

## 8 zu C8, TCP/IP-Protokolle

### 8.1 IP v4

Im Compendio Lehrmittel werden unter 8.2.2 die *klassenbasierten* Adressen vorgestellt. Diese sind überholt. Wenn Sie heute eine IP erhalten, handelt es sich um eine *klassenlose* Adresse. "Classless Interdomain Routing" (CIDR) zeigt die Spielregeln im Umgang mit diesen Klassen.

Betrachten wir ein Beispiel. Der **IP-Adressblock 10.3.5.0...10.3.5.255 (= 10.3.5.0/24)** kann durch Subnetzmasken auf unterschiedliche Arten aufgeteilt werden. Die Subnetzmaske wird in dezimaler, binärer und Schrägstrich-Darstellung wiedergegeben.

Legende: N: Adresse der Subnetzidentifikation  
A: gültige Adressen für Rechner (praktisch)  
B: Broadcast-Adresse in diesem Subnetz  
**fett: IP-Adressen**  
unterstrichen: Subnetzmaske

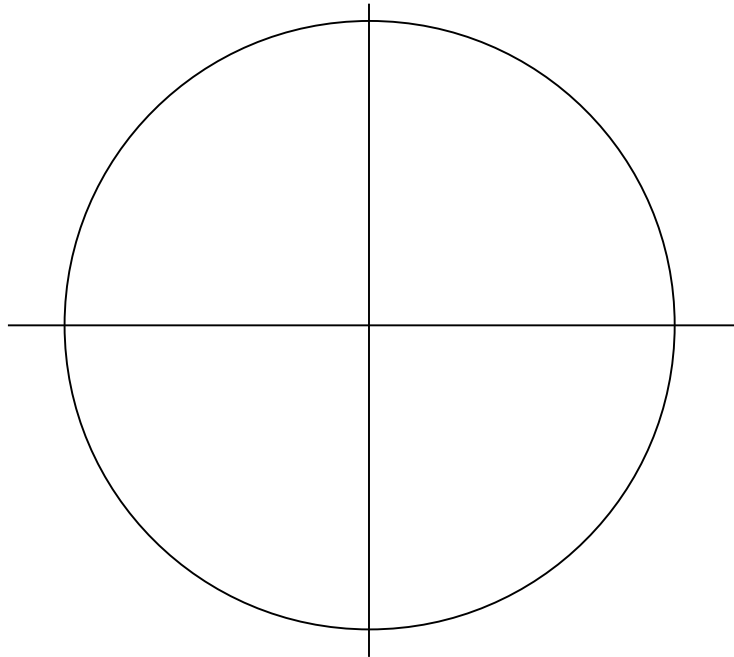
	255.255.255.0	255.255.255.1	255.255.255.1	255.255.255.2	255.255.255.2	255.255.255.2	255.255.255.2	255.255.255.2
		28	92	24	40	48	52	54
	... 0000 0000	... 1000 0000	... 1100 0000	... 1110 0000	... 1111 0000	... 1111 1000	... 1111 1100	... 1111 1110
IP-Adr. ↘	/24	/25	/26	/27	/28	/29	/30	/31
Subnetzgrösse theoretisch	256	128	64	32	16	8	4	2
– abzüglich N	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
– abzüglich B								
Subnetzgrösse praktisch	254	126	62	30	14	6	2	0
1. Subnetz	N: 10.3.5.0 A: 10.3.5.1 ... 10.3.5.254 B: 10.3.5.255	N: 10.3.5.0 A: 10.3.5.1 ... 10.3.5.126 B: 10.3.5.127	N: 10.3.5.0 A: 10.3.5.1 ... 10.3.5.62 B: 10.3.5.63	N: 10.3.5.0 A: 10.3.5.1 ... 10.3.5.30 B: 10.3.5.31	N: 10.3.5.0 A: 10.3.5.1 ... 10.3.5.14 B: 10.3.5.15	N: 10.3.5.0 A: 10.3.5.1 ... 10.3.5.6 B: 10.3.5.7	N: 10.3.5.0 A: 10.3.5.1 ... 10.3.5.2 B: 10.3.5.3	nicht sinnvoll
2. Subnetz	nur 1 Netz möglich	N: 10.3.5.128 A: 10.3.5.129 ... 10.3.5.254 B: 10.3.5.255	N: 10.3.5.64 A: 10.3.5.65 ... 10.3.5.126 B: 10.3.5.127	N: 10.3.5.32 A: 10.3.5.33 ... 10.3.5.62 B: 10.3.5.63	N: 10.3.5.16 A: 10.3.5.17 ... 10.3.5.30 B: 10.3.5.31	N: 10.3.5.8 A: 10.3.5.9 ... 10.3.5.14 B: 10.3.5.15	N: 10.3.5.4 A: 10.3.5.5 ... 10.3.5.6 B: 10.3.5.7	nicht sinnvoll
Anzahl Subnetze	1 (keine Aufteilung)	2	4	8	16	32	64	(128)

