ZSL
Zentrum für Schulqualität
und Lehrerbildung
Baden-Württemberg

Networking Academy

Address Resolution

Andreas Grupp
Andreas.Grupp@zsl-rstue.de

Carina Haag
carina.haag@zsl-rsma.de

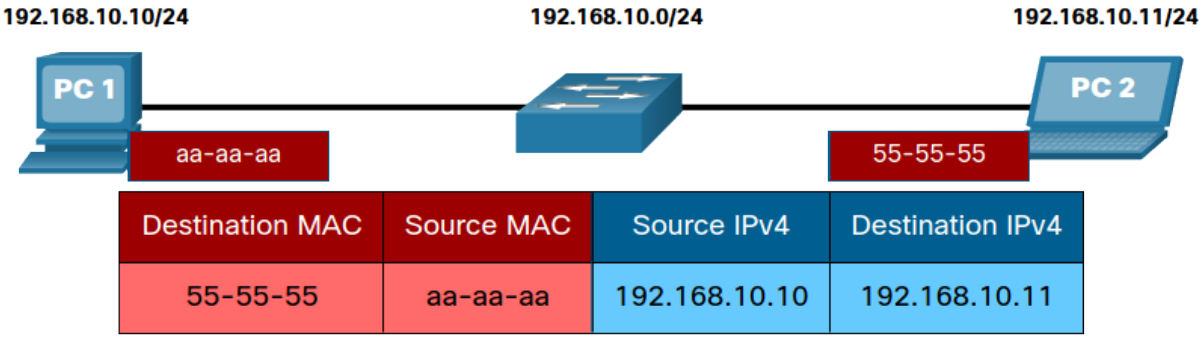
Tobias Heine
tobias.heine@zsl-rsma.de

Uwe Thiessat
uwe.thiessat@gbs-sha.de

Adress-Auflösung? Um welche Adressen geht es hier denn?

- IP ist eigenständig – beschäftigt sich nur am Rande mit Layer 1 & 2
- Ethernet ist eigenständig – Ethertype ist einzige Berührung z. L3

- Welche Beziehung gibt es zwischen IP-und Ethernet-Adressen?

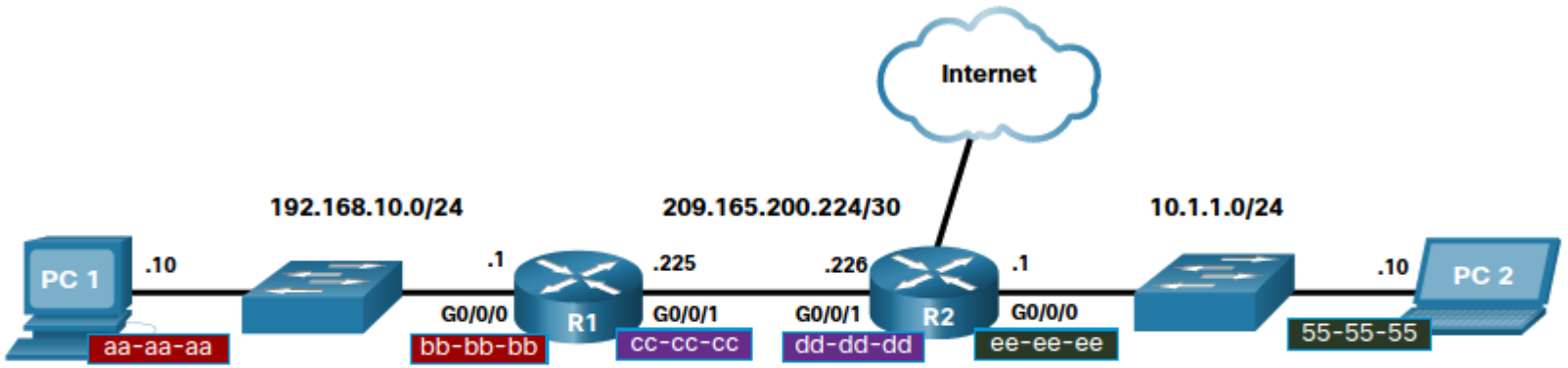


- Tatsächlich sind das eigenständige Technologien! Keine Beziehung!
- Ethernet-Adresse (MAC-Adr.) haben keine Netz-Zugehörigkeit!
- ABER: Ethernet als Medium für IP erfordert gegenseitige Zuordnung / Abbildung der unterschiedlichen Adress-Arten: IP ↔ MAC

- Lösung: (Manuell oder) automatisch über spezielles Protokoll

Wie funktioniert eigentlich die Default-Route via Gateway?

