

## 1.1 Die Entwicklungsgeschichte von TCP/IP

In der Zeit zwischen 1950 und den darauffolgenden 20 Jahren wurden die USA mehrfach von innen- und außenpolitischen Desastern heimgesucht. In den 50er Jahren führte der Koreakrieg fast ebenso in die atomare Katastrophe wie die Kubakrise zu Beginn der 60er Jahre. Gegen Ende der 60er Jahre verstrickten sich die USA hoffnungslos in den Vietnamkrieg. Innenpolitisch wurde diese Zeit durch zahlreiche Krisen begleitet: Die Schwarze Bürgerrechtsbewegung, das Entstehen der Hippie-Kultur und der ersten Friedensbewegung sowie die Ermordungen von John F. Kennedy, Robert Kennedy und Martin Luther King.

Man machte sich immer mehr Gedanken darüber, wie eine optimierte Informationspräsenz im militärischen und kriminologischen Bereich erzielt werden konnte. Der mechanische Austausch von Akten oder die fragwürdige Verlässlichkeit telefonischer Informationen ließen den Gedanken einer nationalen Kommunikationsinfrastruktur zwischen geografisch getrennten Computern immer mehr Gestalt annehmen. Man dachte an eine „Vernetzung“ bereits vorhandener Rechner im ganzen Land.

Eine Unterabteilung des amerikanischen Verteidigungsministeriums wurde daraufhin Anfang 1969 damit beauftragt, innerhalb des ARPANET-Projekts (Advanced Research Project Agency) ein geeignetes Rechnernetz zu entwickeln. Gleichzeitig wurden die nötigen Software-Komponenten in den BELL-Laboratories von AT&T entwickelt und führten zur Ur-Version des heutigen UNIX.

Ziel war es einen Rechnerverbund zu schaffen, der auch bei Teilausfällen (z. B. militärischer Zerstörung) in der Lage ist, die Kommunikation zwischen den einzelnen Standorten verlässlich zu gewährleisten. Zunächst wurde die Kommunikation zwischen wichtigen militärischen und wissenschaftlichen Einrichtungen sowie Datenverbindungen zu bedeutenden Behörden des Machtapparats angestrebt. Allerdings standen damals lediglich Leitungen zur Verfügung, die eine Übertragungsgeschwindigkeit von maximal 2.400 Bit/s, also 300 Zeichen, ermöglichten.

Man begann mit der Installation von vier Knotenrechnern: University of Utah, Stanford Research Institute, University of Santa Barbara und University of Los Angeles. Ein erstes Host-to-Host-Protokoll wurde entwickelt, um logische Verbindungen zwischen den einzelnen Rechnern und Routern aufzubauen. Dieses Protokoll wurde „Network Control Program“ (NCP) genannt. Die Urversionen von TELNET und FTP entstanden.

Auf einer internationalen Konferenz wurde das ARPANET im Jahre 1972 der Öffentlichkeit vorgestellt. Dieses paketvermittelnde (packet-switching) Netzwerk bestand damals aus 20 Knotenrechnern bzw. 50 Routern und Hosts.

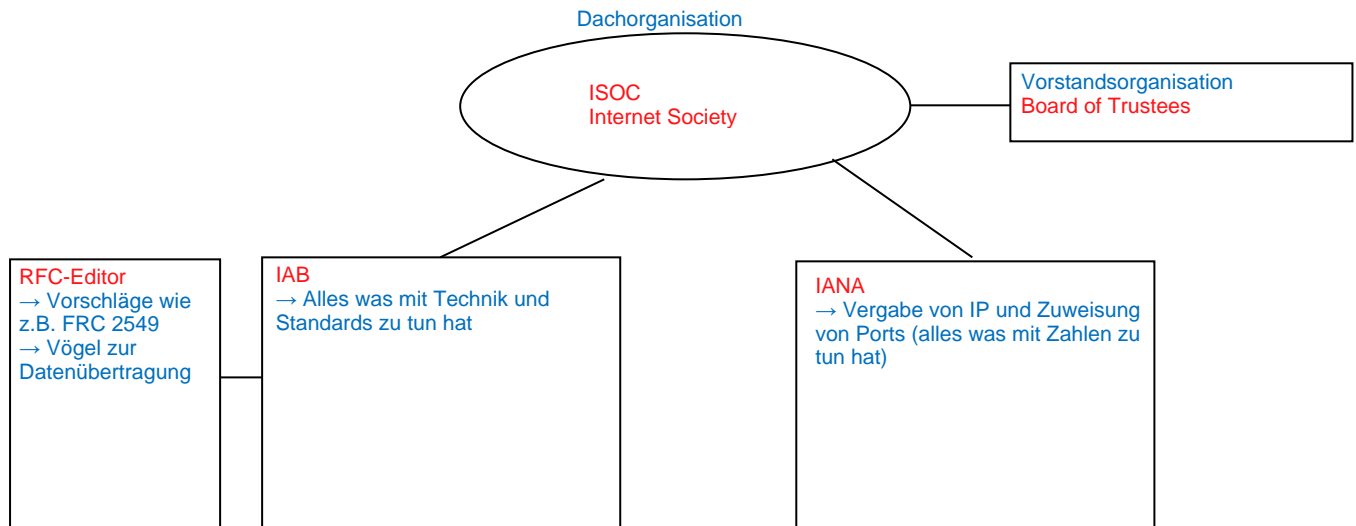
Nachdem 1975 der experimentelle Status überwunden war, übernahm die Defence Communications Agency die Projektsteuerung. Sie sorgte für die Überführung in ein lauffähiges System. Ab etwa 1978 begann man mit der Entwicklung von TCP/IP als Weiterentwicklung des NCP. 1981 wurde TCP/IP als RFC standardisiert. 1983 wurde das ARPANET komplett auf TCP/IP umgestellt.

Die Entwicklungsgeschichte von TCP/IP und UNIX ist von folgenden wichtigen Eckdaten gekennzeichnet:

<b>Jahr</b>	<b>TCP/IP</b>	<b>UNIX</b>
1969	November: Geburtsstunde des ARPANET und Ur-Session des Telnet	Entwicklung der Ur-UNIX-Version in den Bell Labs von AT&T (Assembler)
1972	ARPANET wird der Öffentlichkeit vorgestellt	UNIX wird in der Programmiersprache C neugeschrieben
1975	Die Projektleitung ARPANET wird von der Defence Communications Agency übernommen	Verkauf der ersten UNIX-Version
1976	Der Grundstein für TCP/IP wird gelegt	
1983	Die US-Behörde ARPANET stellt ihre Protokolle von NCP auf TCP/IP um.	
1984	DNS (Domain Name System) wird eingeführt.	
1987	Optionale Unterstützung der TCP/IP-Protokollfamilie durch IBM	
1991	Optionale Unterstützung der TCP/IP-Protokollfamilie durch Netware 3.xx	Linus Torvalds beginnt mit der Entwicklung von Linux
1992	Tim Berners-Lee entwickelt am CERN das Protokoll HTTP für das World Wide Web	
1994	Überlegungen zur Erweiterung der IP-Adress-Struktur in IPng (IP Next Generation oder auch IPv6)	
1999		LINUX hat sich als Freeware-Betriebssystem am Markt etabliert: IBM-Rechner werden auf Wunsch mit LINUX ausgeliefert.
2004	Session Initiation Protocol (SIP) wird als offenes Protokoll für Voice over IP vorgestellt.	
2006	Erstmals nutzen mehr als eine Milliarde Menschen das Internet	
2007	Die Deutsche Telekom führt VDSL als TriplePlay-Dienst (Sprache, Daten, IPTV) ein.	
2008	Bei den olympischen Spielen in Peking wird die chinesische Führung aufgefordert, für einen freien Zugang zum Internet zu sorgen.	
2008	Das Google Projekt „Street View“ wird in Deutschland wegen massiver Bedenken der Datenschutzbeauftragten gestoppt	
2019	Die Zahl der Internetnutzer übersteigt die Zahl von 3,97 Milliarden	

## 1.2 Der Standardisierungsprozess im Internet

Eine internationale Gruppe, die Internet Society, verwaltet die TCP/IP-Protokollfamilie. Die TCP/IP-Standards werden in einer Reihe von Dokumenten, RFCs (Request for Comments), veröffentlicht. Obwohl das Internet und die dazugehörigen Technologien keinen konkreten Eigentümer haben, sind mehrere Organisationen für dessen Leitung verantwortlich.



### ISOC

Die Internet Society (ISOC) wurde 1992 als globale Organisation gegründet, die sich für die Internet-Technologien und Anwendungen des Internets verantwortlich zeichnet. Obwohl das Hauptanliegen der Internet Society darin besteht, die Entwicklung des Internets zu fördern und dessen Leistungsfähigkeit zu steigern, ist sie auch für die weitere Entwicklung der Funktionsfähigkeit (Standards und Protokolle) zuständig.

### IAB

Beim IAB (Internet Architecture Board) handelt es sich um eine Gruppe von technischen Beratern der Internet Society, die für das Festlegen von Internet-Standards, das Veröffentlichen von RFCs und das Überwachen des Standardisierungsprozesses im Internet verantwortlich ist.