Als Aufgabe soll nun der Adressblock 192.168.5.0/24 in mehrere Teilnetze aufgeteilt werden. Es werden folgende Netze gewünscht:

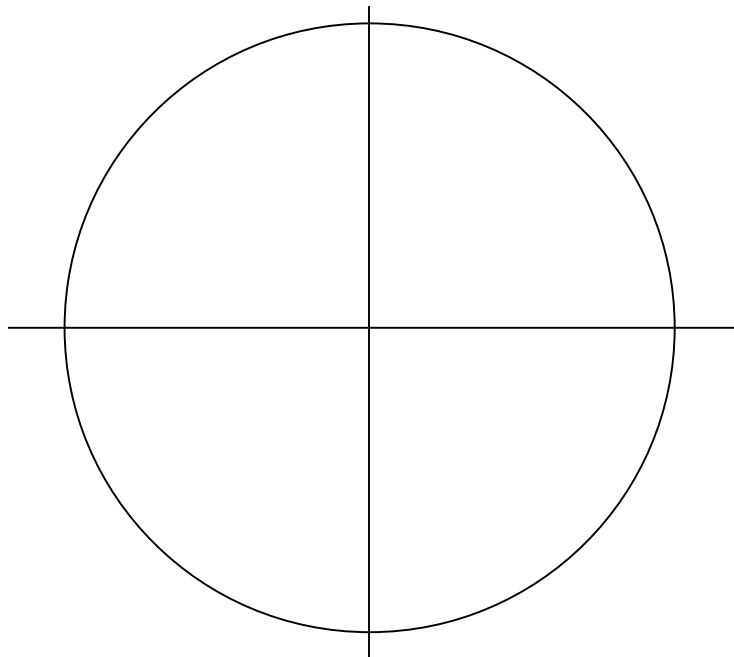
- 1 x /25-Netz,
- 2 x /27-Netze und
- 4x /28-Netze

Wie lauten N, A und B und die jeweiligen Subnetzmasken?

**1. Möglichkeit**



**2. Möglichkeit**



**1. Möglichkeit**

1x /25-Netz: Subnetzmaske 255.255.255.128 oder /25

N: 192.168.5.0, A: 192.168.5.1...192.168.5.126, B: 192.168.5.127

2x /27-Netze: Subnetzmaske 255.255.255.224 oder /27

N: 192.168.5.128, A: 192.168.5.129...192.168.5.158, B: 192.168.5.159

N: 192.168.5.160, A: 192.168.5.161...192.168.5.190, B: 192.168.5.191

4x /28-Netze: Subnetzmaske 255.255.255.240 oder /28

N: 192.168.5.192, A: 192.168.5.193...192.168.5.206, B: 192.168.5.207

N: 192.168.5.208, A: 192.168.5.209...192.168.5.222, B: 192.168.5.223

N: 192.168.5.224, A: 192.168.5.225...192.168.5.238, B: 192.168.5.239

N: 192.168.5.240, A: 192.168.5.241...192.168.5.254, B: 192.168.5.255

/25	/27	/27	/28	/28	/28	/28
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**2. Möglichkeit**