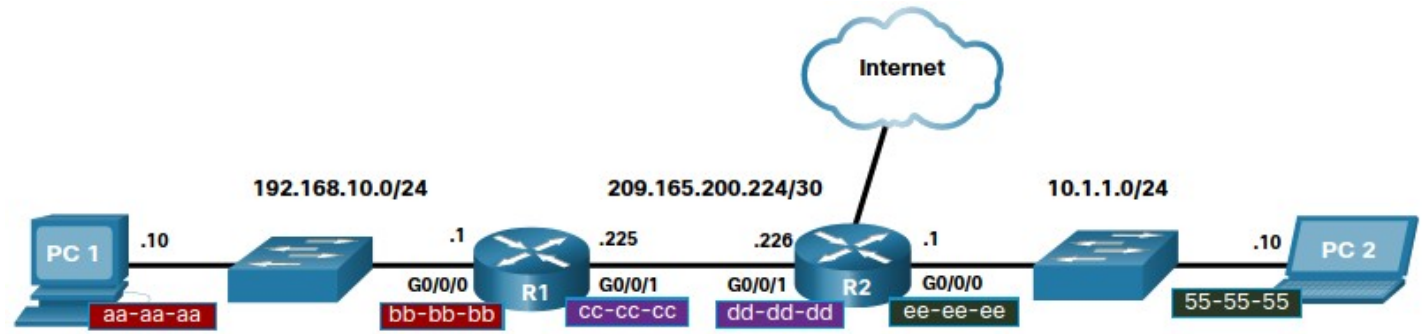
- Modul 8 hat das nur angedeutet – auch hier ist L2 gefragt!
- Nähere Betrachtung / Beispiel zeigt die Relevanz von Layer 2
  - PC1 sendet IP-Packet an PC2, außerhalb des eigenen LANs
  - IP-Packet ist Ende-zu-Ende adressiert
  - Die Default-Route ist die Basis für korrekte LAN-Adressierung!



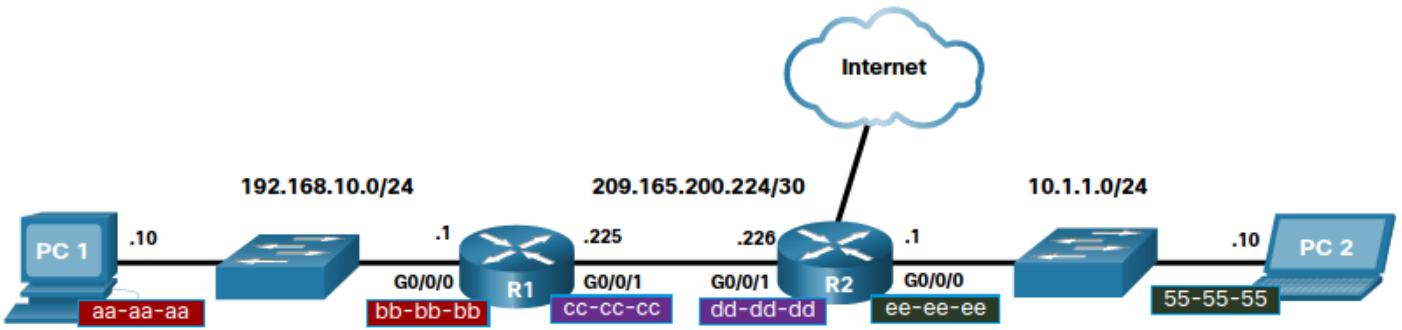
Destination MAC	Source MAC	Source IPv4	Destination IPv4
bb-bb-bb	aa-aa-aa	192.168.10.10	10.1.1.10

Und das geht auf dem weiteren Weg so weiter …

Routing und Netzwerkmedium (L1 & 2) gehören doch zusammen



Destination MAC	Source MAC	Source IPv4	Destination IPv4
dd-dd-dd	cc-cc-cc	192.168.10.10	10.1.1.10



Destination MAC	Source MAC	Source IPv4	Destination IPv4
55-55-55	ee-ee-ee	192.168.10.10	10.1.1.10

Beachte:

- Netzwerk-Medium „Frame“ dient als Transport von Hop zu Hop. Wird bei jedem Hop verworfen und neu erstellt.
- IP-Packet ändert die Adressierung dagegen nicht!