### IANA

Die IANA (Internet Assigned Numbers Authority) ist für die Vergabe von IP-Adressen zuständig. In Europa übernimmt diese Aufgabe RIPE (Réseaux IP Européens).

### RFCs

Die TCP/IP-Standards werden in einer Reihe von Dokumenten, RFCs (Request for Comments), veröffentlicht. RFCs beschreiben den internen Arbeitsablauf des Internets. TCP/IP-Standards werden immer als RFCs publiziert.

#### RFC 793 - Transmission Control Protocol

The Transmission Control Protocol (TCP) is intended for use as a highly reliable host-to-host protocol between hosts in packet-switched computer communication networks, and in interconnected systems of such networks.

TCP/IP-Standards werden nicht durch ein Komitee entwickelt, sondern durch Übereinstimmung. Jedes Mitglied der Internet Society kann ein Dokument zur Veröffentlichung als RFC unterbreiten.

## 1.3 Der Aufbau des TCP/IP Protokolls

1.3 Der Aufbau des TCP/IP Protokolls		TCP/IP	Iso/Osi
FTP POP3 SMTP SSH HTTP	Telnet DHCP DNS SIP	4	7,6,5,
<hr/>			
TCP → <u>T</u> ransmission <u>C</u> ontrol <u>P</u> rotocol  Verbindungsorientierte Kommunikation zwischen zwei Endgeräten mit einem Empfangsbestätigung	UDP → <u>U</u> ser <u>D</u> atagramm <u>P</u> rotocol  Verbundungslose Kommunikation zwischen zwei Endgeräten ohne Empfangsbestätigung	3	4
<hr/>			
IPv4 ↓ Internet Protocol  Logische Adressierung von Hosts  ARP → Adress Resolution Protocol → Auflösung von IP-Adressen zu MAC-Adressen	ICMP Internet Control Message Protocol z.B. Ping für Statusermittlung  ICMPv6  NPD → Neighbor Discovery Protocol → entspricht ARP für IPv6	2	3
<hr/>			
LAN-Technologie  Ethernet W-Lan	WAN-Technologie  Satellit LTE Edge UMTS DSL	1	1-2

## 2. Subnetting

Seit einigen Jahren sind die Standardnetzwerke in den Adressklassen A, B und C im Internet längst vergeben. Dennoch wollen immer mehr Firmen im Internet vertreten sein. Wie kann man dieses Problem lösen?

Wir wollen uns dies an einem kleinen Beispiel verdeutlichen:

Das Start-up Unternehmen netSTAR mit seinen 1000 Mitarbeitern möchte unbedingt im Internet vertreten sein. Dazu sollen ein Web-, ein Mail- und ein FTP-Server im Internet ständig erreichbar sein, alle Mitarbeiter sollen eine öffentliche Adresse erhalten. Von seinem Provider erhält das Unternehmen dafür das Klasse-B Netz 154.23.0.0 zugewiesen.

- a) Wie viele IP-Adressen erhält das Unternehmen? Begründen Sie Ihre Aussage!

$2^{16} - 2 = 65.534$  Adressen

max 4 Adressen sinnvoll

- b) Welches Problem taucht auf, wenn dem Unternehmen netSTAR das Klasse-C Netz 194.170.80.0 zugewiesen wird?

$2^8 - 2 = 254$  Adressen

- c) Wie viele Klasse-C Netze würde das Unternehmen netSTAR benötigen, wenn man mehrere Klasse-C Netze zu einem Netz „zusammenstricken“ könnte?

- d) Da man heute nicht mehr für jeden Mitarbeiter / für jeden PC eine öffentliche Adresse verwendet, sondern hier auf private Adressen und NAT setzt, benötigt eine Firma heute nur noch einen Bruchteil der früheren Adressen. Die Firma netSTAR könnte z.B. eine IP für alle Mitarbeiter und jeweils eine IP für den Web-, den Mail- und den FTP-Server einplanen. Wie oft könnte man die Größe des Klasse-C Netzes halbieren, um auf die benötigte Anzahl an IP-Adressen zu kommen?

$254 / 64 = 4$

## 2.1 Wesen des Subnettings

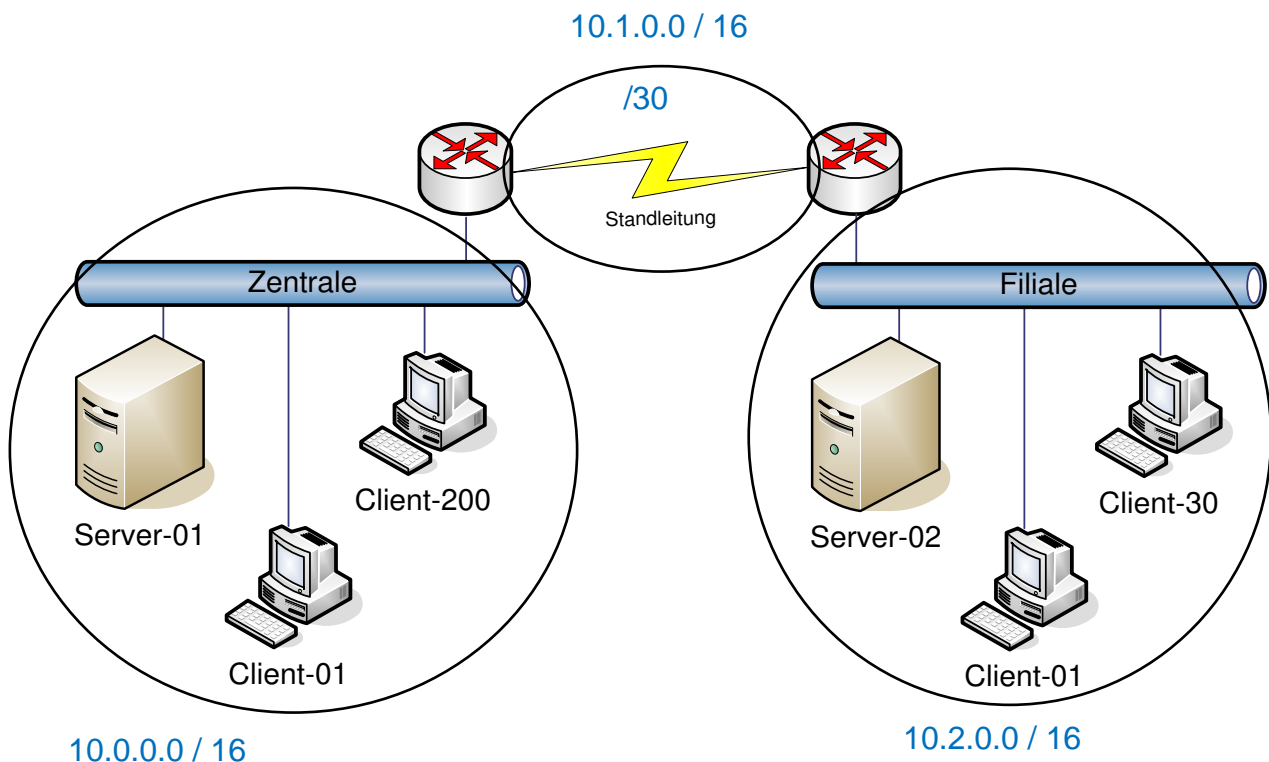
Unter Subnetting versteht man das Aufteilen eines bestehenden Netzes in kleinere Netze. Subnetting verfügt über eine Vielzahl von Vorteilen. Unternehmen verwenden es z.B. dazu, ein Netzwerk mehreren physischen Segmenten zuzuordnen. Provider verwenden es z.B. um mehr Kunden mit Netzen versorgen zu können. Subnetting bietet folgende Möglichkeiten:

- ☞ Bessere Auslastung der einzelnen IP-Adressklassen.
- ☞ Verringern der Netzwerkbelastung durch Umleiten des Datenverkehrs und Reduzieren der Broadcasts.
- ☞ Variieren unterschiedlicher Technologien wie beispielsweise Ethernet und Wireless-LAN

Beim Aufteilen des Netzwerkes in Subnetze sollte für jedes Segment eine unterschiedliche Netzwerk- oder Subnet-ID verwendet werden.

