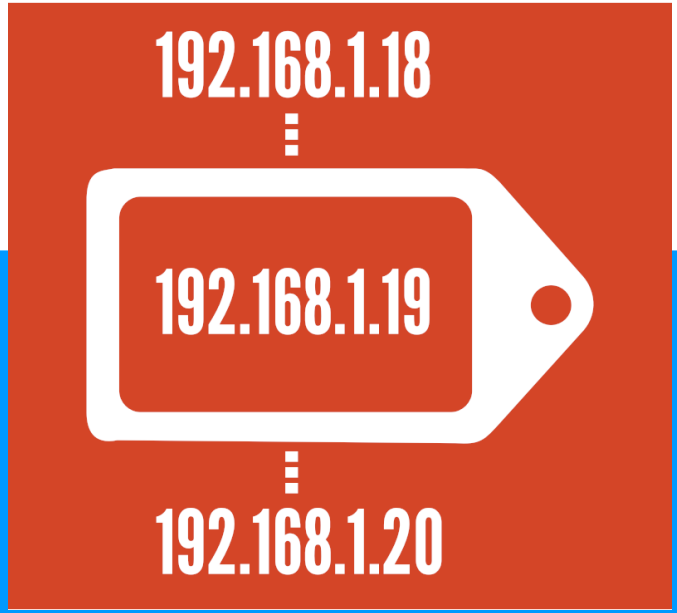
ZSL
Zentrum für Schulqualität
und Lehrerbildung
Baden-Württemberg

Networking Academy

IPv4 Addressing



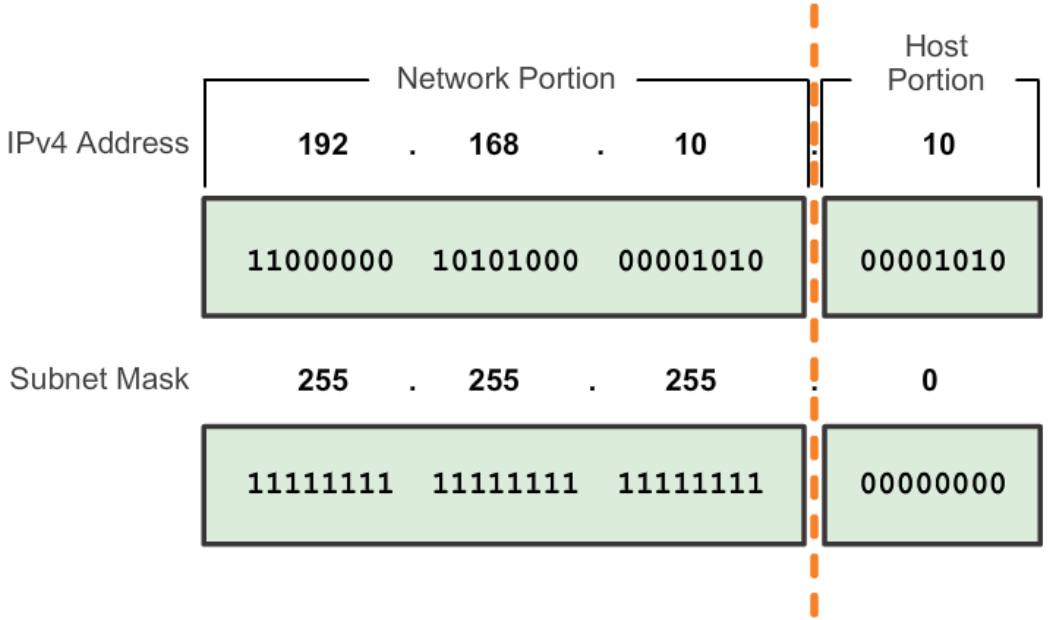
Andreas Grupp
Andreas.Grupp@zsl-rstue.de

Carina Haag
carina.haag@zsl-rsma.de

Tobias Heine
tobias.heine@zsl-rsma.de

Uwe Thiessat
uwe.thiessat@gbs-sha.de

Netzmaske trennt Netzanteil und Hostanteil



- IPv4-Adresse hat 32 Bit Länge
- Trennung in …
  - Netzanteil (auch Prefix genannt)
  - Hostanteil

  durch Netzmaske mit 32 Bit Länge
- Alle Hosts im gleichen Netz haben identische Bits im Netzanteil!
- Host-Bits kennzeichnen spezifischen Host eindeutig.

- IP-Adresse & Netzmaske sind beides notwendige Konfigurationsangaben
- Angabe der Netzmaske in zwei Formen möglich:
  - „Dotted Decimal“ - z.B. 255.255.255.0 (siehe oben)
  - „Prefix Length“ - /24 (Beispiel entspricht diesem Dotted Decimal Wert)
- Pro Oktet sind nur neun Varianten möglich!
  - Dotted Decimal: 255, 254, 252, 248, 240, 224, 192, 128, 0

IPv4-Netzmaske „dotted Decimal“, oder ...

- Prefix Length, als alternative Schreibweise zu „dotted Decimal“, wurde bei IPv4 zeitlich später definiert und erlaubt.
- Angabe der Netzmaske durch Anzahl der führenden Eins-Bits

Subnet Mask	32-bit Address	Prefix Length
255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000	/8
255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000	/16
255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000	/24
255.255.255.128	11111111.11111111.11111111.10000000	/25
255.255.255.192	11111111.11111111.11111111.11000000	/26
255.255.255.224	11111111.11111111.11111111.11100000	/27
255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.11110000	/28
255.255.255.248	11111111.11111111.11111111.11111000	/29
255.255.255.252	11111111.11111111.11111111.11111100	/30

Anmerkung: Prefix-Length kann für Netze durchgängig von 2 bis 30 auftreten.

