

ZSL

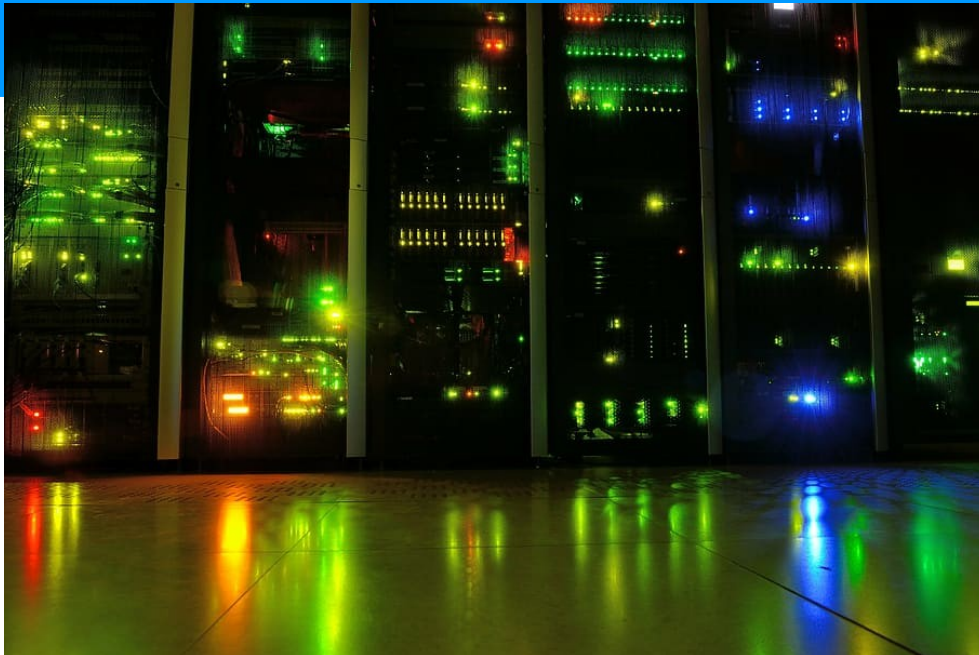
Zentrum für Schulqualität
und Lehrerbildung
Baden-Württemberg



Networking
Academy

Network Layer

```
inet 192.168.178.30/24 brd 192.168.178.255 scope global  
inet6 2001:16b8:319e:6600:45fd:3d3d:4170:4e32/64  
inet6 2001:16b8:319e:6600:45fd:3d3d:4170:4e32/64
```



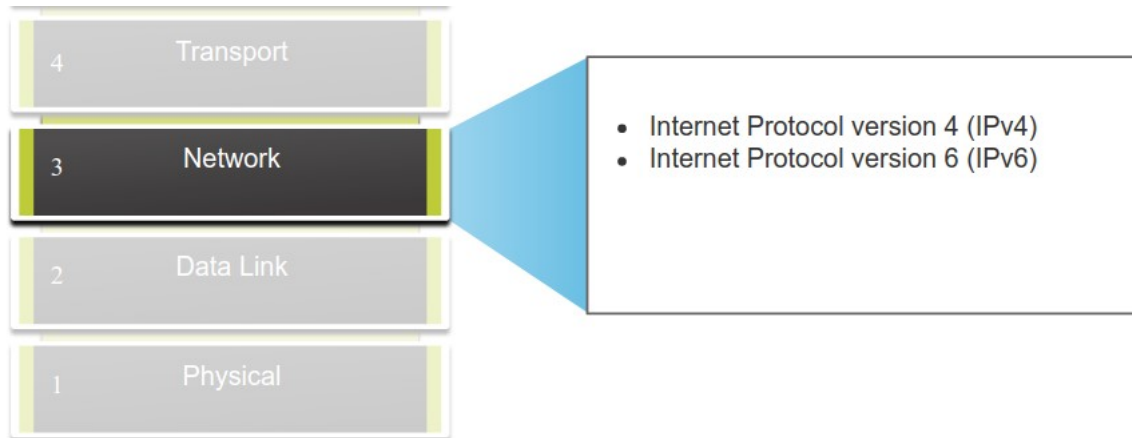
Andreas Grupp
Andreas.Grupp@zsl-rstue.de

Carina Haag
haag.c@lanz.schule

Tobias Heine
tobias.heine@springer-schule.de

Uwe Thiessat
uwe.thiessat@gbs-sha.de

- Network Layer stellt Endgeräten / Hosts Dienste zur Verfügung, um Daten über Netzwerke auszutauschen.
- Primär gibt es zwei Network Layer Protokolle:



- Weitere Protokolle sind Routingprotokolle, z.B. OSPF (*Open Shortest Path First*) oder das Nachrichtenprotokoll ICMP (*Internet Control Message Protocol*).

