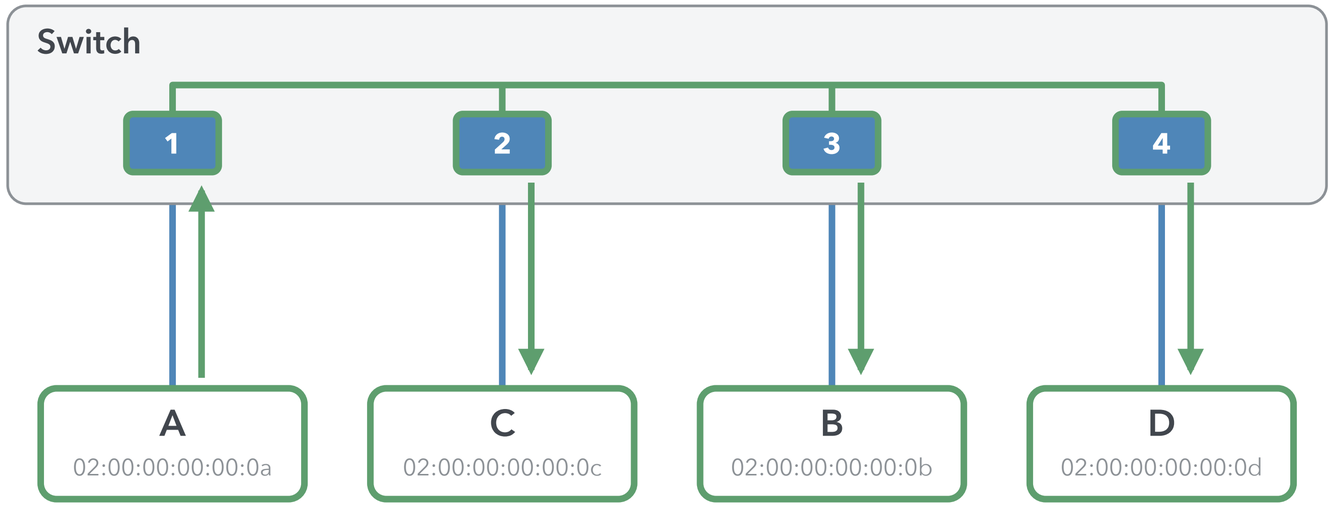
- Verkabelung: Stern, jedes Gerät ein eigenes Kabel, höchstens 100m Länge
- Hub: ein Bus im Kasten, alle Ports in einer Collision Domain
- Switch (Multiport-Bridge)
  - Half-Duplex: jeder Port ein Mini-Bus mit zwei Teilnehmern
  - Seit Full-Duplex: kein Bus, kein CSMA/CD mehr
- Broadcasts erreichen *alle* im Netz.

Ethernet

Switch

Frame:

Dst …:0b	Src …:0a	Daten



MAC-Tabelle

MAC-Adresse	Port	
02:00:00:00:00:0a	1	neu

Schritt 1: A schickt an B. B ist unbekannt, der Switch flutet an alle anderen Ports.

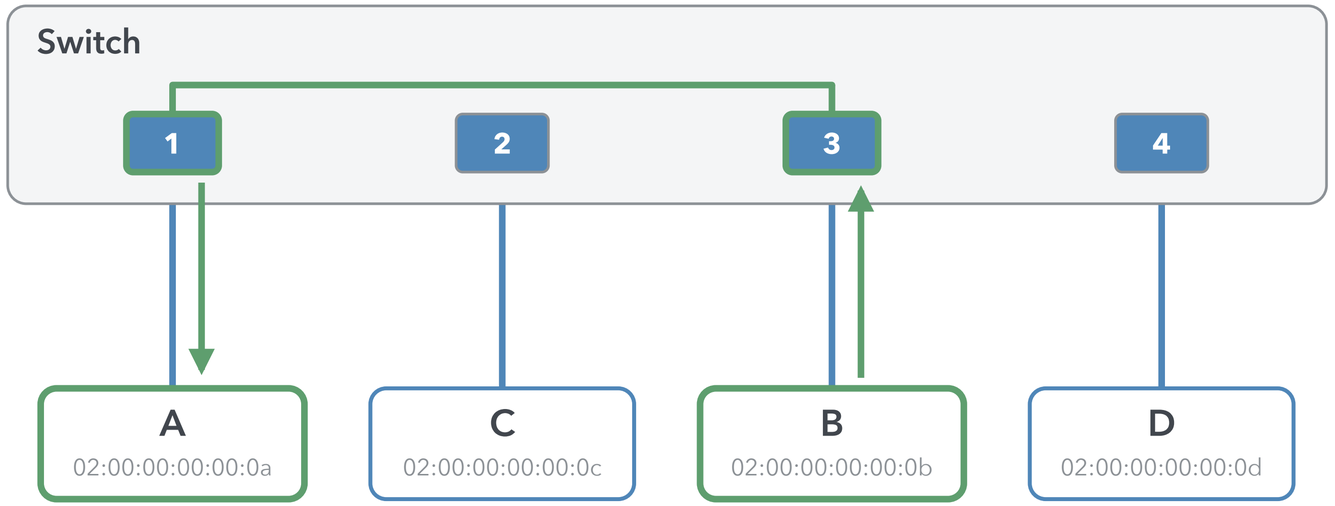
Gelernt aus der Absender-MAC: A hängt an Port 1.

