

IT2221 - Netzwerktechnik

Dozentin:

Gabriele Schrenk

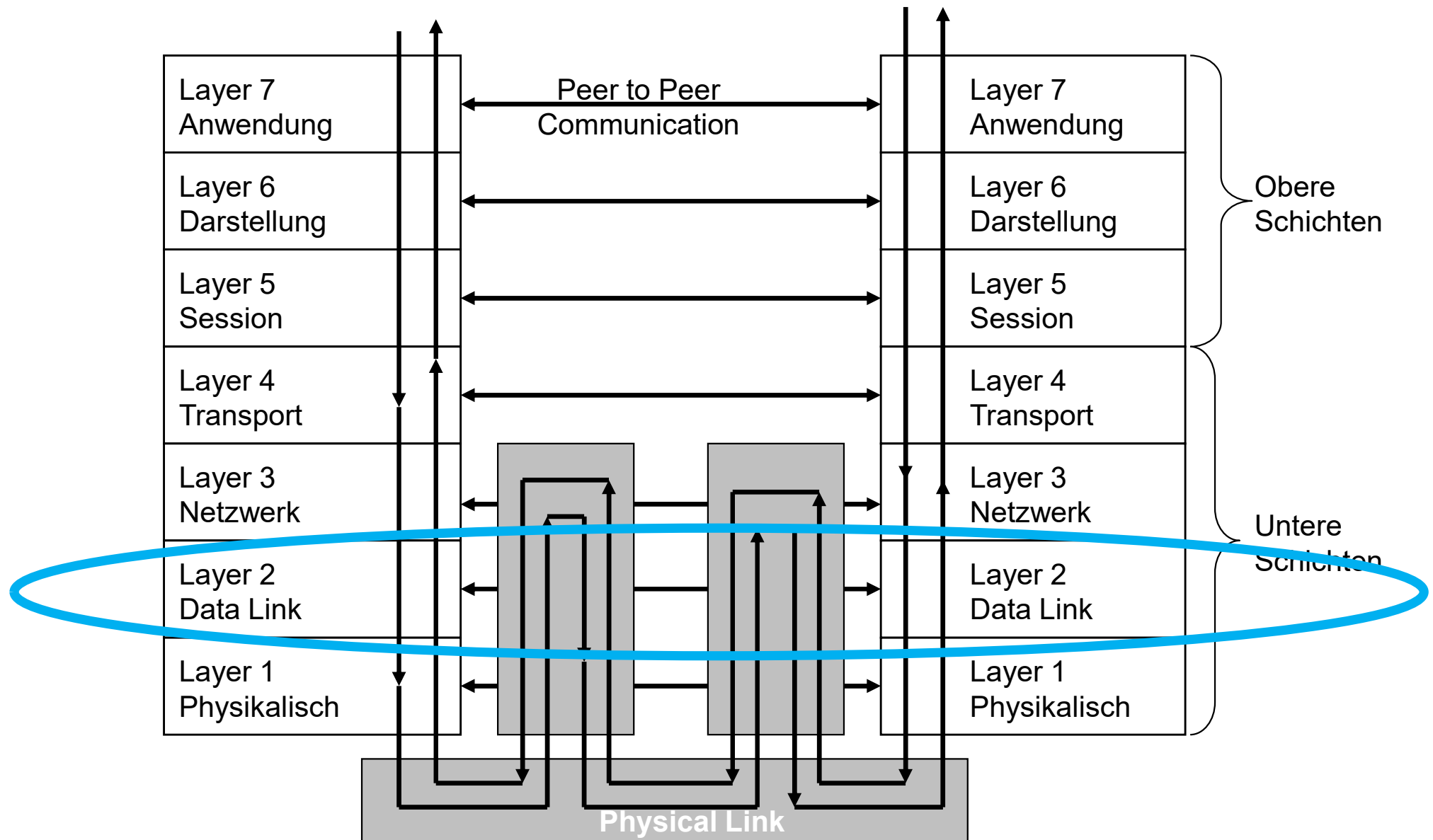
e_schrenk@doz.hwr-berlin.de

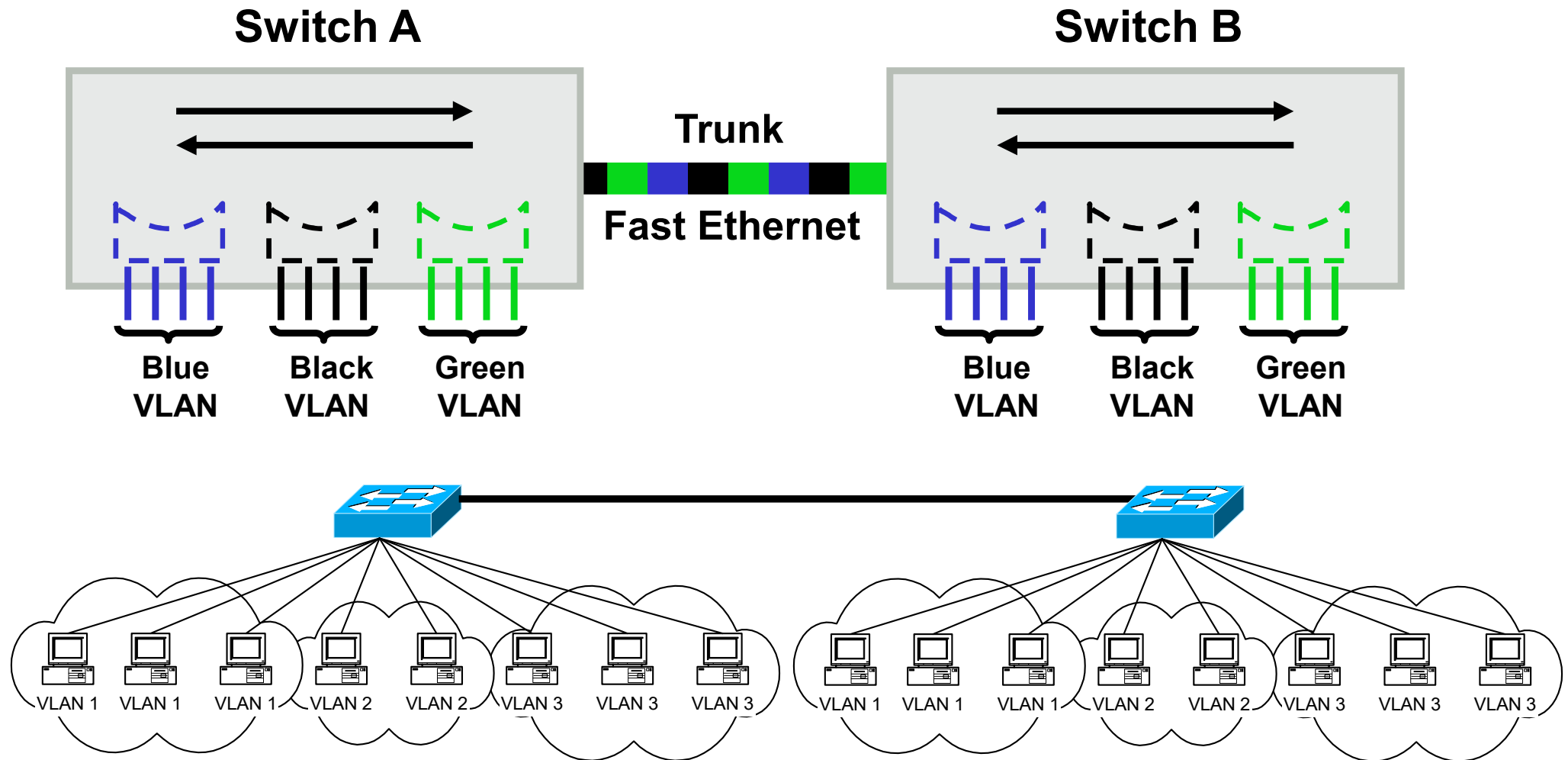
Insgesamt 10 Online-Vorlesungen mit BBB

1. Grundlagen, IP-Adressierung OSI-Modell, Ethernet (Labor)
2. Layer 1 und 2 an den Beispielen Ethernet und WLAN
3. Layer 3 am Beispiel von IPv4 und Routing Protokolle
4. Layer 3 Routing Protokolle, Layer 4 am Beispiel von TCP und UDP
5. Layer 3 am Beispiel von IPv6
6. Layer 7 am Beispiel von DNS und DHCP, Weitverkehrsnetze
7. Weitverkehrsnetze, Ausfallsichere Netze
8. Netzwerksicherheit
9. Netzwerksicherheit
10. Prüfungsvorbereitung

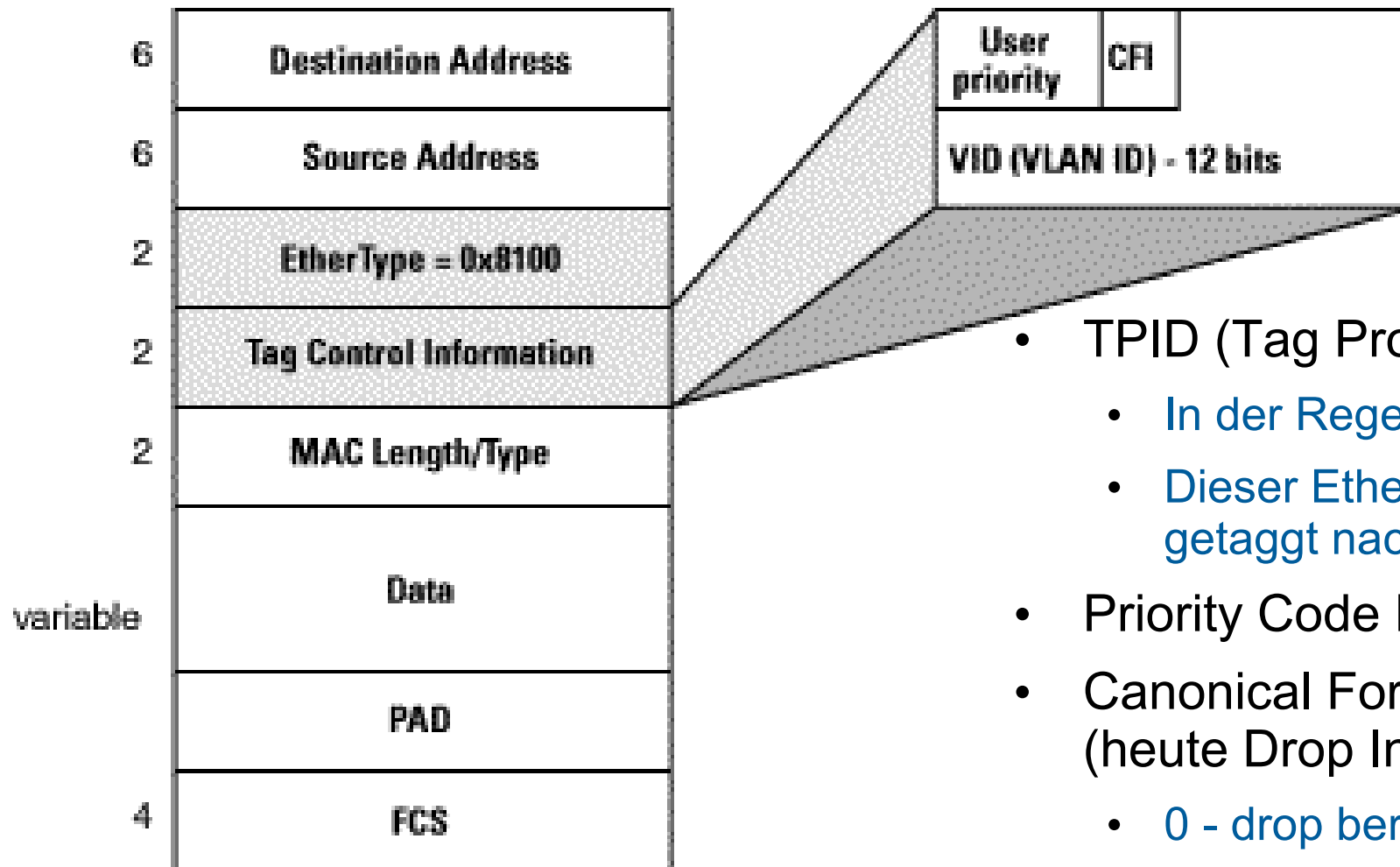
Data Link Layer - Sicherungsschicht

LAYER 2

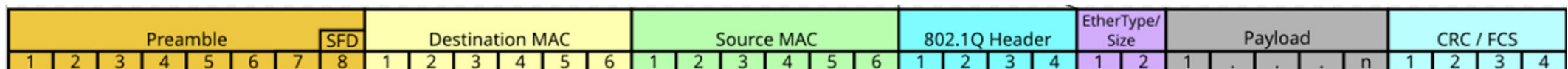




- Jedem Switchport wird ein VLAN zugeordnet
- zwischen den Switches wird jeder Frame mit einer VLAN ID markiert (Tagged/Trunk Port)
- Verbindungen zwischen VLANs erfolgen über Router
- VLAN-Informationen müssen auf allen Switches identisch sein
- VLANs sind ein Mittel zur Strukturierung des Netzes
- Spezifiziert in IEEE 802.1q
 - bis zu 4095 VLANs pro Node (12 bit VLAN ID)
 - Unterstützt Typen 1, 2 und 3
 - Unterstützt geschaltete und shared media LANs
 - Führt neue Priorisierungen ein (IEEE 802.1p)