- **Adressierung** von Endgeräten / Hosts mit eindeutige Adressen: IP-Adressen
- **Encapsulation** zu versendender Daten des „*Transport Layers*“ zu einem „*Paket*“ durch Voranstellen eines IP-Headers, u.a. mit Quell- und Ziel-IP
- **Routing** (Weiterleitung) des Pakets in andere Netzwerke durch Layer-3-Geräte – *Router* – auf Basis der Ziel-IP im IP-Header
- **De-Encapsulation** des Pakets auf Ziel-Host und Weitergabe der enthaltenen Daten an Layer 4

- **Verbindungslos / Connectionless**

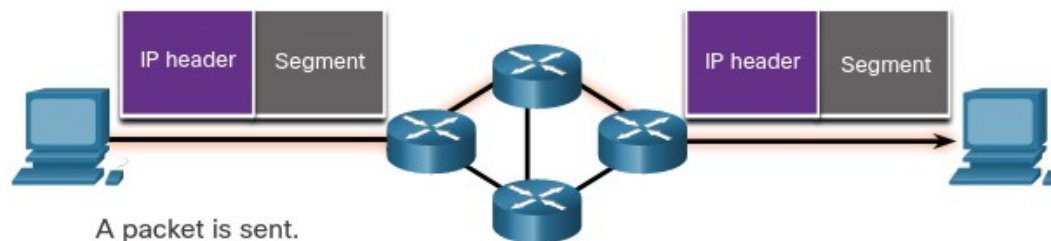
Vor dem Versand eines Pakets wird keine Verbindung zum Ziel aufgebaut, das Paket geht einfach so auf die Reise
(Merkmal: Absender weiß nicht, ob das Paket angekommen ist)

- **„Stets bemüht“ (aber unzuverlässig) / Best Effort (unreliable)**

Paket-Auslieferung wird nicht gewährleistet bzw. garantiert

- **Unabhängig vom Medium / Media Independent**

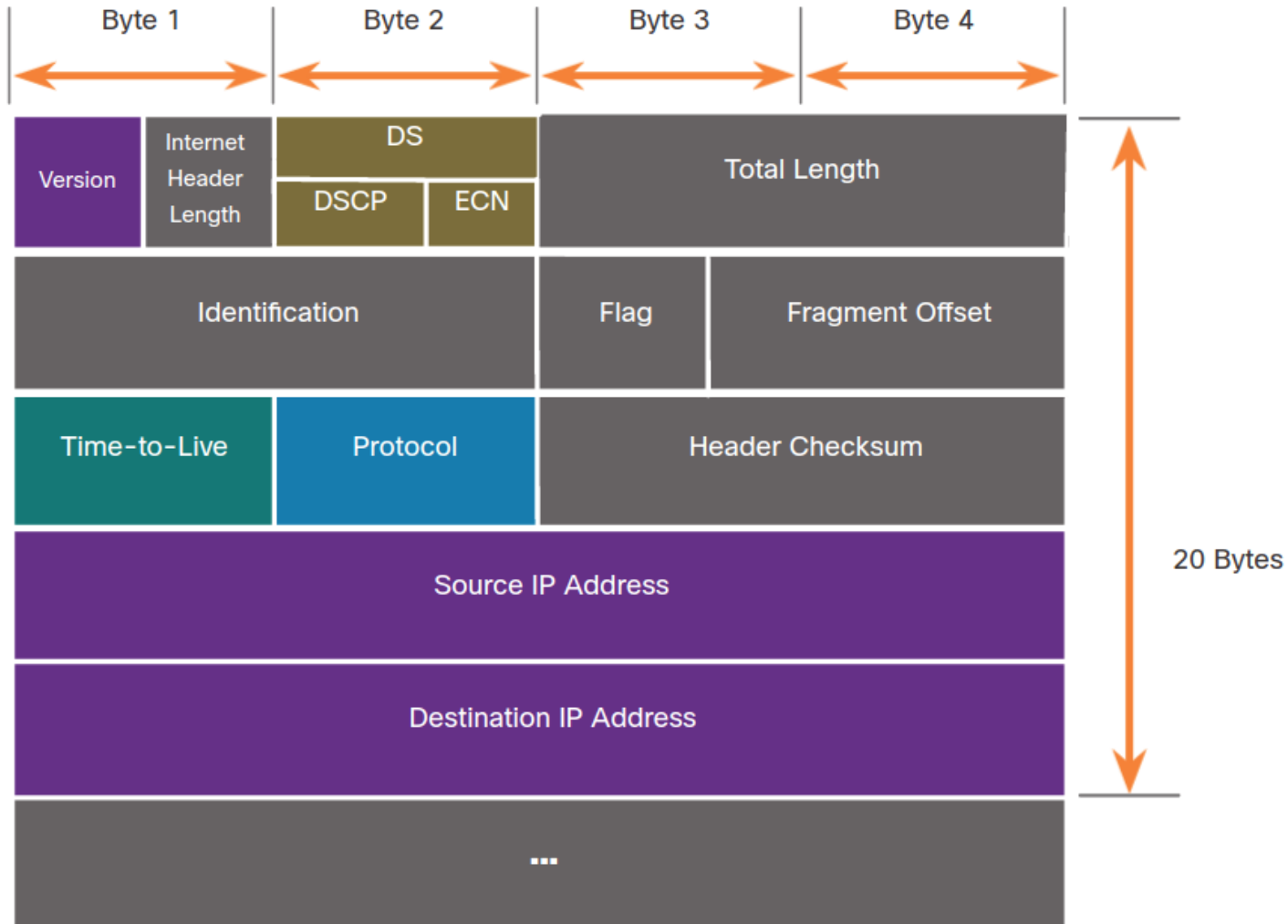
Betrieb bzw. Verhalten von IP ist unabhängig vom eigentlichen Netztyp / Netzmedium das die Daten transportiert