Überlegen Sie für das folgende Beispiel, wie Sie auf einfache Art und Weise innerhalb des Standard-Klasse A-Netzes 10.0.0.0 eine Aufteilung in drei Subnetze durchführen können:

SNM: 255.0.0.0 /8  
SNM: 255.255.0.0 /16



SNM: 255.255.0.0

## 2.2 Definieren einer Netzmaske für die Subnetze

Wir bleiben zunächst beim Beispiel unseres Internetproviders. Anstatt nur der Firma net-STAR die Netzadresse 194.170.90.0 mit der Standardsubnetzmaske 255.255.255.0 zuzuteilen, versorgt der Provider acht Unternehmen innerhalb dieses Klasse-C-Netzwerkes mit Adressen für DMZs, um so möglichst effizient mit IP-Adressen umzugehen. Dazu wird das Netz zunächst in acht Subnetze unterteilt, ähnlich, wie man eine Pizza in acht Stücke schneidet:

0	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240
1	17	33	49	65	81	97	113	129	145	161	177	193	209	225	241
2	18	34	50	66	82	98	114	130	146	162	178	194	210	226	242
3	19	35	51	67	83	99	115	131	147	163	179	195	211	227	243
4	20	36	52	68	84	100	116	132	148	164	180	196	212	228	244
5	21	37	53	69	85	101	117	133	149	165	181	197	213	229	245
6	22	38	54	70	86	102	118	134	150	166	182	198	214	230	246
7	23	39	55	71	87	103	119	135	151	167	183	199	215	231	247
8	24	40	56	72	88	104	120	136	152	168	184	200	216	232	248
9	25	41	57	73	89	105	121	137	153	169	185	201	217	233	249
10	26	42	58	74	90	106	122	138	154	170	186	202	218	234	250
11	27	43	59	75	91	107	123	139	155	171	187	203	219	235	251
12	28	44	60	76	92	108	124	140	156	172	188	204	220	236	252
13	29	45	61	77	93	109	125	141	157	173	189	205	221	237	253
14	30	46	62	78	94	110	126	142	158	174	190	206	222	238	254
15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255

Für die Bildung der Netzmaske der Teilnetze entnimmt man aus dem Hostbereich Bits, um das Netzwerk mit einer erweiterten Subnetzmaske unterteilen zu können:

$2^x = \text{Anzahl der Netze}$

194	170	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ursprünglich Klasse C
255	255	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/24
255	255	255	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/27

Um 8 subnetze zu bekommen benötigen wir zusätzliche 3 Bits aus dem Hostbereich!  
Damit ergibt sich folgende SNM: 255.255.255.224

**Subnetz 0:**

32

194	170	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Netz-IP
194	170	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Erste nutzbare IP
194	170	90	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	Letzte nutzbare IP
194	170	90	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Broadcast

**Subnetz 1:**

194	170	90	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Netz-IP
194	170	90	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Erste nutzbare IP
194	170	90	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	Letzte nutzbare IP
194	170	90	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Broadcast

Sprungweite: 32er Sprungweite

wertigkeit des niedrigsten netzbits

### Subnetz 2:

[illegible]

### Subnetz 3:

[illegible]

### Subnetz 4:

[illegible]

### Subnetz 5:

[illegible]

### Subnetz 6:

[illegible]

### Subnetz 7:

[illegible]



## 2.3 Überblick über die Subnetzmasken

Die folgende Tabelle führt Subnetz-Masken auf, die bereits unter der Verwendung für Netzwerke der Klasse C konvertiert wurden:

Bitzahl	Anzahl der Subnetze	Hosts pro Subnet	Subnetzmaske	
1	2	126	255.255.255.128	/25
2	4	62	255.255.255.192	/26
3	8	30	255.255.255.224	/27
4	16	14	255.255.255.240	/28
5	32	6	255.255.255.248	/29
6	64	2	255.255.255.252	/30
7	128	0	255.255.255.254	/31
8	256	-2	255.255.255.255	/32 Class D

CIDR  
→ classless  
interdomain  
routing

Die Tabelle für Klasse B sieht dann so aus:

Bitzahl	Anzahl der Subnetze	Hosts pro Subnet	Subnetzmaske	
1	2	32.766	255.255.128.0	/17
2	4	16382	255.255.192.0	/18
3	8	8190	255.255.224.0	/19
4	16	4094	255.255.240.0	/20
5	32	2046	255.255.248.0	/21
6	64	1022	255.255.252.0	/22
7	128	510	255.255.254.0	/23
8	256	254	255.255.255.0	/24 Class C
9	512			
10	1024			
11	2048			
12	4096	siehe oben		
13	8192			
14	16384			/30
15				/31
16				/32

Noch Zeit? Dann erstellen Sie doch die Tabelle für Klasse A...

			255.0.0.0	/8
1	2	8.388.606	255.128.0.0	/9
2	4	4.194.302	255.192.0.0	/10
3	8	2.097.150	255.224.0.0	/11
4	16	1.048.576	255.240.0.0	/12
5	32	524.286	255.248.0.0	/13
6	64	262.142	255.252.0.0	/14
7	128	131.070	255.254.0.0	/15
8	256	65.534	255.255.0.0	/16 Class B

## 2.4 Übungsaufgaben TCP/IP und Subnetting

### Aufgabe 1:

Wie lautet die binäre Darstellung der dezimalen Zahlen 0, 128, 192, 224, 240, 248, 252, 254, 255?

0	→	0
128	→	10000000
192	→	11000000
224	→	11100000
240	→	11110000
248	→	11111000
252	→	11111100
254	→	11111110
255	→	11111111

### Aufgabe 2:

Das Netz 212.20.20.0/24 soll in 12 Teilnetze mit maximaler Hostzahl unterteilt werden. /28

- a) Welche Subnetzmaske ergibt sich? **255.255.255.240**
- b) Welche Netz-ID, welcher Hostbereich und welcher Broadcast ergeben sich für die ersten drei Subnetze?

12TN → Wie viele bits benötigen wir dafür?  
→  $2^x \geq 12$   
 $2^3=8$     $2^4=16$

### Aufgabe 3:

Wir benötigen 4 Bits um mindestens 12 Teilnetze zu bilden.

Sie haben eine Ladenkette mit 18 Filialen. Sie rechnen für die nächsten fünf Jahre mit einem Wachstum von fünf Filialen pro Jahr. Ihnen steht die Netz-ID 148.70.0.0 /16 zur Verfügung.

- a) Welche Subnetzmaske verwenden Sie, wenn Sie möglichst viele Hosts adressieren wollen? **255.255.252.0 /22**

- b) Welche Netz-ID ergibt sich für die ersten vier Subnetze?

#0 147.70.0.0  
#1 147.70.4.0  
#2 147.70.8.0  
#3 147.70.12.0

Begründen Sie jeweils Ihre Aussage!

### Aufgabe 4:

Ihnen wurden von Ihrem Internet Service Provider die IP-Adressen 216.24.78.119, 216.24.78.114 und 216.24.78.110 mit der Subnetzmaske 255.255.255.240 zugeteilt. Der ISP erklärt, alle IP-Adressen liegen im selben Netz. Richtig oder falsch? Begründen Sie Ihre Aussage!

216.24.78.119	→	01110111	gleich
216.24.78.114	→	01110010	
216.24.78.110	→	01101110	

**Aufgabe 5:**

Sie konfigurieren TCP/IP auf dem Rechner eines Benutzers manuell. Sie weisen dem Benutzer die IP-Adresse 192.74.91.112 und die Subnetzmaske 255.255.255.192 zu. Sie sind wegen des Standard-Gateways unschlüssig, da es in Ihrem Netzwerk vier Router gibt. Welches Standard-Gateway (hier: erste Adresse im Netz) ist das richtige für den Rechner des Benutzers?

- a) 192.74.91.1  
 b) 192.74.91.62  
 c) 192.74.91.65 **X**  
 d) 192.74.91.128  
 e) 192.74.91.254
- 112 → 01 11 00 00  
 01000001 → 65

Begründen Sie Ihre Meinung!

**Aufgabe 6:**

Sie haben Probleme mit der Kommunikation mit einem anderen Computer im Netzwerk, obwohl Sie mit allen anderen Hosts kommunizieren können. Sie vergleichen die Ausgabe des Befehls ipconfig für die beiden Rechner:

Host-Name:	MeinRechner	
Adresse:	198.113.201.130	100 0 0010
Subnet Mask:	255.255.255.224	
Standard-Gateway:	198.113.201.158	100 1 1110
Host-Name:	ProblemRechner	
Adresse:	198.113.201.109	011 0 1101
Subnet Mask:	255.255.255.224	
Standard-Gateway:	198.113.201.127	011 1 1111

Was scheint hier das Problem zu sein?

standard gateway ist broadcastadresse(alles bits außerhalb der netz-ip auf 1)

**Aufgabe 7:**

Welche der folgenden Subnetzmasken können Sie für die Bildung von 50 Teilnetzen verwenden, wenn eine maximale Zahl von Hosts in einem Klasse B-Netz adressiert werden soll?

- a) 255.255.224.0  
 b) 255.255.240.0  
 c) 255.255.252.0 **X**  
 d) 255.255.254.0  
 e) 255.255.255.0

**Aufgabe 8:**

Einem Unternehmen wurde für seine DMZ das IP-Netz 212.217.10.0 /29 zugewiesen.

Welcher Host-Bereich und welche Broadcast-Adresse ergeben sich für dieses Netzwerk? Begründen Sie Ihre Aussage!

1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1000  
 255.255.255.248

Hostbereich 212.217.10.1-6

Broadcast 212.217.10.7

**Aufgabe 9:**

Ihr Unternehmen hat vom Internetprovider die Adresse 194.190.0.0 /23 zur Verfügung gestellt bekommen. Im Unternehmen müssen die Zentrale mit 50 Hosts und 5 über das Grundstück verteilte Fertigungshallen mit bis zu 40 Hosts adressiert werden. Die Anbindung der einzelnen Subnetze erfolgt über einen Router am Standortverteiler.