Anhaltende Frage:

Wie werden IP-Adressen auf die Adressen des L2 abgebildet? Die Antwort

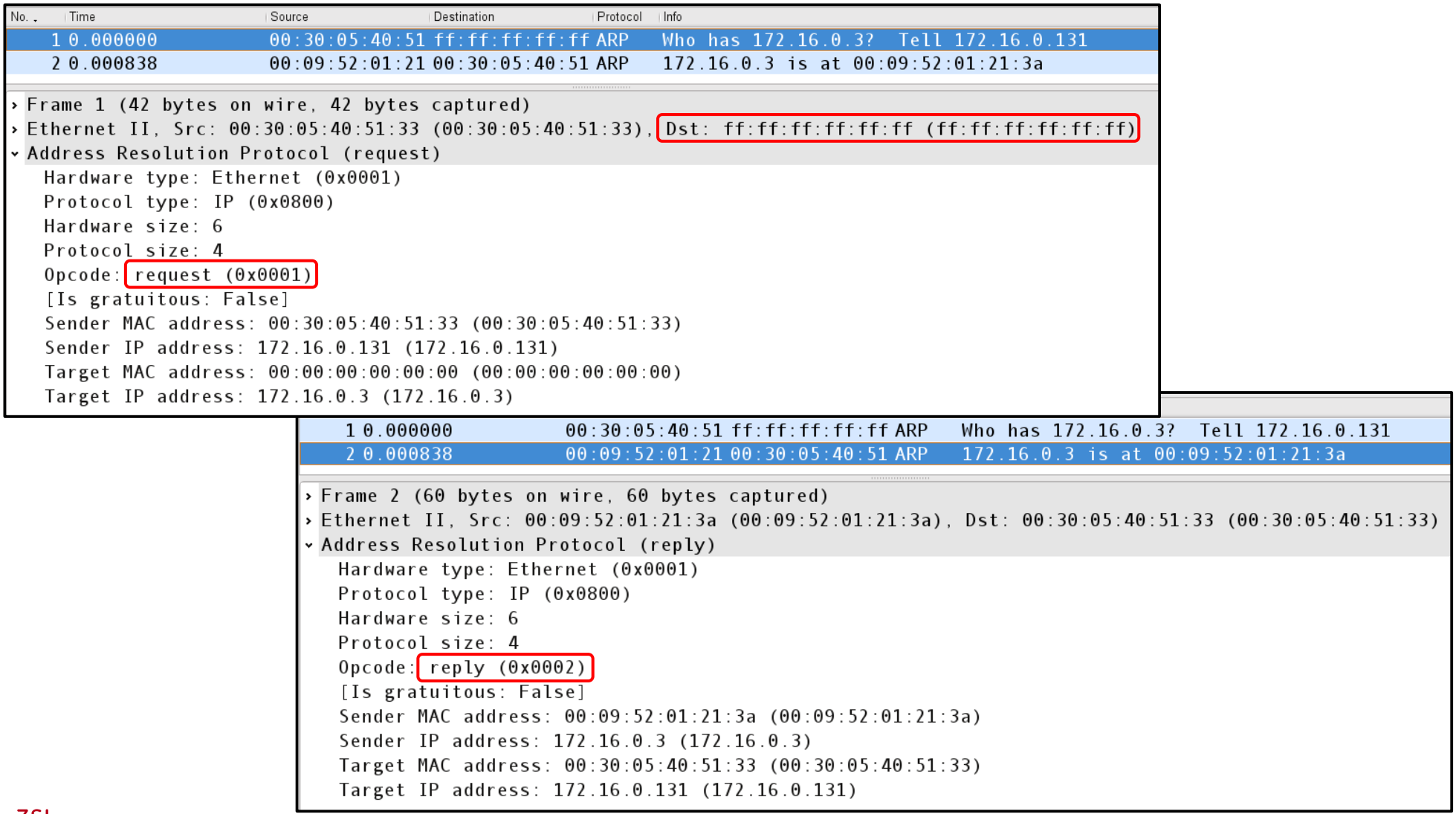
- ARP bei IPv4
- ND bei IPv6

Address Resolution Protocol – ARP, die Lösung für IPv4

- Zwei grundlegende Funktionen:
  - Die zu einer IPv4-Adresse gehörende MAC-Adresse auffinden
  - Tabelle mit Zuordnung „IPv4 ↔ MAC“ pflegen → der „ARP-Cache“
  - ARP-Cache im RAM des Rechners
  - Map-Einträge manuell, ohne ARP, möglich. Seltenst!!!
- ARP arbeitet für, aber ohne IPv4! - quasi „OSI-Zwischenlayer 2,5“
  - Protokoll direkt im Ethernet-Frame (EtherType 0x806)
  - Bestandteil TCP/IP-Stack
  - Bleibt im LAN – Router leiten nicht weiter
- Zwei Nachrichten-Typen
  - ARP-Request als Broadcast, ARP-Reply als Unicast