- Keinerlei Verbindungskontrolle
- Keine Rückbestätigung des Empfängers
- Pakete eventuell in falscher Reihenfolge
- Eventuell defekte, fehlende Pakete
- Keine Fehlerkorrektur, z. B. erneutes Versenden des Pakets
- Zuverlässigkeit rein über höhere Layer
- Netz-Medium wird im Layer 2 berücksichtigt
- Layer 2 → Layer 3: Maximum Transmission Unit (MTU)
- IP-Header wird unterwegs (meist) nicht verändert oder verworfen

Quiz 8.1.7

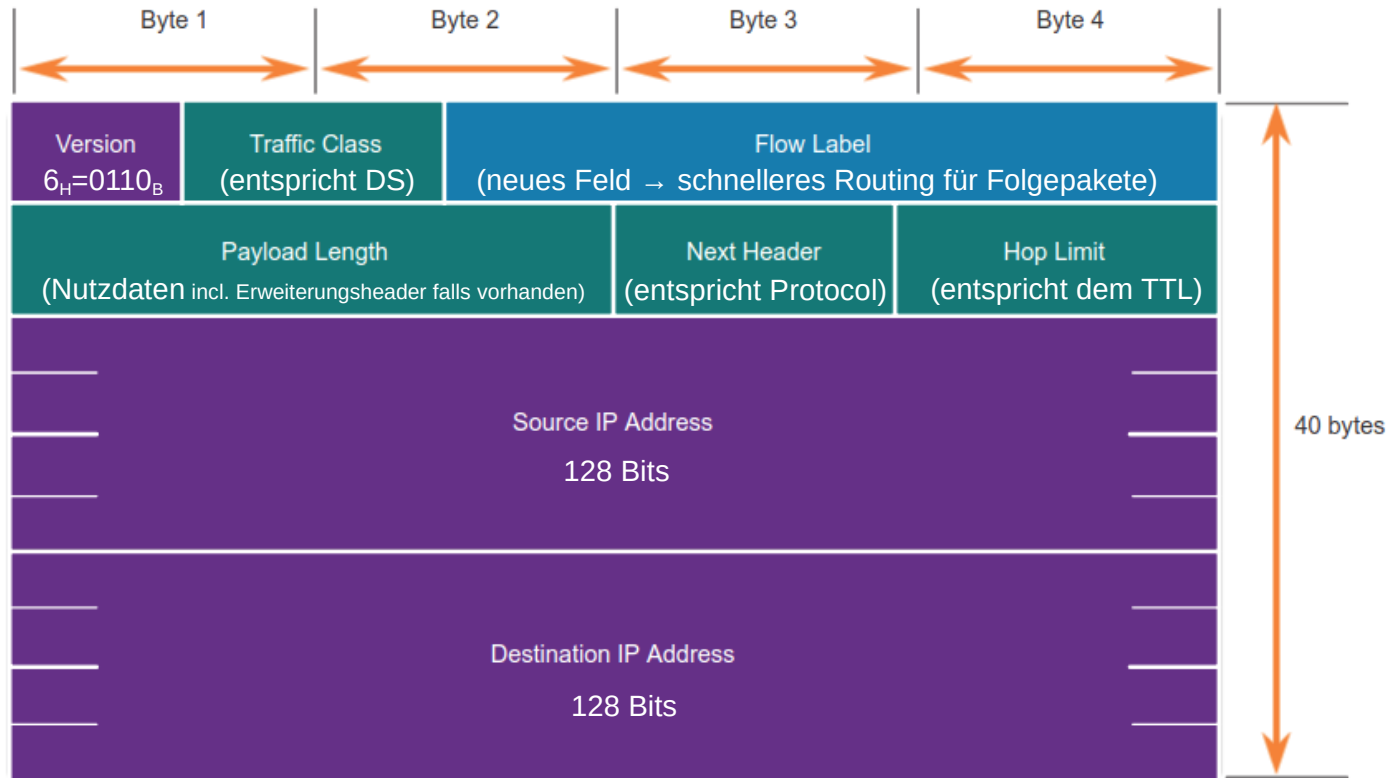
IPv4 Header






Quiz 8.2.4

- Zu wenige IPv4-Adressen (4 Milliarden / billions)