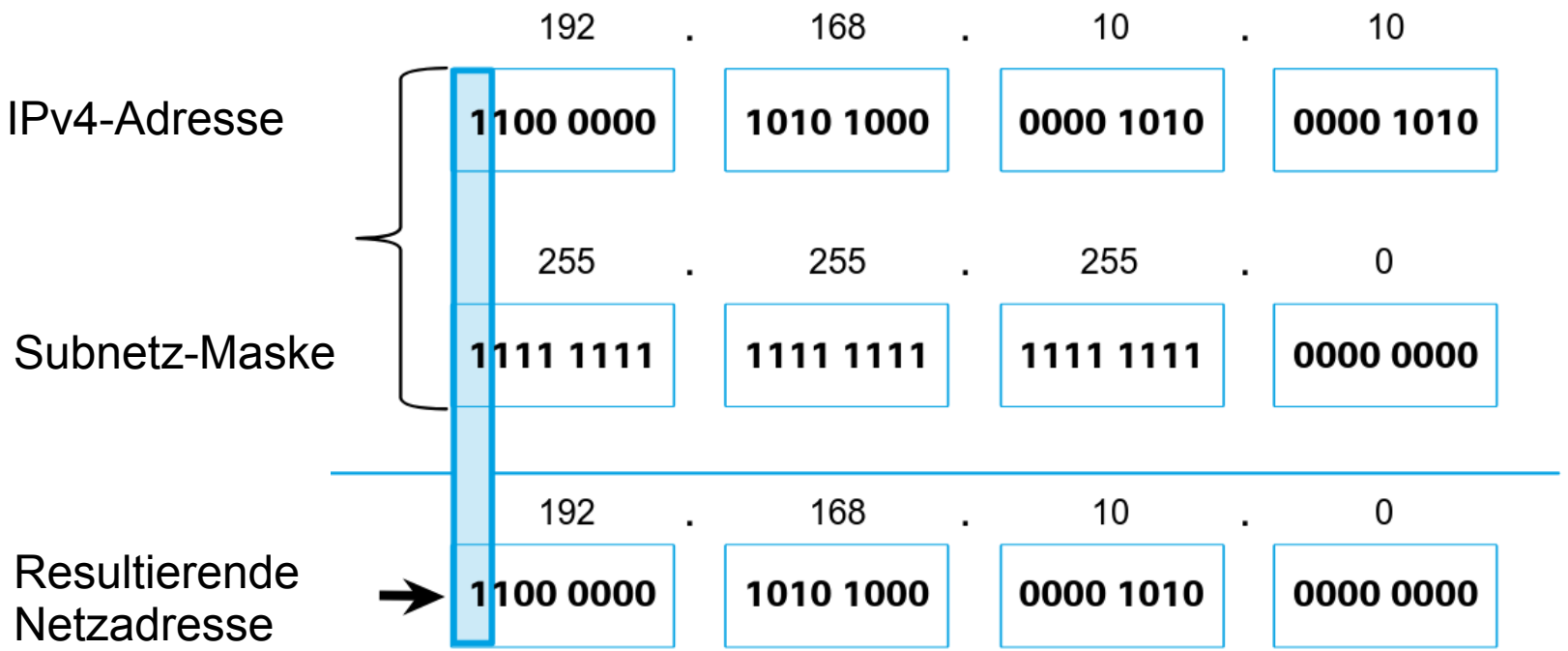
- Bei IPv4 beide Varianten parallel existierend, abhängig von jeweiliger Geräte-Software verwendet.

Netzmaske, Adressbereich, Broadcast, logisches UND

- Netzmaske nicht an Oktet-/Byte-Grenzen gebunden!
- Anzahl der Hosts (N) in einem Netz, ist von der Anzahl der Hostbits (h) abhängig → $N=2^h-2$
- Reservierte Adressen:
  - Alle Hostbits auf '0' → Netzadresse od. Prefix
  - Alle Hostbits auf '1' → Broadcast-Adresse
- Alle anderen Adressen, zwischen Netz- und Broadcast-Adresse → Hostadressen eines Netzes
  - Für Rechner, Drucker, Router, Switches, …
  - Haben Broadcast- / Netzadresse / Netzbits / Subnetzmaske gemeinsam

Netzadresse / Prefix durch logisches UND

- Netzadresse / Prefix → durch logische / boolsche Ver-UND-ung einer beliebigen IP-Adresse des Netzes mit der Netzmaske



1 AND 1 = 1
0 AND 1 = 0
1 AND 0 = 0
0 AND 0 = 0

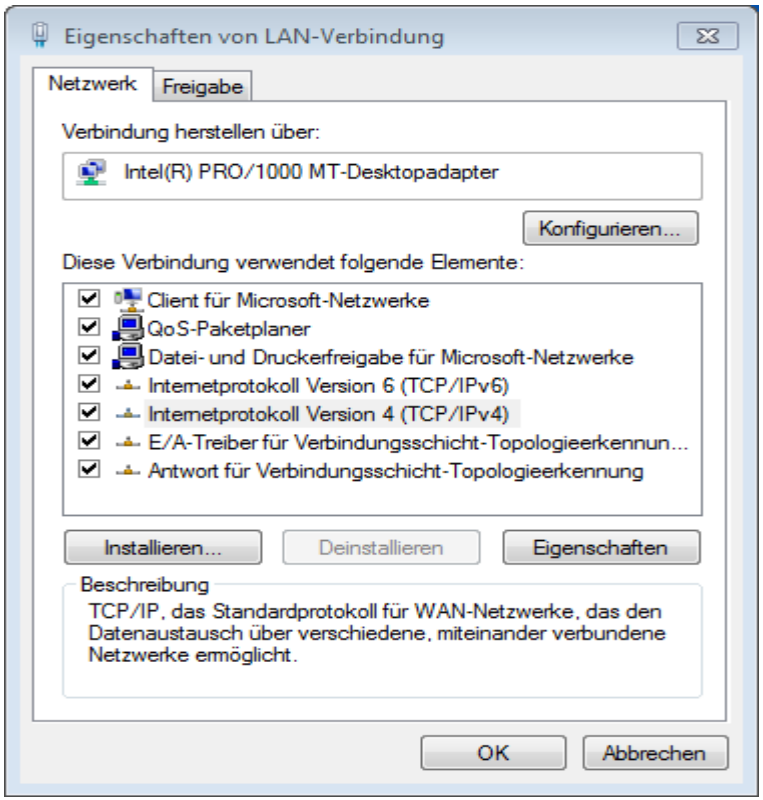
Beispiel-Berechnung IP-Bereich für Netz 192.168.10.0/24

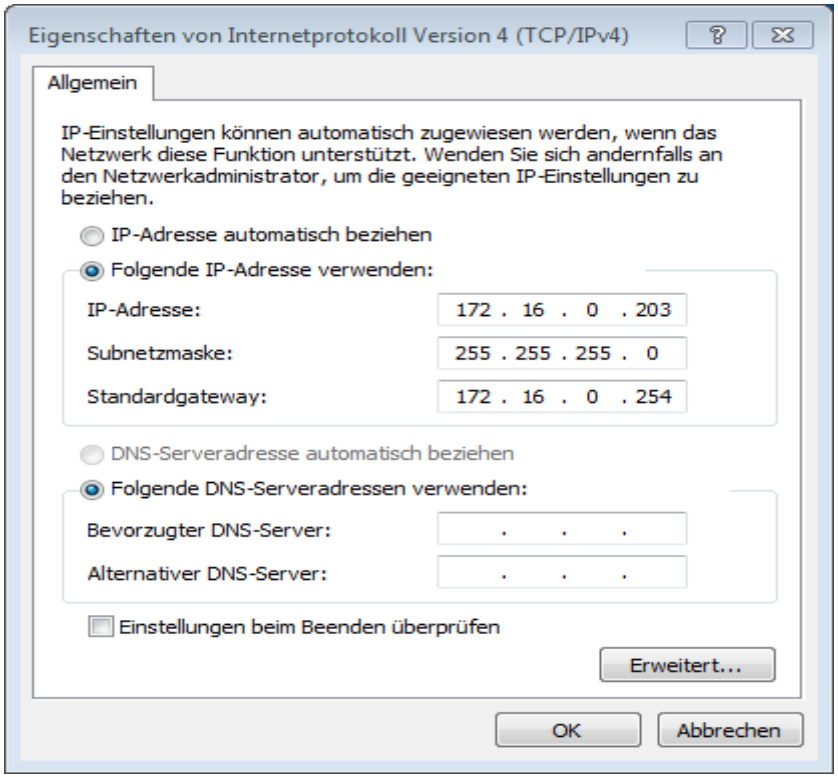
	Network Portion	Host Portion	Host Bits
Subnet mask **255.255.255.**0 or **/24**	255 255 255 11111111 11111111 11111111	0 00000000	
Network address **192.168.10.**0 or **/24**	192 168 10 11000000 10101000 00001010	0 00000000	All 0s
First address **192.168.10.**1 or **/24**	192 168 10 11000000 10101000 00001010	1 00000001	All 0s and a 1
Last address **192.168.10.**254 or **/24**	192 168 10 11000000 10101000 00001010	254 11111110	All 1s and a 0
Broadcast address **192.168.10.**255 or **/24**	192 168 10 11000000 10101000 00001010	255 11111111	All 1s