- TPID (Tag Protocol Identifier)
 - In der Regel 0x8100
 - Dieser Ethernet-Frame ist getaggt nach 802.1Q“
- Priority Code Point – 3 Bit
- Canonical Format Indicator (heute Drop Indicator)
 - 0 - drop berechtigt
 - 1 – darf verworfen werden



- 802.1p ist kein eigenes Tag-Format, sondern ein Standard für Layer-2-Priorisierung
 - Quality of Service (QoS)
- Realisiert wird 802.1p durch die 3 PCP-Bits (Priority Code Point)
 - Switches können anhand der PCP-Bits, Queues, Scheduling und Traffic-Klassen steuern
- Zusammengefasst:
 - 802.1Q: Hier ist ein VLAN-Tag
 - 802.1p: Interpretiere die 3 PCP-Bits als unterschiedliche Service-Klassen/Prioritäten

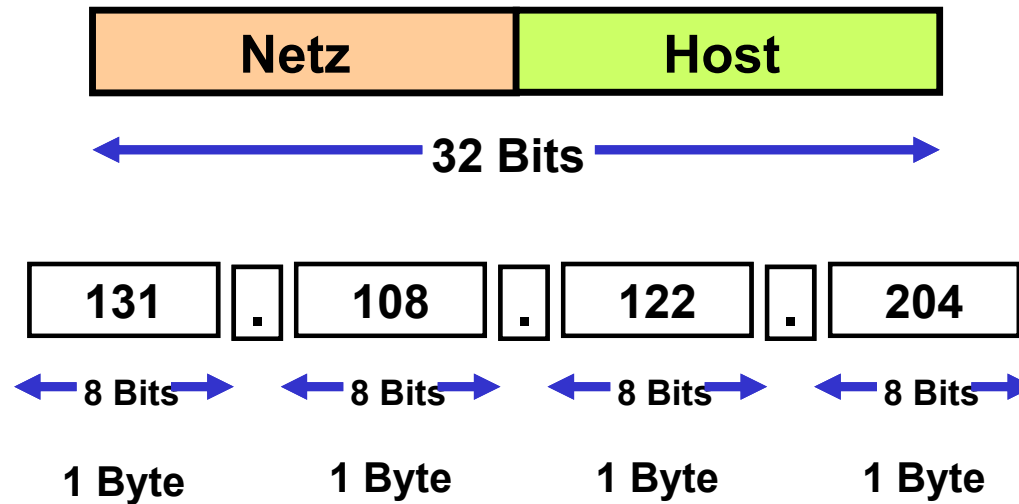
- 802.1p beschreibt QoS auf MAC-Ebene
- Mögliche Prioritäten (herstellerspezifisch)
 - 0: Best Effort
 - 1: Background
 - 2: Spare
 - 3: Excellent Effort
 - 4: Controlled Load
 - 5: Video
 - 6: Voice
 - 7: Network Control
- Switches können intern ohne VLAN-Tag priorisieren
 - z. B. nach eingehendem Port, MAC-Adresse, EtherType, ACL etc.
 - herstellerspezifische QoS-Logik, nicht nach IEEE 802.1p Standard

Network Layer - Netzwerkschicht

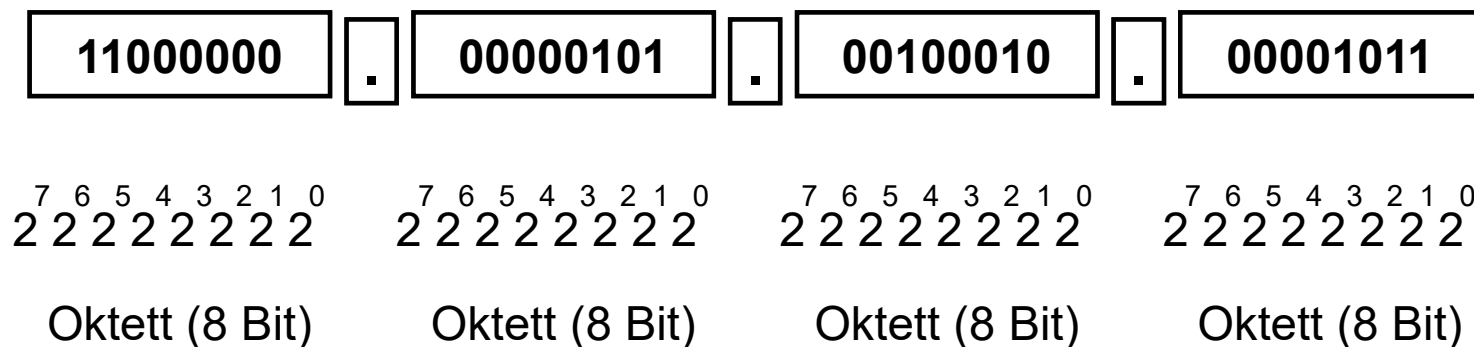
LAYER 3

Internet Protocol Version 4 – IPv4

Komponenten einer IP-Adresse (IPv4)



Die 32-Bit –Binärdarstellung der IP-Adresse



0		4		8		16		19		24		31	
VERS		HLEN		Service Type		Total Length							
Datagram ID						Flags			Fragment Offset				
Time to Live				Protocol		Header-Prüfsumme							
Quell-IP-Adresse													
Ziel-IP-Adresse													
IP-Optionen (falls vorhanden)											Padding		
Daten													
...													

- **Version:** immer 4
- **TOS (Type of Service):** 3 bits
 - “minimize delay”, “maximize throughput”, “maximize reliability”, “minimize cost” bits
- **Length**
 - Länge des Frames
- **Identifizier**
 - eindeutige ID eines Frames
- **Flags**
 - Anzeigen Fragmentierung
- **TTL**
 - Time to Live
- **Protocol:**
 - Enkapsuliertes Protokoll
- **Checksum:**
 - Prüfsumme auf den Header

- Klasse A = $2^{24} - 2$ reservierte
16.777.214 Hosts
- Klasse B = $2^{16} - 2$ reservierte
65.534 Hosts
- Klasse C = $2^8 - 2$ reservierte
254 Hosts

Bitanzahl	1	7	24
-----------	---	---	----

Klasse A:

0	Netz-ADR.	Host-ADR.
---	-----------	-----------

Bitanzahl	1	1	14	16
-----------	---	---	----	----

Klasse B:

1	0	Netz-ADR.	Host-ADR.
---	---	-----------	-----------

Bitanzahl	1	1	1	21	8
-----------	---	---	---	----	---

Klasse C:

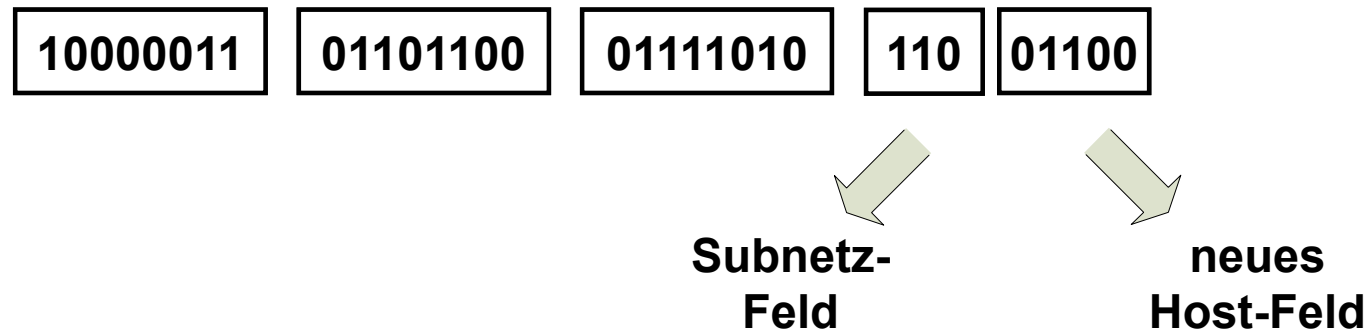
1	1	0	Netz-ADR.	Host-ADR.
---	---	---	-----------	-----------

- Jedes Netz hat einen gewissen Adressraum zur Adressierung von Hosts
- Niedrigste Adresse ist die **Netzadresse** (erste Adresse)
- Höchste Adresse ist die **Broadcastadresse** (letzte Adresse)

- Hostanteil, der nur **Nullen** enthält (Netzadresse)
 - z.B. 134.30.0.0
 - Maske: 255.255.0.0 (also /16)
 - 11111111.11111111.00000000.00000000
- Nur **Einsen** in dem Hostanteil (Broadcast-Adresse)
 - z.B. 134.30.255.255/16 für das oben genannte Netz
- alle Hosts im lokalen IP-Segment, wenn das konkrete Netz nicht bekannt/konfiguriert ist
 - 255.255.255.255 verwendet bei DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

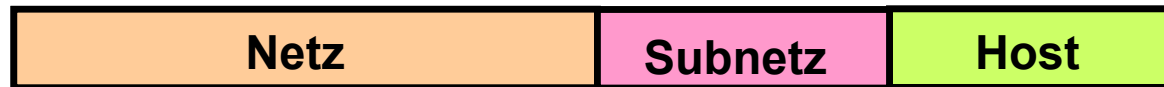
- Außenwelt sieht nur ein einziges Netz
- Außenwelt kennt keine Details oder Struktur
- Routing-Tabellen bleiben dadurch überschaubar
- Außenwelt braucht nur eine Netzadresse für die Erreichbarkeit

- umfasst den Netzteil + Subnetzfeld + Hostfeld
- Bits aus dem Host-Feld werden entlehnt (min. 2 Bits)
- das neue Feld heißt Subnetz-Feld





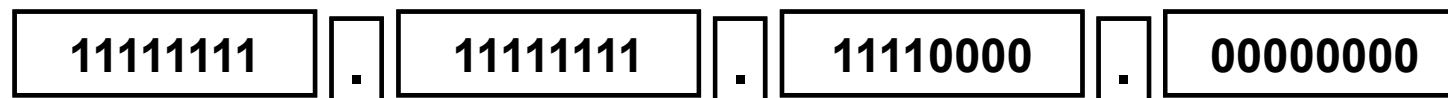
ohne Subnetting



mit Subnetting

- Verringert die Größe einer Broadcast-Domäne
- Realisierung von Abteilungen
- wenn zu viel Bandbreite belegt wird
 - hohes Verkehrsaufkommen = Verzögerungsanstieg (Latenzen)

- /20 oder 255.255.240.0
 - 20 Bits für das Netzwerk und 12 Bits für den Host



- 32 Bits lang
- in vier Oktette unterteilt
- Im Netz- und Subnetzabschnitt alles Einsen
- Im Host-Abschnitt alles Nullen

- Ziel-Host AND Subnetzmaske liefert die Netzwerk-, bzw. Subnetzadresse

11111111
.
11111111
.
11111111
.
11100000

Berechnung	IP-Adresse	195.013.132.163	11000011 00001101 10000100 10100011
Netzadresse	UND Netzmaske	255.255.255.224	11111111 11111111 11111111 11100000
	Netzadresse	195.013.132.160	11000011 00001101 10000100 10100000
Berechnung	IP-Adresse	195.013.132.163	11000011 00001101 10000100 10100011
Hostadresse	UND (NOT Netzmaske)	000.000.000.031	00000000 00000000 00000000 00011111
	Hostnummer	3	00000000 00000000 00000000 00000011

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
128	64	32	16	8	4	2	1

10000010	.	00000101	.	00000000	.	00000000
130	.	5	.	0	.	0
11111111	.	11111111	.	11111111	.	00000000
255	.	255	.	255	.	0

- normalerweise typisches B-Netz, aber 8 Bits wurden entlehnt (Host)
- somit ist ein Subnetz-Feld entstanden mit 8 Bits
- diese 8 Bits gehören nun der Subnetzmaske an und werden mit Einsen dargestellt

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
128	64	32	16	8	4	2	1

- Entlehnung von 2 Bits = 4 mögliche Subnetze (2^2)
- Entlehnung von 3 Bits = 8 mögliche Subnetze (2^3)
- Entlehnung von 4 Bits = 16 mögliche Subnetze (2^4)

Frage: Wie viele Bits werden entlehnt bei einem

Netz der Klasse C mit der Subnetzmaske 255.255.255.240?