→ IPv6 hat 10^{36} (340 Sextillionen / undecillions)
- IPv4-Routing-Tabellen sind sehr groß und werden mit steigender Anzahl von Servern immer größer – RAM!
→ IPv6-Routing-Tabellen können kleiner sein
- Durch NAT ist die IPv4 Ende-zu-Ende-Verbindung nicht möglich
→ großer IPv6-Adressraum benötigt kein NAT
- IPv6 hat einfacheren IP-Header
- IPv6 bietet von Haus aus Authentifizierung, Datenintegrität, Verschlüsselung (IPSec)

IPv6 Header

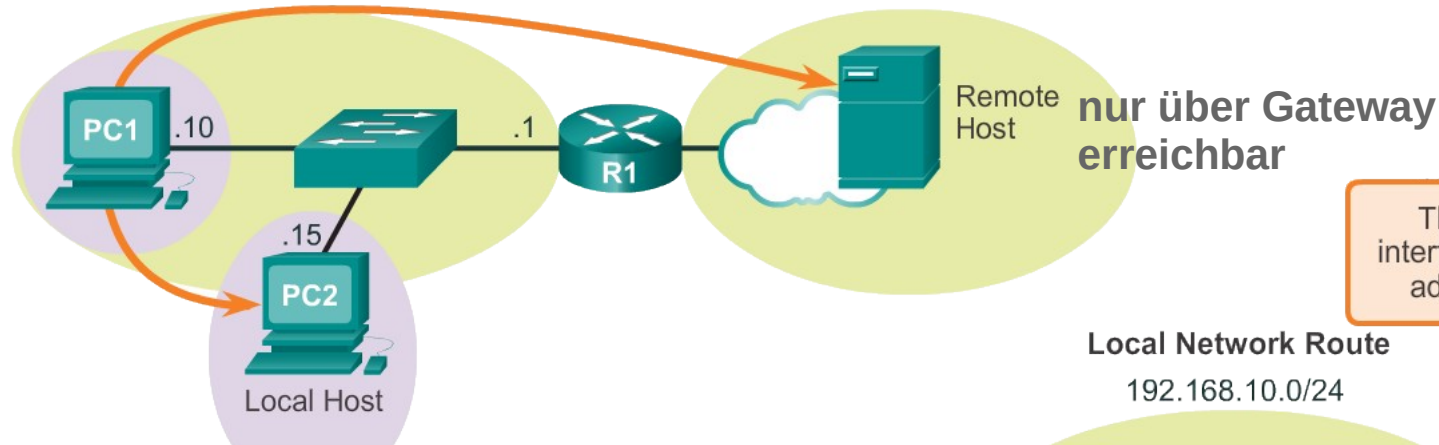


Legend

-  - Fields name kept from IPv4 to IPv6
-  - Name and position changed in IPv6
-  - New field in IPv6

