

Matura

NWES-SESD

Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt Anichstraße

Abteilung für Wirtschaftsingenieure/Betriebsinformatik

Ausgeführt im Schuljahr 2024 von:
Gwercher

Inhaltsverzeichnis

I 4BHWII	1
1 IPv4 (Internet Protocol Version 4):	2
2 Netzwerke im Alltag und Grundbegriffe	4
2.1 Referenzmodell (OSI und TCP/IP)	6
2.1.1 Layer 1 (Physical)	8
2.1.2 Layer 2 (Data Link)	10
2.1.3 Layer 3 (Network)	14
2.1.4 Layer 4 (Transport)	18
2.1.5 Layer 5, 6, 7 (Session, Presentation, Application)	22
2.2 VLANs	26
II 5BHWII	29
3 Routing	30
4 Aufbau des Internets	33
5 IPv6	34
6 WLAN (Wireless Local Area Network)	38
6.1 Wifi (802.11)	39
7 Network Security	44
7.1 Firewall	45
7.2 IDS & IPS	46
7.3 Honeypot	46
7.4 VPN	47
7.5 ESA (Email Security Appliance) & WSA (Web Security Appliance)	47
7.6 IPsec	48
8 Hashfunktionen	49
I Quellcodeverzeichnis	III

Teil I

4BHWII

1 IPv4 (Internet Protocol Version 4):

Eine IPv4-Adresse ist eine 32-Bit Zahl. Es gibt also $2^{32} \approx 4,3$ Milliarden IPv4-Adressen.

Bsp:

11000000	10101000	00001010	00001010
192	168	10	10
→ 192.168.10.10			

Schreibweise:

Die IPv4-Adresse wird in Dotted Decimal Notation geschrieben. Die IP-Adresse wird in 8-Bit Blöcke (Oktetten) geteilt, dezimal übersetzt und durch Punkte getrennt.

Verwendung

Jedes Gerät soll durch eine Adresse (IP-Adresse) eindeutig identifiziert werden. Zusätzlich sollten auch Gruppen (Netze) von Computern erstellt werden (mit Subnetzmasken). Ein Gerät mit IP-Adresse nennt man Host.

Subnetmask

Ist eine 32-Bit Zahl, die in Dotted Decimal Notation beschrieben wird. Es kommen zuerst alles Einsen und nach der ersten Null nur noch Nullen.

Typische Subnetmasken:

	Präfix	Hosts
255.0.0.0	8	$2^{24} - 2 = 16.777.214$
255.255.0.0	16	$2^{16} - 2 = 65.534$
255.255.255.0	24	$2^8 - 2 = 254$

Bsp:

Telefonnummer	IP-Adresse	
+43 664 123456	172.16.	20.25
Netz	einzigartig	255.255. 0.0
		Netzteil Hostteil

Die Subnetzmaske trennt die IP-Adresse in Netzteil und Hostteil. IP-Adresse und Subnetzmaske gehören immer zusammen.

1) 2 IP-Adressen im gleichen Netz

10.10.226.120 / 24

10.10.226.80 / 24

2) 2 IP-Adressen nicht im gleichen Netz

11.40.30.124 / 24

14.8.50.100 / 24

3) Anzahl der Hosts

$2^8 - 2$ 10.10.226.0 (Netzadresse)

10.10.226.255 (Broadcastadresse)

192.168.20.100 / 8

Netz: 192.0.0.0

Broad: 192.255.255.255

2 Netzwerke im Alltag und Grundbegriffe

Netzwerk Komponenten

- Endgeräte (PC, Handy, Uhr, TV, Server,...)
- Intermediary Devices (Router, Repeater, Switch, Hub, Access Point)
- Übertragungsmedien (Drahtlos, Kupfer, Glasfaser)

Host-Aufgaben

- Client-Server-Modell
- Peer-to-Peer Modell
 - + Komplexität
 - + Leichter zum Aufsetzen
 - Security
 - Erweiterbarkeit

Netzwerk Dokumentation

- Physische Topologie (Räume, ...)
- Logische Topologie (Netze, ...)

Netzwerke nach Größe

- SOHO ... small office home office
- LAN ... local area network
- MAN ... metropolitan area network
- WAN ... wide area network
- Internet

Netzwerke nach Funktion

- SAN ... storage area network
- Intranet, Extranet

Internetzugang

- Kabel (Glasfaser)
- DSL / Dial Up
- Mobilfunknetz
- Satellit

Trends

- Video / Streaming
- Cloud
- Drahtlos (5G)
- BYOD (bring your own device)
- Online Collaboration
- Powerline Method

Netzwerkarchitektur

- Quality of Service QoS
- Erweiterbarkeit
- Security
- Fehlertoleranz

Security

- Ransomware
- DoS / DDoS
- Virus, Wurm, Trojaner
- Social Engineering
- Zero-Day-Attack

2.1 Referenzmodell (OSI und TCP/IP)

OSI		Protokolle	TCP/IP
7	Application Layer	HTTPS, FTP, Telnet, SSH	Application Layer
6	Presentation Layer	POP, SMTP, IMAP	
5	Session Layer	DHCP, NTP, DNS	
4	Transport Layer	TCP, UDP	
3	Netzwerk Layer	IP, ICMP; OSPF, BGP, RIP	
2	Data Link Layer	Wifi, Ethernet, ARP	
1	Physical Layer		Network Access Layer

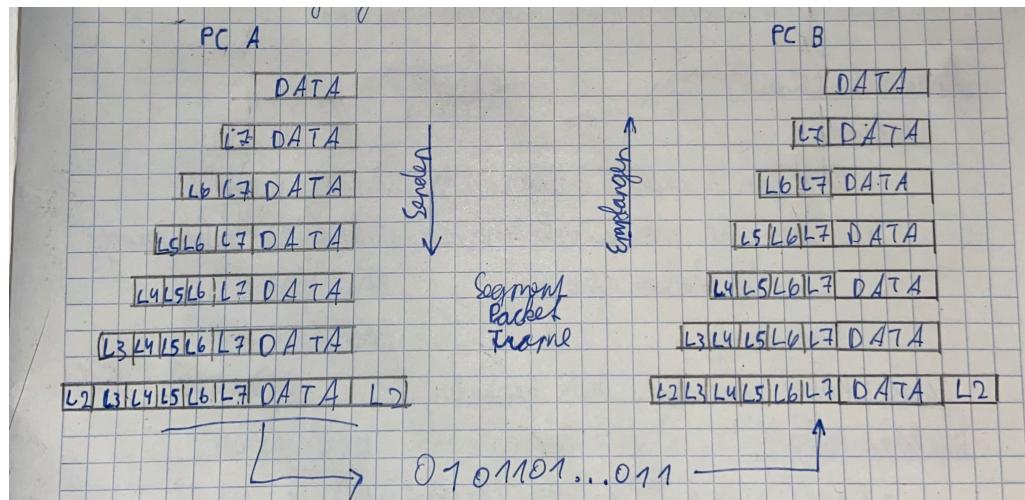


Abbildung 2.1: OSI-Modell Datenübertragung

Layer 1 (Physical): Bits übertragen

Layer 2 (Data Link): Lokale Adressierung, Fehlererkennung

Layer 3 (Network): Globale Adressierung, Routing

Layer 4 (Transport): Datenpaketazuordnung, Segmentierung, Datenfluss steuern

Layer 5 (Session): Session Verwalten, Verschlüsselung

Layer 6 (Presentation): Darstellung der Daten

Layer 7 (Application): Funktionen für die Application

Cisco CLI

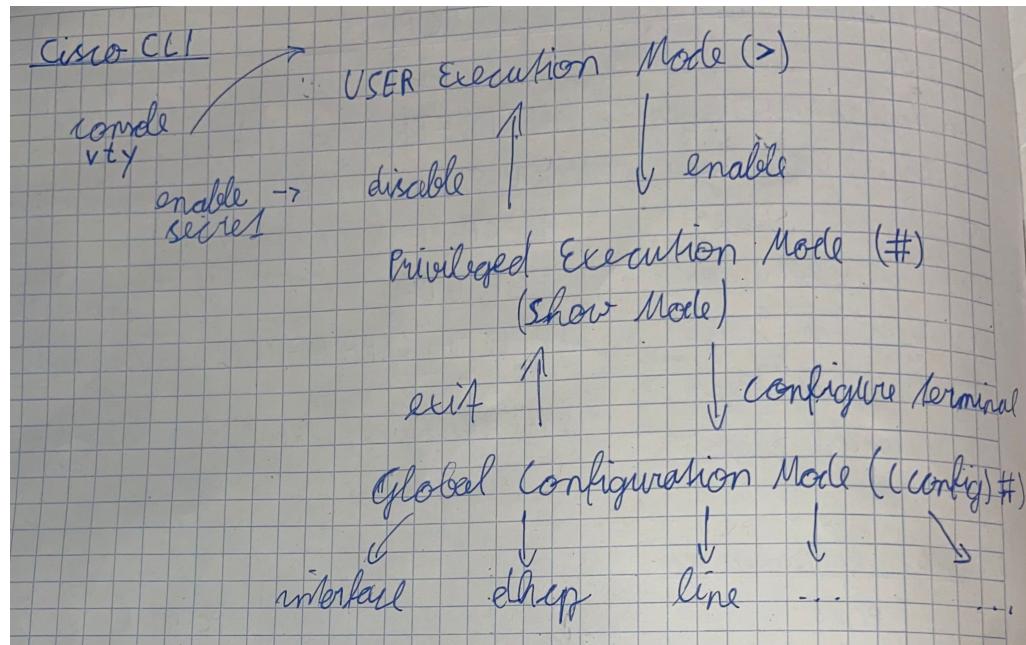


Abbildung 2.2: Cisco CLI

2.1.1 Layer 1 (Physical)

Aufgaben

- Bits von A nach B bringen
- elektrische, mechanische oder andere physische Verbindung zwischen zwei Geräten
- Kodierung

Geräte: Kabel, Antenne, Hub, Repeater,...