Antwort: 4 Bits kann man für das Subnetzfeld verwenden

Weg: Die ersten drei Oktette (24 Bit) der Maske (255.255.255.) entsprechen der Netz-ID des Klasse-C-Netzes. Danach stehen alle „1er“-Bits im Subnetzfeld. 240 entspricht der Binärzahl 11110000, somit werden 4 Bits (4 x „1er“-Bits) im Subnetzfeld verwendet.

0000

0001

0010

0011

0100

0101

0110

0111

1000

1001

1010

1011

1100

1101

1110

1111

Dezimaldarstellung gängiger Masken ■ EANTC

128	64	32	16	8	4	2	1	
1	0	0	0	0	0	0	0	= 128
1	1	0	0	0	0	0	0	= 192
1	1	1	0	0	0	0	0	= 224
1	1	1	1	0	0	0	0	= 240
1	1	1	1	1	0	0	0	= 248
1	1	1	1	1	1	0	0	= 252
1	1	1	1	1	1	1	0	= 254
1	1	1	1	1	1	1	1	= 255

Classless Inter-Domain Routing (CIDR) ■ EANTC

DHCP-Client

Source 0.0.0.0 → Destination
255.255.255.255

Default Route in Routing
Tabellen

Subnet Mask	CIDR	Binary Notation	Available Addresses Per Subnet
255.255.255.255	/32	11111111.11111111.11111111.11111111	1
255.255.255.254	/31	11111111.11111111.11111111.11111110	2
255.255.255.252	/30	11111111.11111111.11111111.11111100	4
255.255.255.248	/29	11111111.11111111.11111111.11111000	8
255.255.255.240	/28	11111111.11111111.11111111.11110000	16
255.255.255.224	/27	11111111.11111111.11111111.11100000	32
255.255.255.192	/26	11111111.11111111.11111111.11000000	64
255.255.255.128	/25	11111111.11111111.11111111.10000000	128
255.255.255.0	/24	11111111.11111111.11111111.00000000	256
255.255.254.0	/23	11111111.11111111.11111110.00000000	512
255.255.252.0	/22	11111111.11111111.11111100.00000000	1024
255.255.248.0	/21	11111111.11111111.11111000.00000000	2048
255.255.240.0	/20	11111111.11111111.11110000.00000000	4096
255.255.224.0	/19	11111111.11111111.11100000.00000000	8192
255.255.192.0	/18	11111111.11111111.11000000.00000000	16384
255.255.128.0	/17	11111111.11111111.10000000.00000000	32768
255.255.0.0	/16	11111111.11111111.00000000.00000000	65536
255.254.0.0	/15	11111111.11111110.00000000.00000000	131072
255.252.0.0	/14	11111111.11111100.00000000.00000000	262144
255.248.0.0	/13	11111111.11111000.00000000.00000000	524288
255.240.0.0	/12	11111111.11110000.00000000.00000000	1048576
255.224.0.0	/11	11111111.11100000.00000000.00000000	2097152
255.192.0.0	/10	11111111.11000000.00000000.00000000	4194304
255.128.0.0	/9	11111111.10000000.00000000.00000000	8388608
255.0.0.0	/8	11111111.00000000.00000000.00000000	16777216
254.0.0.0	/7	11111110.00000000.00000000.00000000	33554432
252.0.0.0	/6	11111100.00000000.00000000.00000000	67108864
248.0.0.0	/5	11111000.00000000.00000000.00000000	134217728
240.0.0.0	/4	11110000.00000000.00000000.00000000	268435456
224.0.0.0	/3	11100000.00000000.00000000.00000000	536870912
192.0.0.0	/2	11000000.00000000.00000000.00000000	1073741824
128.0.0.0	/1	10000000.00000000.00000000.00000000	2147483648
0.0.0.0	/0	00000000.00000000.00000000.00000000	4294967296

- gegeben:
 - IP-Adresse 220.8.7.100
 - Netzmaske: 255.255.255.240
- gesucht:
 1. Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 2. Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 3. Netzadresse
 4. Broadcastadresse
 5. erste IP-Adresse
 6. letzte IP-Adresse

- gegeben:
 - IP-Adresse 220.8.7.100
 - **Netzmaske: 255.255.255.240**
- gesucht:
 - **Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske**
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse

Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz?

Netzmaske: 255.255.255.240 =

11111111.11111111.11111111.11110000 = /28

Es verbleiben 4 Bit für den Hostanteil.

Zahl der nutzbaren Adressen = $2^4 - 2 = 14$

- gegeben:
 - IP-Adresse 220.8.7.100
 - **Netzmaske: 255.255.255.240**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - **Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske**
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse

Zahl der möglichen Subnetze?

Netzmaske: 255.255.255.240 =

11111111.11111111.11111111.11110000 = /28

Es verbleiben 4 Bit für den Host-Anteil.

2 weitere Bits für Subnetze möglich

11111111.11111111.11111111.11111100 = /30

Es sind noch $2^2 = 4$ weitere Subnetze möglich.

- gegeben:
 - **IP-Adresse 220.8.7.100**
 - **Netzmaske: 255.255.255.240**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - **Netzadresse**
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse

Wie lautet die Netzadresse?

IP-Adresse 220.8.7.100 =

11011100.00001000.00000111.01100100

Netzmaske: 255.255.255.240 =

11111111.11111111.11111111.11110000 = /28

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

11011100.00001000.00000111.01100000

Netzadresse = 220.8.7.96

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
128	64	32	16	8	4	2	1

! Netzwerkadressen sind immer gerade Zahlen!

- gegeben:
 - **IP-Adresse 220.8.7.100**
 - **Netzmaske: 255.255.255.240**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - **Broadcastadresse**
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse

Wie lautet die Broadcastadresse?

IP-Adresse 220.8.7.100 =

11011100.00001000.00000111.01100100

Netzmaske: 255.255.255.240 =

11111111.11111111.11111111.11110000 = /28

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

11011100.00001000.00000111.01100000

die 0 in der Netzmaske werden zu 1 in der IP-Adresse

11011100.00001000.00000111.01101111

Broadcastadresse = 220.8.7.111

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
128	64	32	16	8	4	2	1

! Broadcastadressen sind immer ungerade Zahlen!

- gegeben:
 - **IP-Adresse 220.8.7.100**
 - **Netzmaske: 255.255.255.240**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - **erste IP-Adresse**
 - letzte IP-Adresse

Wie lautet die erste freie IP-Adresse im Subnetz?

IP-Adresse 220.8.7.100 =

11011100.00001000.00000111.01100100

Netzmaske: 255.255.255.240 =

11111111.11111111.11111111.11110000 = /28

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

11011100.00001000.00000111.01100000

den Hostanteil auf 1 setzen

11011100.00001000.00000111.01100001

erste IP-Adresse = 220.8.7.97

! Die erste freie IP-Adresse ist immer eine ungerade Zahl!

- gegeben:
 - **IP-Adresse 220.8.7.100**
 - **Netzmaske: 255.255.255.240**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - **letzte IP-Adresse**

Wie lautet die letzte freie IP-Adresse im Subnetz?

IP-Adresse 220.8.7.100 =

11011100.00001000.00000111.01100100

Netzmaske: 255.255.255.240 =

11111111.11111111.11111111.11110000 = /28

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

11011100.00001000.00000111.01100000

die 0 in der Netzmaske werden zu 1 und dann minus 1 rechnen

11011100.00001000.00000111.01101110

letzte IP-Adresse = 220.8.7.110

! Die letzte freie IP-Adresse ist immer eine gerade Zahl!

- gegeben:
 - IP-Adresse 220.8.7.100
 - Netzmaske: 255.255.255.240
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske 14
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske 4
 - Netzadresse 220.8.7.96
 - Broadcastadresse 220.8.7.111
 - erste IP-Adresse 220.8.7.97
 - letzte IP-Adresse 220.8.7.110



- gegeben:
 - IP-Adresse 142.63.12.70
 - Netzmaske: 255.255.254.0
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse



- gegeben:
 - IP-Adresse 142.63.12.70
 - **Netzmaske: 255.255.254.0**
- gesucht:
 - **Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske**
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse

Zahl der nutzbaren IP-Adressen
pro Subnetz?



Netzmaske: 255.255.254.0 =

11111111.11111111.111111110.00000000 = /23

Es verbleiben 9 Bit für den Hostanteil.

Zahl der nutzbaren Adressen = $2^9 - 2 = 510$



- gegeben:
 - IP-Adresse 142.63.12.70
 - **Netzmaske: 255.255.254.0**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - **Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske**
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse



Zahl der möglichen Subnetze?

Netzmaske: 255.255.254.0 =

11111111.11111111.111111110.00000000 = /23

Es verbleiben 9 Bit für den Hostanteil.

7 weitere Bits für Subnetze möglich

11111111.11111111.11111111.11111100 = /30

Es sind noch $2^7 = 128$ weitere Subnetze möglich.



- gegeben:
 - **IP-Adresse 142.63.12.70**
 - **Netzmaske: 255.255.250.0**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - **Netzadresse**
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse



Wie lautet die Netzadresse?

IP-Adresse 142.63.12.70 =

10001110.00111111.00001100.01000110

Netzmaske: 255.255.254.0 =

11111111.11111111.11111110.00000000 = /23

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

10001110.00111111.00001100.00000000

Netzadresse = 142.63.12.0

! Netzwerkadressen sind immer gerade Zahlen!



- gegeben:
 - **IP-Adresse 142.63.12.70**
 - **Netzmaske: 255.255.254.0**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - **Broadcastadresse**
 - erste IP-Adresse
 - letzte IP-Adresse



Wie lautet die Broadcastadresse?

IP-Adresse 142.63.12.70 =

10001110.00111111.00001100.01000110

Netzmaske: 255.255.255.240 =

11111111.11111111.11111110.00000000 = /23

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

10001110.00111111.00001100.00000000

die 0 in der Netzmaske werden zu 1 in der IP-Adresse

10001110.00111111.00001101.11111111

Broadcastadresse = 142.63.13.255

! Broadcastadressen sind immer ungerade Zahlen!



- gegeben:
 - **IP-Adresse 142.63.12.70**
 - **Netzmaske: 255.255.254.0**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - **erste IP-Adresse**
 - letzte IP-Adresse



Wie lautet die erste freie IP-Adresse im Subnetz?