Ethernet

Switch

Frame:

Dst …:0a	Src …:0b	Daten



MAC-Tabelle

MAC-Adresse	Port	
02:00:00:00:00:0a	1	
02:00:00:00:00:0b	3	neu

Schritt 2: B antwortet. A ist bekannt, der Frame geht nur an Port 1.

Gelernt: B hängt an Port 3. C und D sehen nichts mehr. Einträge verfallen nach 300 s ohne Verkehr.

Ethernet

Frames 1

- „Frames“
- Ethernet-Adressen: Media Access Control (MAC)-Adressen
  - Sechs Byte (aa:bb:cc:dd:ee:ff) wobei die ersten drei Byte ein Herstellercode ist
  - Flacher Adressraum, daher nicht routebar
  - Nur gültig in einer Broadcast Domain
  - Unicast/Multicast/Broadcast.

Ethernet

Frames 2

Schicht 4: TCP-Segment								TCP-Header	*Nutzlast (1460 bytes)*		
Schicht 3: IP-Paket							IP-Header	*Nutzlast (1480 bytes)*			
Schicht 2: Ethernet-Frame		**MAC-Empfänger**	**MAC-Absender**	**802.1Q-Tag (opt.)**	**EtherType**	***Nutzlast (1500 bytes)***				**Frame Check Sequence**	
Schicht 1: Ethernet-Paket+IPG	Präambel	Start of Frame	*Nutzlast (1518/1522 bytes)*								Interpacket Gap
Oktette	7	1	6	6	(4)	2	20	20	(6–)1460	4	12