Wichtige Begriffe

- Bandbreite (bits/s → theoretisch)
- Durchsatz (bits/s → praktisch)
- Latenz (Dauer der Daten von A bis B in ms)

Typische Medien

- Kupferkabel (Twisted-Pair-Kabel)
 - + Günstig
 - + einfache Handhabung
 - ≈ Distanz (ca 100m)
 - ≈ Geschwindigkeit
 - Interferenzen (Störungen)

Straight Through (beide Enden gleich)

Crossover (verschiedene Enden)

(durch Auto MDIX werden Enden automatisch konfiguriert)

- Koaxialkabel
- Glasfaserkabel

Arten: Single-Mode (Senden Laser, Reichweite 1-10km)
Multi-Mode (Senden LED, Reichweite ca 600m)

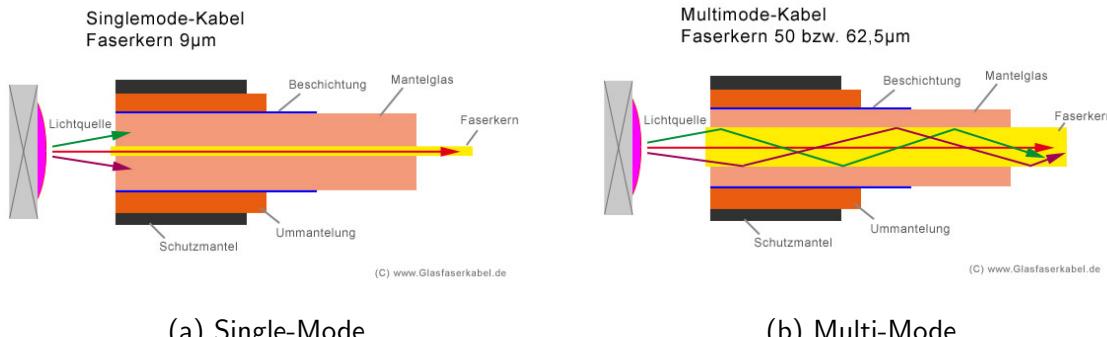


Abbildung 2.3: Glasfaserkabelarten

- | | |
|--|-------------------------|
| + Speed
+ Reichweite
+ Störungen | - Teuer
- Handhabung |
|--|-------------------------|
- Drahtlos
 - Übertragung: elektromagnetische Wellen über Luft
 - + Flexibel - Störungen
 - Shared Medium
 - Reichweite (ca 100m), Hindernisse
 - Security

2.1.2 Layer 2 (Data Link)

Aufgaben

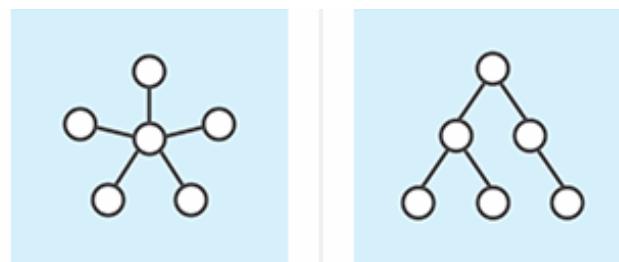
- lokale Adressierung
- Fehlererkennung
- Zugang zum Medium herstellen
- Kommunikation mit Layer 3

Geräte: Netzwerkkarte, Switch, Bridge,...

Standards: Wifi (802.11), Ethernet (802.2, 802.3)

Topologie

- Sterntopologie
- Baumtopologie
- Punkt-zu-Punkt



<p>Stern Verfügt über ein zentrales Gerät, das Daten an andere Knoten im System überträgt.</p>	<p>Baum Verbindet Geräte in einer Struktur, die einem Baum ähnelt, bei dem übergeordnete Knoten mit untergeordneten Knoten verbunden sind.</p>
--	--

Abbildung 2.4: Baum- und Stern Topologie

Ethernet



Abbildung 2.5: Ethernet Frame

MAC-Adresse

Die MAC-Adresse ist eine 48-Bit Zahl und wird in hexadecimal dargestellt.

Bsp:

Hersteller für den Hersteller einzigartig
DC F5 05 |17 9A 69

Jede Netzwerkkarte besitzt eine weltweit einzigartige (theoretisch) MAC-Adresse.

Type

Kodierung für Layer 3
0x800 → IP
0x806 → ARP

Fehlerkennung

Frame Checksum (CRC)
Polynomdivision mit einem Polynom von Grad 32

Funktion eines Switches

Der Switch baut mit der Source-MAC seine MAC-Tabelle auf. Dort steht zu jeder MAC-Adresse der passende Port. Falls die MAC-Adresse schon eingetragen ist, wird ein Timer aktualisiert. Sollte es noch keinen Eintrag geben wird er hinzugefügt und bleibt dort eine gewisse Zeit (5 Minuten) bevor er gelöscht wird. Der Switch vergleicht die Destination-MAC mit seiner MAC-Tabelle. Falls der Switch keinen Eintrag findet sendet er an alle Ports (Flooding, Unknown Unicast). Sonst sendet er an den Port, wo er den Frame bekommen hat.

Layer 2 Broadcast Adresse: FF:FF:FF:FF:FF:FF

L2, L3 Adressierung

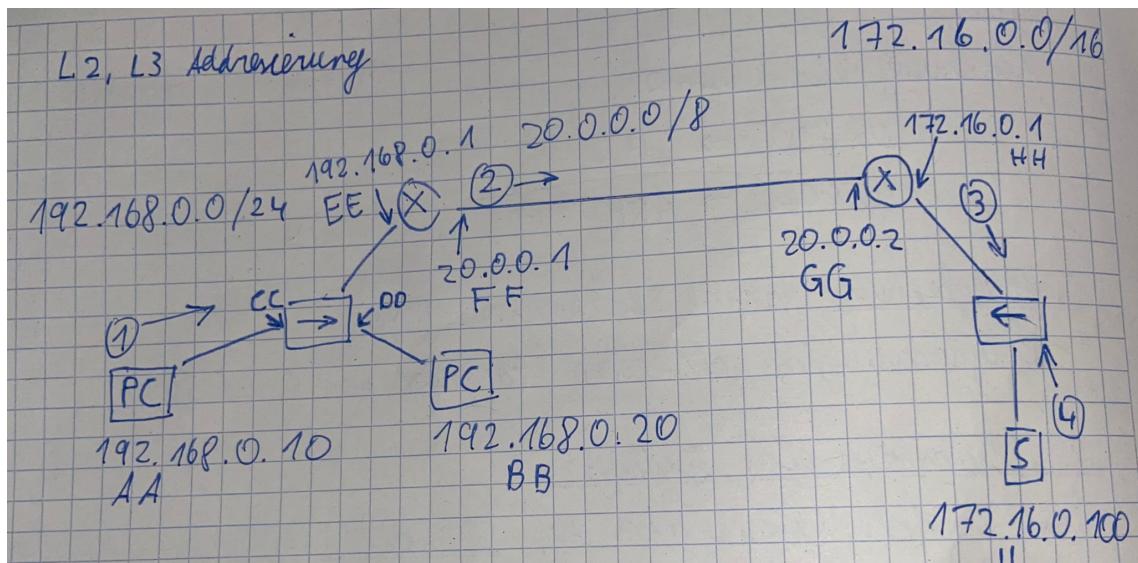


Abbildung 2.6: Layer 2 & 3 Adressierung

	Source MAC	Destination MAC	Source IP	Destination IP
1	AA	EE	192.168.0.10	172.16.0.100
2	FF	GG	192.168.0.10	172.16.0.100
3	HH	II	192.168.0.10	172.16.0.100
4	II	HH	172.16.0.100	192.168.0.10

ARP (Address Resolution Protocol)

Nutzt ein Host um zu einer gegebenen IP-Adresse die passende MAC-Adresse zu finden

ARP-Request (Broadcast)

Source MAC: eigene MAC-Adresse

Destination MAC: FF-FF-FF-FF-FF-FF

Type: 0x806 Danach ARP-Header (IP, MAC, Protokoll)

ARP-Reply Unicast (auch als Broadcast möglich)

Source MAC: eigene MAC-Adresse (gesucht)