Quiz 8.3.6

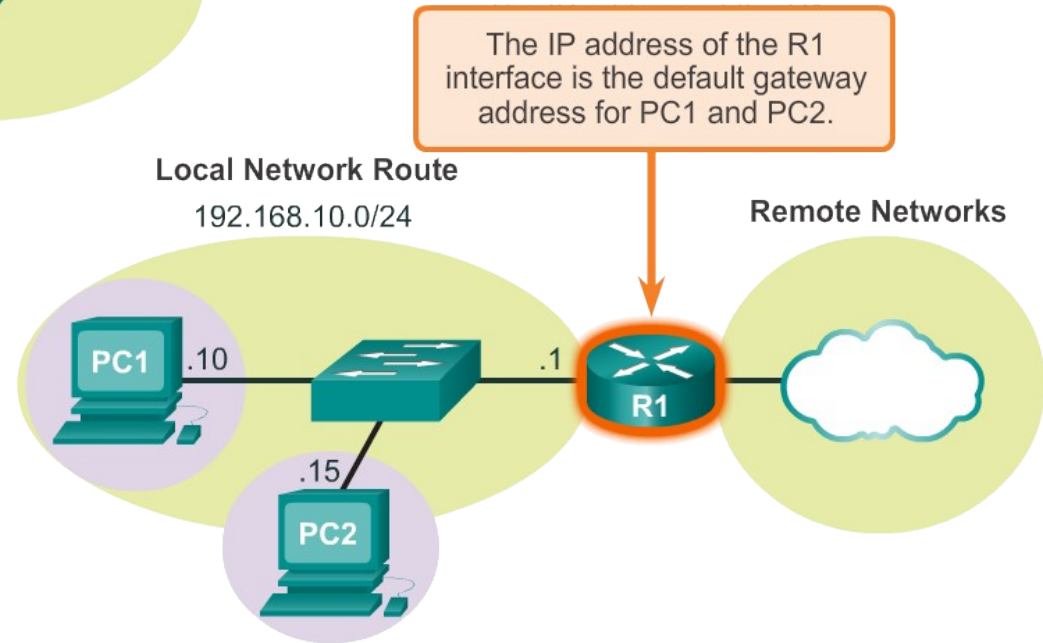
Zu unterscheiden → Lokale vs. Remote-Verbindung



Hosts müssen bei jedem IP-Paket unterscheiden:

- Loopback,
- „Lokaler Zielhost“ oder
- „Remote Zielhost“?

Entscheidung auf Basis von IP-Adresse und Netzmaske.
Versand entsprechend der Routing-Tabelle des Hosts.



Gekürzte Windows-Routing-Tabelle für IPv4

```
C:\Users\student>netstat -r
```

Schnittstellenliste

```
7...08 00 27 ec 99 0a .....Intel(R) PRO/1000 MT Desktop Adapter
1.....Software Loopback Interface 1
```

IPv4-Routentabelle

Aktive Routen:

Netzwerkziel	Netzwerkmaske	Gateway	Schnittstelle	Metrik
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.178.1	192.168.178.44	25
127.0.0.0	255.0.0.0	Auf Verbindung	127.0.0.1	331
127.0.0.1	255.255.255.255	Auf Verbindung	127.0.0.1	331
127.255.255.255	255.255.255.255	Auf Verbindung	127.0.0.1	331
192.168.178.0	255.255.255.0	Auf Verbindung	192.168.178.44	281
192.168.178.44	255.255.255.255	Auf Verbindung	192.168.178.44	281
192.168.178.255	255.255.255.255	Auf Verbindung	192.168.178.44	281
224.0.0.0	240.0.0.0	Auf Verbindung	127.0.0.1	331
224.0.0.0	240.0.0.0	Auf Verbindung	192.168.178.44	281
255.255.255.255	255.255.255.255	Auf Verbindung	127.0.0.1	331
255.255.255.255	255.255.255.255	Auf Verbindung	192.168.178.44	281