Minimal-IPv4-Konfiguration eines Rechners

- IPv4-Adresse, die ohne ...
- Netzmaske keinerlei Sinn ergibt, und das
- Default Gateway
  - Damit der Rechner weiß an wen er IPv4-Pakete für Rechner außerhalb des eigenen Netzes senden kann
  - Default Gateway ist ein Synonym für „Default Router“
  - Router immer in mind. 2 verschiedenen IP-Netzen beheimatet
- Für rein IP-basierende Kommunikation ist kein DNS-Server nötig
  - Aber „Heute“ in fast allen Fällen nur noch Nutzung von Namen
  - Namensbasierte Kommunikation erfordert auch noch dieses „Nachschlagewerk“

Statische IP-Konfiguration – minimale Einstellung





Statische Adressen insbesondere für Drucker, Server, Switches, Router, WLAN-Access-Points, ...

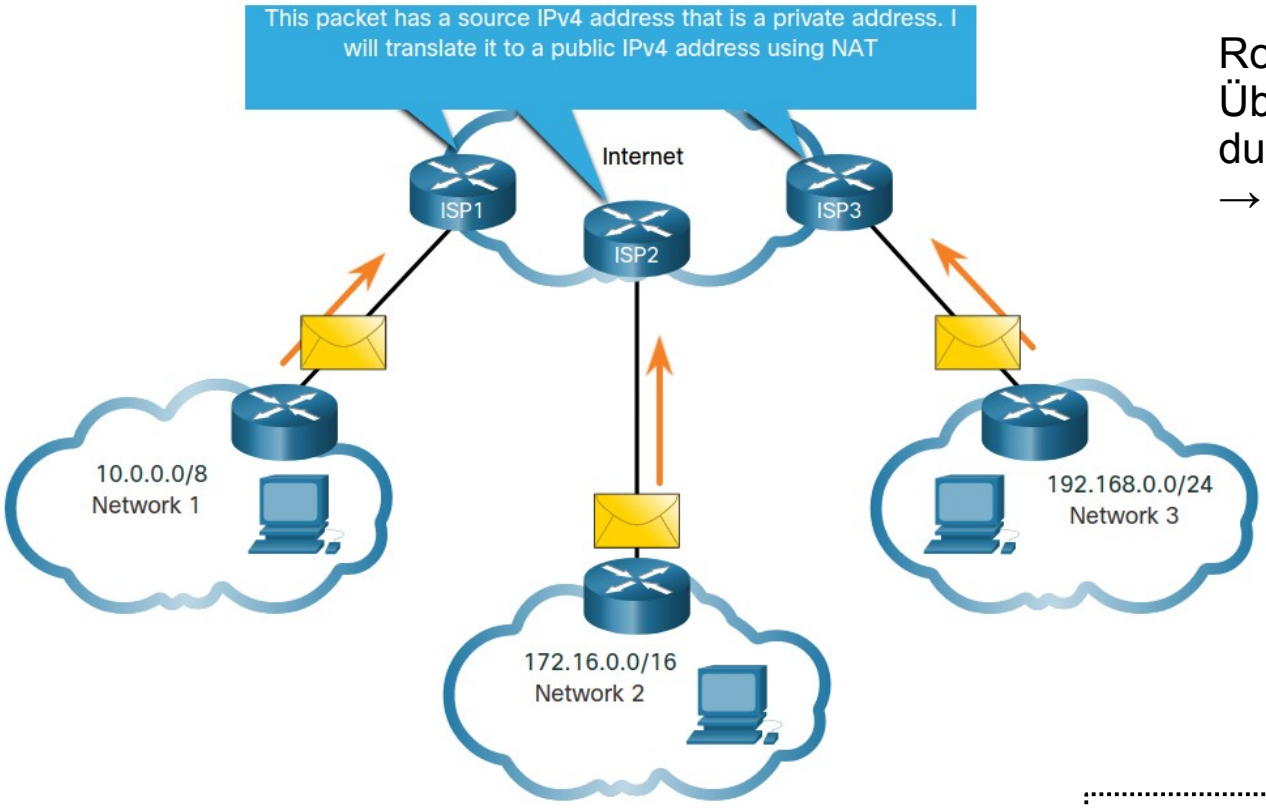
Kommunikations- / Übertragungsvarianten in IP-Netzen (1)

- Unicast – von einem Host zu einem anderen Host
  - Unicast-Adressen: 1.0.0.1 – 223.255.255.255
  - Absender-Adresse ist immer eine Unicast-Adresse
- Broadcast – von einem zu allen Hosts
  - Directed Broadcast → an alle Hosts eines bestimmten Netzes. Router blockieren normalerweise Weiterleitung, können aber für Weiterleitung konfiguriert werden
  - Limited Broadcast → 255.255.255.255 – sozusagen an alle IPs der ganzen Welt. Werden aber per Default durch Router blockiert – glücklicherweise
  - Typische Verwendung: ARP-, DHCP-Requests

Kommunikationsvarianten in IP-Netzen (2)

- Multicast – Nachricht von einem Host an eine Gruppe anderer Hosts, über ein einzelnes IP-Packet
  - Adressbereich allg.: 224.0.0.0 - 239.255.255.255
  - Multicast-Clients registrieren sich für MC-Gruppe, hören anschließend auch auf Adresse der Gruppe
  - Absenderadresse ist Unicast-Adresse
  - Zieladresse ist einzelne Multicast-Adresse der Gruppe
  - Verwendung z.B. bei Routing-Protokoll OSPF → 224.0.0.5

Private Adressen – werden im Internet nicht geroutet



Routing über das Internet: Nur nach Übersetzung in öffentliche IP-Adresse durch Router
→ Network Address Translation (NAT)

Private Adressen können weltweit in jedem Netz verwendet werden, also auch öfters als einmal!
→ Nicht eindeutige Adressen