4x /28-Netze: Subnetzmaske 255.255.255.240 oder /28

N: 192.168.5.0, A: 192.168.5.1...192.168.5.14, B: 192.168.5.15

N: 192.168.5.16, A: 192.168.5.17...192.168.5.30, B: 192.168.5.31

N: 192.168.5.32, A: 192.168.5.33...192.168.5.46, B: 192.168.5.47

N: 192.168.5.48, A: 192.168.5.49...192.168.5.62, B: 192.168.5.63

2x /27-Netze: Subnetzmaske 255.255.255.224 oder /27

N: 192.168.5.64, A: 192.168.5.65...192.168.5.94, B: 192.168.5.95

N: 192.168.5.96, A: 192.168.5.97...192.168.5.126, B: 192.168.5.127

1x /25-Netz: Subnetzmaske 255.255.255.128 oder /25

N: 192.168.5.128, A: 192.168.5.129...192.168.5.254, B: 192.168.5.255

/28	/28	/28	/28	/27	/27	/25
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Nicht erlaubt**

/28	/28	/28	/28	/25	/27	/27
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### 8.1.1 Ü klassenbasierte Adressen → tcpip-1

1. Vervollständigen Sie die folgende Tabelle:

Adressklasse	Erste mögliche Adresse	Letzte mögliche Adresse
A	1.0.0.1	126.255.255.254
B		
C		

2. Führen Sie die Subnetzmasken zu den gegebenen Klassen A, B und C auf.

Klasse	Oktett1	Oktett2	Oktett3	Oktett4
A	255	0	0	0
B	255	255	0	0
C	255	255	255	0

3. Bestimmen Sie die Klasse für die folgenden IP-Adressen:

Netzwerk-Adressen	Klasse
198.53.235.0	C
2.0.0.0	A
190.25.0.0	B
192.25.15.0	C
128.56.0.0	B

4. Finden Sie die Netzwerk-ID für die gegebenen IP-Adressen und deren Subnetzmaske:

IP-Adressen	Subnetzmasken	Netzwerk-ID
145.42.36.45	255.255.0.0	145.42.0.0/16
198.53.14.6	255.255.255.0	198.53.14.0/24
205.47.18.5	255.255.255.0	205.47.18.0/24
75.25.255.42	255.0.0.0	75.0.0.0/8
128.45.6.245	255.255.0.0	128.45.0.0/16

**8.1.2 Ü1 klassenlose Adressen (CIDR) → tcpip-2**

1. Welche zwei Ziele verfolgt CIDR mit den IP-Adressen?

- geograph. Aufteilung

2. Berechnen Sie die fehlenden Spalten:

Zahl binär → ...x128 + ...x64 + ...x32 + ...x16 + ...x8 + ...x4 + ...x2 + ...x1 → Zahl dezimal

IP-Adresse 40.140.240.24	binär: 00101000.10001100. 11110000.00011000	hexadezimal:
IP-Adresse binär 10100101.01100001. 00110111.11110100	dezimal:	hexadezimal:
IP-Adresse hexadezimal 82.F5.9A.BD	dezimal:	binär:
Subnetzmaske 255.255.224.0	Subnetzmaske /...:	Anzahl Hostbits ... h:
IP-Adresse eines Kunden: 8.55.77.1/13	Anzahl gleich grosser Kundennetze in 8.0.0.0/8:	Grösse eines Kundennetzes:

3. Erstellen Sie sich eine Tabelle, die zur Berechnung der Subnetzmaske nützlich ist:

dezimal	binär	hexadezimal	Anz. Netze	Anzahl Host
0	00000000	00	–	256 – 2 = 254
128	10000000	80	2 (0, 1)	128 – 2 = 126
192				
224				
240				
248				
252				
254				
255				

## 4. 32 gleich grosse Netze aus einer /24-Adresse

- Subnetzmaske /...:

...../29.....

- Anzahl Adressen pro Netz:

.....theoretisch 8, praktisch 6.....

## 5. Bedarf für 62 PC

- Subnetzmaske /...:

...../26.....