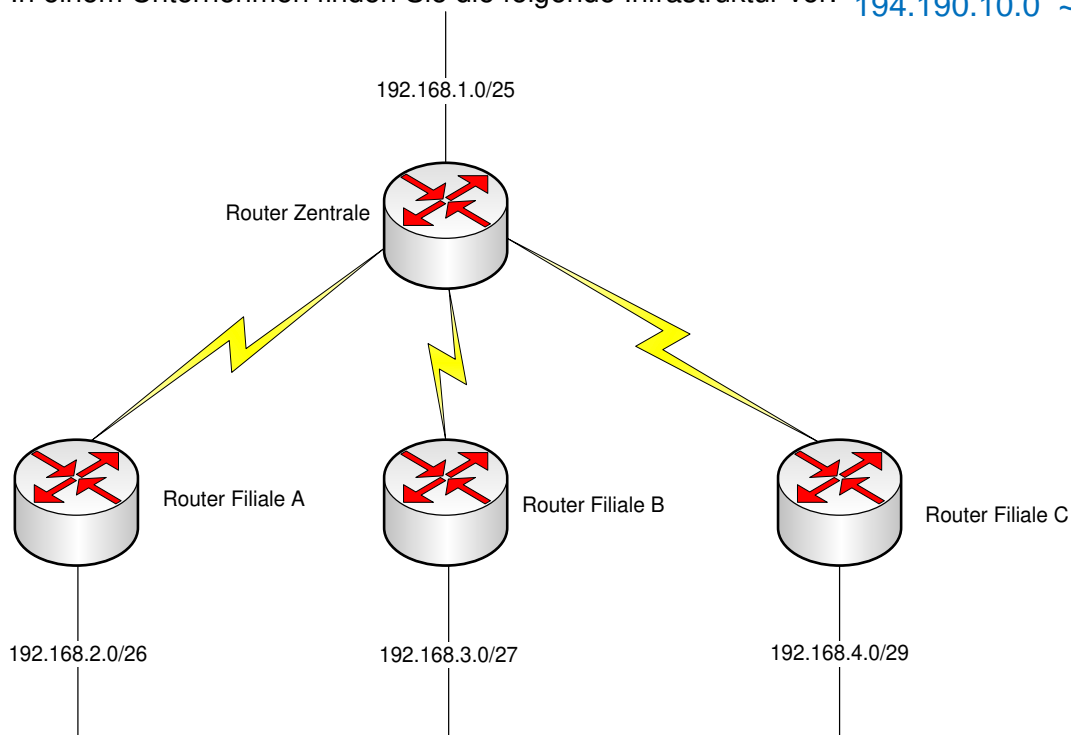
- Welche Subnetmaske verwenden Sie? Begründen Sie Ihre Aussage!
- Welche Netz-ID, welcher Hostbereich und welcher Broadcast ergeben sich für die ersten sechs Subnetze?

1111 1111 1111 1111 1111 1111 1100 0000  
255.255.255.192

194.190.0.0	~.0.1-1.254	.1.255
194.190.2.0	~.2.1-3.254	.3.255
194.190.4.0	~.4.1-5.254	.5.255
194.190.6.0	~.6.1-7.254	.7.255
194.190.8.0	~.8.1-9.254	.9.255
194.190.10.0	~.10.1-11.254	.11.255

**Aufgabe 10:**

In einem Unternehmen finden Sie die folgende Infrastruktur vor:



Für die Adressierung in den Verbindungsnetzen zwischen den Routern steht die Netz-ID 217.90.40.0/28 zur Verfügung.

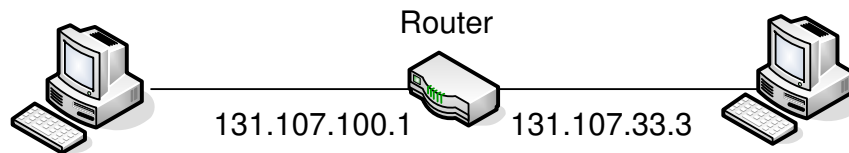
- Welche Adressen ergeben sich für diese Netze zwischen den Routern.
- Wie viele Hosts können in den einzelnen privaten Netzen (Zentrale und Filialen adressiert) werden?

**Aufgabe 11:**

In einem Unternehmen finden Sie die folgende Konfiguration vor:

IP-Adresse: 131.107.100.27  
Subnet Mask: 255.255.0.0  
Standardgateway: 131.107.100.1

IP-Adresse: 131.107.33.7  
Subnet Mask: 255.255.0.0  
Standardgateway: 131.107.33.3



Worin besteht das Problem, wenn diese Subnetzmaske verwendet wird?

---

---

---

Welche Auswirkungen ergeben sich auf die Kommunikation?

---

---

---

Wie lautet die richtige Subnetzmaske? Begründen Sie Ihre Meinung!

---

---

---

**Aufgabe 12:**

Ihre Netzwerk-ID ist 217.170.88.0/24. Sie wollen mehrere Teilnetze einrichten. Jedes Teilnetz soll bis zu zwölf Host-IDs besitzen. Sie möchten möglichst viele Teilnetze haben. Welche Subnetzmaske sollten Sie wählen?

- A. 255.255.255.192
- B. 255.255.255.224
- C. 255.255.255.240
- D. 255.255.255.248

**Aufgabe 13:**

Ihre Firma hat eine Internet-Adresse der Klasse C zugewiesen bekommen. Das Netzwerk in Ihrer Firma verfügt über vier Subnetze, die über Router verbunden sind. Die maximale Zahl von Hosts beträgt 28 in einem Subnetz. Welcher ist der beste Wert für die Subnetzmaske?

- A. 255.255.255.128
- B. 255.255.255.192
- C. 255.255.255.224
- D. 255.255.255.240
- E. 255.255.255.248
- F. 255.255.255.252

**Aufgabe 14:**

Welche Host-Adresse kann für die Kommunikation eines Routers mit der Host-Adresse 193.39.129.117 benutzt werden, wenn die Subnetzmaske 255.255.255.192 ist (Drei Antworten!)?

- A. 193.39.129.89
- B. 193.39.129.125
- C. 193.39.129.148
- D. 193.39.129.130
- E. 193.39.129.65

**Aufgabe 15:**

Welche IP-Adresse befindet sich im gleichen Subnetz wie 193.39.129.65, wenn die Subnetzmaske 255.255.255.224 ist (Zwei Antworten!)?

- A. 193.39.129.24
- B. 193.39.129.91
- C. 193.39.129.14
- D. 193.39.129.97
- E. 193.39.129.62
- F. 193.39.129.121
- G. 193.39.129.87

**Aufgabe 16:**

Folgende Netzwerkadresse ist gegeben: 137.12.0.0/16. Insgesamt sollen in diesem Netzwerk bis zu maximal 500 Hosts arbeiten. Derzeit existieren 60 Subnetze. Im nächsten Jahr werden weitere 40 Subnetze hinzukommen. Welche Subnetzmaske würden Sie wählen?

- A. 255.255.224.0
- B. 255.252.255.0
- C. 255.255.254.0
- D. 255.255.252.0
- E. 255.255.240.0

**Aufgabe 17:**

Folgende Netzadresse ist gegeben: 142.12.0.0/16. Insgesamt sollen in diesem Netzwerk bis zu maximal acht Subnetze entstehen, wobei die Anzahl der Hosts möglichst hoch ausfallen sollte. Welche Subnetzmaske würden Sie wählen?

- A. 255.255.224.0
- B. 255.255.240.0
- C. 255.255.252.0
- D. 255.255.254.0
- E. 255.255.255.0

**Aufgabe 18:**

Ihrem Unternehmen wurde eine einzige ID der Klasse C zugewiesen. Ihr Netzwerk ist in drei Teilnetze unterteilt. Im Verlauf der nächsten zwei Jahre werden Sie zwei neue Teilnetze hinzufügen. Jedes Teilnetz wird bis zu 25 Host-IDs besitzen. Welche Subnetzmaske sollten Sie zuordnen?

- A. 255.255.255.128
- B. 255.255.255.192
- C. 255.255.255.224
- D. 255.255.255.240
- E. 255.255.255.248

**Aufgabe 19:**

Einem Unternehmen wurde vom Provider die Netz-ID 193.70.40.0 /22 zugeteilt. Die Administratoren möchten 12 Subnetze mit der maximalen Hostzahl bilden.

- a) Welche Subnetmask müssen Sie verwenden? Begründen Sie Ihre Aussage anhand einer Berechnung!
- b) Wie viele Host können pro Subnet adressiert werden? Begründen Sie auch hier Ihre Aussage!
- c) Welche Netz-ID, welcher Hostbereich und welche Broadcast-Adresse ergeben sich für die ersten beiden Subnetze?

**Aufgabe 20:**

Ein TCP/IP-Host hat die IP-Adresse 148.37.66.90. Wie lautet die Netzadresse, wenn die Subnetzmaske /20 verwendet wird?

- A. 148.37.4.0
- B. 148.37.8.0
- C. 148.37.16.0
- D. 148.37.32.0
- E. 148.37.64.0

**Aufgabe 21:**

Welches ist die korrekte Einstellung für die ersten Bits eines Klasse-C-Netzwerkes?