IP-Adresse 142.63.12.70 =

10001110.00111111.00001100.01000110

Netzmaske: 255.255.254.0 =

11111111.11111111.11111110.00000000 = /23

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

10001110.00111111.00001100.00000000

den Hostanteil auf 1 setzen

10001110.00111111.00001100.00000001

erste IP-Adresse = 142.63.12.1

! Die erste freie IP-Adresse ist immer eine ungerade Zahl!



- gegeben:
 - **IP-Adresse 142.63.12.70**
 - **Netzmaske: 255.255.254.0**
- gesucht:
 - Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske
 - Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske
 - Netzadresse
 - Broadcastadresse
 - erste IP-Adresse
 - **letzte IP-Adresse**



Wie lautet die letzte freie IP-Adresse im Subnetz?

IP-Adresse 142.63.12.70 =

10001110.00111111.00001100.01000110

Netzmaske: 255.255.254.0 =

11111111.11111111.11111110.00000000 = /23

logisches UND zwischen IP-Adresse und Netzmaske

10001110.00111111.00001100.00000000

die 0 in der Netzmaske werden zu 1 und dann minus 1 rechnen

10001110.00111111.00001101.11111110

letzte IP-Adresse = 142.63.13.254

! Die letzte freie IP-Adresse ist immer eine gerade Zahl!



- gegeben:
 - IP-Adresse 142.63.12.70
 - Netzmaske: 255.255.254.0
- gesucht:

• Zahl der nutzbaren IP-Adressen pro Subnetz für die Netzmaske	510
• Zahl der möglichen Subnetze unterhalb dieser Netzmaske	128
• Netzadresse	142.63.12.0
• Broadcastadresse	142.63.13.255
• erste IP-Adresse	142.63.12.1
• letzte IP-Adresse	142.63.13.254

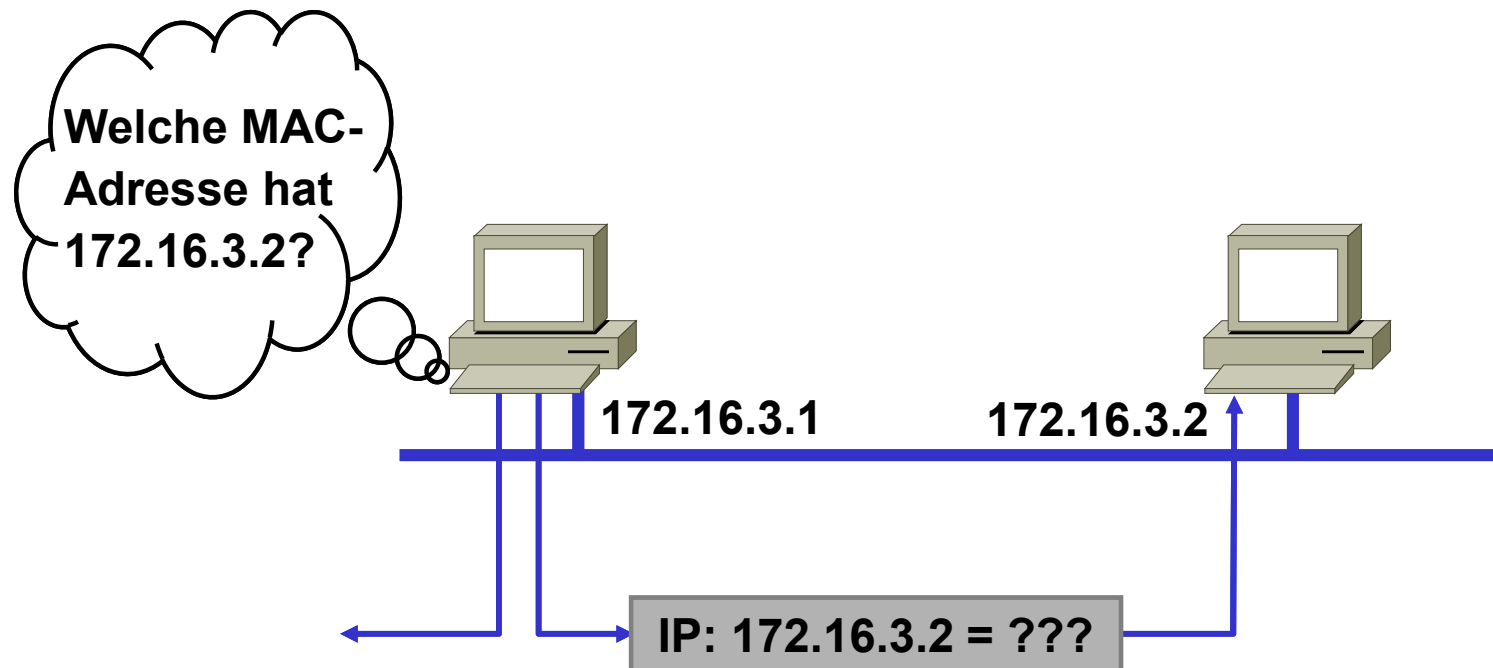
Layer 2/3 – Address Resolution Protocol

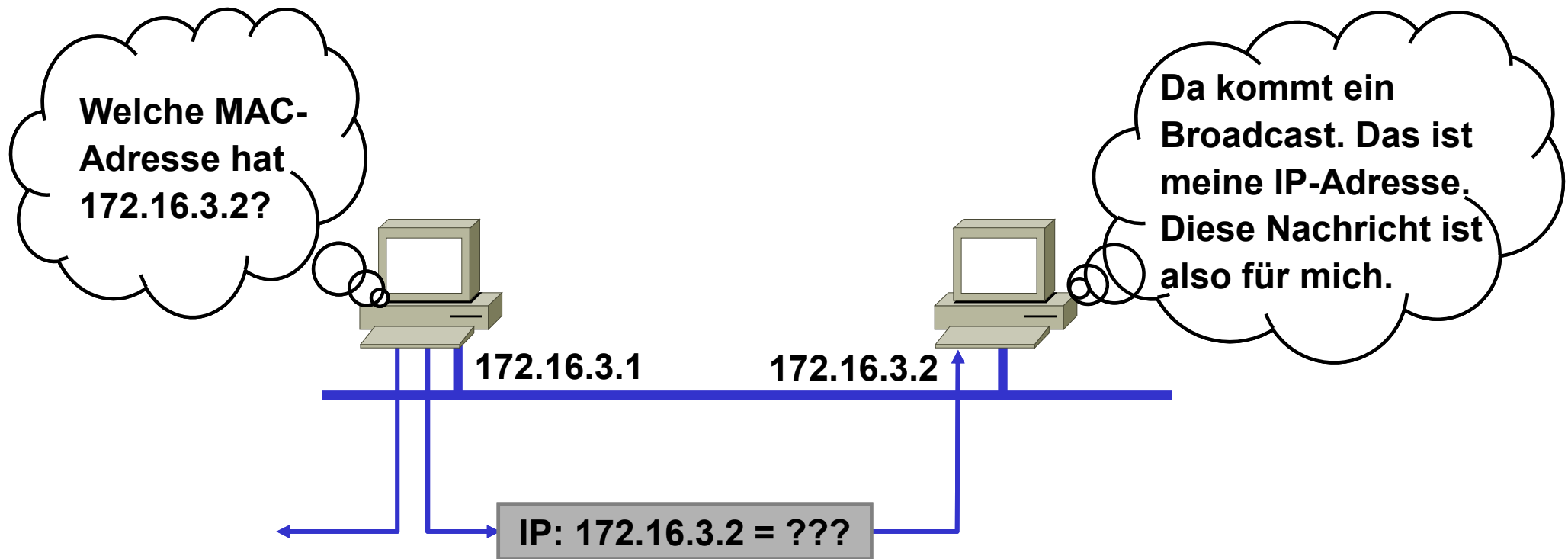
0		4		8		16		19		24		31	
VERS		HLEN		Service Type				Total Length					
Identifikation						Flags			Fragment Offset				
Time to Live				Protocol				Header-Prüfsumme					
Quell-IP-Adresse													
Ziel-IP-Adresse													
IP-Optionen (falls vorhanden)										Padding			
Daten													

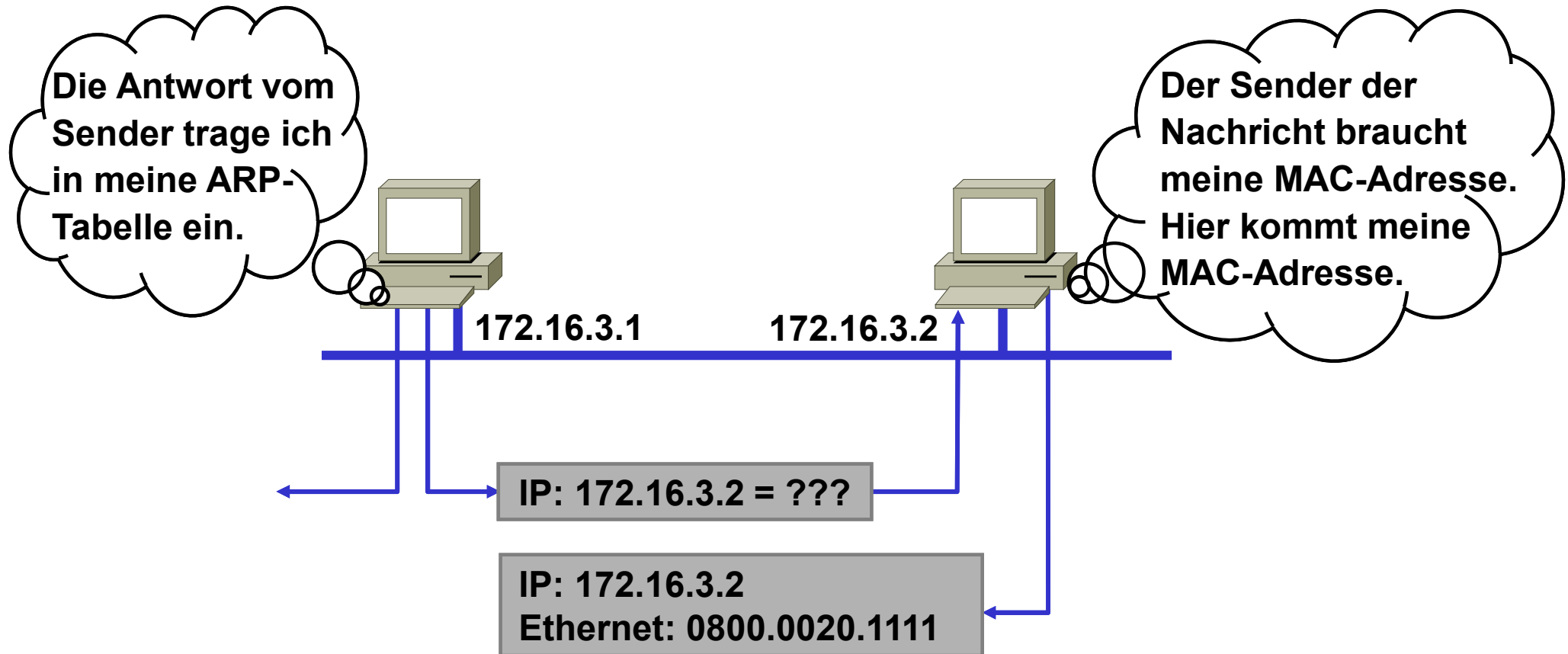
# Bytes	8	6	6	2	Variable	4
	Preamble	Dest add	Source add	Length	Data	FCS

Ein vollständiges Paket benötigt vier Adressen !!!

- Verbindung von Layer 2 und Layer 3 Adressen
- Broadcast für IP-Adressen im gleichen Subnetz
- Verwendung der Gateway-MAC für IP-Adressen in anderem Subnetz
- ARP-Request ist Broadcast, ARP-Reply ist Unicast
- Host führt Tabelle mit MAC/IP-Zuordnung
- Antwort wird nicht geprüft (ARP-Spoofing)!