- Subnetzmaske 255....:

.....255.255.255.192.....

## 6. Geben Sie die Subnetzmaske in Dezimalschreibweise und in der CIDR-Darstellung an:

a. A-Klasse ohne CIDR: 255.0.0.0

b. Netzwerkadresse umfasst 13 Bit:

c. Hostadresse umfasst 5 Bit:

## 7. Einem Host wird die Adresse 194.152.163.2 / 255.255.255.0 zugewiesen.

a. Wie viele Bit werden für die Netz-ID bzw. Host-ID benötigt?

b. Wie viele Rechner sind hier möglich?

c. Wie lautet die Netz-ID?

d. Kleinste Host-Adresse:

e. Grösste Adr.:

## 8. Einem PC wird die Adresse 150.60.90.100/20 zugewiesen.

a. Wie viel Bit werden für die Netz-ID bzw. Host-ID gebraucht?

b. Wie viele PCs sind hier möglich?

c. Geben Sie die Subnetzmaske an:

d. Wie lautet die Netz-ID?

e. Kleinste PC-Adresse:

.....

f. Grösste PC-Adresse:

.....

9. a. In welcher der beiden vorigen  
Aufgaben kommt CIDR zum  
Zuge?

.....

b. Begründung:

.....

.....

10. IP-Adresse 190.200.210.220/27

- Netzwerkidentifikation:

.....

- Broadcastadresse:

.....

11. IP-Adresse 34.90.218.169 mit 14 Rechnern:

- Subnetzmaske: /...

.....

- Netzwerk-Identifikation:

.....

12. IP-Adresse 144.144.94.44/18

- alle Hostadressen:

.....

- Subnetzmaske, Netzwerkidentifikation, Host- und Broadcastadressen des nächsten gleich grossen Nachbarnetzes:
- .....

13. Ein Betrieb erhält für 50 Hosts offizielle IP-Adressen.

- Wieviel Bit werden für die Netz-ID bzw. Host-ID gebraucht?  
.....
- Wie viele Hosts sind maximal möglich?  
.....
- Geben Sie die Netzwerkmaske in der CIDR-Notation, sowie konventionell in dezimaler, binärer und hexadezimaler Darstellung an:  
.....  
.....
- Wieviele solche Betriebe hätten in einer C-Klasse „Platz“?  
.....

14. Fortsetzung der vorhergehenden Aufgabe: Sie erfahren, dass ein Host des Betriebes über die Adresse 194.50.60.70 verfügt.

- Wie lautet die Netz-ID?  
.....
- In welchem Bereich bewegen sich die Host-IDs?  
.....

<b>8.1.3 Ü2 klassenlose Adressen (CIDR) → tcpip-3</b>
---

- Ihr Computer ist mit der IP Adresse 143.210.8.12 konfiguriert und hat die Subnetzmaske 255.255.248.0. Bestimmen Sie die Subnetzidentifikation.  
.....
- Mit welcher Subnetzmaske können Sie genug C-Klassen-IP-Adressen verwenden, um 2000 Hosts zu adressieren?  
.....
- Sie haben eine C-Klasse-IP-Adresse zur Verfügung. Sie wollen 13 Subnetze und 13 Hosts/Subnetz adressieren können. Wie viele Bits müssen Sie mindestens maskieren?  
.....
- Wie viele Hosts können Sie maximal adressieren, wenn Sie eine 30-Bit Maske benutzen?  
.....



5. Ihr Netzwerk besteht aus 100 Rechnern und benötigt Verbindungen ins Internet. Sie erhalten den folgenden IP-Range von Ihrem ISP: 194.170.15.0/24. Sie benötigen 10 Subnetze und mindestens 10 Rechner/Subnetz. Was für eine Subnetzmaske sollten Sie benutzen?