- |        |        |
|--------|--------|
| A. 001 | D. 101 |
| B. 011 | E. 110 |
| C. 100 | F. 111 |

**Aufgabe 22:**

Ein Klasse-B-Netzwerk ist gesubnetted und benutzt dafür vier Bit. Wie lautet die Subnetzmaske?

- A. 255.255.224.0
- B. 255.255.240.0
- C. 255.255.248.0
- D. 255.255.252.0
- E. 255.255.255.0

## 2.5 Subnetting mit Variable Length Subnet Mask (VLSM)

Als Internetprovider ist es Ihre Aufgabe, Kunden einen Zugang zum Internet zur Verfügung zu stellen. Dazu erhalten Sie von der IANA den IP-Adressblock 145.60.72.0 / 23 zugewiesen, den Sie benutzen, um Ihren Kunden öffentliche IP-Adressen zuzuweisen.

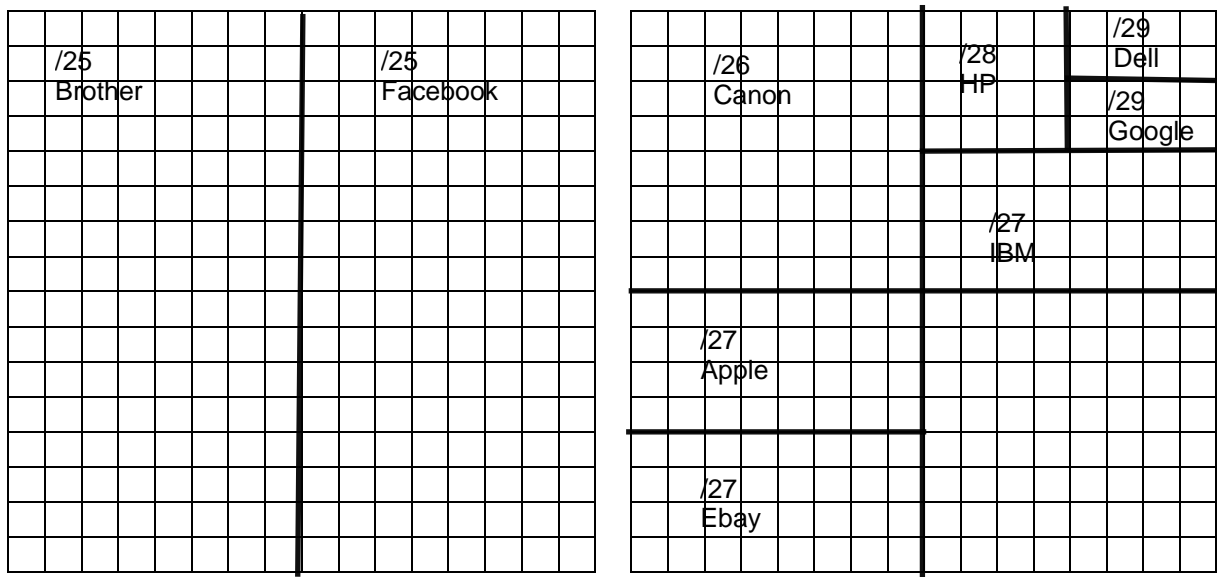
Verwenden Sie VLSM um, um den Kunden folgenden Subnetze zur Verfügung stellen zu können:



Nächstmögliche

Kunde	Anzahl Hosts	Reihenfolge	Netzgröße	/CIDR
Apple	20 Hosts	5	32	/27
Brother	110 Hosts	1	128	/25
Canon	60 Hosts	3	64	/26
Dell	5 Hosts	8	8	/29
Ebay	25 Hosts	4	32	/27
Facebook	95 Hosts	2	128	/25
Google	4 Hosts	9	8	/29
HP	10 Hosts	7	16	/28
IBM	20 Hosts	6	32	/27

Adressblock 145.60.72.0 /23: 145.60.72.0 bis 145.60.73.255  
/24



Kunde	NetzID	Broadcast	CIDR	Subnetzmaske
B	145.60.72.0	~ .127	/25	255.255.255.128
F	145.60.72.128	~ .255	/25	255.255.255.128
C	145.60.73.0	~ .63	/26	255.255.255.192
E	145.60.73.64	~ .95	/27	255.255.255.224
A	145.60.73.96	~ .127	/27	255.255.255.224
I	145.60.73.128	~ .159	/27	255.255.255.224
H	145.60.73.160	~ .175	/28	255.255.255.240
D	145.60.73.176	~ .183	/29	255.255.255.248
G	145.60.73.184	~ .191	/29	255.255.255.248



## 2.6 Übungsaufgaben VLSM

Entwerfen Sie ein möglichst effizientes Adressierungsschema mit VLSM für die geforderten Teilnetze. Entwerfen Sie Ihre Subnetze so, dass die geforderte Anzahl an IP-Adressen gerade so zugewiesen werden kann und noch möglichst viel Platz im ursprünglichen Netz übrig bleibt für weitere Subnetze.

Geben Sie zu jedem Subnetz an: Netz-ID, Broadcast, Subnetzmaske, CIDR

1. Von der ICANN wurde Ihnen folgendes Class-C Netz zugewiesen: **192.111.164.0/24**

Niederlassung	Benötigte Hosts	Reihenfolge	Netz-ID	Broadcast	Subnetzmaske	CIDR
Estenfeld	2 4	4	192.111.164.128	192.111.164.131	255.255.255.252	/30
Berlin	25 32	3	192.111.164.96	192.111.164.127	255.255.255.224	/27
Kassel	26 32	2	192.111.164.64	192.111.164.95	255.255.255.224	/27
München	38 64	1	192.111.164.0	192.111.164.63	255.255.255.192	/26

2. Von Ihrem Provider wurde Ihnen folgendes Class-C Netz zugewiesen: **192.232.36.0/24**

Standort	Benötigte Hosts	Reihenfolge	Netz-ID	Broadcast	Subnetzmaske	CIDR
Uni Stadtmitte	58 64	2	192.232.36.128	192.232.36.191	255.255.255.192	/26
Unibibliothek	6 8	3	192.232.36.192	192.232.36.199	255.255.255.248	/29
Uni Hubland	121 128	1	192.232.36.0	192.232.36.127	255.255.255.128	/25

3. Ein Unternehmen hat den öffentlichen Adressbereich **192.254.100.0/24** erhalten, der nun für verschiedene Filialen genutzt werden soll:

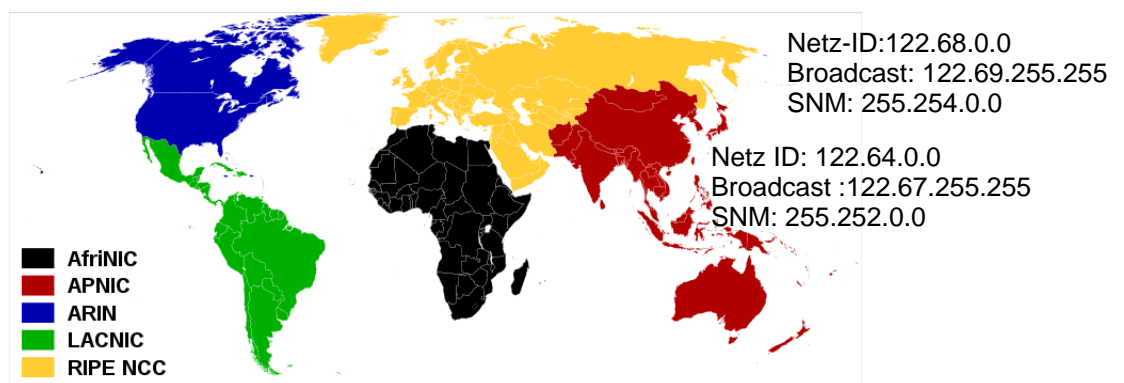
Filiale	Benötigte Hosts	Reihenfolge	Netz-ID	Broadcast	Subnetzmaske	CIDR
Kitzingen	5 8	4	192.254.100.192	~ . 199	255.255.255.252	/30
Nürnberg	62 64	3	192.254.100.128	192.254.100.191	255.255.255.192	/26
Schweinfurt	57 64	2	192.254.100.64	192.254.100.127	255.255.255.192	/26
Würzburg	58 64	1	192.254.100.0	192.254.100.63	255.255.255.192	/26



255.240.0.0

4. Unerwartet hat die IANA im Keller noch einige ungenutzte IP-Adressen (**122.64.0.0/12**) gefunden, die nun auf die regionalen Registrierstellen verteilt werden sollen:

Registry	Zu verteilende IPs	
AfriNIC (African Network Information Centre) zuständig für Afrika	50.323	/16
APNIC (Asia Pacific Network Information Centre) zuständig für die Region Asien-Pazifik	9.843	/18
ARIN (American Registry for Internet Numbers) zuständig für Nordamerika	140.643	/14
LACNIC (Latin-American and Caribbean Network Information Centre) zuständig für Lateinamerika und Karibik	74.312	/15
RIPE NCC (Réseaux IP Européens Network Coordination Centre) zuständig für Europa, Naher Osten, Zentralasien	127.321	/15



5. Für die vielen Apfel-Läden in verschiedenen Ländern möchte die Firma die ihr zugeteilten IP-Adressen **212.21.48.0/22** passend aufteilen. In der Tabelle sind die jeweils nötigen öffentlichen Adressen angegeben. Können alle Länder mit der gewünschten Anzahl versorgt werden?