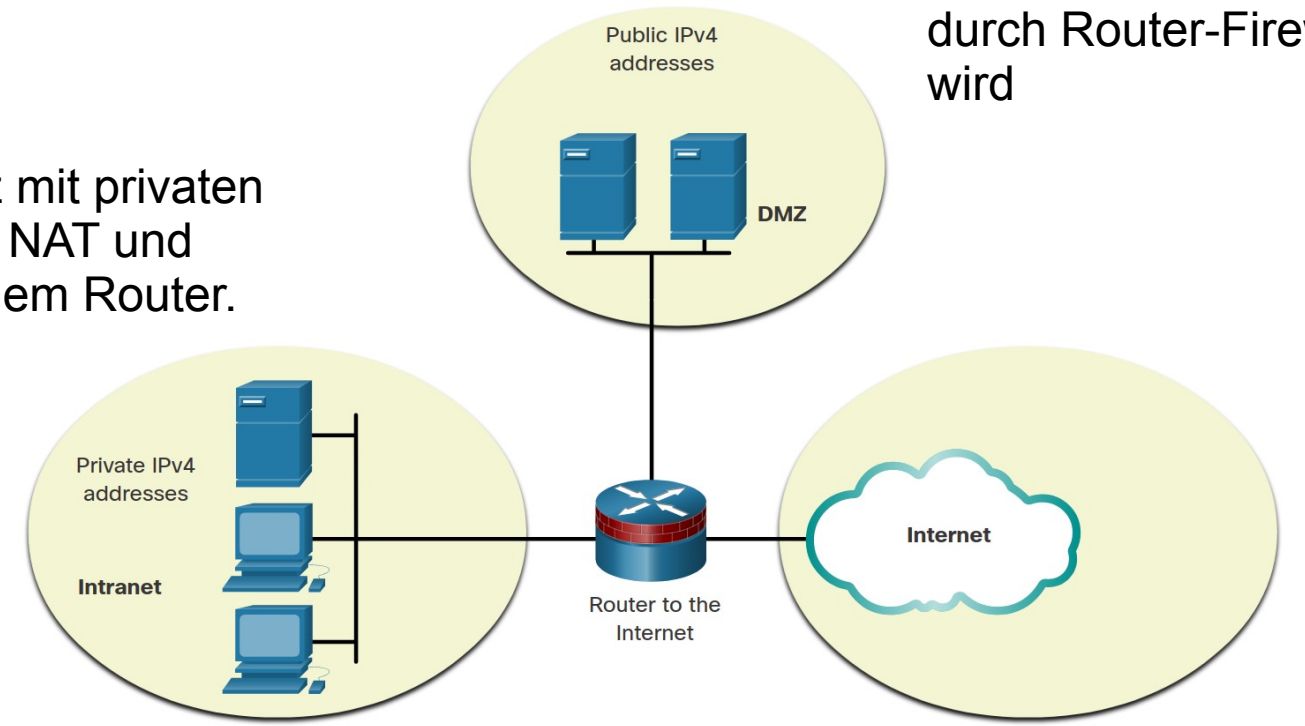
Anmerkung: NAT ist bei uns meist schon beim Ausgangsrouter eines LANs aktiv, nicht erst beim ISP.

Private Adressen nach RFC 1918:
10.0.0.0 bis 10.255.255.255 (10.0.0.0/8)
172.16.0.0 bis 172.31.255.255 (172.16.0.0/12)
192.168.0.0 bis 192.168.255.255 (192.168.0.0/16)

Einrichtung von Zonen mit privaten IPs / öffentlichen IPs

DMZ → Demilitarisierte Zone, z.B. für Webserver dessen Zugriff durch Router-Firewall geschützt wird

Internes Netz mit privaten IP-Adressen, NAT und Firewall auf dem Router.

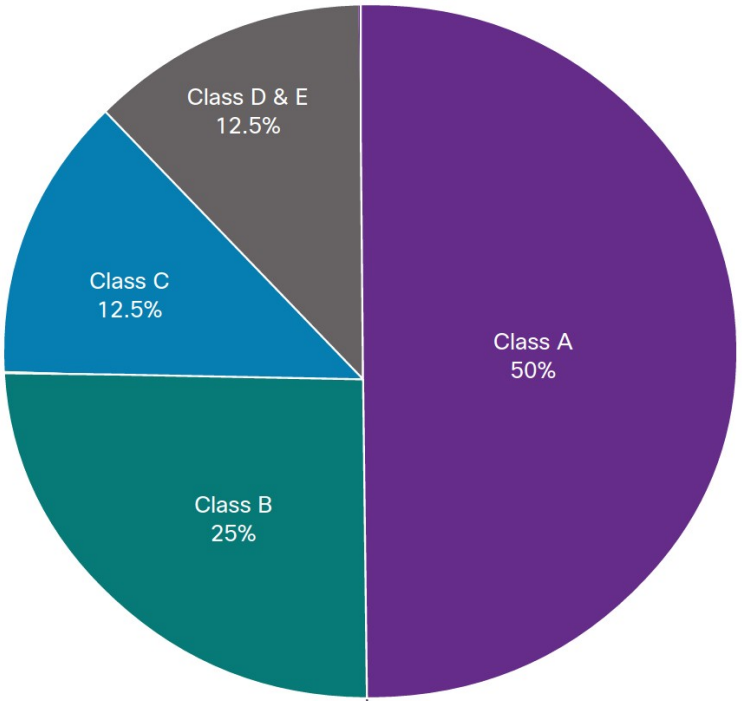


Spezielle IPv4-Adressen

- 127.0.0.1 – Loopback-Adresse. Genau genommen ist 127.0.0.0/8 (127.0.0.1 bis 127.255.255.254) für Localhost reserviert
- 169.254.0.0 - 169.254.255.255 (169.254.0.0/16) ist der „*Link Local*“ Bereich - Automatic Private IP Addressing (APIPA)
  - für autom. Adressvergabe (ohne DHCP) durch OS
  - kein Routing dieser Adressen
- 192.0.2.0 - 192.0.2.255 (192.0.2.0/24) für Lehre
  - TEST-NET, auch Domain example.com / example.net
- 240.0.0.0 – 255.255.255.254 für IP-Forschungszwecke reserviert

Legacy Classfull Adressing / IP-Adressklassen

Heute als historisch zu sehen! Außer in Spezialgebieten des Routings keinerlei Relevanz mehr!
Starre Netzmasken – jeweils entsprechend der Adressklasse