6. Sie werden beauftragt, das Adressierungskonzept für Ihr Netzwerk zu entwerfen. Von Ihrem Internet Service Provider erhalten Sie den folgenden IP-Range: 195.124.16.0/24. Sie müssen 6 Subnetze erstellen. Jedes Subnetz muss mindestens 30 Hosts aufnehmen können. Berechnen Sie die Subnetzmaske. Führen Sie dann die ersten drei Subnetze mit Ihrer Subnetzmaske auf.

7. Sie erhalten den IP-Range 66.25.8.0/22. von Ihrem ISP. Die Router in Ihrem Netzwerk benutzen entweder RIP oder OSPF als Routingprotokoll. Sie wollen drei Subnetze erstellen, welche jeweils 90 Rechner enthalten sollen. Berechnen Sie für die gegebenen Werte die Netzwerk-ID's. Notieren Sie dann die ersten drei Netzwerk-ID's, die zur Verfügung stehen.

## 8.2 IP v6

Die Internet Assigned Numbers Authority (IANA) ist verantwortlich für die weltweite Koordination des DNS Stammes (root), der IP Addressierung und dem Verwalten der Internet Protokolle. So zeichnet IANA auch für IPv6 verantwortlich, siehe dazu 8.1.2 im Compendio Lehrmittel.

Fussnoten:

- [1] Die unspezifizierten Adresse `::/128` (PC verfügt noch über keine Adresse), die Loopback Adresse `::1/128` (anstelle 127.0.0.1) und die IPv6-Adressen mit eingebetteten IPv4 Adressen sind aus diesem `0000::/8` Block entnommen. [RFC 4291]
- [2] RFC4048 wurde 2004 aufgehoben.
- [3] Der IPv6 Global Unicast Adressraum ist momentan auf `2000::/3` beschränkt.
- [4] `FEC0::/10` war ursprünglich als Site-Local Präfix vorgesehen. Seit 2004 gilt dies nicht mehr.

IPv6 Prefix	Allocation	Reference	Note
0000::/8	Reserved by IETF	[RFC4291]	[1][5][6]
0100::/8	Reserved by IETF	[RFC4291]	
0200::/7	Reserved by IETF	[RFC4048]	[2]
0400::/6	Reserved by IETF	[RFC4291]	
0800::/5	Reserved by IETF	[RFC4291]	
1000::/4	Reserved by IETF	[RFC4291]	
2000::/3	Global Unicast	[RFC4291]	[3]
4000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
6000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
8000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
A000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
C000::/3	Reserved by IETF	[RFC4291]	
E000::/4	Reserved by IETF	[RFC4291]	
F000::/5	Reserved by IETF	[RFC4291]	
F800::/6	Reserved by IETF	[RFC4291]	
FC00::/7	Unique Local Unicast	[RFC4193]	
FE00::/9	Reserved by IETF	[RFC4291]	
FE80::/10	Link Local Unicast	[RFC4291]	
FEC0::/10	Reserved by IETF	[RFC3879]	[4]
FF00::/8	Multicast	[RFC4291]	

### Unique Local Unicast [RFC 4193]

Diese Adressen werden als Unique Local Unicast Adressen oder kurz als Lokale Adressen bezeichnet. Es ist nicht vorgesehen, sie im Internet zu routen. Netzbetreiber können sie innerhalb ihres Netzwerkes zwischen eigenen Standorten routen.

Sie verfügen über folgendes Format:

7 bits	1	40 bits	16 bits	64 bits
+	+	+	+	+
Präfix	L	Globale ID	Subnet ID	Interface ID
+	+	+	+	+

Präfix Mit dem Präfix `FC00::/7` wird die Lokale IPv6 Unicast Adresse eindeutig ausgewiesen.

L	Wird auf 1 gesetzt, gilt die Adresse nur lokal. Die 0 ist somit zukünftigen Zwecken vorbehalten. Somit kann FC00::/7 praktisch nur als FD00::/8 eingesetzt werden: 1111 1101
Globale ID	40-bit globale Identifikation. Um einen global eindeutigen Präfix zu erzeugen, muss gemäss RFC eine Pseudo-Zufallszahl erzeugt und zugewiesen werden. Dieser Bereich ist $2^8 = 256$ Mal grösser als der ganze IPv4 Adressraum.
Subnet ID	Die 16-bit Subnet Identifikation kennzeichnet ein Subnetz innerhalb eines Standortes.
Interface ID	Eine 64-bit Schnittstellen Identifikation. Diese kann die 48 bit MAC-Adresse beinhalten.