Destination MAC: MAC-Adresse (Anfrage)

Type: 0x806

Danach ARP-Header

ARP-Cache

Die Einträge werden im ARP-Cache gespeichert (ca 5 min)

IP MAC Time

ARP-Spoofing

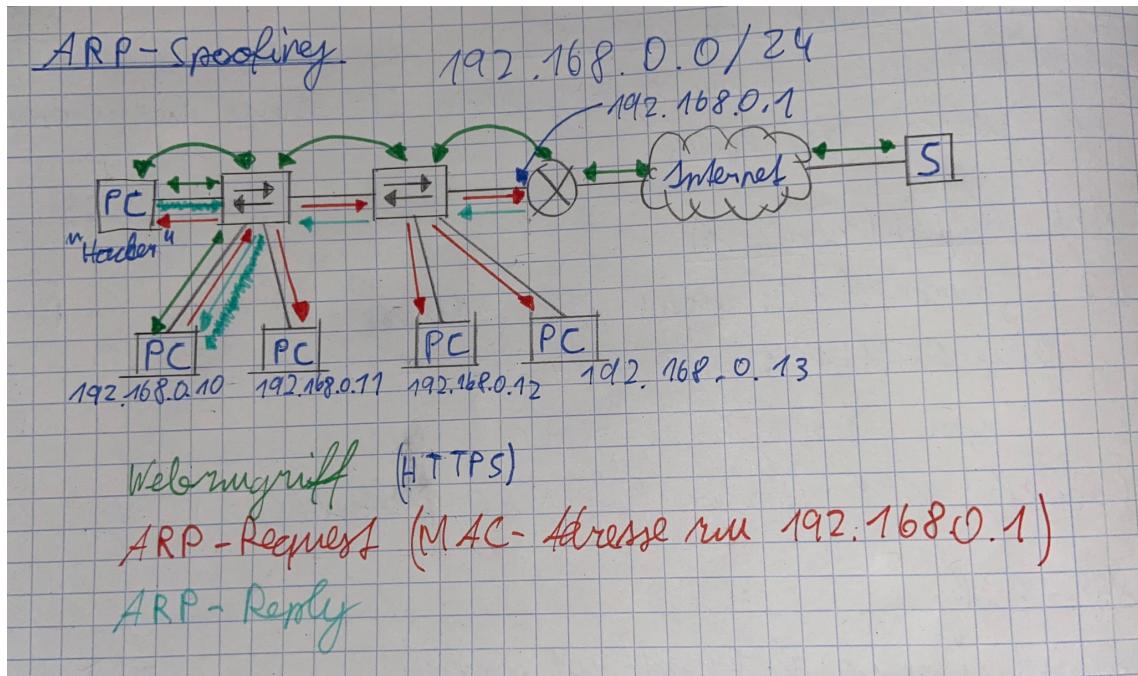


Abbildung 2.7: ARP-Spoofing

2.1.3 Layer 3 (Network)

Aufgaben

- Routing
- Globale Adressierung
- Kommunikation mit L2 & L4

Protokolle: IPv4, IPv6, ICMP, RIP, OSPF, EIGRP, IS-IS, BGP

IPv4

Eigenschaften von IP

- Verbindungslos
- Best Effort
- Medium unabhängig

IP-Header (8.2.2) Wichtige Felder: Source & Destination IP, Time-to-Live

Kommunikationsart

- Unicast (IP des Host)
- Multicast (224.0.0.0 - 239.255.255.255)
- Broadcast (letzte IP im Netz, 255.255.255.255)

Spezielle IP-Adressen

- 127.0.0.0 / 8 ... localhost
- 10.0.0.0 / 8
- 172.16.0.0 / 12
- 192.168.0.0 / 16 ... private IP-Adressen (NAT)
- 169.254.0.0 / 16 ... APIPA
- 192.0.2.0 / 24 ... Testnetz

Fazit: Zu wenig IPv4-Adressen!

Deshalb

- VLSM (variable length subnet mask)
- NAT

- IPv6

Classful Addressing (uralt)

Das erste Oktett bestimmt die Subnetzmaske (/8, /16, /24)

Klasse A	0-127	(0...)	/8
Klasse B	128-191	(10...)	/16
Klasse C	192-223	(110...)	/24
Klasse D	224-239	(1110...)	Multicast
Klasse E	240-255	(11110...)	für spätere Verwendung

Classless Addressing (veraltet!)

Die Subnetzmasken /8, /16, /24 können beliebig verwendet werden

CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

Es können beliebige Subnetzmasken (z.B. /25, /26, ...) verwendet werden. Alle Subnetze werden gleich groß.

VLSM (variable length subnet mask)

Alle Subnetzmasken können beliebig verwendet werden. Die Netzte dürfen sich nicht überschneiden.

Subnetzmasken

Präfix Notation	Dotted Decimal Notation	Hosts	Subnetz von /24
/25	255.255.255.128	$2^7 - 2 = 126$	2
/26	255.255.255.192	$2^6 - 2 = 62$	4
/27	255.255.255.224	$2^5 - 2 = 30$	8
/28	255.255.255.240	$2^4 - 2 = 14$	16
/29	255.255.255.248	$2^3 - 2 = 6$	32
/30	255.255.255.252	$2^2 - 2 = 2$	64
/31	255.255.255.254	$2^1 - 2 = 0$	für spezielle Anwendung
/20	255.255.240.0	$2^{12} - 2 = 4.094$	/

Bsp 1 (CIDR):

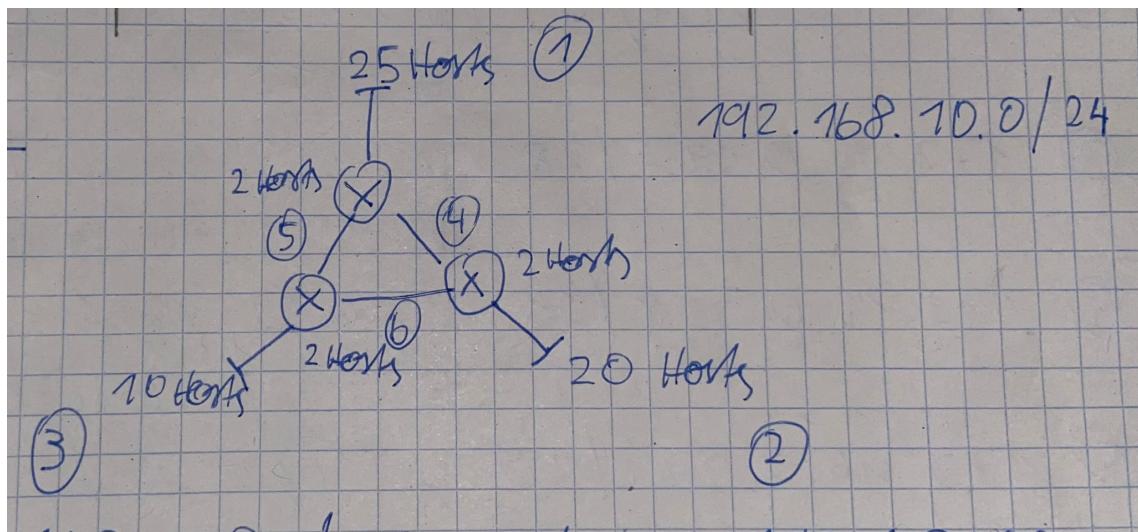


Abbildung 2.8: CIDR Beispiel

1	192.168.10.0 / 27	Netzadresse	192.168.100.0
		Broadcast	192.168.100.31
2	192.168.10.32 / 27	Netzadresse	192.168.100.32
		Broadcast	192.168.100.63
3	192.168.10.64 / 27	Netzadresse	192.168.100.64
		Broadcast	192.168.100.95
4	192.168.10.96 / 27	Netzadresse	192.168.100.96
		Broadcast	192.168.100.127
5	192.168.10.128 / 27	Netzadresse	192.168.100.128
		Broadcast	192.168.100.159
6	192.168.10.160 / 27	Netzadresse	192.168.100.160
		Broadcast	192.168.100.191

Bsp 2 (VLSM):

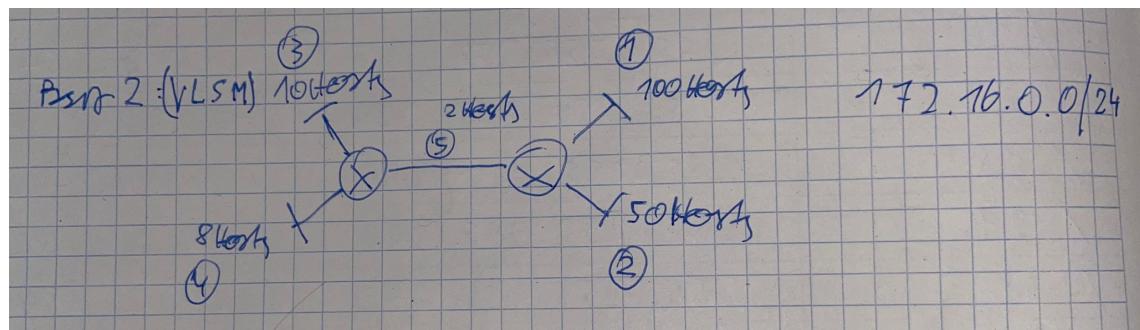


Abbildung 2.9: VLSM Beispiel

1	172.16.0.0 / 25	Netzadresse	172.16.0.0
		Broadcast	172.16.0.127
2	172.16.0.128 / 26	Netzadresse	172.16.0.128
		Broadcast	172.16.0.191
3	172.16.0.192 / 28	Netzadresse	172.16.0.192
		Broadcast	172.16.0.207
4	172.16.0.208 / 28	Netzadresse	172.16.0.208
		Broadcast	172.16.0.223
5	172.16.0.224 / 30	Netzadresse	172.16.0.224
		Broadcast	172.16.0.227