USA	500	
Belgien	3	
Japan	120	
Deutschland	32	
England	18	
Frankreich	6	
Argentinien	2	
Russland	251	
Chile	7	
Australien	5	

6. Ein Provider möchte die IP-Adressen seiner DSL-Anschlüsse (**59.84.0.0/14**) den jeweiligen Bundesländern zuordnen, so dass Nutzer aus Bayern effektiv von Youtube geblockt werden können und keine Filme aus Hamburg mehr sehen können.

Hessen	40.654	65.536	2	59.86.0.0 - 59.86.255.255
Hamburg	4.063	4.096	5	59.87.192.0 - 59.87.207.255
Thüringen	32.354	32.768	3	59.87.0.0 - 59.87.127.255
Berlin	3.781	4.096	6	59.87.208.0 - 59.87.223.255
Bremen	9.653	16.384	4	59.87.128.0 - 59.87.191.255
Bayern	79.478	131.072	1	59.0101 01 00.0.0 - 59.85.255.255

## 3. IP-Routing

### 3.1 Überblick über das IP-Routing

Beim Routing handelt es sich um den Prozess der Auswahl eines Pfades zum Senden von IP-Paketen. Das Routing erfolgt beim TCP/IP-Host, wenn dieser IP-Pakete sendet und tritt erneut bei jedem IP-Router unterwegs auf. Ein Router ist ein Gerät zum Weiterleiten von Paketen zwischen physisch getrennten Netzwerken.

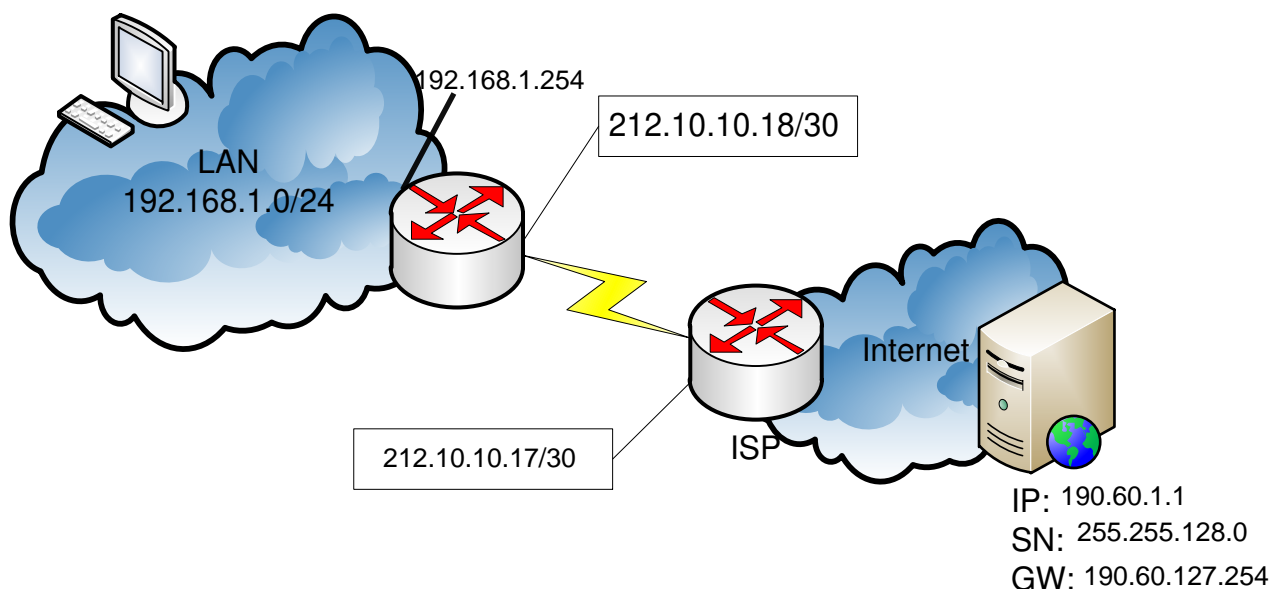
Dabei muss sowohl für den sendenden Host als auch für jeden Router entschieden werden, an welches Ziel das Paket weitergeleitet wird. Mit Hilfe der IP-Schicht werden Routingentscheidungen über eine gespeicherte Routing-Tabelle getroffen. Eine solche Routing-Tabelle enthält Einträge mit den IP-Adressen von Router-Schnittstellen zu anderen Netzwerken, mit denen eine Kommunikation stattfinden kann. Standardmäßig kann ein Router Pakete lediglich an Netzwerke senden, mit denen er über eine konfigurierte Schnittstelle verbunden ist.

- ☞ Beim Kommunikationsversuch eines Hosts mit einem anderen Host wird zunächst durch IP bestimmt, ob sich der Ziel-Host in einem lokalen oder in einem Remote-Netzwerk befindet.
- ☞ Befindet sich der Host in einem Remote-Netzwerk, wird als nächstes mit Hilfe von IP in der Routing-Tabelle nach einer Route zum Remote-Host bzw. – Netzwerk gesucht.
- ☞ Kann keine explizite Route gefunden werden, verwendet IP die eigene Standard-Gateway-Adresse zur Paketübermittlung an den ersten Router (Default-Gateway).
- ☞ Beim Router wird dessen Routing-Tabelle nach einem Next-Hop zum Remote-Host bzw. –Netzwerk durchsucht. Der Router sucht den besten Weg zum Zielnetz aus. Kann kein spezifischer Pfad gefunden werden, wird das Paket an die Standard-Gateway-Adresse (Default-Route) des Routers gesendet.

IP: 192.168.1.1

SN: 255.255.255.0

GW: 192.168.1.254



Nachdem die Routen gefunden wurden, wird das Paket an den nächsten Router, den sogenannten „Hop“ (Abschnitt) gesendet und schließlich an den Ziel-Host übermittelt. Kann eine Route nicht gefunden werden, wird das Paket ohne Fehlermeldung an den Quell-Host verworfen.

Auf welche Weise Router die Routing-Informationen erhalten, hängt davon ab, ob durch den Router statisches oder dynamisches IP-Routing eingesetzt wird. Bei statischen Routern müssen die Routing-Tabellen manuell erstellt und aktualisiert werden. Wenn sich eine Route ändert, geben statische Router diese Informationen weder an andere statische Router weiter, noch werden Routen mit dynamischen Routern ausgetauscht.

### 3.2 Dynamisches Routing

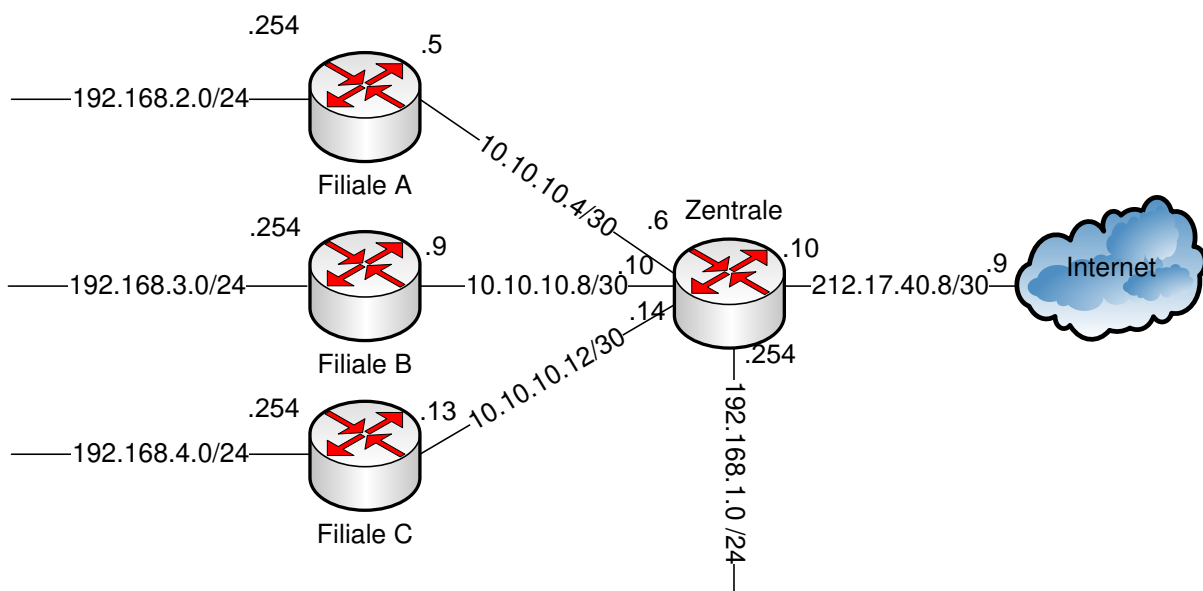
Beim dynamischen Routing handelt es sich um eine Funktion von Routing-Protokollen, z. B. RIP (Routing Information Protocol) oder OSPF. Routing-Protokolle tauschen regelmäßig Routen zu bekannten Netzwerken zwischen dynamischen Routern aus. Ändert sich eine Route, werden die anderen Router automatisch benachrichtigt. Die Funktionsweise von Routingprotokollen werden wir in der 12. Klasse genauer betrachten.