Class A
Total Networks: 128
Total Hosts/Net: 16,777,214

Netze: 0.0.0.0/8 - 127.0.0.0/8
über 16 Millionen IP-Adresse pro Netz

Class B
Total Networks: 16,384
Total Hosts/Net: 65,534

Netze: 128.0.0.0 /16 - 191.255.0.0 /16
über 65.000 IP-Adresse pro Netz

Class C
Total Networks: 2,097,152
Total Hosts/Net: 254

Netze: 192.0.0.0 /24 - 223.255.255.0 /24
254 IP-Adresse pro Netz

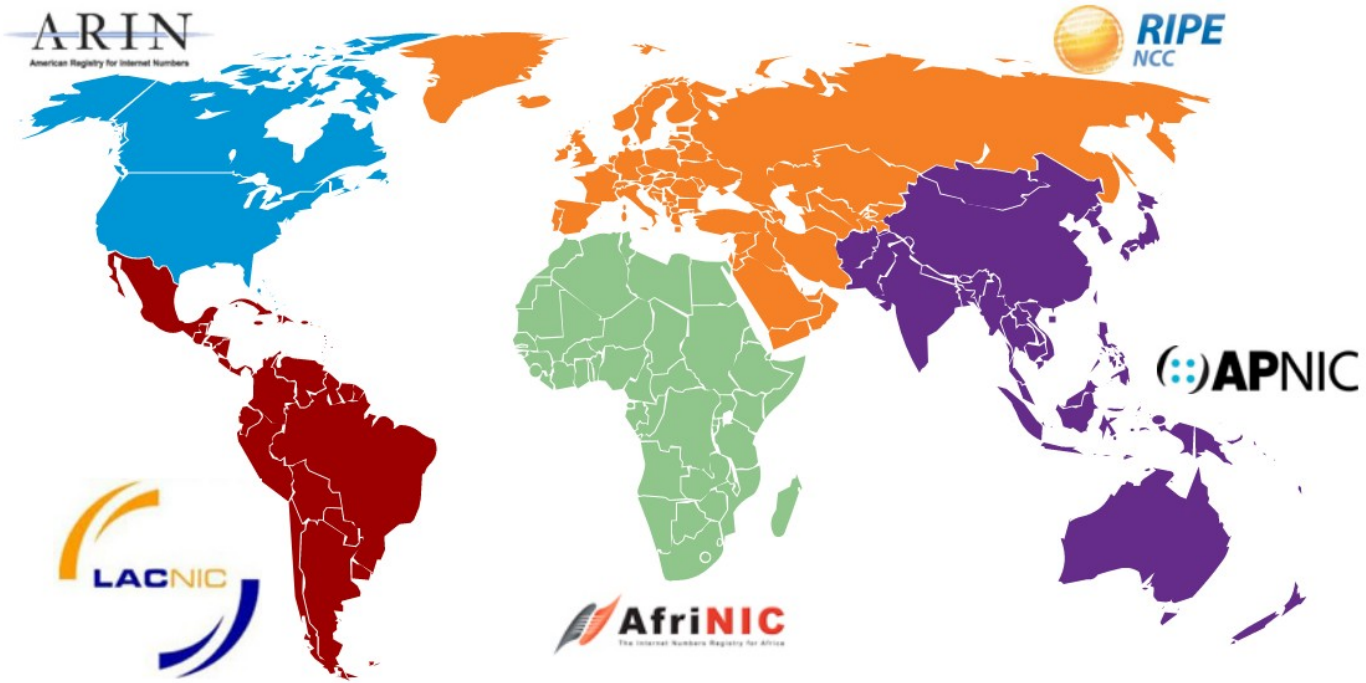
Weitere Klasse wäre noch der Multicast-Bereich im Class D Bereich

Ist nur noch an ganz wenigen Stellen relevant – u.a. bei der Konfiguration von Routing-Protokollen

Seit 1993 → Classless Addressing, bzw. „*Classless Inter-Domain Routing (CIDR)*“ mit beliebiger Prefix-Length der relevante Standard!

IP-Vergabe durch „*Internet Assigned Numbers Authority (IANA)*“

Delegiert Blöcke an „*Regional Internet Registries (RIRs)*“, z.B.

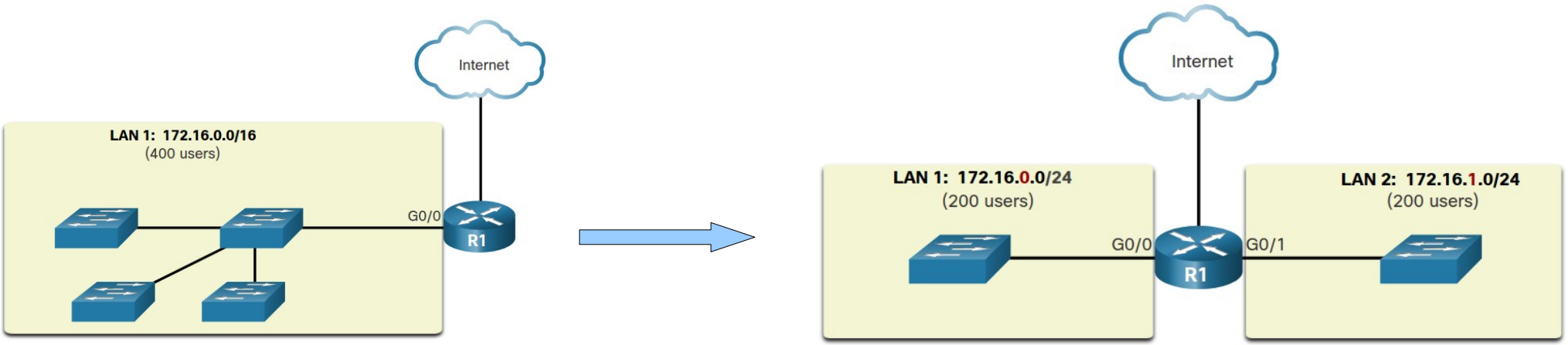


RIRs vergeben Blöcke an Internet-Service-Provider (ISPs).
Diese ISPs versorgen Kunden mit IP-Adressen

Broadcasts und Segmentierung

- Broadcasts existieren …
  - auf Layer 2 Ebene (z.B. Adress Resolution Protocl – ARP)
  - bei IPv4 auch auf Layer 3 Ebene (z.B. Dynamic Host Configuration Protocol – DHCP)
- Umgang von Geräten mit Broadcasts …
  - Switches leiten diese weiter – aus allen Ports, außer Empfangsport → Broadcast-Domain
  - Router blockieren normalerweise (unterscheide „directed“ und „limited“ Broadcast) → Router ist damit „Außengrenze“ einer Broadcast-Domain
- Problematisch sind Netze mit „vielen“ Rechnern → große Broadcast-Domain, signifkante Broadcast-Last

Broadcasts und Segmentierung

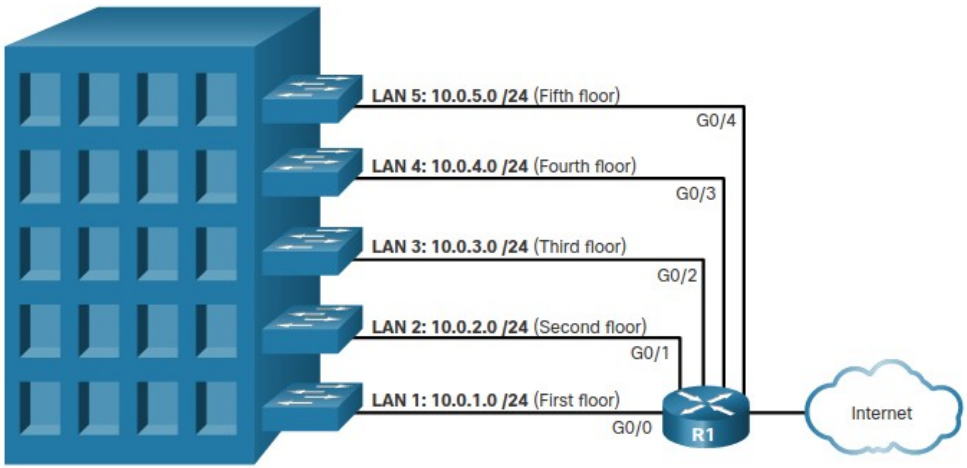


Auftrennung in kleinere Broadcast-Domain. Beachte die Aufteilung / Segmentierung des IP-Adressbereichs (Netmaske, Prefix, Größe, …)

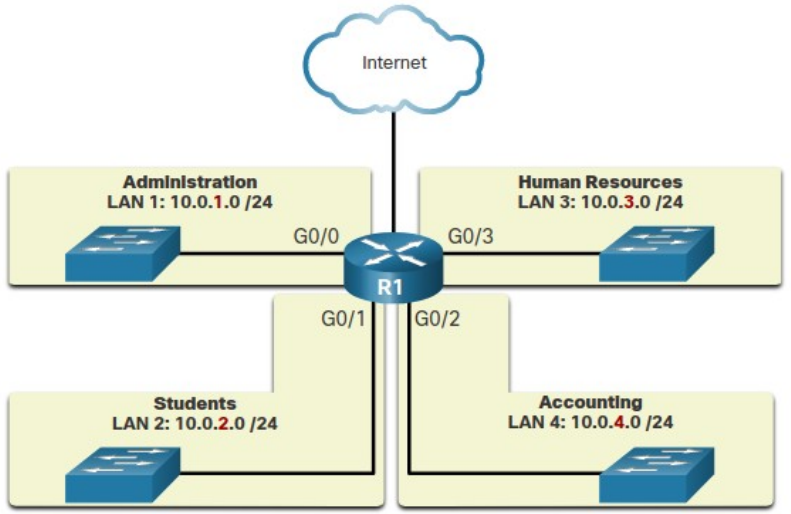
→ Host-Bits des Originalnetzes werden für Subnetze verwendet

Neben der Reduzierung der Broadcast-Last, gibt es weitere Gründe für Segmentierung von Netzen ...