(PT: 10.4.3, 11.5.5, 11.9.3, 11.10.1)

2.1.4 Layer 4 (Transport)

Aufgaben

- Anwendungen identifizieren
- Segmentierung
- ev. Flusskontrolle, Verbindungsauflösung & abbau
- Kommunikation mit L3 & L5

Protokolle:

- TCP (Transmission Control Protocol)
- UDP (User Datagram Protocol)

TCP	UDP
Anwendungen identifizieren (Ports) Segmentierung Verbindungen auf- bzw abbauen Segmente ordnen wiederholtes Senden Flusskontrolle	Anwendungen identifizieren (Ports) Segmentierung

TCP: HTTP (80)/HTTPS (443), SMTP (25), POP (110), IMAP (143), Telnet (23), SSH (22), FTP (20/21),...
 UDP: DNS (53), DHCP (67/68), VoIP, Streaming,...

Ports

Der Port ist eine 16-Bit Zahl $\rightarrow 2^{16} = 65.536$

Der Port identifiziert die Anwendung, sowohl beim Server als auch beim Client.

Gruppe von Ports

Well-Known-Ports	0 - 1.023
Registered-Ports	1.024 - 49.151
Private Ports	49.152 - 65.535

L4-Adressierung

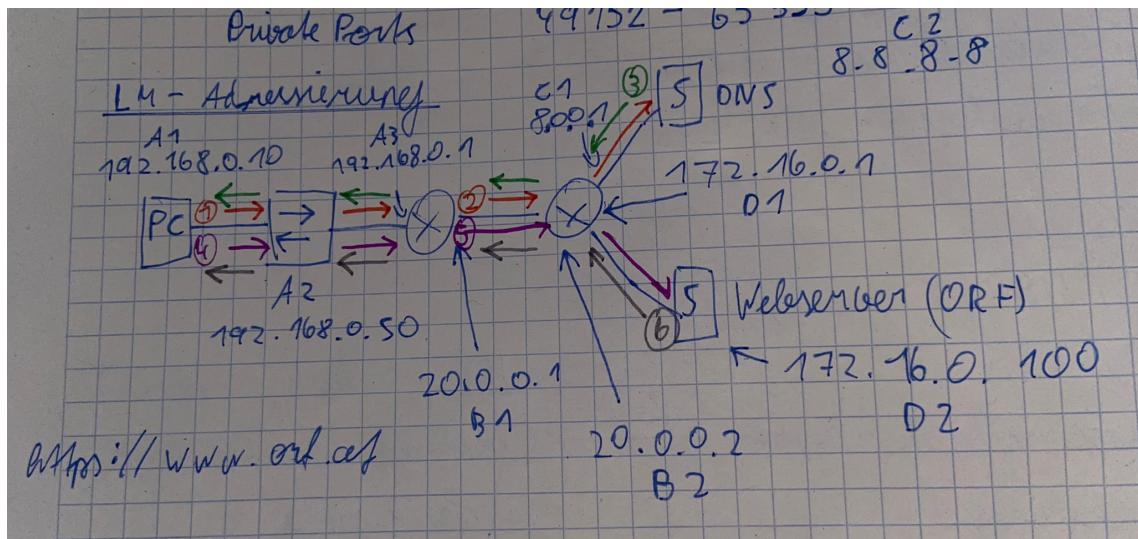


Abbildung 2.10: L4-Adressierung

	L2 (MAC)		L3 (IP)		L4 (Ports)	
	Source	Destination	Source	Destination	Source	Destination
1	A1	A3	192.168.0.10	8.8.8.8	53.722	53
2	B1	B2	192.168.0.10	8.8.8.8	53.722	53
3	C2	C1	8.8.8.8	192.168.0.10	53	53.722
4	A1	A3	192.168.0.10	172.16.0.100	60.112	443
5	B1	B2	192.168.0.10	172.16.0.100	60.112	443
6	D2	D1	172.16.0.100	192.168.0.10	443	60.112

TCP

Verbindungsaufbau: Drei-Wege-Handshake

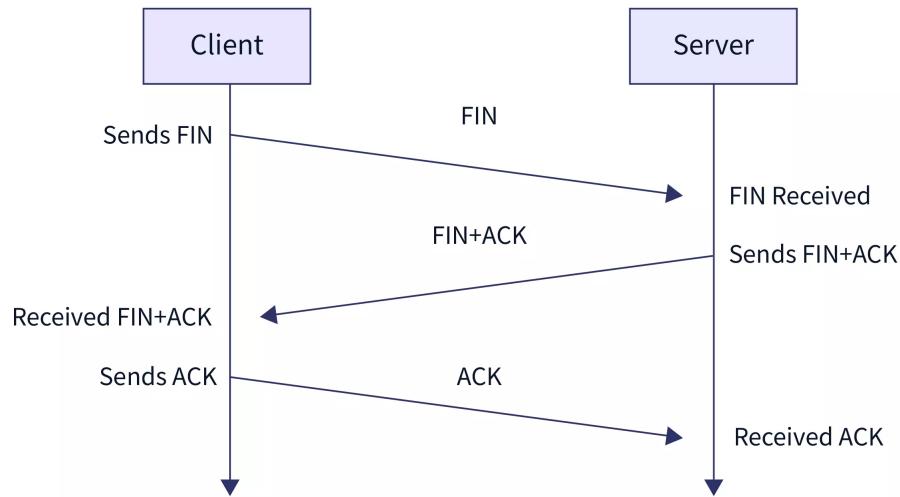


Abbildung 2.11: TCP 3-Way-Handshake

Verbindungsabbau: Zwei-Wege-Handshake

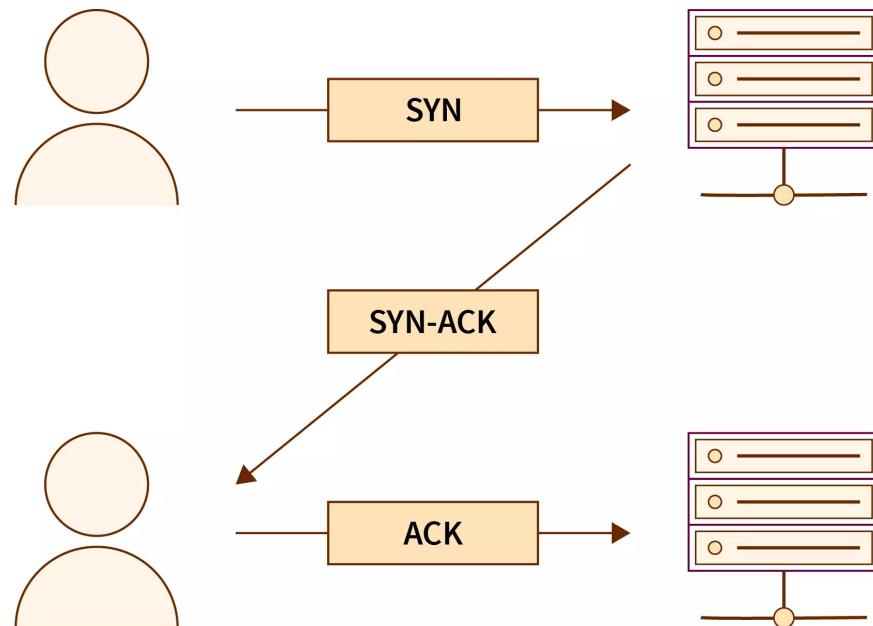


Abbildung 2.12: TCP 2-Way-Handshake

Segmentierung

Es wird eine SEQUENCENUMBER mitgeschickt. Diese gibt die Reihenfolge an. Der Client bestätigt die Segmente mit ACK-Segmenten. Die ACK-NUMBER gibt an, welches Segment als nächstes kommen soll.