Default-Route

oder „route print“

Localhost-Bereich

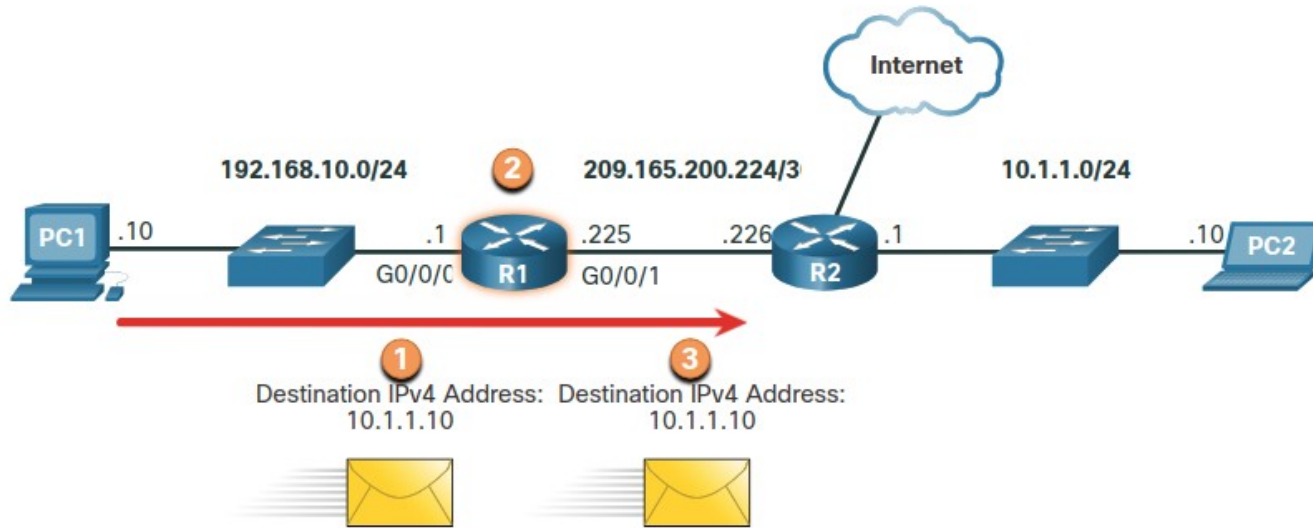
Bereich für
lokales Netz

Multicast-Bereich

Broadcast-Bereich

Metrik: Entspricht „Kosten“ der jeweiligen Route. Kleiner Wert somit besser!

Quiz 8.4.5



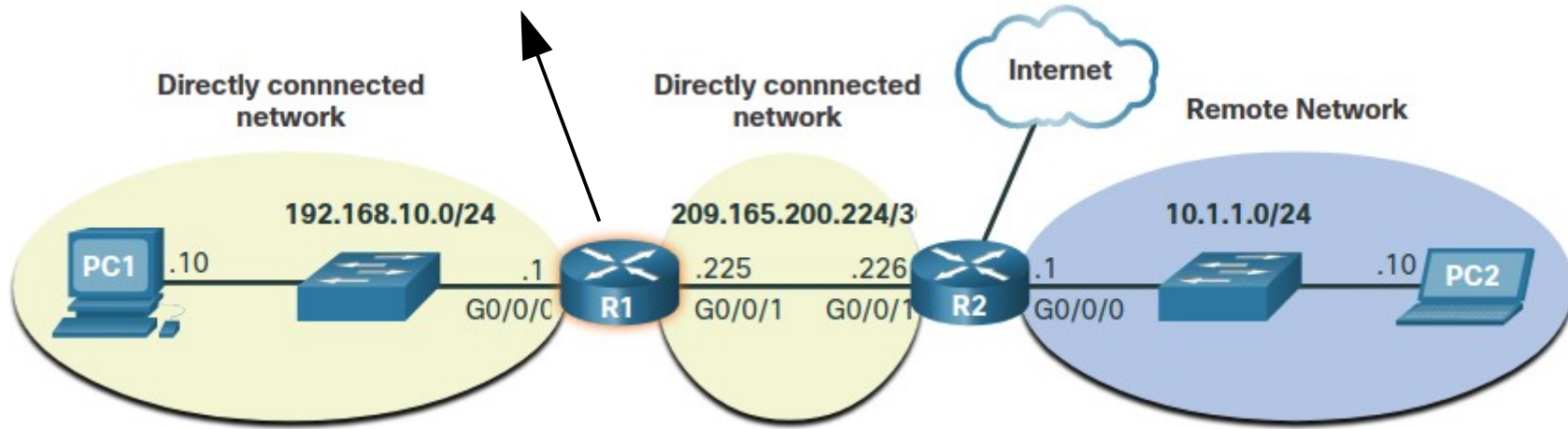
R1 Routing Table

Route	Next Hop or Exit Interface
192.168.10.0 /24	G0/0/0
209.165.200.224/30	G0/0/1
10.1.1.0/24	via R2
Default Route 0.0.0.0/0	via R2

R1 ...