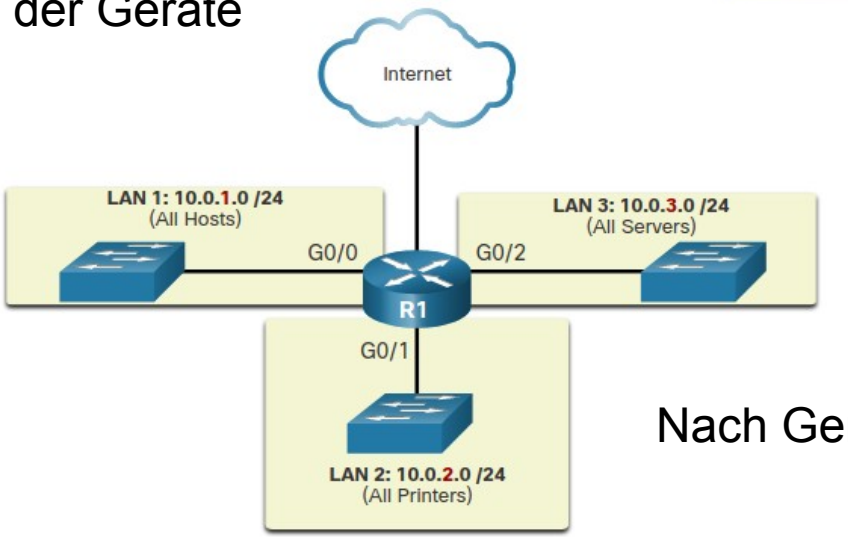
Weitere Gründe für Segmentierung / Subnetting von Netzen



Nach Ort / Position der Geräte



Nach Gruppe oder Funktion, mit dem weiteren Hintergedanken „Security“ durch Abschottung der Gruppen nach Funktion



Nach Gerätetyp

Grundprinzip des Subnettings

- Die klassischen (legacy) Netzmasken / Prefixes sehen so aus:

Prefix Länge	Subnetz-Maske	Subnetz-Maske binär (n = network, h = host)	# an Hosts	# an Netzen
/8	**255.0.0.0**	**nnnnnnnn.hhhhhhhh.hhhhhhhh.hhhhhhhh** **11111111.00000000.00000000.00000000**	16.777.214	256
/16	**255.255.0.0**	**nnnnnnnn.nnnnnnnn.hhhhhhhh.hhhhhhhh** **11111111.11111111.00000000.00000000**	65.534	65.536
/24	**255.255.255.0**	**nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.hhhhhhhh** **11111111.11111111.11111111.00000000**	254	16.777.216

- Widmet man Host-Bits sozusagen zu Netzwerk-Bits um …
  - hat man weniger Hosts im Netz
  - hat dafür aber weitere Kombination um Netze zu bilden
    - die „Subnetze“

Beispiel: Subnetting von 10.0.0.0/8 mit neuer Prefix-Length /16

Subnetz Adresse (256 mögliche Subnetze)	Host Bereich (65.534 mögliche Hosts pro Subnetz)	Broadcast
10.0.0.0/16	10.0.0.1 - 10.0.255.254	10.0.255.255
10.1.0.0/16	10.1.0.1 - 10.1.255.254	10.1.255.255
10.2.0.0/16	10.2.0.1 - 10.2.255.254	10.2.255.255
10.3.0.0/16	10.3.0.1 - 10.3.255.254	10.3.255.255
10.4.0.0/16	10.4.0.1 - 10.4.255.254	10.4.255.255
10.5.0.0/16	10.5.0.1 - 10.5.255.254	10.5.255.255
10.6.0.0/16	10.6.0.1 - 10.6.255.254	10.6.255.255
10.7.0.0/16	10.7.0.1 - 10.7.255.254	10.7.255.255
…	…	…
10.255.0.0/16	10.255.0.1 - 10.255.255.254	10.255.255.255

Aus einem großen Netz, werden so $2^8 = 256$ kleinere Netze

Beispiel: Subnetting von 10.0.0.0/8 mit neuer Prefix-Length /24

Subnetz Adresse (65.536 mögliche Subnetze)	Host-Bereich (254 mögliche Hosts pro Subnetz)	Broadcast
10.0.0.0/24	10.0.0.1 - 10.0.0.254	10.0.0.255
10.0.1.0/24	10.0.1.1 - 10.0.1.254	10.0.1.255
10.0.2.0/24	10.0.2.1 - 10.0.2.254	10.0.2.255
…	…	…
10.0.255.0/24	10.0.255.1 - 10.0.255.254	10.0.255.255
10.1.0.0/24	10.1.0.1 - 10.1.0.254	10.1.0.255
10.1.1.0/24	10.1.1.1 - 10.1.1.254	10.1.1.255
10.1.2.0/24	10.1.2.1 - 10.1.2.254	10.1.2.255
…	…	…
10.100.0.0/24	10.100.0.1 - 10.100.0.254	10.100.0.255
…	…	…
10.255.255.0/24	10.255.255.1 - 10.2255.255.254	10.255.255.255

Aus einem großen Netz, werden so 2^{16} = 65.536 kleinere Netze

Subnetting nicht nur auf Oktett-Grenzen

Statt in Schritten von 8 Bit jeweils exakt auf Oktett-Grenzen zu gehen, kann man auch bitweise, und damit innerhalb eines Oktetts subnettieren. Ausgangslage → /24

Prefix Length	Subnet Mask	Subnet Mask in Binary (n = network, h = host)	# of subnets	# of hosts
/25	255.255.255.128	nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.**n**hhhhhhh 11111111.11111111.11111111.**1**0000000	**2**	126
/26	255.255.255.192	nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.**nn**hhhhhh 11111111.11111111.11111111.**11**000000	**4**	62
/27	255.255.255.224	nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.**nnn**hhhhh 11111111.11111111.11111111.**111**00000	**8**	30
/28	255.255.255.240	nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.**nnnn**hhhh 11111111.11111111.11111111.**1111**0000	**16**	14
/29	255.255.255.248	nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.**nnnnn**hhh 11111111.11111111.11111111.**11111**000	**32**	6
/30	255.255.255.252	nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.**nnnnnn**hh 11111111.11111111.11111111.**111111**00	**64**	2

/25 row - Borrowing 1 bit from the fourth octet creates 2 subnets supporting 126 hosts each.
/26 row - Borrowing 2 bits creates 4 subnets supporting 62 hosts each.
/27 row - Borrowing 3 bits creates 8 subnets supporting 30 hosts each.
/28 row - Borrowing 4 bits creates 16 subnets supporting 14 hosts each.
/29 row - Borrowing 5 bits creates 32 subnets supporting 6 hosts each.
/30 row - Borrowing 6 bits creates 64 subnets supporting 2 hosts each.