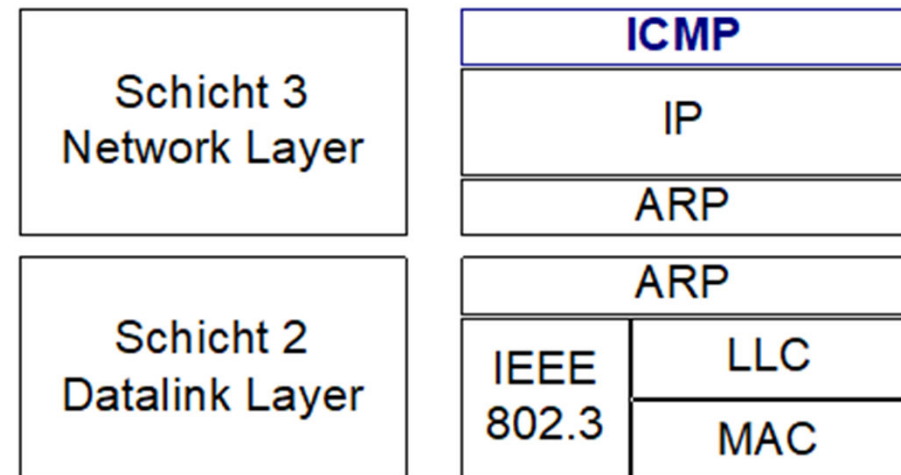


Layer 3 – Internet Control Message Protocol

- ICMP wird benötigt für:
 - Informiert über Fehlerzustände im Netz
 - liefert rudimentäre Informationen über den Zustand
- Beispiele
 - Datagramm erreicht sein Ziel nicht
 - Router kann ein Paket nicht weiterleiten
 - Router kennt kürzeren Weg, für die Zustellung
- ICMP ist ein Kontrollprotokoll, nicht für Daten
- Bei Verlust von ICMP-Paketen kein automatischer Neuversand!

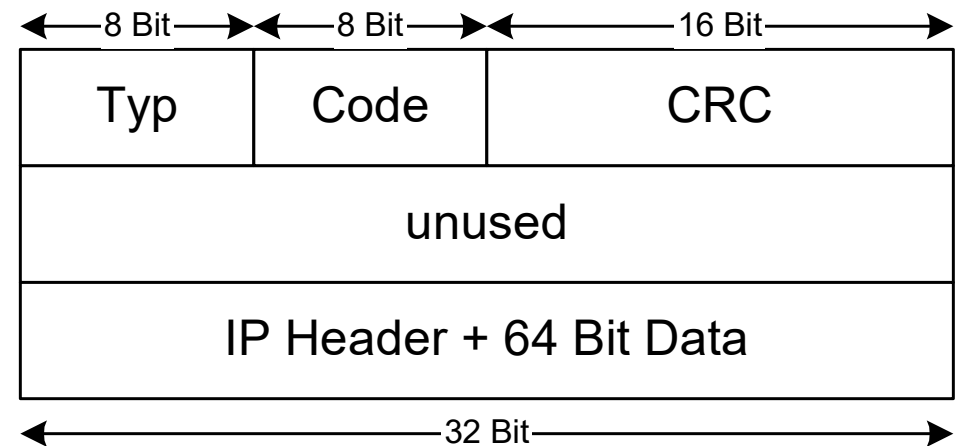
- Fehlermeldungen
 - Empfänger nicht erreichbar (Destination unreachable)
 - Wegumleitung (Redirect)
 - Ressourcen verbraucht (Resource expired)
 - Zeitablauf (Time Exceeded)
 - Parameterproblem (Parameters Problem)
- Informationen
 - Echo-Anforderung / -Antwort (Echo Request / Reply)
 - Information
 - Zeitmessung
 - Adressmaske

- Layer 3 Protokoll
 - Im Gegensatz zu IP (Datenübertragung) zur Fehlermeldung und Informationsaustausch definiert
 - verwendet IP für die Kommunikation
 - Standard IETF RFC 792
 - verbindungslos
- ICMP-Header (32 Bit)
 - Typ-Feld (8 Bit)
 - Code-Feld (8 Bit)
 - Checksumme (16 Bit)



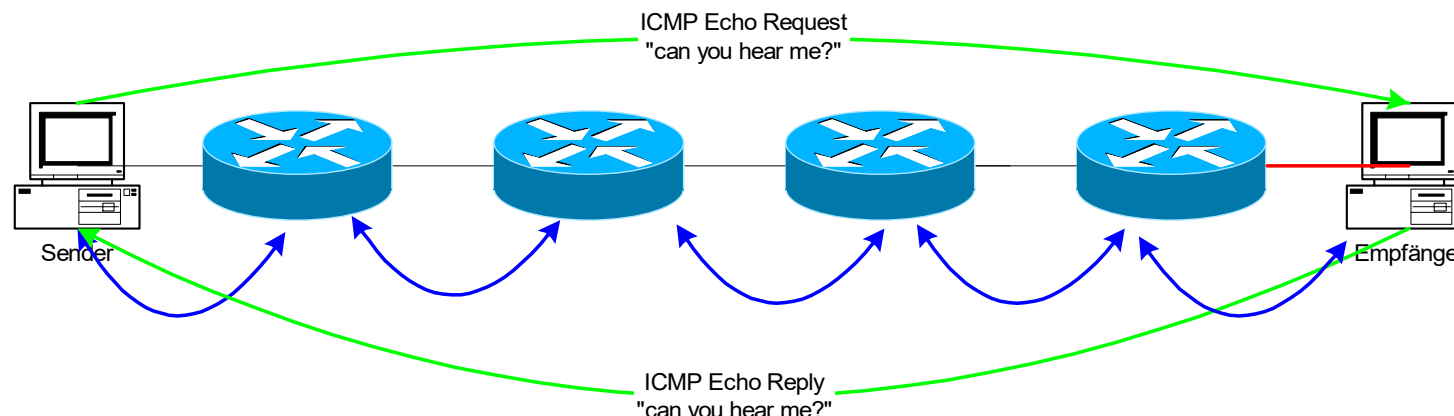
- ICMP-Header 32 Bit

- Typ (8 Bit): Art der Anfrage / Antwort, Information über nachfolgende Daten
- Code (8 Bit): Details, z.B. genaue Art des Fehlers
- unused: Abhängig von Typ und Code als Datenbereich genutzt
- IP-Header + 64Bit Data: Der Anfang des ursprünglichen IP-Pakets

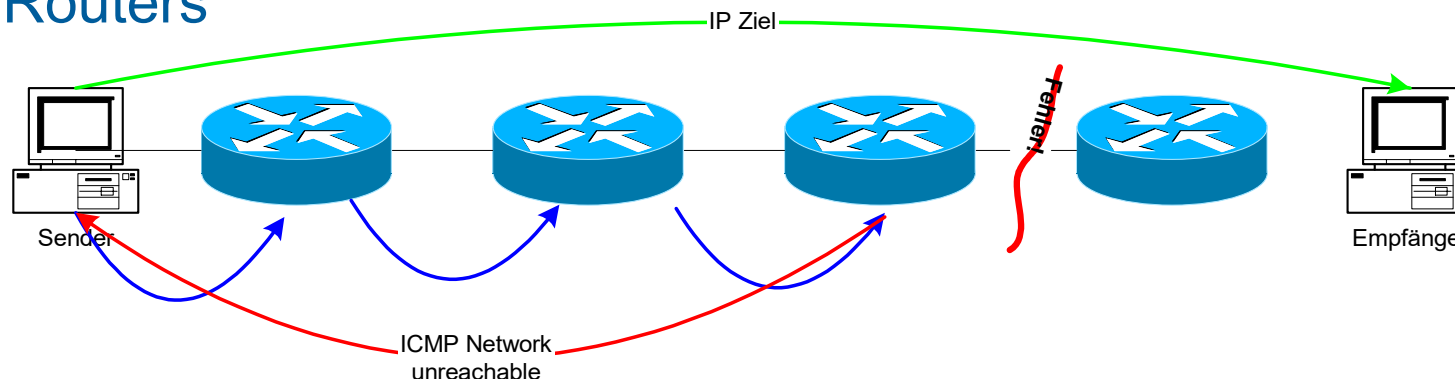


- Echo reply (Typ 0), Echo request (Typ 8)
 - wird vom ping-Kommando verwendet
- Destination unreachable (Typ 3)
 - Network unreachable (Code 0)
 - Host unreachable (Code 1)
 - Protocol unreachable (Code 2)
 - Port unreachable (Code 3)
 - Destination network administratively prohibited (Code 9)

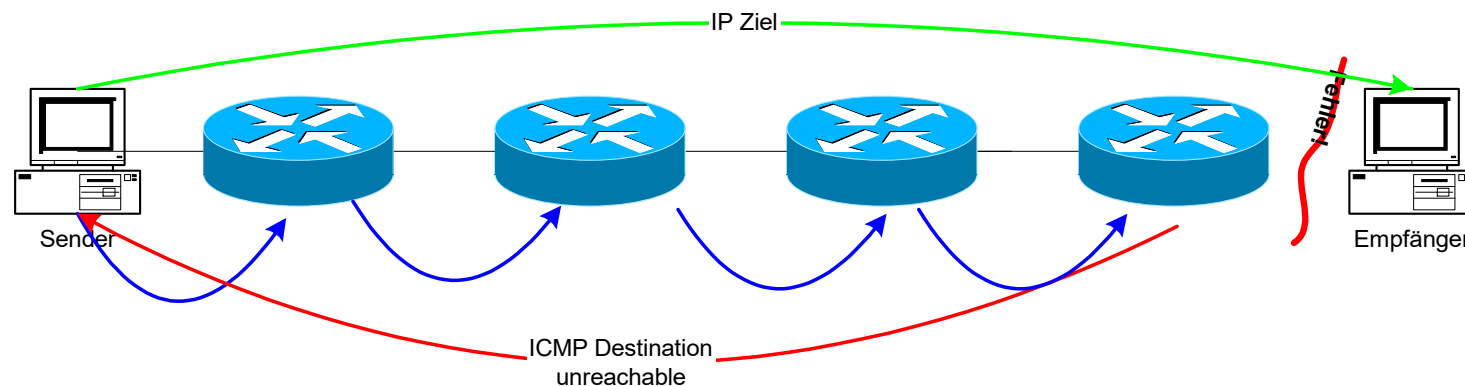
- Sender
 - Überträgt eine ICMP-Echo-Request Nachricht
- Empfänger
 - sendet die Daten genauso zurück an den Sender
- Einfachste Form der Verbindungsprüfung
 - Im Fehlerfalle ICMP Fehlerpakete!