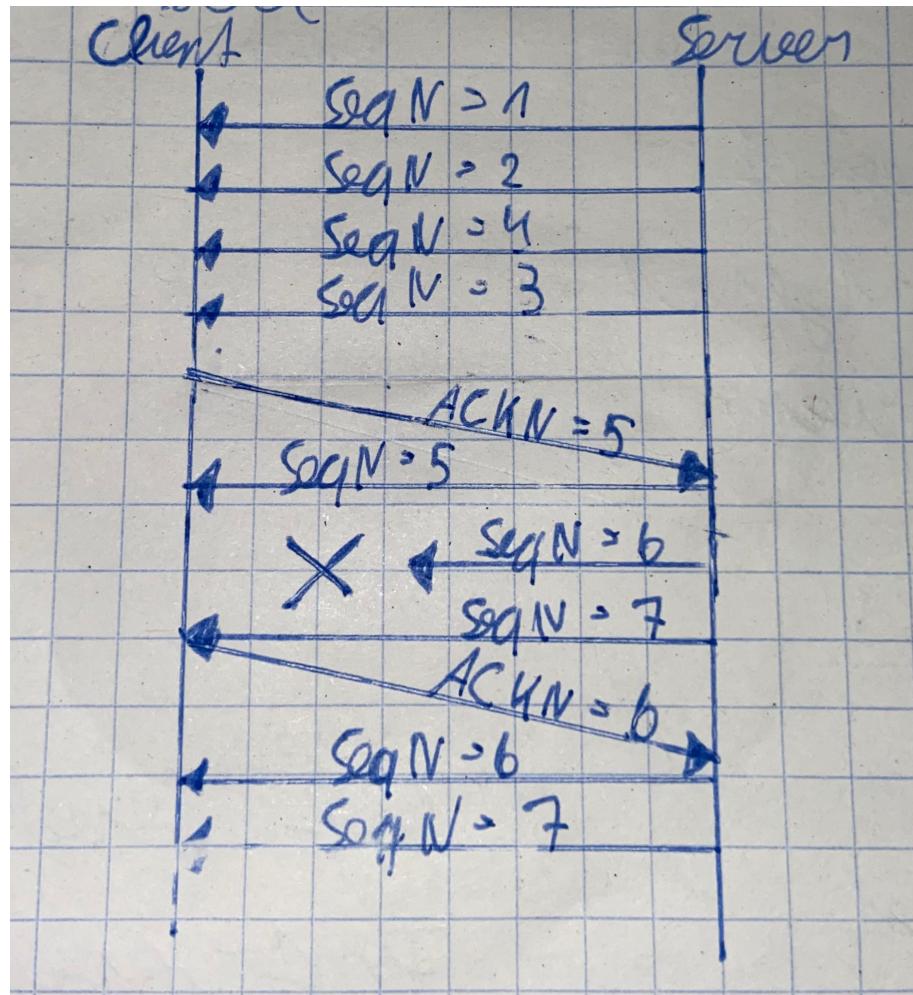


Abbildung 2.13: Layer 4 Segmentierung

Flow-Control

Die Window Size gibt an wann das nächste ACK-Segment erwartet wird.

2.1.5 Layer 5, 6, 7 (Session, Presentation, Application)

Aufgaben

- Session erstellen und halten
- Regelung der Session, Restart, Exchange, Idle
- Format und Präsentation der Daten
- Verschlüsselung und Komprimierung der Daten
- Anwendungsspezifische Informationen

Protokolle: HTTP/HTTPS, FTP, Telnet/SSH, DHCP, DNS, SMTP, POP, IMAP

DNS (Port 53, UDP)

Um zu einer Domain die passende IP-Adresse zu finden. Typische DNS-Server: 8.8.8.8

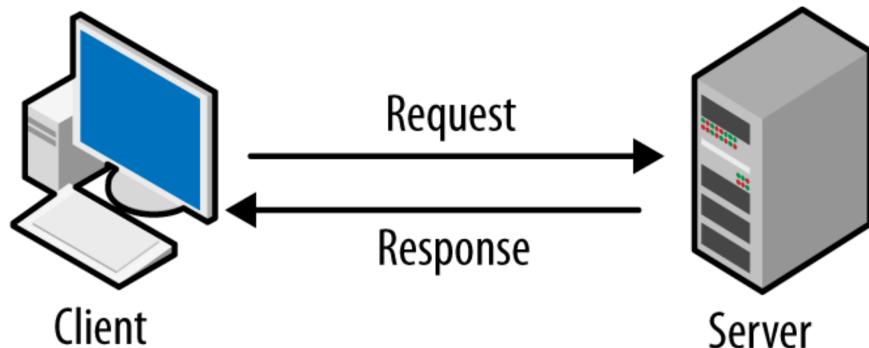


Abbildung 2.14: Request/Response Modell

Einträge

A ... IPv4-Endgerät AAAA ... IPv6-Endgerät MX ... Mail-Server

Hierarchisches DNS-Modell

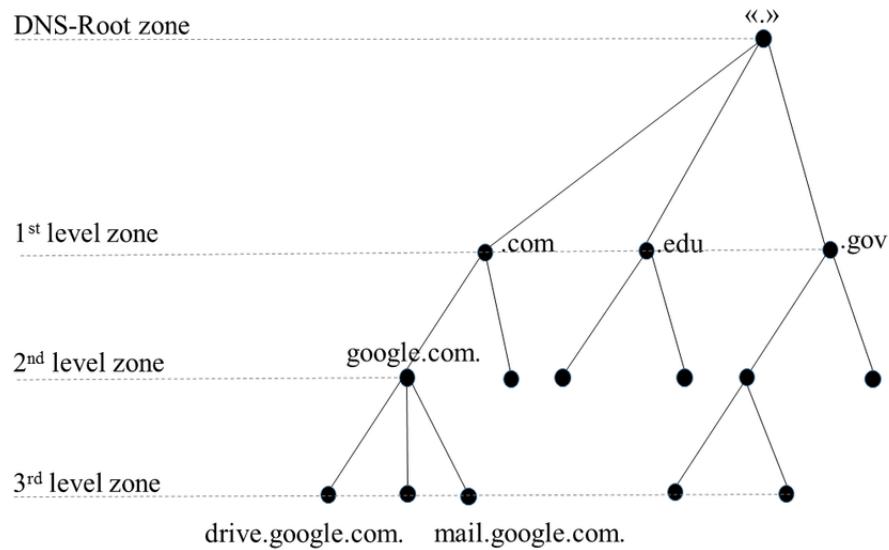


Abbildung 2.15: DNS-Hierarchie

Falls der DNS-Server keinen Eintrag findet, wird das Paket weitergeleitet. Der Client speichert die erhaltenen DNS-Einträge.

DHCP (Port 67/68, UDP)

Die Hosts erhalten dynamisch eine IP-Konfiguration (IP-Adresse, Subnetzmaske, Default Gateway, DNS-Server, Lease Time,...).

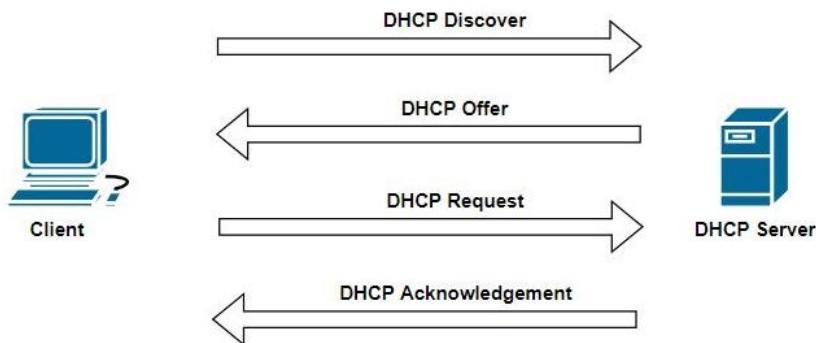


Abbildung 2.16: DHCP-Handshake

DHCP-Discover ... Broadcast

DHCP-Offer ... Unicast

DHCP-Request ... Broadcast

DHCP-ACK ... Unicast

Achtung: DHCP-Spoofing

HTTP/HTTPS (Port 80/443, TCP)

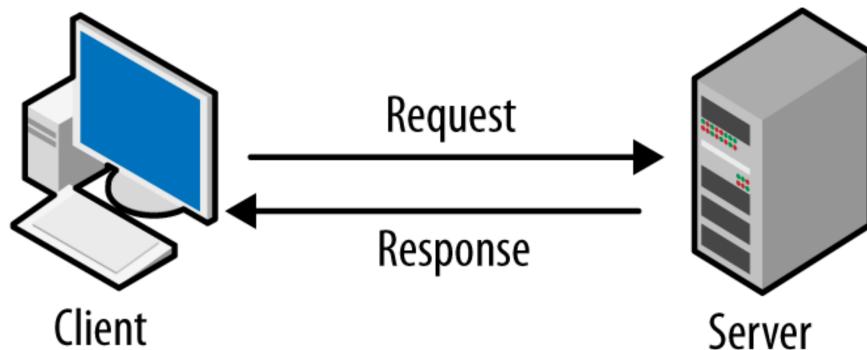


Abbildung 2.17: Request/Response Modell

URL:	https://	www.google.com/	index.html
	Protokoll	Domain IP-Adresse (DNS)	Ordnerstruktur, Datei

Befehle

Get, Post, Put, Delete,...

Bei HTTP ist alles im Klartext.

Bei HTTPS wird zusätzlich mit SSL/TLS verschlüsselt.