Bisheriges Fazit zu Basic-Subnetting

- Es werden n Bits aus dem bisherigen Hostbereich „geliehen“ (mind. 2 Bit Rest für Hostbereich!)
- 2^n ergibt Anzahl möglicher Subnetze
  (früher – od. bei alter Technik – durfte „Subnet Zero“ und das „All-Ones-Subnet“ nicht verwendet werden!
- Es verbleiben h Hostbits => 2^h-2 ergibt Anzahl mgl. Hosts im Subnetz
- Typische tabellarische Schreibweise des Ergebnisses mit Netz-ID, Host-Range, Broadcast

Subnetting-Beispiel (1)

Sie haben von Ihrem ISP folgenden IP-Bereich erhalten:

172.16.84.0/22

Die diversen von Ihnen zu betreuenden Netze versorgen Sie aus diesem Bereich durch Subnetting. Sie benötigen voraussichtlich IP-Adressen für max. 28 gleich große Netze und sollen die Anzahl der möglichen Hosts möglichst maximieren.

Folge aus diesen Forderungen: Subnetting des obigen Netzes mit 5 weiteren Subnet-Bits:

2^5=32 mögliche Netze

Subnetting-Beispiel (2)

22 Bit SN-Mask => 255.255.252.0 => bisherige Grenze zwischen Netz- und Hostanteil liegt offenbar im 3. Oktet.

```
 84 => 0101 0100
252 => 1111 1100
```

Diese Bits sind demnach fester Bestandteil der Netz-ID (auch für die neuen Subnetze)!!!

Ein weiteres Subnetting mit 5 Bits verwendet also die beiden verbleibenden Bits aus dem 3. Octet sowie weitere 3 Bits aus dem 4. Octet.

```
0101 01xx.xxx0 0000
1111 1111.1110 0000
```

Die „roten“ Bits gehören nach dem Subnetting also zum Netzanteil!

Subnetting-Beispiel (3)

0101 01**xx.xxx**0 0000 ➔ 84.0

0101 01**00.000**0 0000	➔ 84.0	(1. Subnetz "Zero")
0101 01**00.001**0 0000	➔ 84.32	(2. Subnetz-ID)
0101 01**00.010**0 0000	➔ 84.64	(3. Subnetz-ID)
0101 01**00.011**0 0000	➔ 84.96	(4. Subnetz-ID)
0101 01**00.100**0 0000	➔ 84.128	(5. Subnetz-ID)
0101 01**00.101**0 0000	➔ 84.160	(6. Subnetz-ID)
0101 01**00.110**0 0000	➔ 84.192	(7. Subnetz-ID)
0101 01**00.111**0 0000	➔ 84.224	(8. Subnetz-ID)
0101 01**01.000**0 0000	➔ 85.0	(9. Subnetz-ID)
0101 01**01.001**0 0000	➔ 85.32	(10. Subnetz-ID)
…		…
0101 01**11.110**0 0000	➔ 87.192	(31. Subnetz-ID)
0101 01**11.111**0 0000	➔ 87.224	(32. SN "All-ones")

Subnetting-Beispiel (4)

Um die möglichen IP-Nummern in den Netzen zu bestimmen, werden anschließend die 5 Host-Bits variiert. Hier am Beispiel des 2. Subnets:

0101 0100.001x xxxx	➔ 84.32	(2. Subnetz-ID)
0101 0100.0010 0000	➔ 84.32	(Netz-ID – 2. Subnetz)
0101 0100.0010 0001	➔ 84.33	(1. IP-Nr. – 2. Subn.)
0101 0100.0010 0010	➔ 84.34	(2. IP-Nr. – 2. Subn.)
0101 0100.0010 0011	➔ 84.35	(3. IP-Nr. – 2. Subn.)
…		…
0101 0100.0011 1110	➔ 84.62	(30. IP-Nr. – 2. Subn.)
0101 0100.0011 1111	➔ 84.63	(Broadcast – 2. Subn.)

Subnetting-Beispiel (5)

Netz-ID	Host-Range	Broadcast
172.16.84.0	172.16.84.1 – 172.16.84.30	172.16.84.31
172.16.84.32	172.16.84.33 – 172.16.84.62	172.16.84.63
172.16.84.64	172.16.84.65 – 172.16.84.94	172.16.84.95
172.16.84.96	172.16.84.97 – 172.16.84.126	172.16.84.127
172.16.84.128	172.16.84.129 – 172.16.84.158	172.16.84.159
172.16.84.160	172.16.84.161 – 172.16.84.190	172.16.84.191
172.16.84.192	172.16.84.193 – 172.16.84.222	172.16.84.223
172.16.84.224	172.16.84.225 – 172.16.84.254	172.16.84.255
172.16.85.0	172.16.85.1 – 172.16.85.30	172.16.85.31
172.16.85.32	172.16.85.33 – 172.16.85.62	172.16.85.63
…	…	…

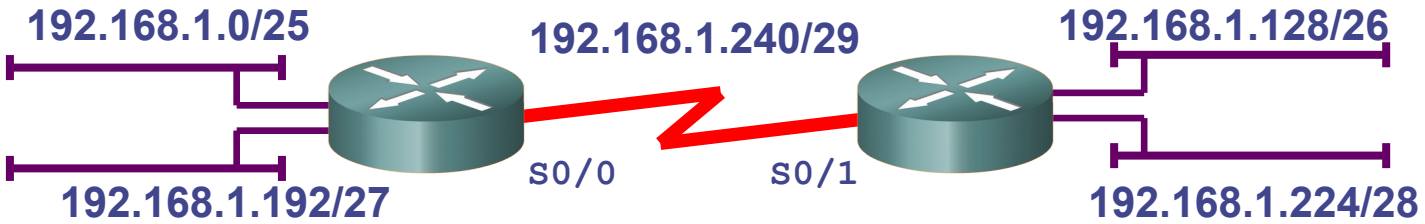
VLSM – Beispiel (I)

- Speziell mit dem knappem Gut öffentlicher IP-Adressen muss noch effizienter umgegangen werden als mit privaten IP-Adressen
- → Variable Length Subnet Masking (VLSM)
- Eine Firma mit 2 Standorten hat das Netz 192.168.1.0/24 erhalten
- Insgesamt sind 4 IP-Netze mit insgesamt 217 Rechnern zu versorgen:
  - Support-Abteilung → 28 Hosts
  - Kunden-Server → 119 Hosts
  - Verwaltungs-Abteilung → 12 Hosts
  - Entwickler-Abteilung → 58 Hosts
  - Die serielle Verbindung zwischen den Standorten muss auch bedient werden.