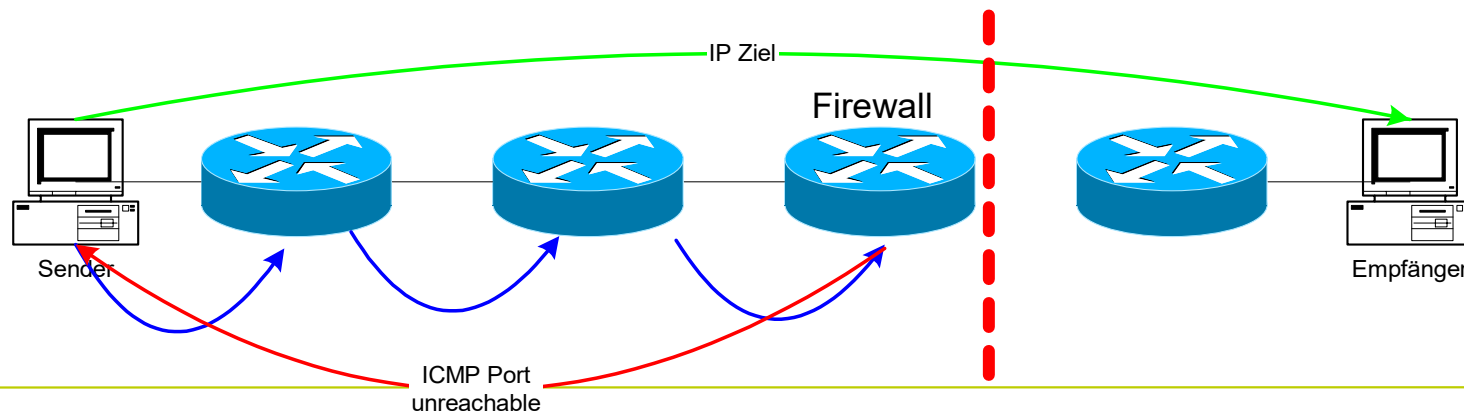
- Symptom
 - Ein ganzes Subnetz ist nicht erreichbar
- Mögliche Ursachen
 - Leitung ausgefallen
 - Routingprotokoll gestört (z.B. OSPF)
 - Subnetz existiert nicht
 - Routingtabelle fehlerhaft, kein Default-Router, Ausfall eines Routers



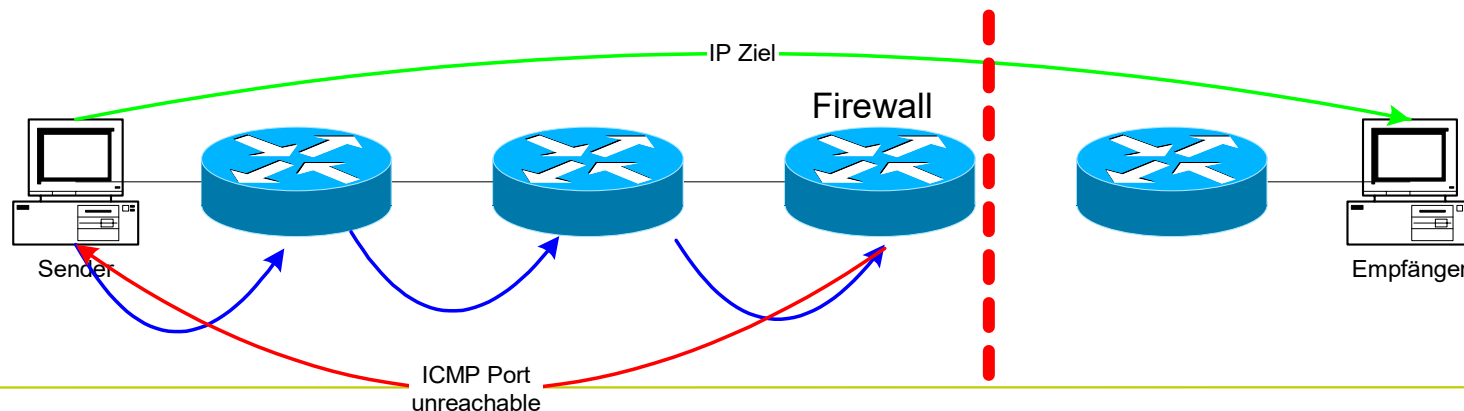
- Symptom
 - Subnetz erreichbar, Endgerät jedoch nicht
- Mögliche Ursachen
 - Fehler beim Endgerät
 - Ausgeschaltet
 - Kabelverbindung / WLAN defekt
 - Falsche IP Adresse
 - Switch ausgefallen



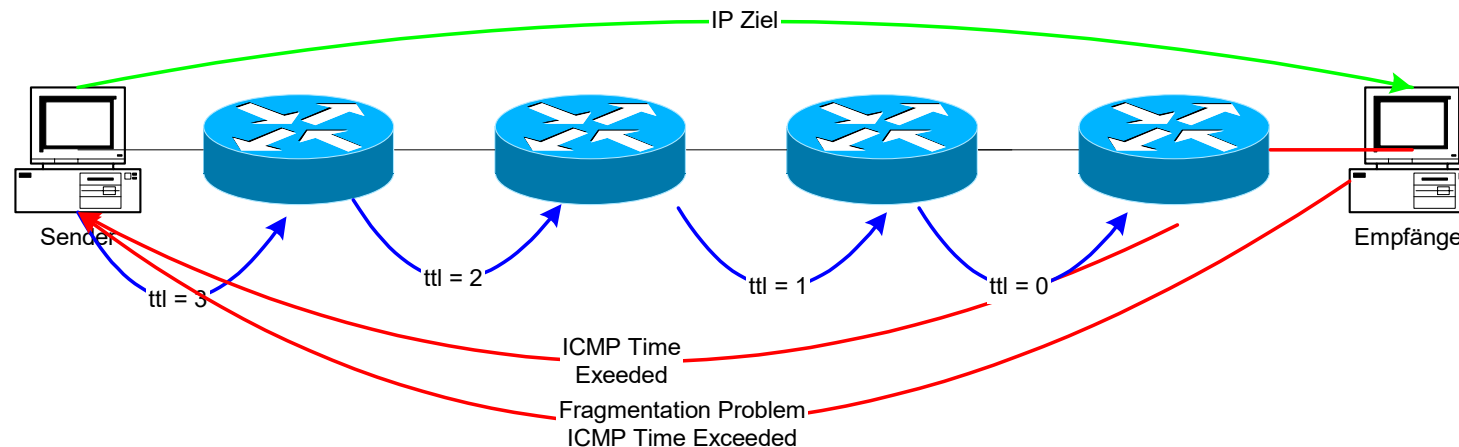
- Symptom
 - Ein Dienst / eine Applikation erreicht ein Endgerät nicht
 - Das Endgerät ist per ping / traceroute vom Router aus erreichbar
- Mögliche Ursachen
 - Firewall in der Wegstrecke
 - Dienst auf dem Endgerät nicht mehr aktiv
 - falscher Eintrag der Dienst <-> Portnummer-Auflösung



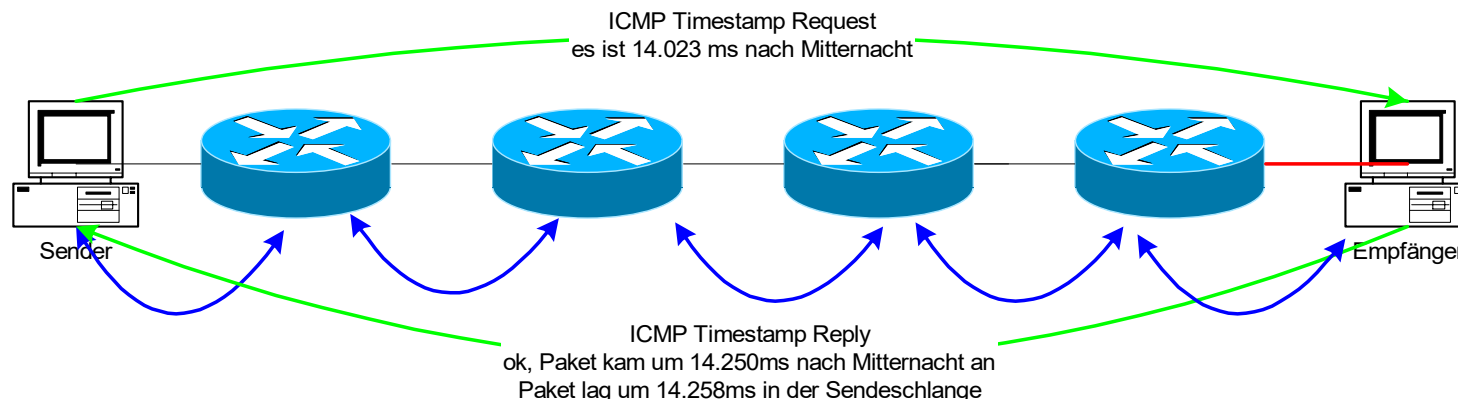
- Symptom
 - Ein Dienst / eine Applikation erreicht ein Endgerät nicht
 - Das Endgerät ist per ping / traceroute vom Router aus erreichbar
- Mögliche Ursachen
 - Firewall in der Wegstrecke
 - Dienst auf dem Endgerät nicht mehr aktiv
 - falscher Eintrag der Dienst <-> Portnummer-Auflösung



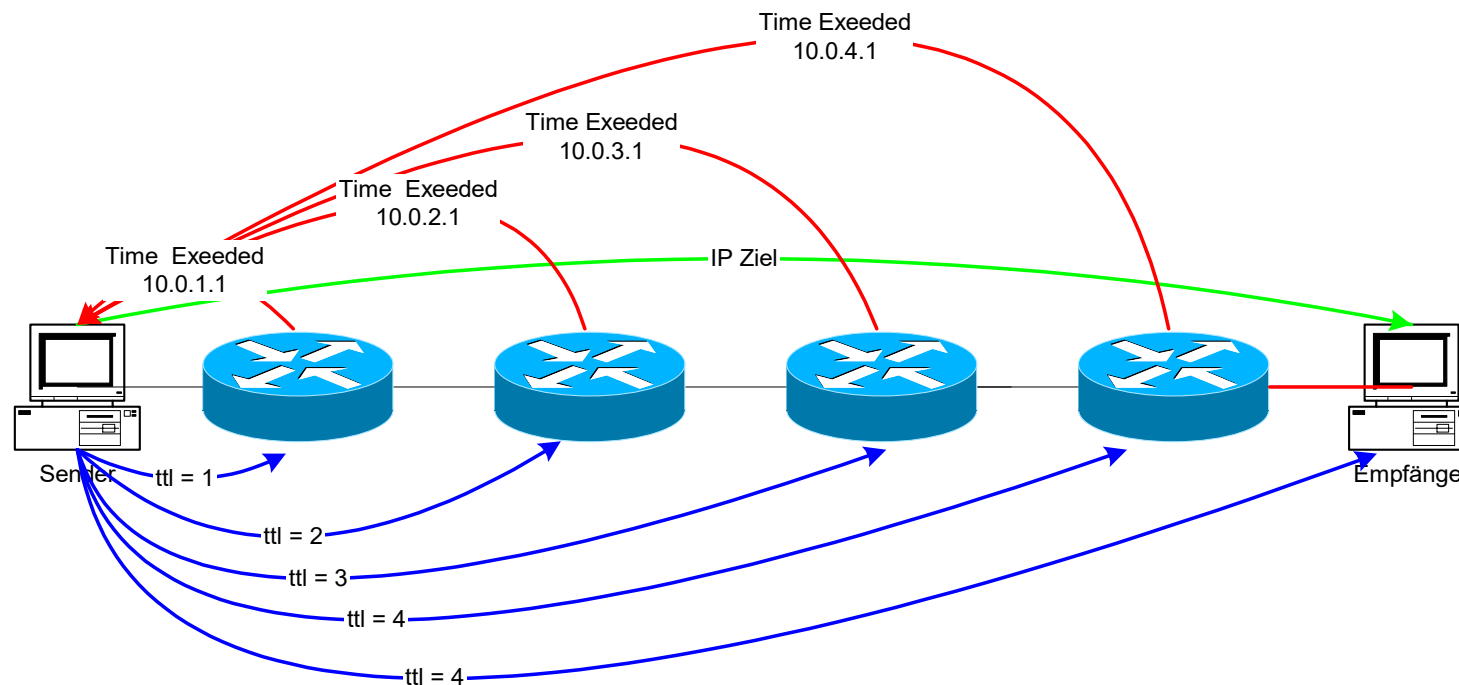
- Tritt auf, wenn
 - Ein Router das TTL Feld auf 0 setzt (Paket wird verworfen) oder
 - ein Endsystem ein fragmentiertes Paket nicht innerhalb einer bestimmten Zeit wieder zusammensetzen kann.