E-Mail

E-Mail-Adresse:	name	@	gmail.com
	Benutzername		Domain

SMTP (Port 25, TCP)

Senden von Emails. Wird zum Senden von Mails und dem Weiterleiten zum Zielserver benutzt. SMTP kann zusätzlich Feedback geben (z.B. Ziel nicht erreichbar,...).

POP (Port 110, TCP)

Empfangen von E-Mails. Man erhält vom Server das Original. Die Mail wird am Server gelöscht (Vorteil: Speicherplatz, Security).

IMAP (Port 143, TCP)

Empfangen von E-Mails. Man erhält vom Server eine Kopie. Das Original bleibt am Server gespeichert (Vorteil: Verbindung mit mehreren Geräten ist praktisch, Backup).

2.2 VLANs

Ein physisches Netz wird in mehrere logische Teilnetze (Layer 2) unterteilt.

Vorteile	Nachteile
Kosten	(Konfiguration)
Security	
Flusskontrolle	
Übersicht	
kleinere Broadcast-Domain	
Effizienz & Performance	

Arten von VLANs

- Daten VLANs
- Default VLAN (bei cisco 1)
- Voice VLAN
- Management VLAN
- Native VLAN (Frames ohne VLAN-Tag kommen in das Native VLAN, kann nur am Trunk passieren)

Access Ports transportieren nur ein VLAN.

Trunk Ports können viele VLANs transportieren.

Die VLAN-Namen werden zusätzlich im Header eingetragen (802.1q → Ethernet)

ACL

Je nach IP-Adresse (Standard) bzw. Port (Extended) wird ein Packet blockiert oder zugelassen.

Wildcardmask

Subnetzmaske: Teilt IP-Adresse in Netz- und Hostteil

1 ... Netzteil (relevant für das Netz)

0 ... Hostteil (irrelevant für das Netz)

→ unflexibel

Wildcardmaske '1' & '0' können beliebig gezählt werden

0 ... relevantes Bit der IP-Adresse

1 ... nicht relevantes Bit der IP-Adresse

255.255.255.255 any

0.0.0.0 host

Position der Wildcardmask

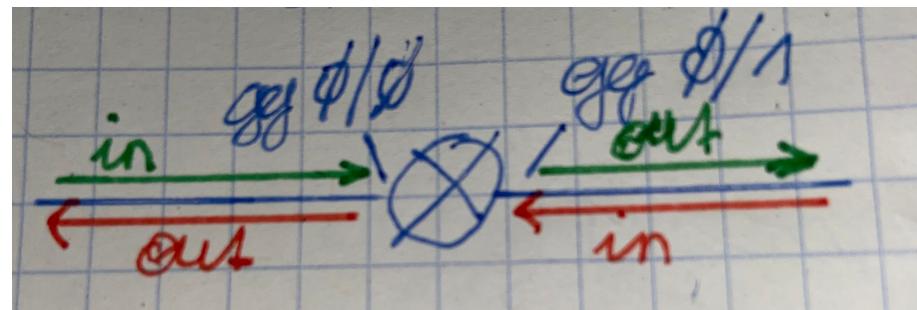


Abbildung 2.18: Position der Wildcardmask

Regeln bei Interfaces: eingehend & ausgehend

Achtung Die letzte Zeile in jeder ACL ist 'deny any'.

Static NAT (1:1 Mapping)

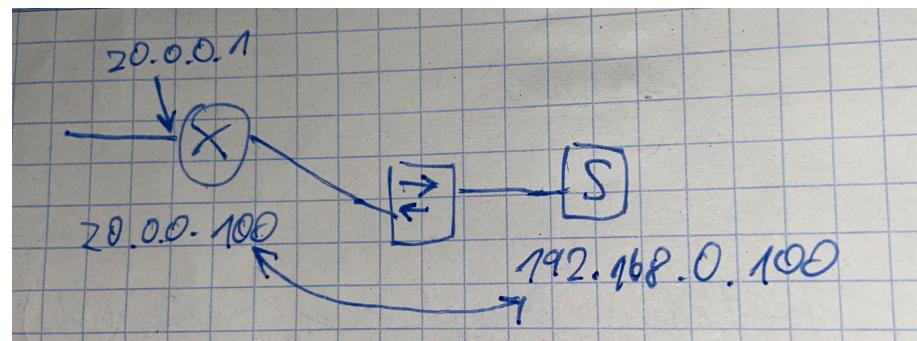


Abbildung 2.19: Static NAT, 1:1 Mapping

NAT mit PAT (n:1 Mapping)

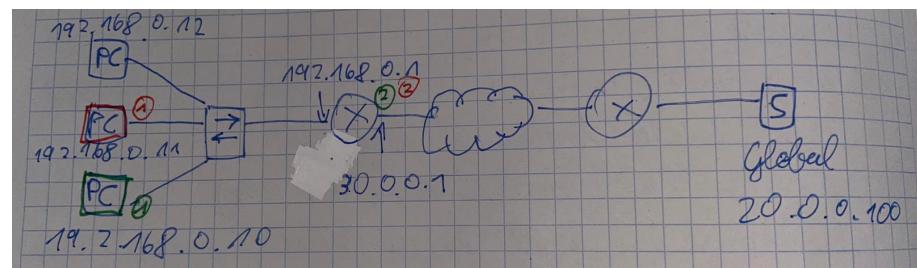


Abbildung 2.20: NAT mit PAT, n:1 Mapping

	Source IP	Destination IP	Source Port	Destination Port
1	192.168.0.10	20.0.0.100	51000	443
1	192.168.0.11	20.0.0.100	51000	443
2	30.0.0.1	20.0.0.100	51000	443
2	30.0.0.1	20.0.0.100	51001	443

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> + IP-Adressen sparen + Security + IP-Adressen Schema kann frei gewählt werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Ende zw. Ende Verbindung geht verloren - Paketverfolgung und Troubleshooting - Performance

Teil II

5BHWII

3 Routing

Router muss entscheiden welcher Weg der 'beste' Weg ist.

→ bei welchen Interface (Netz) rauschicken = Routing

Routing Tabelle wird durch ...

- dynamisch (Routingprotokolle)
- statische Einträge

... aufgebaut (in der Praxis meist aus Mischung).

Router wählt Route mit am meisten Bits bei Ziel übereinstimmung (Vergleich von Route & Destination IP).

1) Einträge in Routing Tabelle

- Direkt verbundene Netze: Aktive & angeschlossene Netze am Router mit IP-Konfiguration → automatisch (Status Code: C, L)
- Remote Netze: statisch oder dynamisch (vom Routingprotokoll abhängig) einge-tragen (Status Code: S, R, O, E,...)
- Default Route (gateway of last resort): Next Hop falls der Router keine passende Route findet, statisch oder dynamisch.
Route: 0.0.0.0 / 0 ... 0 Bits müssen übereinstimmen

2) Eintrag in Cisco CLI

R	30.0.4.0/24	[120/7]	via 10.0.3.2	00:13:29	Serial 10/1/1
Status	Ziel	AD/Metrik	IP (ausgehendes Interface)	Zeitstempel	Interface

Status Code

C ... connected Direkt verbundene Netzte
 L ... local IP vom Interface, lokale Route
 S ... static statisch eingegebene Route
 R ... RIP entsprechendes Routingprotokoll

- ... OSPF entsprechendes Routingprotokoll
- ... EIGRP entsprechendes Routingprotokoll

Ziel

IP-Adresse des Zielnetzes mit Präfix (nicht unbedingt Subnetzmaske). Es müssen die angegebene Anzahl von Bits (Präfix) mit Destination IP-Adresse übereinstimmen (damit Route in Frage kommt). Route mit am meisten übereinstimmenden Bits (von links). Problem: es wird keine Subnetzmaske der Destination IP mitgeschickt → normalerweise auch nicht bekannt.

Dest IP: 172.16.0.10 (letztes Oktett: 00001010)

-
- 1) 172.16.0.0 /16 Bis Bit 16 übereinstimmend
 - 2) 172.16.0.0 /24 Bis Bit 24 übereinstimmend
 - 3) 172.16.0.0 /26 Bis Bit 26 übereinstimmend
 - 4) 172.16.0.0 /30 Bis Bit 29 nicht übereinstimmend
 - 5) 172.17.0.0 /24 am 2. Oktett stimmt es nicht überein

Router wählt 3. Variante (???). Dort stimmt die angegebene Anzahl an Bits (Präfix) überein

AD: Administrative Distanz

Router kann Route über mehrere Arten lernen (z.B. statisch, RIP, OSPF,...). AD gibt an wie 'vertrauenswürdig' eine Route ist. Router verwendet Route mit niedrigster AD, andere Routen sind Backups und werden vorerst nicht im Routing Table angezeigt.
→ wenn 'beste' Route ausfällt wird nächst beste verwendet

Standard Werte bei Cisco Routern

AD	
Direkte Routen	0
Statische Routen	1
EIGRP	90
OSPF	110
RIP	120

Metrik

Von einem Routingprotokoll kann der Router mehrere Routen zum gleichen Ziel lernen. Die Metrik gibt an, 'wie weit' das Ziel entfernt ist. Der Router verwendet die Route mit der geringsten Metrik. Falls eine Route ausfällt, wird auf Backup-Routen zurückgegriffen.