VLSM – Beispiel (II)

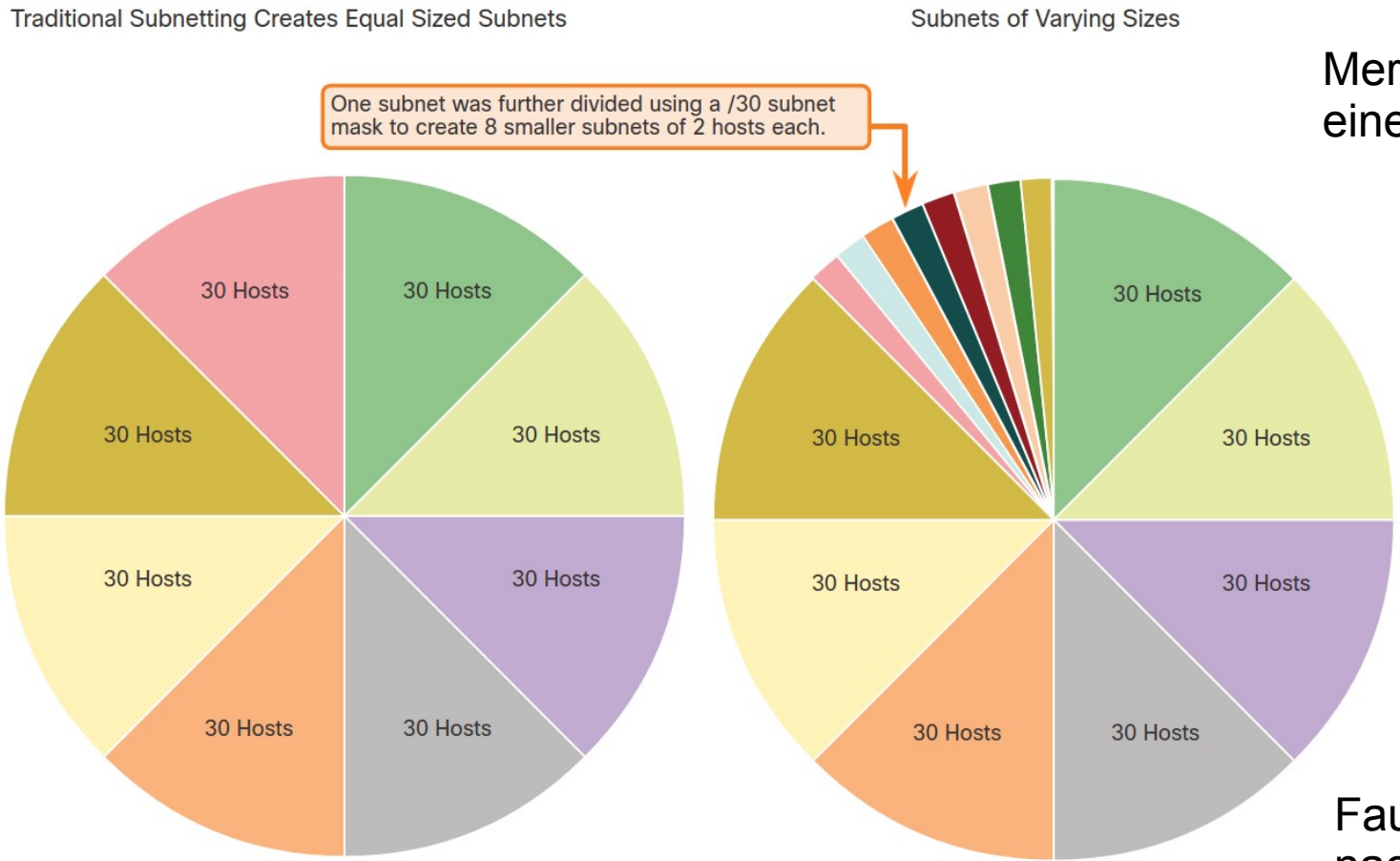
192.168.1.0/24 ➔ Gesamtes Class-C-Netz
- 192.168.1.0/25 ➔ 126 Hosts ➔ Kundenserver
- 192.168.1.128/25 ➔ 126 Hosts
  - 192.168.1.128/26 ➔ 62 Hosts ➔ Entwickler
  - 192.168.1.192/26 ➔ 62 Hosts
    - 192.168.1.192/27 ➔ 30 Hosts ➔ Support
    - 192.168.1.224/27 ➔ 30 Hosts
      - 192.168.1.224/28 ➔ 14 Hosts ➔ Verwaltung
      - 192.168.1.240/28 ➔ 14 Hosts
        - 192.168.1.240/29 ➔ 6 Hosts ➔ WAN-Link
        - 192.168.1.248/29 ➔ 6 Hosts

VLSM – Beispiel (III)



- Eingesetzte Subnetze:
  - 192.168.1.0/25 ▶ Kundenserver
  - 192.168.1.128/26 ▶ Entwickler
  - 192.168.1.192/27 ▶ Support
  - 192.168.1.224/28 ▶ Verwaltung
  - 192.168.1.240/29 ▶ WAN-Verbindung
- Auf seriellem WAN-Link könnte noch effizienter z.B. auch 192.168.1.248/30 od. 10.1.1.0/30 mit jeweils 2 Hosts eingesetzt werden!

Starres Subnetting versus VLSM



Merke: VLSM ist Subnetting eines Subnetzes!

Ebenfalls zu beachten: Subnetze können nicht an einer beliebigen Stelle dieses „Pizza-Modells“ starten und enden!

Faustregel für VLSM: Netze nach Größe sortieren und von groß nach klein abarbeiten.

Strukturiertes Design / Entwurf von IP-Netzen

- Anzahl der Netze sowie deren Größenbedarf feststellen
  - Dazu Geräte mit IPv4-Bedarf festellen
    - User-Endgeräte (Laptops, PCs, Laptops, Smartphones, …)
    - Server – innerhalb der Firma, in der DMZ, …
    - Intermediary Devices (Switches, Monitoring, Security, …)
    - Gateway / Router, Firewall
- Wachstum einrechnen
- Wo sind private, wo sind öffentliche IPv4-Adressen
  - Starres, ggf. Verschwenderisches Subnetting
  - Sparsames, aufwändigeres VLSM

Quizze , Activities, Laborübungen, … dieses Moduls

- 11.1.7 - Activity - ANDing to Determine the Network Address
- 11.1.8 - Check Your Understanding - IPv4 Address Structure
- 11.2.4 - Activity - Unicast, Broadcast, or Multicast
- 11.3.7 - Activity - Public or Private IPv4 Address
- 11.3.8 - Check Your Understanding - Types of IPv4 Addresses
- 11.4.4 - Check Your Understanding - Network Segmentation
- 11.5.5 - Packet Tracer - Subnet an IPv4 Network
- 11.6.5 - Activity - Calculate the Subnet Mask
- **11.6.6 - Lab - Calculate IPv4 Subnets**
- 11.7.4 - Activity - Determine the Number of Bits to Borrow
- 11.7.5 - Packet Tracer - Subnetting Scenario
- 11.8.6 - Activity - VLSM Practice
- 11.9.3 - Packet Tracer - VLSM Design and Implementation Practice
- 11.10.1 - Packet Tracer - Design and Implement a VLSM Addressing Scheme
- 11.10.2 - Lab - Design and Implement a VLSM Addressing Scheme

Könnte in der Form in einer Prüfung sein

Fragen