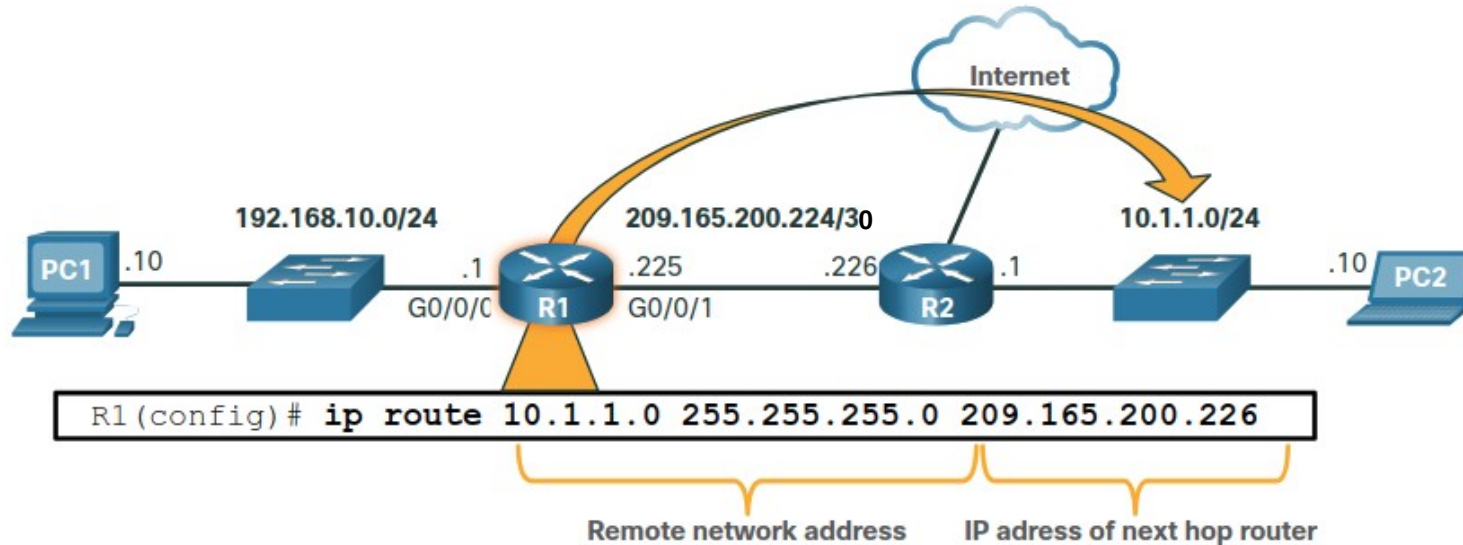
- (1) ... empfängt ein Paket und entkapselt L2-Header + Trailer.
- (2) ... ermittelt die Ziel-IPv4-Adresse und sucht in der Routing-Tabelle nach der besten Route (*best match*).
- (3)... kapselt das Paket in einen neuen L2-Header und Trailer. Anschließend wird das Paket an den R2 als „next hop“ weitergeleitet.

Aus der Sicht von R1 sind zwei Netze direkt angeschlossen und ein Netz ist nur über R2 erreichbar (→ entferntes / remote Netz).