### 3.3 Statisches Routing

Um IP-Pakete an andere Netzwerke weiterzuleiten, müssen alle Router mit statischen Routen konfiguriert werden. Dazu werden der Routing-Tabelle der einzelnen Router entweder ein Eintrag für jedes Netzwerk im Netzwerkverbund oder eine Default-Route (Standard-Gateway-Adresse der lokalen Schnittstelle eines anderen Routers) hinzu.

Die folgende Abbildung soll diesen Sachverhalt verdeutlichen:

#### Netzplan der Filialen GmbH



Der Router trägt die direkt eingeschlossenen Routen automatisch in seine Routing-Tabelle ein.

Typ "C" = connected

Typ "S" = statisch

Typ "S\*" = default

In einem Netzwerkverbund mit mindestens einem statischen Router müssen für jeden Router zu allen bekannten Netzwerken statische Routing-Tabelleneinträge konfiguriert werden:

Wir konfigurieren zunächst den Router in der Zentrale:

Routingtabelle Router Zentrale			
Typ	Netz-ID	Subnetmaske	Gateway/Next-Hop
C	10.10.10.4	255.255.255.252	S0
C	10.10.10.6	255.255.255.252	S1
C	10.10.10.12	255.255.255.252	S2
C	192.168.1.0	255.255.255.0	Eth0
C	212.17.40.8	255.255.255.252	S3
S	192.168.2.0	255.255.255.0	10.10.10.5
S	192.168.3.0	255.255.255.0	10.10.10.9
S	192.168.4.0	255.255.255.0	10.10.10.13
S*	0.0.0.0	0.0.0.0	212.17.40.9

Es folgen nun die Routingtabellen für die Router in den Filialen:

Routingtabelle Router Filiale A			
Typ	Netz-ID	Subnetmaske	Gateway/Next-Hop
C	192.168.2.0	255.255.255.0	S0
C	10.10.10.4	255.255.255.252	S1
S*	0.0.0.0	0.0.0.0	10.10.10.6

Routingtabelle Router Filiale B			
Typ	Netz-ID	Subnetmaske	Gateway/Next-Hop
C	192.168.3.0	255.255.255.0	S0
C	10.10.10.8	255.255.255.252	S1
S*	0.0.0.0	0.0.0.0	10.10.10.10

Routingtabelle Router Filiale C			
Typ	Netz-ID	Subnetmaske	Gateway/Next-Hop
C	192.168.4.0	255.255.255.0	S0
C	10.10.10.12	255.255.255.252	S1
S*	0.0.0.0	0.0.0.0	10.10.10.14

### 3.4 Der Befehl ROUTE:

```
H:\>route /?
```

Ändert die Netzwerkroutingtabellen.

```
ROUTE [-f] [-p] command [destination] [MASK netmask] [gateway]  
[METRIC metric] [IF interface]
```

- f Löscht alle Gatewayeinträge in Routingtabellen. Wird dieser Parameter mit einem der Befehle verwendet, werden die Tabellen vor der Befehlsausführung gelöscht.
- p Wird der Parameter mit dem "ADD"-Befehl verwendet, wird eine Route unabhängig von Neustarts des Systems verwendet. Standardmäßig ist diese Funktion deaktiviert, wenn das System neu gestartet wird. Dies wird für alle anderen Befehle ignoriert, die beständige Routen beeinflussen.

Befehl Auswahlmöglichkeiten:

PRINT	Druckt eine Route.
ADD	Fügt eine Route hinzu.
DELETE	Löscht eine Route.
CHANGE	Ändert eine bestehende Route.

**Beispiel** `route add 192.168.2.0 MASK 255.255.255.0 10.10.10.6`

### 3.5 Das Dienstprogramm TRACERT

Mit dem Dienstprogramm TRACERT wird die Route überprüft, die für ein Paket zum Erreichen seines Ziels verwendet wird. Dadurch kann herausgefunden werden, ob das Routing über einen Router ordnungsgemäß funktioniert. Ist der Befehl nicht erfolgreich, kann man feststellen, an welcher Stelle das Routing fehlgeschlagen ist und so auf mögliche Probleme mit den Router- oder WAN-Verknüpfungen aufmerksam werden.

Der folgende Befehl zeigt beispielsweise den vom lokalen Host zum Ziel-Host [www.barack-obama.com](http://www.barack-obama.com) verwendeten Pfad an:

```
H:\>tracert www.barackobama.com
```

Routenverfolgung zu g2.panthercdn.com [66.114.52.18] über maximal 30 Abschnitte:

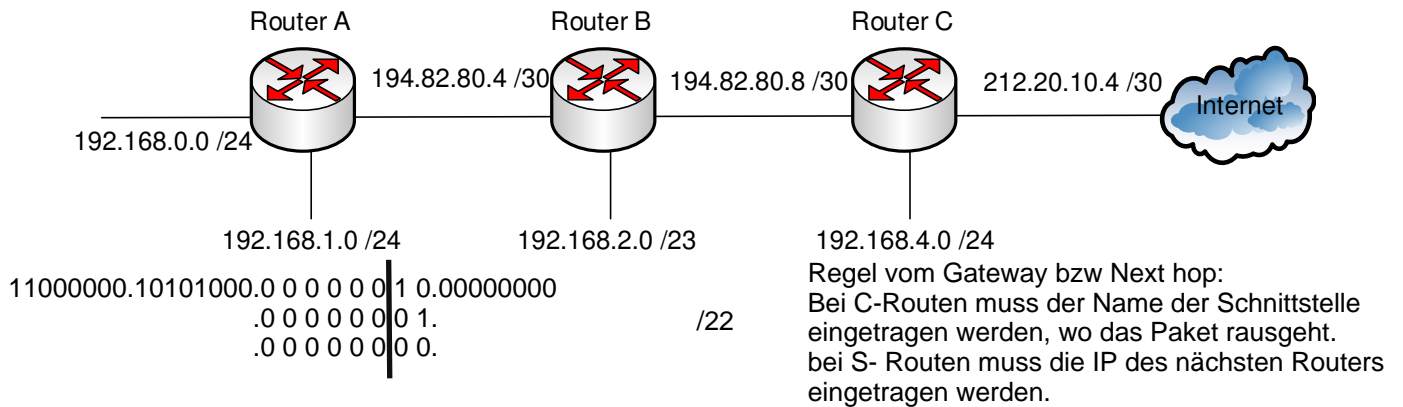
1	<1 ms	<1 ms	10 ms	kbbz-router.kbbz.ads [10.1.0.254]
2	57 ms	65 ms	60 ms	217.5.98.185
3	163 ms	152 ms	158 ms	217.5.100.238
4	124 ms	124 ms	123 ms	62.154.32.230
5	339 ms	217 ms	220 ms	so-7-1.car2.Hamburg1.Level3.net [4.68.127.241]
6	112 ms	115 ms	120 ms	ae-11-11.car1.Hamburg1.Level3.net [4.69.133.177]
7	186 ms	202 ms	181 ms	ae-4-4.ebr1.Dusseldorf1.Level3.net [4.69.133.182]
8	217 ms	197 ms	175 ms	ae-2-2.ebr2.Frankfurt1.Level3.net [4.69.132.138]
9	305 ms	302 ms	303 ms	ae-10-10.ebr2.Washington1.Level3.net [4.69.141.110]
10	295 ms	*	232 ms	ae-72-72.csw2.Washington1.Level3.net [4.69.134.150]
11	161 ms	177 ms	195 ms	ae-23-79.car3.Washington1.Level3.net [4.68.17.69]
12	297 ms	200 ms	249 ms	BANDCON.car3.Washington1.Level3.net [4.79.169.30]
13	240 ms	230 ms	237 ms	209.234.254.162
14	169 ms	204 ms	198 ms	iad-agg-n8.panthercdn.com [66.114.52.18]

Ablaufverfolgung beendet.

### 3.6 Übungsaufgaben

### Aufgabe 1:

Die Industrie AG verfügt über die folgende Netzwerktopologie:



- Ergänzen Sie die IP-Adressen für die einzelnen Router-Schnittstellen!
- Welche Routingtabelle ergibt sich für den Router A?

Typ	Netz-ID	Subnetzmaske	Gateway/Next-Hop
C	192.168.0.0	255.255.255.0	
C	192.168.1.0	255.255.255.0	
C	194.82.80.4	255.255.255.252	
S*			

- c) Welche Routingtabelle ergibt sich für den Router B?