3) Statische Routen

Werden in kleineren Netzen mit geringen Veränderungen, bei speziellen Zielnetzen oder Router mit nur einen Nachbar (Stub-Network) verwendet.

Problem: Statische Routen werden nicht automatisch aktualisiert und müssen händisch aktualisiert werden.

4) Dynamische Routingprotokolle

Je nach Ablauf des Routingprotokolls unterscheidet man unterschiedliche Kategorien.

- Pfadvektorprotokolle

Diese Protokolle speichern den Pfad/Weg zum Ziel. Sie sind besonders effizient gegen Routing-Schleifen und eignen sich dadurch zum Routen von autonomen Systemen.

Beispiel: BGP (Border Gateway Protocol), Metrik: Anzahl der autonomen Systemen bis zum Ziel (Zusatzinformation IGP-Metrik: wie lange dauert es durch ein autonomes System)

- Distanzvektorprotokolle

Diese Protokolle speichern nur die Distanz zum Ziel

Beispiel: RIP (Routing Information Protocol), Metrik: Anzahl der Hops

EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), Metrik: Bandbreite, Auslastung, Delay, Zuverlässigkeit

EIGRP kennt die ganze Topologie im System, speichert diese aber nicht direkt ab.

- Link-State-Protokolle

Diese Protokolle kennen die ganze Topologie im System. Daraus berechnet sich jeder Router die besten Routen zu allen Zielen.

Beispiel: OSPF (Open Shortest Path First), Metrik: Bandbreite

5) Algorithmen zur Bestimmung des kürzesten Weges

- Bellman Ford (RIP)
- Dijkstra (OSPF)
- DUAL (EIGRP)

Dijkstra Algorithmus

Ablauf:

1. Startknoten mit 0 markieren, alle anderen mit ∞ : 'Distanz' und 'besucht' merken 2. Solange es unbesuchte Knoten gibt:

- Jenen Knoten mit der kürzesten Distanz wählen
- Als besucht markieren
- Für alle unbesuchten Knoten die Distanz berechnen
- Falls der Wert kleiner ist, als der aktuelle, diese speichern

4 Aufbau des Internets

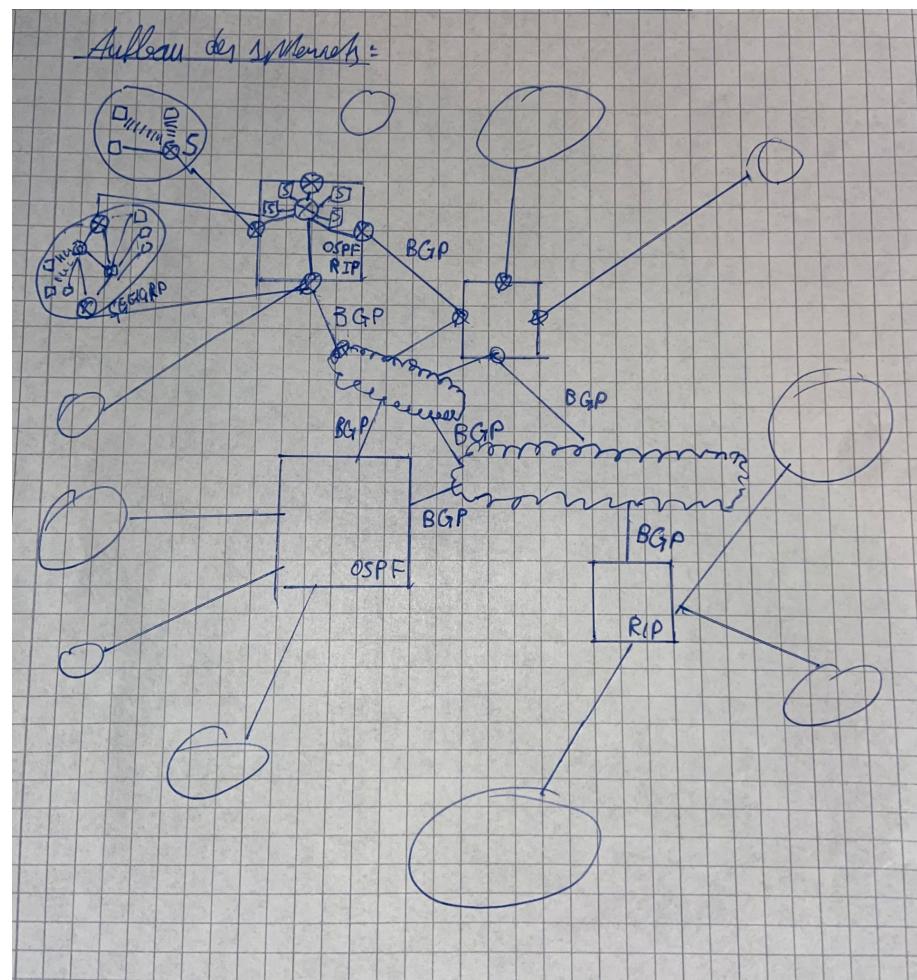


Abbildung 4.1: Aufbau des Internets

5 IPv6

Eine IPv6-Adresse ist eine 128 Bit Zahl. Es gibt 2^{128} IPv6-Adressen ($340 \cdot 10^{36}$).

Schreibweise einer IPv6-Adresse

- Hexadezimale Schreibweise (32 Zeichen)
- Gruppen von 16 Bit mit : getrennt
- Führende Nullen werden in jeder Gruppe weggelassen
- Einmalig kann der längste Block an Nullen mit :: ersetzt werden

Bsp:

2001:ABAD:0000:0430:0000:0000:00C9:0001

2001:ABAD:0:430:0:0:C9:1

2001:ABAD:0:430::C9:1

Subnetzmaske

- trennt in Netz- und Hostteil
- nur noch Präfix-Notation
- Es wird fast nur /64 verwendet

Idee von IPv6

- mehr IP-Adressen
- Problem: alle Protokolle die IPv4 verwenden müssen erneuert werden
- Alte Fehler/Security-Probleme beheben
- leichterer Header

Übergang von IPv4 zu IPv6

- Dualer Stack
- Translation

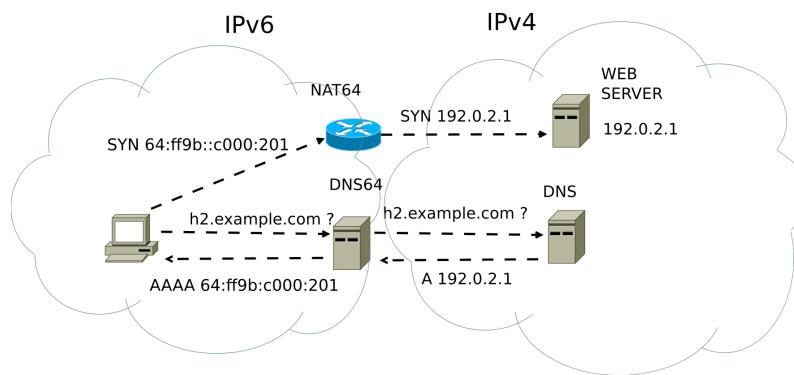


Abbildung 5.1: IPv4-IPv6 Translation mit NAT64

- Tunneling

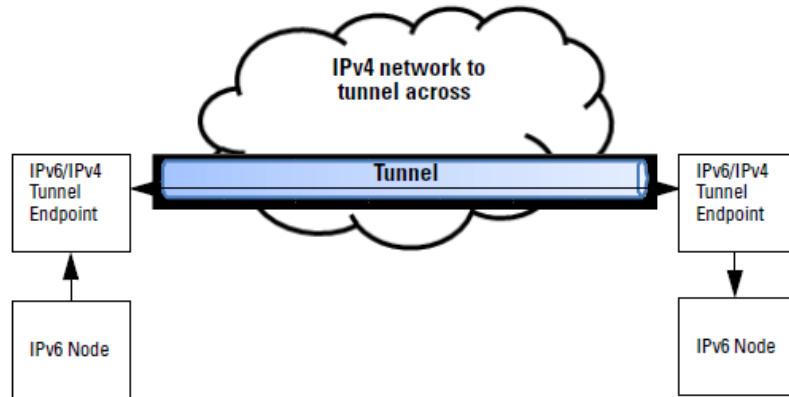


Abbildung 5.2: IPv4-IPv6 Tunneling

Kommunikationsarten

- Unicast
- Multicast
 - ff02::1 ... all-nodes-multicast (Broadcast)
 - ff02::2 ... all-router-multicast
- Anycast (der 'nägeste' einer Gruppe bekommt den Anycast)

IPv6-Unicast Adressen

- Global Unicast Adressen 2000-3fff (vgl. öffentliche IP)
- Link Local Adressen fe80-febf (für das lokale Netz, nicht routbar)