https://de.wikipedia.org/wiki/Datenframe CC BY-SA 4.0

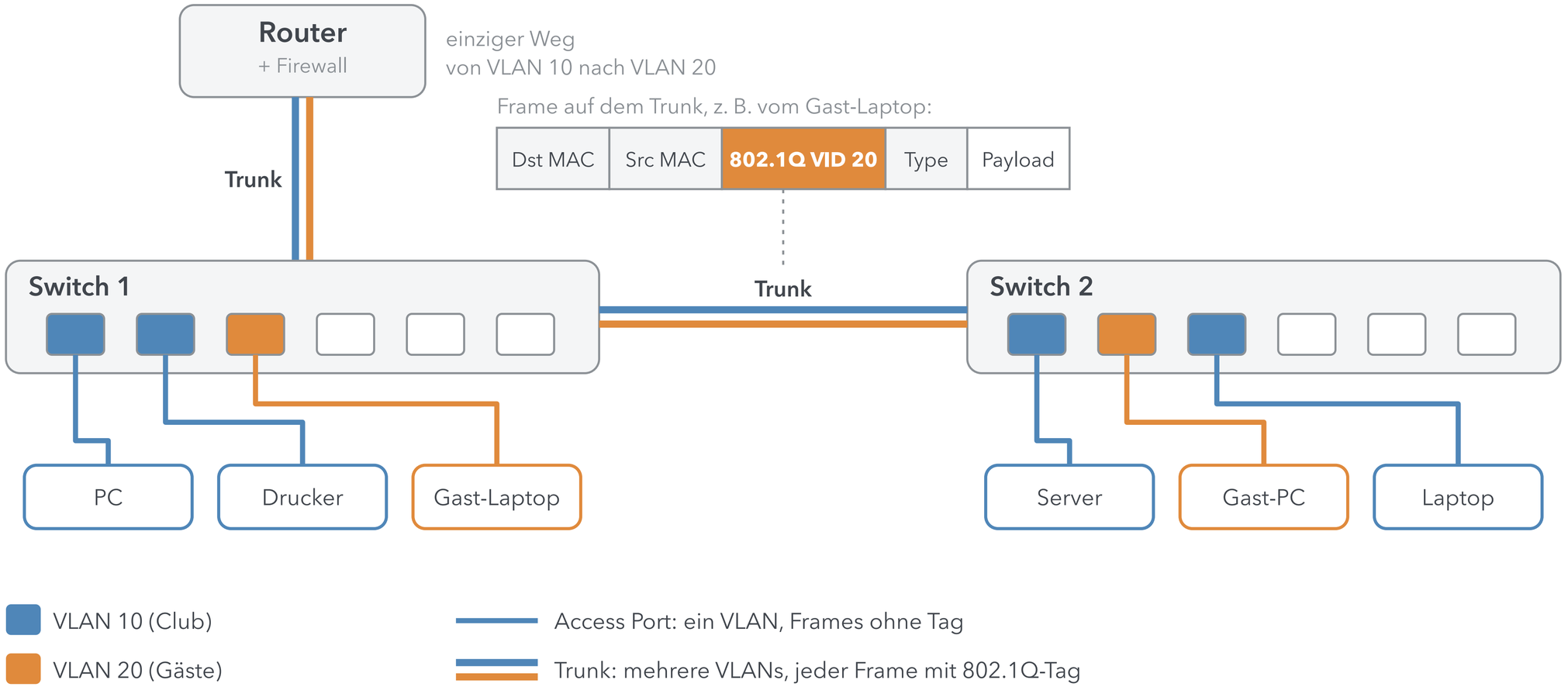
Ethernet

VLAN

- Mehrere logische Netze auf denselben Switches und Kabeln
- Jedes VLAN ist eine eigene Broadcast-Domain
- Access-Port: gehört zu genau einem VLAN, das Endgerät merkt nichts davon
- Trunk: trägt mehrere VLANs, jeder Frame hat ein 802.1Q-Tag mit der VLAN-ID (1 bis 4094)
- Von VLAN zu VLAN geht es nur über einen Router.

Ethernet

VLAN



Jede Farbe ist eine eigene Broadcast-Domain: Ein Broadcast vom PC erreicht Drucker, Server und Laptop, aber keinen Gast.