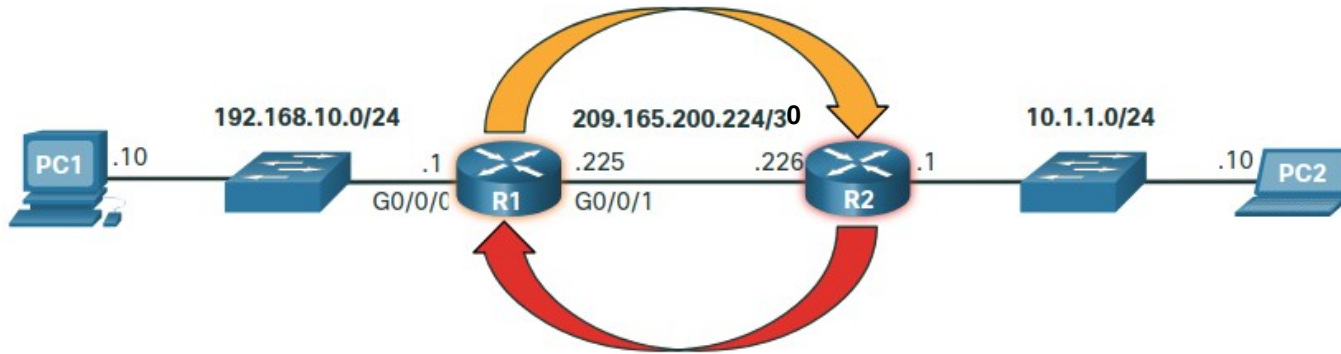
Remote-Netze können **dynamisch** mit Hilfe von dynamischen Routing-Protokollen erlernt werden oder müssen **manuell** in die Routing-Tabelle eingetragen werden (*statisches Routing*).

Direkt angeschlossene Netze werden **automatisch** in die Routing-Tabelle eingetragen.

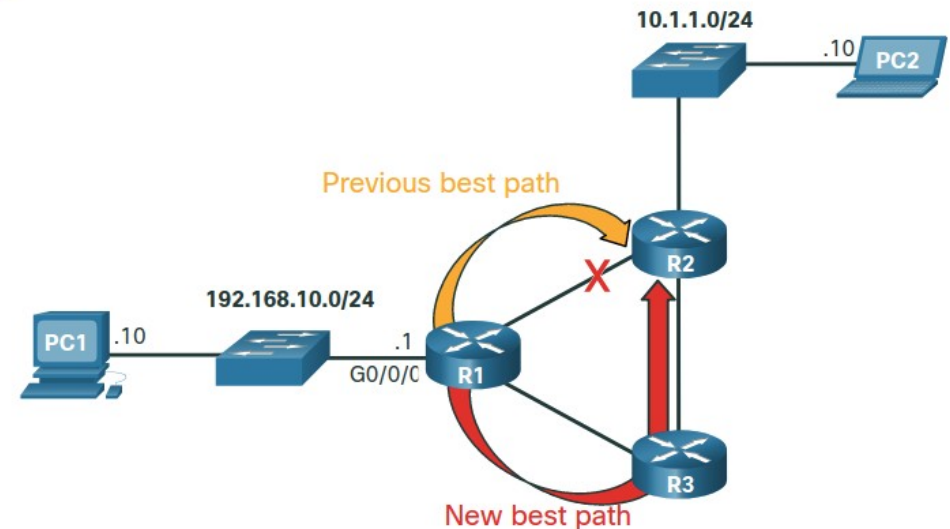


- Falls es eine Änderung in der Netzwerk-Topologie gibt oder Links ausfallen, muss der Administrator die statische Route neu konfigurieren.
- Statische Routen sind für kleine Netzwerke geeignet.
- In der Regel werden statische Routen in Kombination mit dynamischen Routing-Protokollen verwendet, z.B. Default Routen im Netzwerk verteilen.

Router tauschen Routing-Informationen aus und lernen automatisch entfernte Netze.



- Ermittelt Remote-Netze
- Aktualisiert Routing-Informationen
- Wählt den besten Pfad zum Zielnetzwerk
- Versucht einen neuen Pfad zu suchen, wenn ein Pfad nicht mehr verfügbar ist



Routing-Tabelle Router „R1“ → `show ip route`

```
R1# show ip route
```

```
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
```

```
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
```

```
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
```

```
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
```

```
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
```

```
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
```

```
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
```

```
       a - application route
```

```
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR
```

```
Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0
```

```
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226, GigabitEthernet0/0/1
```

```
      10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
O      10.1.1.0 [110/2] via 209.165.200.226, 00:02:45, GigabitEthernet0/0/1
```

```
      192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
C      192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
```

```
L      192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
```

```
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
C      209.165.200.224/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
```

```
L      209.165.200.225/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
```

```
R1#
```

Quiz 8.5.7

- Lernziel-Zusammenfassung – 8.6.1
- Modul-Quiz – 8.6.2

Fragen ...