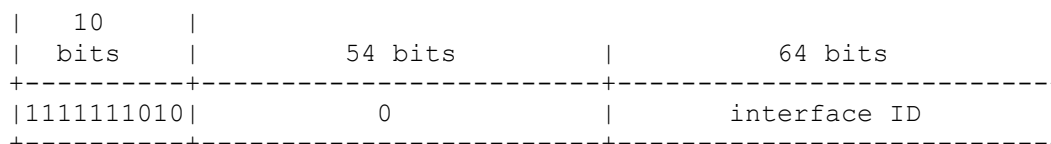
### Link Local Unicast, Global Unicast, Anycast, Multicast [RFC 4291]

**Unicast** (eins zu eins) Diese Adresse bildet eine Identifikation für eine einzige Schnittstelle. Ein Paket, das an eine Unicast Adresse gesendet wird, wird an die Schnittstelle mit dieser Adresse geliefert.  
Man unterscheidet mehrere Unicast Adressen:

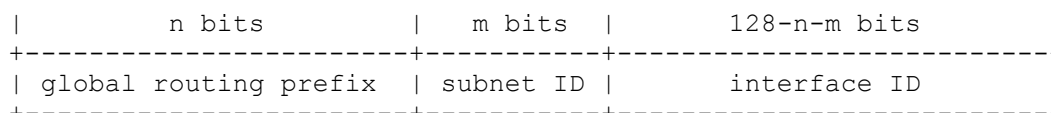
- **Link-Local Unicast:** liegen im Bereich FE80::/10. Diese Adresse wird während dem Booten vom Interface selbst erzeugt und nur im eigenen Link (entspricht Subnetz) verwendet. Sie entsprechen damit den APIPA-Adressen: Soll eine IPv4-Adresse vom DHCP bezogen werden und diese aber nicht geliefert wird, gibt sich die Netzwerkkarte selbst eine APIPA-Adresse 169.254.0.0/16. Diese ist nur im eigenen Subnetz gültig.

Die Link-Local Unicast Adressen sind für folgende Einsätze auf einem Link vorgesehen:

- wenn innerhalb eines Links eine Adresse automatisch konfiguriert werden muss,
- wenn ein Nachbar gefunden werden muss (entspricht ARP) oder
- wenn kein Router erreichbar ist.
- Ein Router darf keine Pakete weiterleiten, wenn eine solche Adresse als Quelle oder als Ziel angegeben ist, auch nicht in andere betriebsinterne Subnetze.



- **Global Unicast:** Der Adressraum umfasst theoretisch alles ausser die Blöcke FE80::/10 und FF00::/8. Praktisch wurde nur 2000::/3 freigegeben. Diese Global Unicast Adressen lassen sich mit den eindeutigen, öffentlichen IPv4 Adressen vergleichen.  
Der n-Bit lange globale Routing Präfix ist – wie bei den klassenlosen (CIDR) IPv4 Adressen – unterschiedlich lang. Er ist typischerweise nach der Hierarchie (ISP) strukturiert und weist einen Wert auf, der einen Standort kennzeichnet. Ein Standort umfasst mehrere Links (Subnetze). Die Subnetz ID identifiziert den Link innerhalb eines Standortes.



**Anycast** (eins zu nächstem) Diese Adressen sind eine Identifikation für eine Sammlung von Schnittstellen, die typischerweise zu unterschiedlichen Rechnern gehören. Ein Paket, das an eine Anycast Adresse geschickt wird, wird an eine der Schnittstellen geliefert, die sich durch diese Adresse identifizieren. In der Praxis bedeutet dies, dass jene Schnittstelle das Paket erhält, die am “nächsten” erreichbar ist. Was am “nächsten” bedeutet, entscheidet das Routing Protokoll.