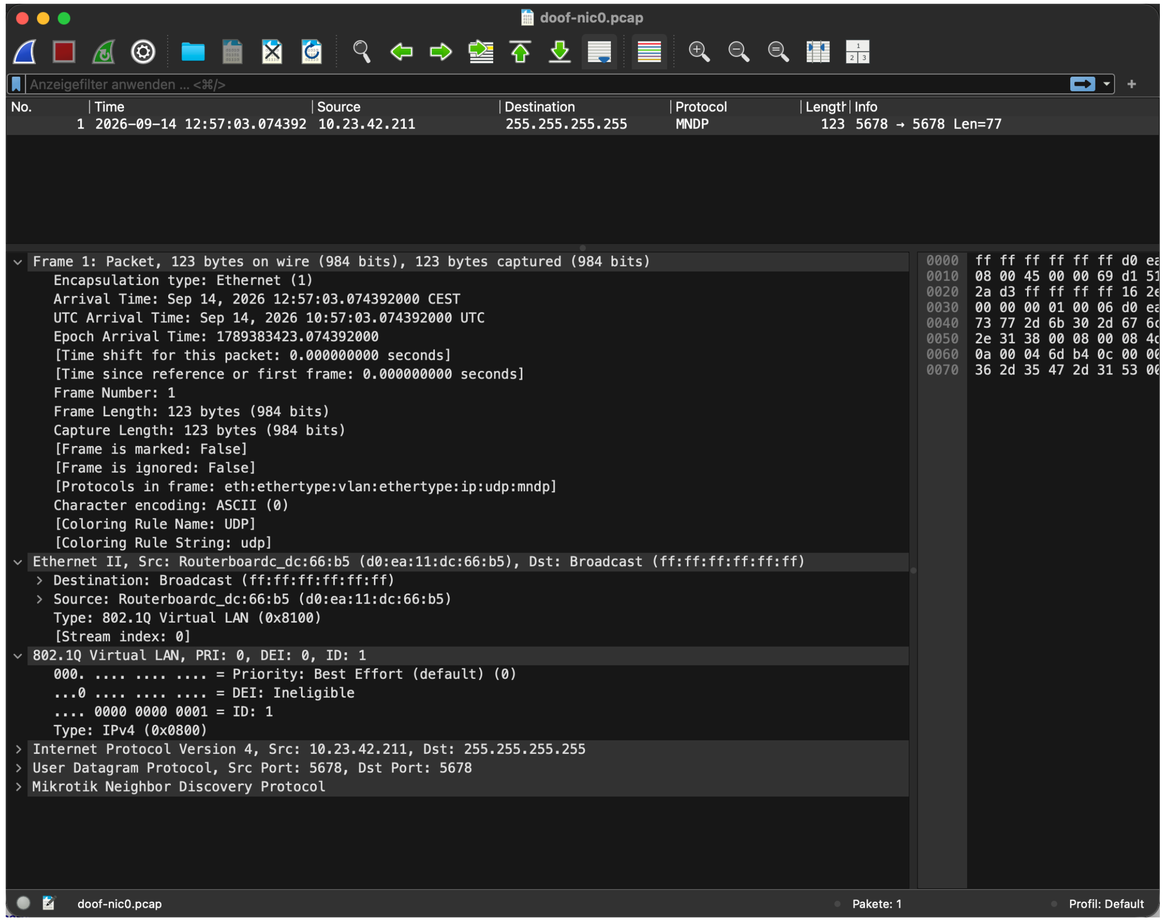
WLAN

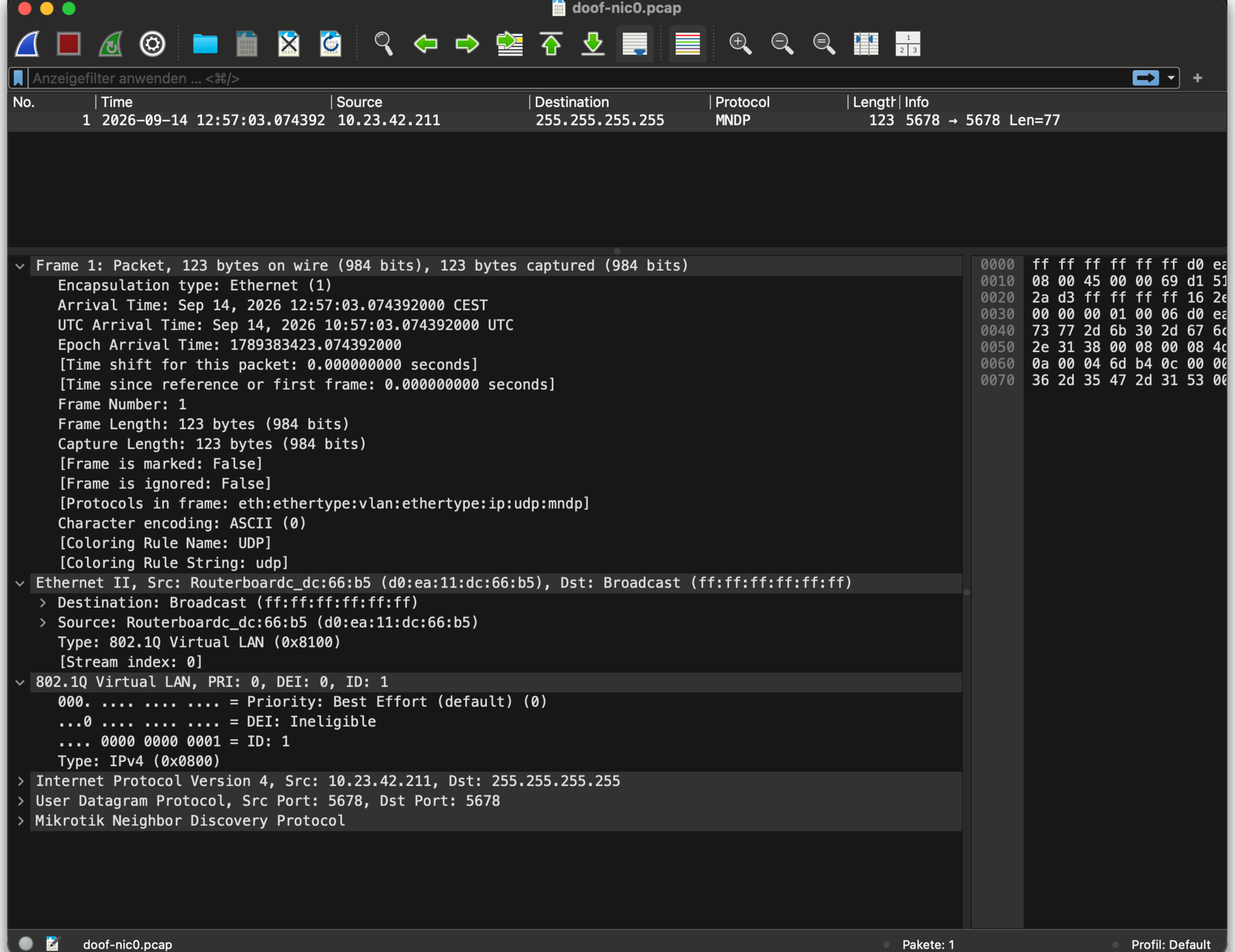
Bonus: der Bus ist zurück

- 802.11 regelt Schicht 1 (Funk) und Schicht 2 (Frames, MAC-Adressen)
- Geteiltes Medium: alle Geräte auf einem Kanal teilen sich die Luft
- CSMA/CA: vor dem Senden warten, jeder Frame wird einzeln bestätigt
- Access Point = Bridge zwischen WLAN und Ethernet

Ethernet

Frames 3 – Wireshark




doof-nic0.pcap
Anzeigefilter anwenden … <⌘/>
No. Time Source Destination Protocol Lengtl Info
1 2026-09-14 12:57:03.074392 10.23.42.211 255.255.255.255 MNDP 123 5678 → 5678 Len=77
Frame 1: Packet, 123 bytes on wire (984 bits), 123 bytes captured (984 bits)
Encapsulation type: Ethernet (1)
Arrival Time: Sep 14, 2026 12:57:03.074392000 CEST
UTC Arrival Time: Sep 14, 2026 10:57:03.074392000 UTC
Epoch Arrival Time: 1789383423.074392000
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
[Time since reference or first frame: 0.000000000 seconds]
Frame Number: 1
Frame Length: 123 bytes (984 bits)
Capture Length: 123 bytes (984 bits)
[Frame is marked: False]
[Frame is ignored: False]
[Protocols in frame: eth:ethertype:vlan:ethertype:ip:udp:mndp]
Character encoding: ASCII (0)
[Coloring Rule Name: UDP]
[Coloring Rule String: udp]