[illegible]

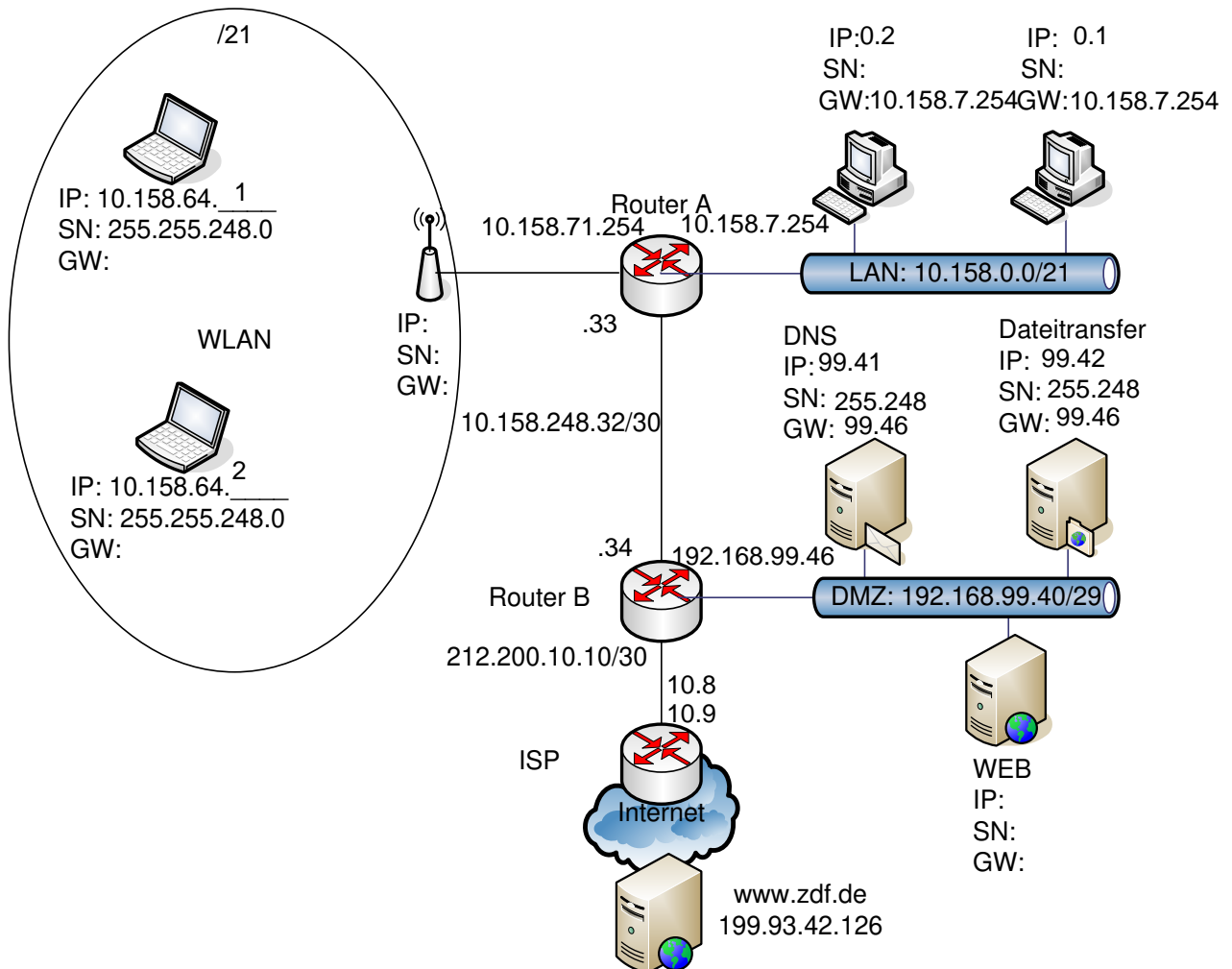
- d) Welche Routingtabelle ergibt sich für den Router C?

[illegible]

## Aufgabe 2:

### Situation.

Im LRZ München finden Sie die folgende Topologie vor:



### Aufgaben:

1. Wie viele Clients können im LAN, in der DMZ und im WLAN adressiert werden? Begründen Sie Ihre Aussage, in dem Sie die folgende Tabelle ergänzen:

Netz	Netz-ID	Hostbereich	Broadcast	Begründung
LAN	10.158.0.0/21	0.1 - 7.254	10.15.7.255	
WLAN	10.158.64.0	64.1 - 71.254	10.158.71.255	
DMZ	192.168.99.40	99.41 - 99.46	192.168.99.47	



2. Vergeben Sie sinnvolle IP-Adressen im LAN, in der DMZ und im WLAN. Die Router-schnittstelle soll jeweils die letzte IP im Subnetz erhalten.
3. Welche Routingtabelle ergibt sich für den Router A? (Bitte direkt angeschlossene Netze ergänzen!)

Netzwerk	Subnetmaske	Schnittstelle
C 10.158.64.0	255.255.248.0	links
C 10.158.0.0	255.255.248.0	rechts
C 10.158.248.32	255.255.255.252	unten
S* 0.0.0.0	0.0.0.0	10.158.248.34
S 192.168.99.40	255.255.255.248	10.158.248.34

4. Welche Routingtabelle ergibt sich für den Router B? (Bitte direkt angeschlossene Netze ergänzen!)

Netzwerk	Subnetmaske	Schnittstelle
C 212.200.10.8	255.255.255.252	unten
C 192.168.99.40	255.255.255.248	rechts
C 10.158.248.32	255.255.255.252	oben
S 10.158.64.0	255.255.248.0	10.158.248.33
S* 0.0.0.0	0.0.0.0	212.200.10.9

5. Macht die Einrichtung eines Routingprotokolls wie RIP oder OSPF in einem solchen Netzwerk Sinn? Begründen Sie Ihre Aussage!

---



---



---



---

6. Warum kann im Internet kein statisches Routing mehr verwendet werden? Begründen Sie Ihre Aussage!

standart route regelt habibi

---



---



---



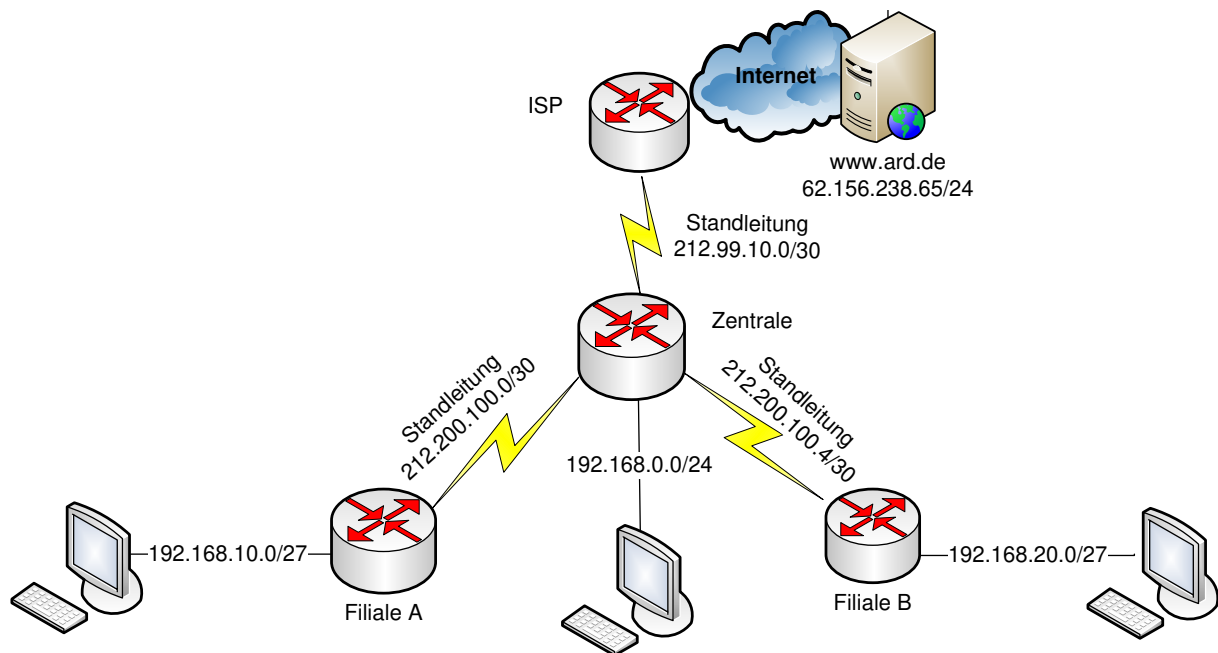
---

7. Bilden Sie die obige Topologie im Packet Tracer ab!

- Sorgen Sie dabei für eine grundlegende Sicherheit im Wireless LAN!
- Vergeben Sie die entsprechenden IP-Adressen für die Router und die Clients.
- Richten Sie das Routing ein!

### Aufgabe 3:

In einem Unternehmen mit einer Zentrale und zwei Filialen finden Sie die folgende Netzwerkstruktur vor:



- Vergeben Sie den Routern sinnvolle IP-Adressen!
- Welche Routingtabelle ergibt sich für den Router in der Zentrale?



- Welche Routingtabelle ergibt sich für den Router in der Filiale A?



- Könnte in diesem Netzwerk auch das Routingprotokoll RIP zum Einsatz kommen? Begründen Sie Ihre Aussage!

---



---



---



---