- Laufzeitprüfung zwischen 2 Systemen
- Sender
 - überträgt Absendezeit in Millisekunden nach Mitternacht
- Empfänger
 - trägt die Empfangszeit ein
 - trägt zusätzlich die Absendezeit für den Rückweg ein (eliminiert die interne Verzögerung des Empfängers)



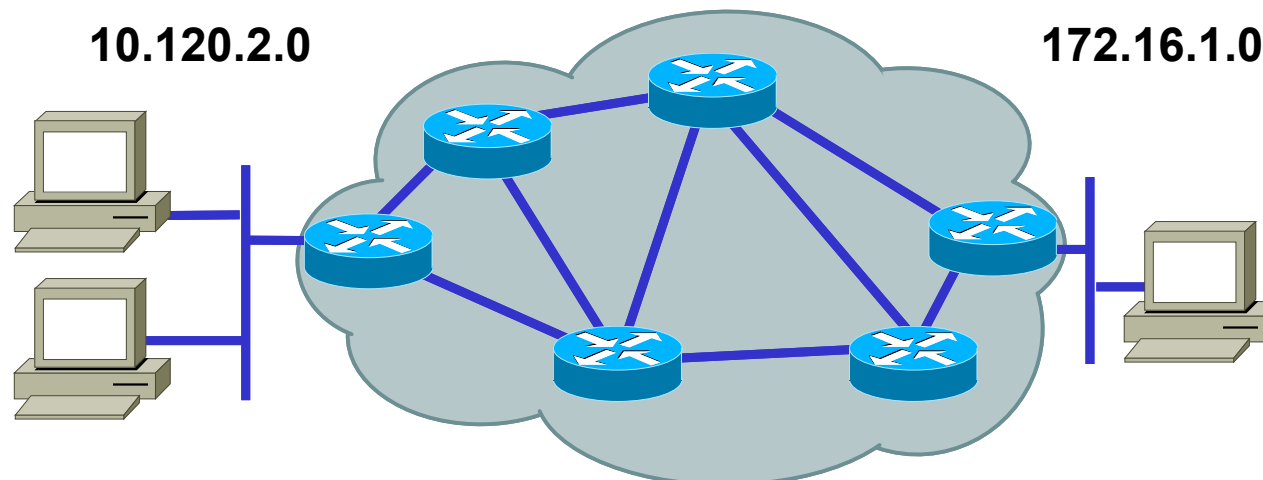
- Traceroute benutzt die ICMP Nachrichten zur Routenverfolgung
 - TTL = 1 setzen: erster Router meldet Time Exceeded
 - TTL = 2 setzen: zweiter Router meldet Time Exceeded...



- C:\Users\gabriele>tracert google.com
- Tracing route to google.com [216.58.206.46] over a maximum of 30 hops:
 - 1 1 ms 2 ms 1 ms firewall-eantcoffice.eantc.de [192.168.121.1]
 - 2 4 ms 3 ms * 217.110.43.165
 - 3 11 ms 11 ms 11 ms 193.114.169.141
 - 4 * * * Request timed out.
 - 5 10 ms 14 ms 12 ms 108.170.236.175
 - 6 11 ms 11 ms 12 ms 192.178.74.163
 - 7 12 ms 11 ms 11 ms lcfraa-aa-in-f14.1e100.net [216.58.206.46]
- Trace complete

Layer 3 – Routing Protokolle

- statisches Routing: Administrator gibt Weg vor
- dynamisches Routing: Router erkundet mögliche Wege und wählt den Besten aus.



Subnetze, für die im Internet kein Routing erfolgt

- Private Address Space (RFC 1918):
 - 10.0.0.0/8 (10.0.0.0 bis 10.255.255.255)
 - 172.16.0.0/12 (172.16.0.0 bis 172.31.255.255)
 - 192.168.0.0/16 (192.168.0.0 bis 192.168.255.255)
- Reserved Address Space - nicht routbar (RFC 5735)
 - 0.0.0.0/8, 127.0.0.0/8 (RFC 1122)
 - 169.254.0.0/16 (RFC 3927)
 - 192.0.2.0/24, 198.51.100.0/24, 203.0.113.0/24 (RFC 5737)
 - 192.18.0.0/15 (RFC 2544)
 - 224.0.0.0/4 (RFC 3171)
 - 240.0.0.0/4 (RFC 1112)

- Optimale Wegewahl:
 - Entscheidung wird über eine Metrik getroffen
- Einfachheit:
 - möglichst geringe Anforderungen an Informationsmenge und Prozessorleistung
- Robustheit:
 - Umgang mit unerwarteten Situationen
 - Implementierungsfehler!

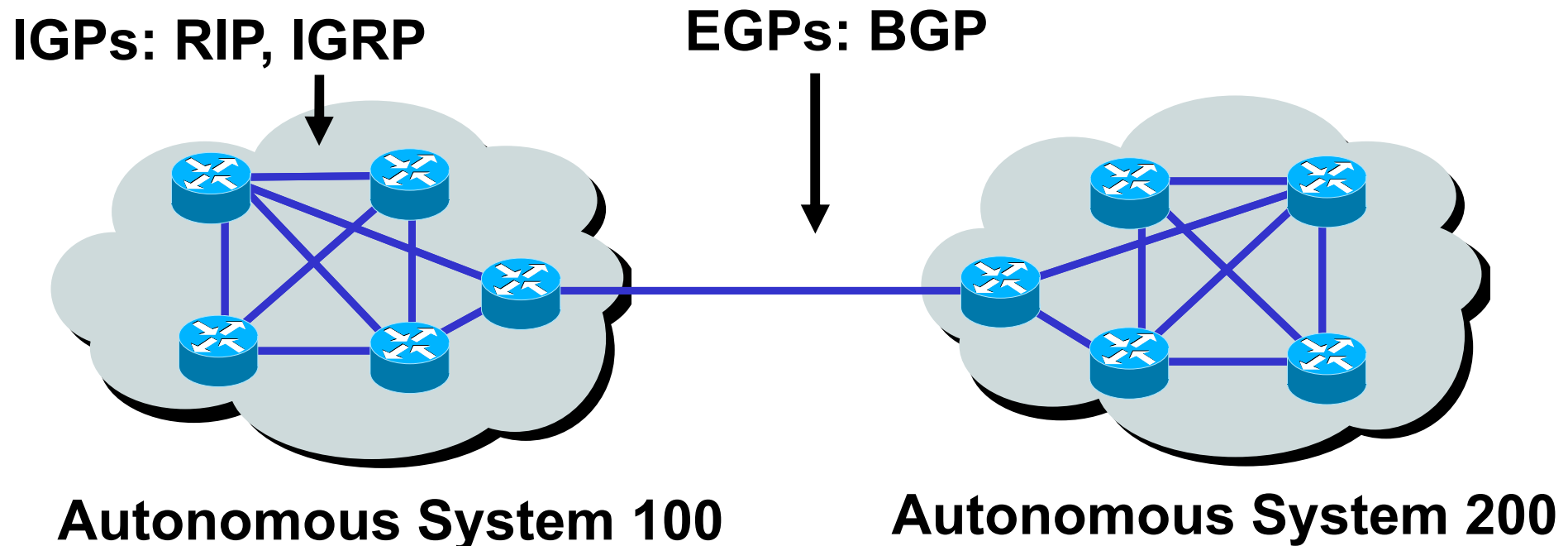
- Geringer Ressourcenbedarf:
 - soll auch auf einfachen Geräten funktionieren
 - möglichst geringer zusätzlicher Netzwerkverkehr
- Schnelligkeit:
 - Konvergenz = Einigung über eine optimale Route
- Flexibel:
 - Anpassung an unterschiedliche Gegebenheiten

- Knotenzahl
- „Kosten“
- Bandbreite
- Verfügbarkeit
- Latenzzeit
- Fehlerrate
- Auslastung

Eigenschaften eines Routing-Protokolls

- Einweg oder Mehrweg:
 - Lastverteilung über mehrere Wege
 - Gleichverteilung
 - Nutzung von unterschiedlichen Wegen
- Distance Vector oder Link State:
 - Straßenkarte
 - Straßenschild

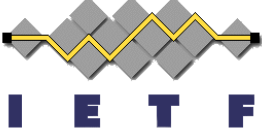
- Ansammlung von Netzwerken unter einheitlicher administrativer Kontrolle
- AS-Nummern werden von der Internet Assigned Numbers Authority (IANA) vergeben
(Private AS-Nummern 64.512 bis 65.534)



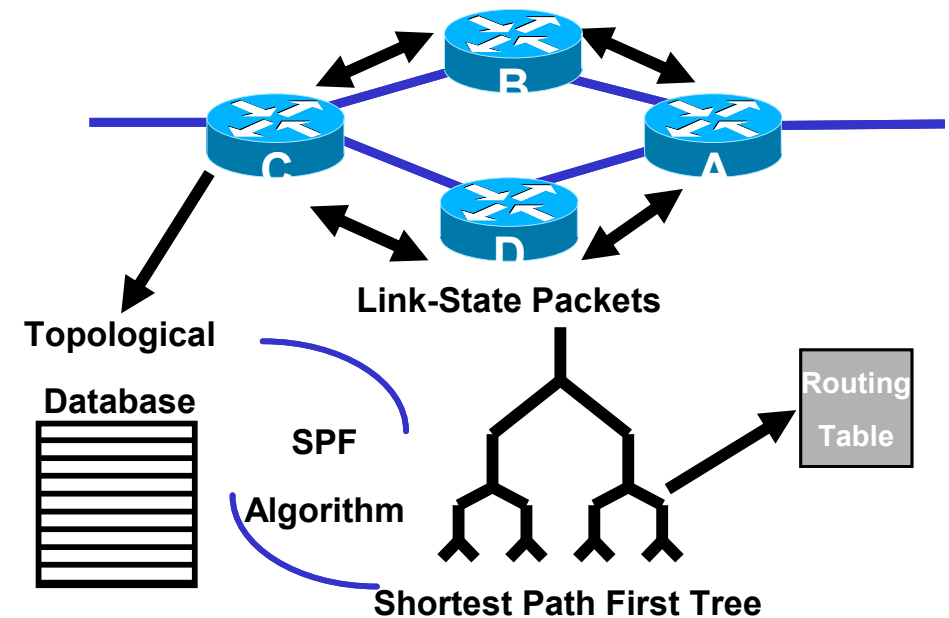
- Interdomain oder Intradomain:
 - Wegewahl innerhalb eines Autonomen Systems (Interior Gateway Protocol - IGP)
 - Wegewahl zwischen autonomen Systemen (Exterior Gateway Protocol - EGP)
- Flach oder hierarchisch:
 - Abbildung der Organisationsstruktur
- Eingang des Netzes oder Router:
 - Wegewahl am Eingang des Netzes (Source Routing)
 - Oder im jeweiligen Router individuell (hop by hop)

- Routing Information Protocol (RIP):
 - Distance Vector (DV), IGP, RFC, Hop-Count, Classful, langsam
- Interior Gateway Routing Protocol (IGRP) und Enhanced IGRP
 - DV, IGP, proprietär, Verzögerung, Bandbreite, Verlässlichkeit und Auslastung, Classful, Load Balancing, Cisco-Netzumgebungen
- Open Shortest Path First (OSPF)
 - Link-State, IGP, RFC, Bandbreite, Classless, hierarchisch, Load Balancing, schnell
- Intermediate System to Intermediate System Protocol (IS-IS)
 - Ähnlich zu OSPF, auf Schicht 2
- Border Gateway Protocol (BGP):
 - Path Vector, EGP, RFC, Attribute, Classless, langsam wegen Konvergenz, genutzt in WAN Umgebungen