Ethernet II, Src: Routerboardc_dc:66:b5 (d0:ea:11:dc:66:b5), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
Source: Routerboardc_dc:66:b5 (d0:ea:11:dc:66:b5)
Type: 802.1Q Virtual LAN (0x8100)
[Stream index: 0]
802.1Q Virtual LAN, PRI: 0, DEI: 0, ID: 1
000. .... = Priority: Best Effort (default) (0)
...0 .... = DEI: Ineligible
.... 0000 0000 0001 = ID: 1
Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 10.23.42.211, Dst: 255.255.255.255
User Datagram Protocol, Src Port: 5678, Dst Port: 5678
Mikrotik Neighbor Discovery Protocol
0000 ff ff ff ff ff ff d0 ea
0010 08 00 45 00 00 69 d1 51
0020 2a d3 ff ff ff ff 16 2e
0030 00 00 00 01 00 06 d0 ea
0040 73 77 2d 6b 30 2d 67 6c
0050 2e 31 38 00 08 00 08 4c
0060 0a 00 04 6d b4 0c 00 00
0070 36 2d 35 47 2d 31 53 00
doof-nic0.pcap
Pakete: 1
Profil: Default

Zusammenfassung

Chaos Computer Club Freiburg e.V.

- Schichten: jede löst ein Problem, Kommunikation logisch waagerecht, tatsächlich runter und wieder rauf
- Ethernet: aus dem Bus wurde ein Stern aus Punkt-zu-Punkt-Leitungen
- Frames tragen MAC-Adressen, gültig in einer Broadcast-Domain
- Der Switch lernt Ports aus Absenderadressen und flutet Broadcasts
- VLANs teilen einen Switch in mehrere Broadcast-Domains

Nächstes Mal: Woher kennt mein Rechner die MAC-Adresse zur IP-Adresse?