Siehe auch Videos zur ARP-Funktion in 9.2.3, 9.2.4 und 9.2.5

ARP-Request und -Reply in Wireshark



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	00:30:05:40:51	ff:ff:ff:ff:ff	ARP	Who has 172.16.0.3? Tell 172.16.0.131
2	0.000838	00:09:52:01:21	00:30:05:40:51	ARP	172.16.0.3 is at 00:09:52:01:21:3a

```
› Frame 1 (42 bytes on wire, 42 bytes captured)
› Ethernet II, Src: 00:30:05:40:51:33 (00:30:05:40:51:33), Dst: ff:ff:ff:ff:ff:ff (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
⌄ Address Resolution Protocol (request)
    Hardware type: Ethernet (0x0001)
    Protocol type: IP (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: request (0x0001)
    [Is gratuitous: False]
    Sender MAC address: 00:30:05:40:51:33 (00:30:05:40:51:33)
    Sender IP address: 172.16.0.131 (172.16.0.131)
    Target MAC address: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
    Target IP address: 172.16.0.3 (172.16.0.3)
```

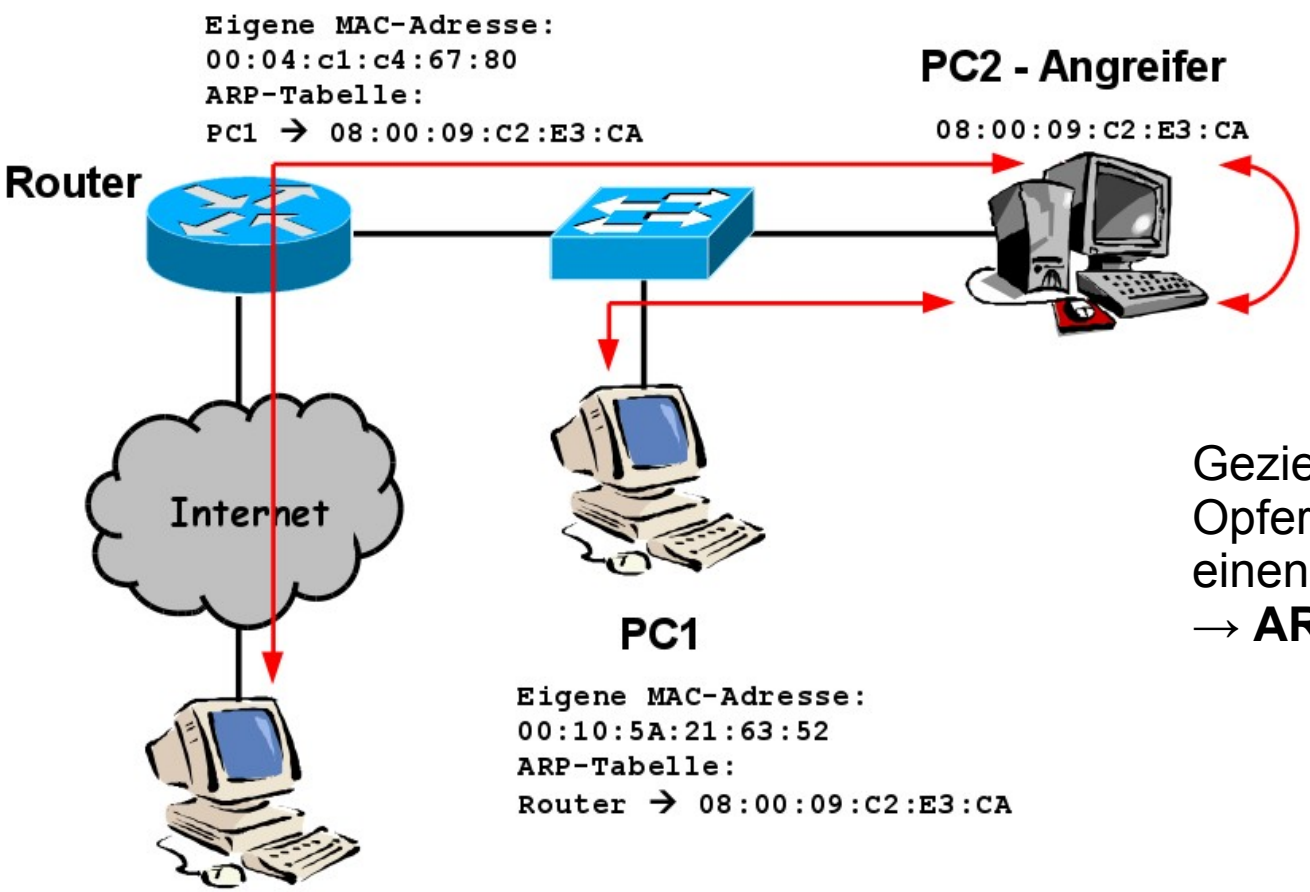
1	0.000000	00:30:05:40:51	ff:ff:ff:ff:ff	ARP	Who has 172.16.0.3? Tell 172.16.0.131
2	0.000838	00:09:52:01:21	00:30:05:40:51	ARP	172.16.0.3 is at 00:09:52:01:21:3a

```
› Frame 2 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
› Ethernet II, Src: 00:09:52:01:21:3a (00:09:52:01:21:3a), Dst: 00:30:05:40:51:33 (00:30:05:40:51:33)
⌄ Address Resolution Protocol (reply)
    Hardware type: Ethernet (0x0001)
    Protocol type: IP (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: reply (0x0002)
    [Is gratuitous: False]
    Sender MAC address: 00:09:52:01:21:3a (00:09:52:01:21:3a)
    Sender IP address: 172.16.0.3 (172.16.0.3)
    Target MAC address: 00:30:05:40:51:33 (00:30:05:40:51:33)
    Target IP address: 172.16.0.131 (172.16.0.131)
```