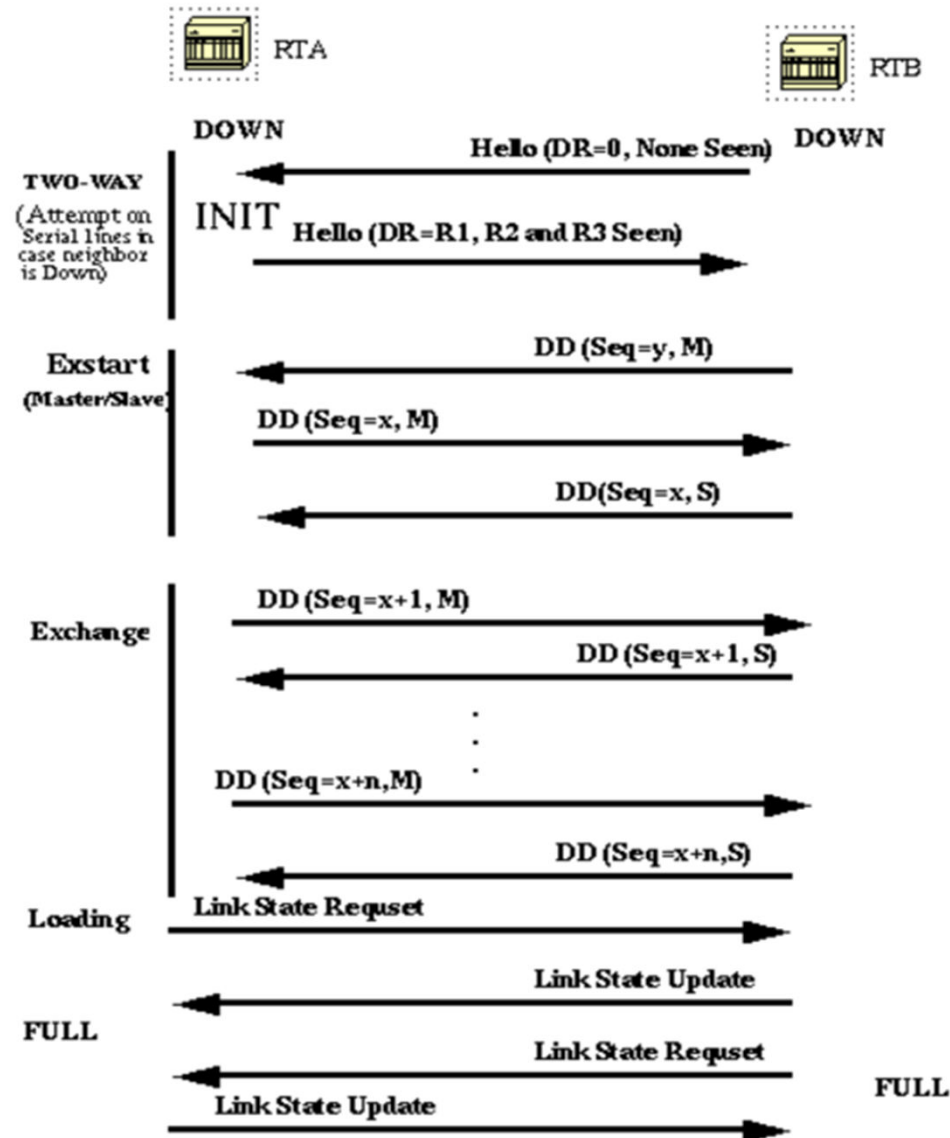
Layer 3 – Routing Protokoll OSPF

- OPEN meint die freie Verfügbarkeit der OSPF-Spezifikation (IETF RFC 2328) 
- SHORTEST PATH FIRST bezieht sich auf den Dijkstra Algorithmus, der zur günstigen Wegefindung genutzt wird
- OSPF ermöglicht den automatischen Abgleich von Routing Tabellen und beschränkt sich auf bestimmte Gebiete
- OSPF wird daher auch als IGP (Interior Gateway Protocol) bezeichnet.
- OSPF registriert und informiert über die Betriebszustände aller Ports/Links innerhalb eines Gebietes und nennt sich daher Link State Protokoll.

- Jeder Router hat identische Link State Database (LSDB)
- Dijkstra Algorithmus
- Metrik = Pfadkosten (Bandbreite)
 - Je höher die Bandbreite desto kleiner die Kosten
- Multicasts an 224.0.0.5 und 224.0.0.6 (Designated Router - DR)
- verwendet IP-Protokoll 89
- Load Balancing über Pfade mit identischen Kosten
- Router senden Link State Advertisements (LSA), wenn ein Interface gestartet wird
- Topologiewechsel oder Ablauf von 30 Minuten verursachen neue LSA

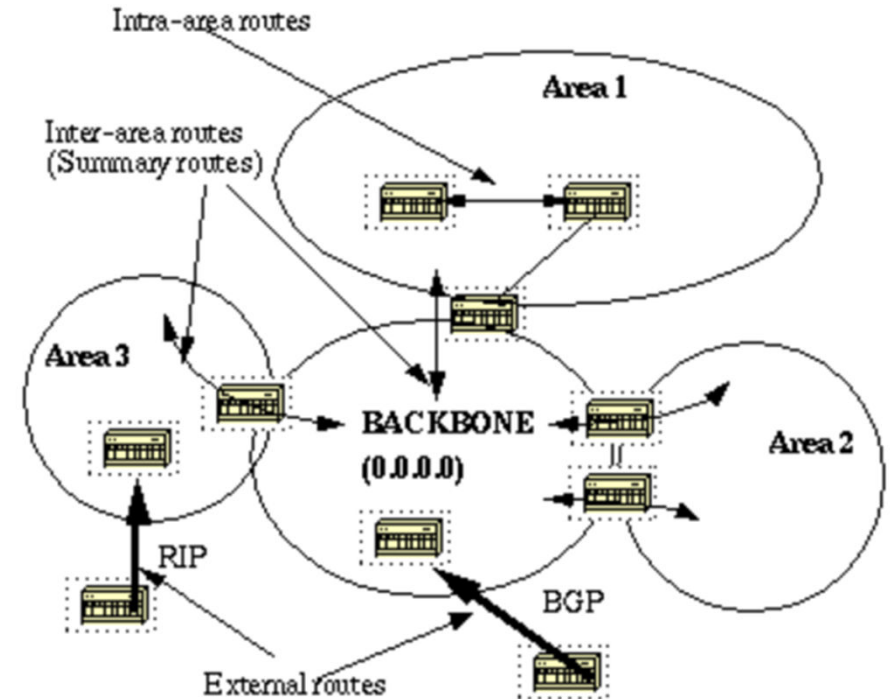


- DR und Backup Designated Router (BDR) werden gewählt
 - DR wird über die Priorität und die ID festgelegt; der höchste und der zweithöchste Wert gewinnen.
 - ID ist Adresse des Loopback-Interfaces, die Priorität ist per Standard 1, kann konfiguriert werden
- Andere Router (DRother) unterhalten Nachbarschaft nur mit DR und BDR
- Topologie-Änderungen werden vom DR an andere Systeme mitgeteilt

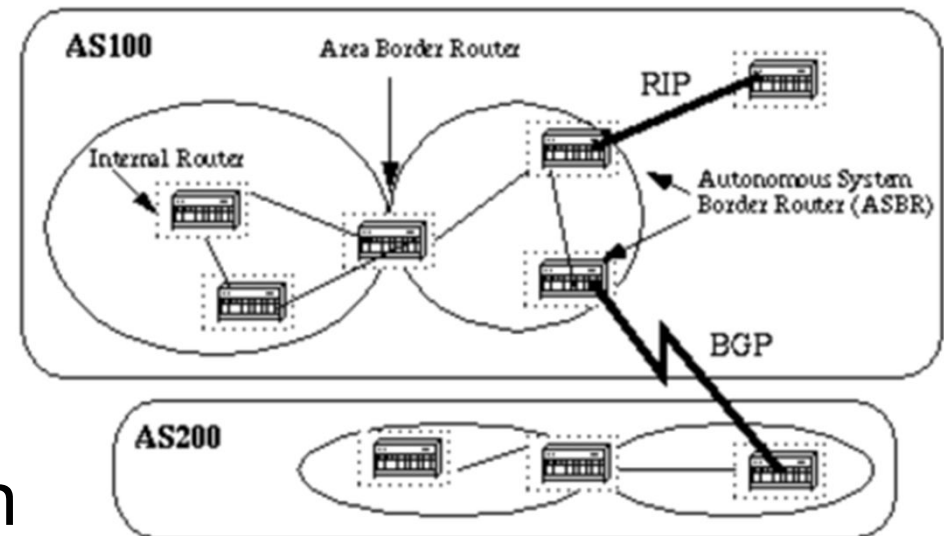


- **Init (Two-Way):** Designated Router (DR) und Backup-DR (BDR) werden gewählt
 - **Exstart:** Master aushandeln, höhere IP gewinnt. Erste Sequenznummer wird gebildet und RTA, RTB gehen eine Master-Slave-Beziehung ein
 - **Exchange:** Übertragen der LSDB-Inhalte zwischen Routern
 - **Loading:** Senden von Link State Requests (LSR) bis Inhalte identisch
 - **Full:** alle Informationen übertragen
- **Austausch alle 10-30 sec**

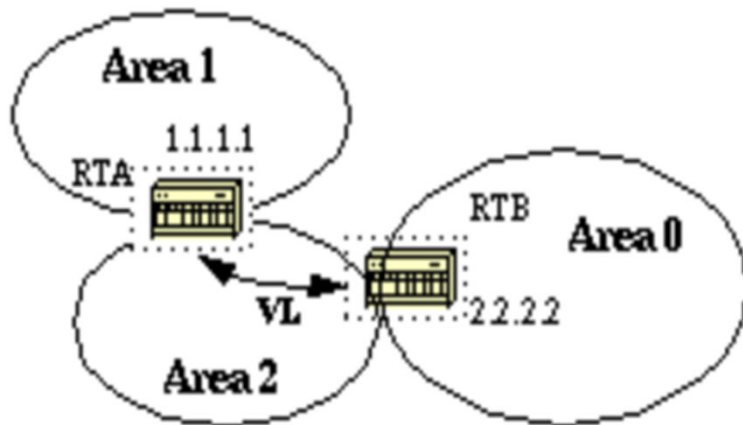
- Areas verbergen Topologien
- Geringer Overhead
- Weniger Belastung durch kleinere LSDBs
- Area Border Router (ABR) vermitteln zwischen verschiedenen Areas
- Autonomous System Border Router (ASBR): Router, die Informationen aus anderen Routing-Protokollen erhalten



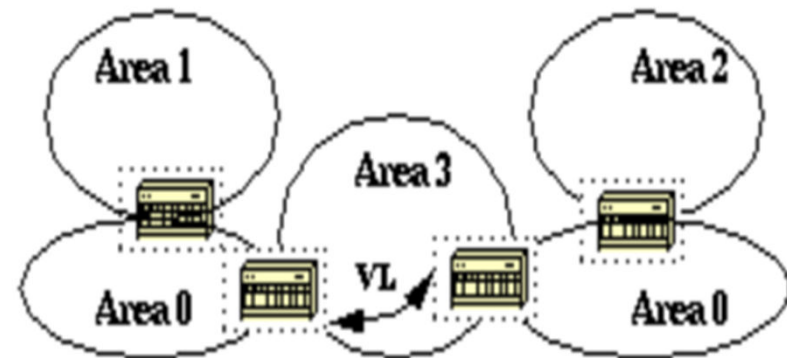
- Internal Router (IR) kennt nur die Topologie seiner Area
- Area Border Router (ABR) kennt Topologien aller mit ihm verbundenen Areas und vermittelt
- Autonomous System Border Router (ASBR) kann Routinginformationen anderer Routingprotokolle in ein AS integrieren



- Ermöglicht die Aufsplittung der Area 0 (Backbone)
- Area Backbone-Anbindungen können indirekt realisiert werden
- Bietet Redundanz



Indirekter Anschluss Area 1 an den Backbone



Auftrennen des Backbones

- Router-LSAs
 - Werden von allen Routern propagiert. Router-LSAs beschreiben den Zustand von Router-Interfaces in einer Area. Router-LSAs werden innerhalb einer Area geflutet und verlassen diese nicht
- Network-LSAs
 - Werden vom DR propagiert. Sie enthalten Listen der Router, die im gleichen Netzwerk liegen. Network-LSAs werden innerhalb einer Area geflutet und verlassen diese nicht (Intra-Area-Routing)
- Summary-LSAs
 - Werden vom ABR in alle assoziierten Areas geflutet. Summary-LSAs beschreiben Routen, die aus der eigenen Area in andere Areas führen (Inter-Area-Routing)