Die Anycast Adressen werden dem Unicast Adressraum entnommen und können beim Betrachten ihres Wertes nicht von den Unicast Adressen unterschieden werden.

**Multicast** (eins zu mehreren) Eine Identifikation für eine Sammlung von Schnittstellen, die typischerweise zu unterschiedlichen Rechnern gehören. Ein Paket, das an eine Multicast Adresse geschickt wird, wird an alle Schnittstellen geliefert, die sich durch diese Adresse identifizieren.  
Der Adressraum lautet: FF00::/8.



### Zusammenfassung

IPv6	Adresse	Bedeutung	Vergleich IPv4
:: / 128	„alles Nullen“	PC hat noch keine Adresse	
::1 / 128	... : 0000 0000 0000 0001 <sub>BIN</sub> „nur eine Eins am Schluss“	Loopback Adresse	127.0.0.1
0000:: / 8:	0000 0000 <sub>BIN</sub> „zuerst 8 Nullen“	In dieser Adresse kann eine IPv4-Adresse eingebettet werden.	
2000:: / 3:	0010 0000 0000 0000 <sub>BIN</sub> / 3 „zuerst 001“	Global Unicast Die Adressen sind im Internet routingfähig.	öffentliche IP
FD00:: / 8:	1111 1101 0000 0000 <sub>BIN</sub> : / 8 „zuerst 1111 1101“	Unique Local Unicast Die Adressen sind zwar eindeutig, aber gelten nur lokal. Sie dürfen nicht ins Internet geroutet werden. Sie sind aber zwischen eigenen Subnetzen routingfähig.	private IP: 10.0.0.0 / 8 172.16.0.0 / 16 192.168.0.0 / 16
FE80:: / 10:	1111 1110 1000 0000 <sub>BIN</sub> / 10 „zuerst 1111 1110 10 + 54 Nullen + 64 Interface ID“	Link Local Unicast Ihre Reichweite ist nur den eigenen Link (Subnetz) beschränkt.	Ähnlich den APIPA-Adressen und dem ARP-Protokoll
FF00:: / 8:	1111 1111 0000 0000 <sub>BIN</sub> / 8 „zuerst 8 Einsen“	Multicast	Bsp. Subnetz 192.168.210.0 /24 → IP-Broadcast 192.168.210.255

### 8.2.1 Ü IPv6 → tcpip-4

1. Die Erde verfügt über eine Landfläche von 148,9 Millionen km<sup>2</sup> [www.erdpunkte.de]. Wie viele Adressen können 1 mm<sup>2</sup> zugeordnet werden?

2. Was bedeutet die Adresse ::1/128?

.....

3. Ist FE80:1:2::/64 routbar?

.....

4. Global Unicast Adresse: Gehört die Subnetz ID dem Kunden (Netzbetreiber) oder dem ISP (Internet)?

.....

5. Sie sehen die Adresse 2001:0DB8:C003:0001:0000:0000:F00D. Was können Sie darüber aussagen? Kann die Adresse geeigneter notiert werden?

.....

6. In IPv6 gibt es keine Broadcast Adresse. Welche nehmen Sie stattdessen?

.....

7. Der globale Routing Präfix ist hierarchisch aufgebaut. Die folgenden Teile sind ineinander verschachtelt. Das Beispiel zeigt, wie gross die Netze für jeden Teil sein können:

- \* 1 Regionale Internet Registrierungsbehörde (RIR, 5 in der Welt) erhält ein /12 Netz

- \* 1 Internet Service Provider erhält ein /32 Netz

- \* 1 Kunde erhält ein /48 Netz

Berechnen Sie Anzahl Netze,

- a. die RIPE Amsterdam als eine RIR für Europa und den mittleren Osten betreut.

- b. die ein ISP für seine Kunden verwaltet.

- c. die ein Kunde an seinem Standort als Subnetze einrichten kann.

.....

8. Sie bauen ein internes IPv6 Netz auf und wollen einem PC eine IPv6-Adresse statisch vergeben. Wie lautet sie als Beispiel?

.....