Weiteres zu ARP …

- Dynamische Map-Einträge haben Zeitstempel
  - automatische Bereinigung des ARP-Caches
  - Zeit von OS abhängig
  - Aktuelle Windows-Varianten z.B. nach 15 – 45 s
  - Manuelle Löschung ebenfalls möglich
- Netzlast durch ARP-Broadcast ggf. hoch – z.B. bei großen Netzen, oder auch bei gleichzeitigem Start der Clients
- Befehle rund um ARP ...
  - im IOS: **`R1# show ip arp`**
  - Microsoft-OS: **`C:\Users\PC> arp -a`**
  - Linux: **`ip neigh show`**

ARP birgt auch Gefahren – z.B. ARP-Spoofing



Gezielte Manipulation der Opfer-ARP-Tabellen durch einen Angreifer.
→ **ARP-Poisoning**

Kann durch Mechanismen wie Dynamic ARP Inspection (DAI) verhindert werden.

ICMPv6 Neighbor Discovery Protocol (ND oder NDP)

- ARP-Gegenstück bei IPv6
  - Nicht direkt im Ethernet-Frame → ICMPv6-Bestandteil
  - ICMPv6 wird in IPv6-Paket gekapselt
  - Ebenfalls RAM-Tabelle → Neighbor-Cache (vgl. ARP-Cache)
- Wie ARP zwei Nachrichten-Typen für Neighbor-Auflösung
  - Neighbor-Solicitation (NS), vergleichbar mit ARP-Request
    - Zieladresse kein Broadcast!
    - IPv6-Zieladresse → IPv6 Solicited Node Multicast Address
    - Ethernet-Destination-MAC → Multicast-MAC-Address
    - Nicht betroffene Hosts verwerfen NS auf NIC-Ebene - OS-Entlastung!
  - Neighbor-Advertisment (NA), vergleichbar mit ARP-Reply
    - Diese Message ist Unicast

ICMPv6 Neighbor Discovery Protocol (ND oder NDP)

- Neben reinem Neighbor-Discovery auch …
  - Router-Discovery
  - Redirect Messages
- Router-Discovery ebenfalls zwei Message-Typen
  - Router Solicitation (RS)
  - Router Advertisment (RA)
- Bei IPv6 u.a. benötigt für
  - Dynamic Address Allocation und
  - **S**tate**l**ess **A**ddress **A**uto**c**onfiguration (SLAAC)

Quizze , Activities, Laborübungen, … dieses Moduls

- 9.1.3 – Packet Tracer - Identify MAC and IP Addresses
- 9.1.4 – Check Your Understanding - MAC and IP
- 9.2.9 – Packet Tracer - Examine the ARP Table
- 9.2.10 – Check Your Understanding – ARP
- 9.3.4 – Packet Tracer - IPv6 Neighbor Discovery
- 9.3.5 – Check Your Understanding - Neighbor Discovery
- 9.4.2 – Module Quiz - Address Resolution

Fragen