- loopback ::1 (vgl. IPv4 127.0.0.1)
- Unspecified Adress :: (vgl. IPv4 0.0.0.0)
- Unique Local fc00-fdff (vgl. IPv4 NAT)
- Embedded IPv4

IP-Konfiguration

- statisch (GUA, LLA)
- dynamisch
 - SLAAC
 - SLAAC mit stateless DHCPv6 Server
 - DHCPv6

SLAAC

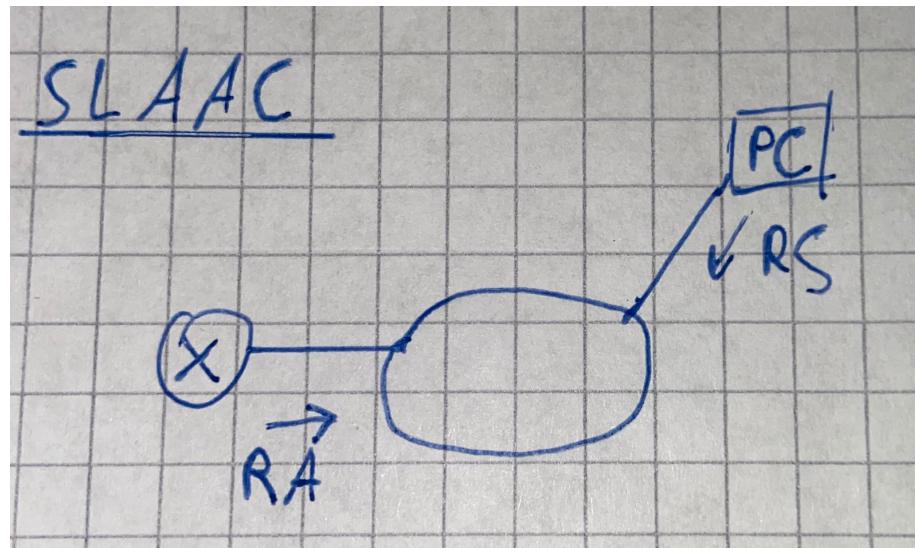


Abbildung 5.3: SLAAC

Router senden (ca. alle 200s) ein RA-Paket (Router Advertisement) aus. Dies enthält die wichtigsten Informationen für die Hosts (Präfix, Präfix-Länge, Default-Gateway). Die Hosts geben sich dann selbst die IPv6-Adresse.

Hostteil

- Zufallszahl (ND-Protokoll)
- EUI-64 (MAC-Adresse)

Die Hosts können RS (Router Solicitation) Pakete aussenden um das RA-Paket anzu fordern.

6 WLAN (Wireless Local Area Network)

Bei einem drahtlosen Netzwerk findet die Übertragung ohne Kabel statt. Es werden elektromagnetische Wellen über die Luft übertragen. Für die drahtlose Übertragung im Netzwerk bedeutet dies, dass sich Layer 1 und Layer 2 ändern. Die darüber liegenden Layer bleiben unverändert. Durch diese Änderung der Übertragungsart ergeben sich einige Vorteile aber auch Nachteile.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> + BYOD: bring your own device + Kosten: Besonders in bestehenden Gebäuden + Anpassungsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Geteiltes Medium für viele Teilnehmen - Störungen - Geschwindigkeit und Reichweite - Security

Antennen

Antennen sind die Grundlage für eine Übertragung über die Luft. Sie geben ein Signal in die Luft ab (Senderantenne) und können es auch wieder aus der Luft aufgreifen (Empfängerantenne). Je nach Anwendung eignen sich verschiedene Arten von Antennen.

- Omnidirektionale Antennen: senden in alle Richtungen (Kugel)
- Direkte Antennen: Können gezielt senden
- MIMO (multiple input multiple output) Antennen: aktuell meist 8 Antennen

Arten von Wireless Netzwerken

Wie auch schon bei den verkabelten Netzen unterscheidet man Netze nach ihrer Größe. Je nach Größe ergeben sich unterschiedliche Anforderungen und Schwierigkeiten.

- WPAN: kurze Distanz (ca 10m), Frequenz meist 2.4 GHz z.B. Bluetooth, Zigbee
- WLAN: mittlere Distanz (ca 100m), Frequenz ist 2.4 GHz oder 5 GHz z.B. Wifi
- WMAN: große Distanz (kann sehr unterschiedlich sein), Frequenz zwischen 2 und 66 GHz z.B. Wifi, WiMax

- WWAN: riesige Distanzen (bis zu 50km), Frequenz zwischen 2 und 66 GHz z.B. WiMax

Technologien von Wireless Netzwerken

Es gibt unterschiedliche Technologien die drahtlos übertragen. Je nach Reichweite und Anwendungsgebiete sind unterschiedliche Technologien sinnvoll. Nicht alle Technologien sind dazu geeignet oder dafür entworfen um Netzwerksdaten zu übertragen. Manche Technologien können dies trotzdem umsetzen.

- Wifi (IEEE 802.11)
- Bluetooth (IEEE 802.15)
- WiMax (IEEE 802.16)
- Satelliten Breitband: kann als Internetzugang genutzt werden, z.B. Starlink (Oktober 2023 ca. 5000 Geräte, in einer Entfernung von 500 bis 600km, beantragt sind 22.000 Satelliten)
- Mobilfunk Breitband: viele verschiedene Standards die meist nach gravierenden Änderungen (Generationen) unterteilt werden. Bei der Änderung in eine neue Generation ist die Geschwindigkeit immer ein entscheidender Faktor (3G → 10x → 4G → 100x → 5G).

6.1 Wifi (802.11)

Elektromagnetische Welle

Gesendet wird mit elektromagnetischen Wellen. Diese kennt man vom sichtbaren Licht. Dort nimmt der Mensch unterschiedliche Wellenlängen als verschiedene Farben wahr. Jene Wellenlänge die zum übertragen von Wifi genutzt werden liegen außerhalb des sichtbaren Lichts. Dest länger die Welle ist, desto kürzer ist seine Frequenz (indirekt Proportional). Kurze Wellen besitzen mehr Energie als lange Wellen.

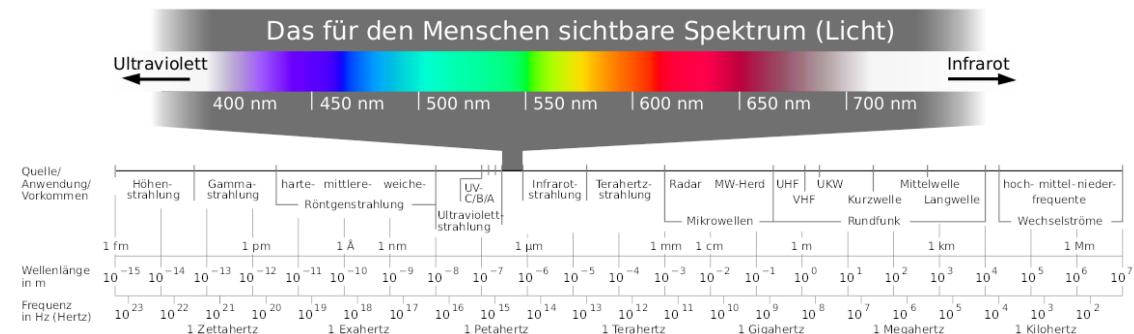


Abbildung 6.1: Elektromagnetisches Spektrum

- 2.4 GHz (1-10dm) UHF: Ultra High Frequency
- 5 GHz (1-10cm) SHF: Super High Frequency

Für das 5G Netz wurden neue Frequenzbereiche festgelegt und versteigert.

- Mobilfunk: 600 MHz bis 6 GHz
- WLAN: 24 GHz bis 40 GHz

Komponenten im WLAN

- Endgeräte: mit Netzwerkkarten und Antennen
- Wireless Router: Multifunktionsgeräte mit eingebautem Switch, Router, Modem Access Point,...
- Access Points: Schnittstelle zwischen dem drahtlosen Netz und dem verkabelten Netz. Man unterscheidet zwischen Autonomen-Access-Points (schwer erweiterbar) und Controller-Based-Access-Points.

Wifi Frame

Frame Control	Metainformationen z.B. Protokoll, Art des Frames,...	2 Bytes
Duration	Übertragungsdauer, aufgrund unterschiedlicher Framelänge	2 Bytes
Address 1	Empfänger MAC-Adresse	6 Bytes
Address 2	Sender MAC-Adresse	6 Bytes
Address 3	MAC BSSID (WLAN Segment)	6 Bytes
Sequence Control	Hängt vom AP ab	
Address 4	MAC-Adresse vom Access Point	6 Bytes
Frame Body:	Header der restlichen Layer und Daten	
FC	Fehlerüberprüfung mit CRC	4 Bytes

Operations-Modi

- Ad Hoc: Peer-to-Peer Netzwerk ohne Router
- Infrastruktur: Dahinter ein verkabeltes Netz
- Tethering: Hotspot zur Weiterleitung zwischen zwei Netzen

Kollisionen (CSMA/CA)

Wireless Netzwerke nutzen eine Half Duplex Medium zum Senden. Man kann zeitgleich senden und empfangen. Zusätzlich ist es ein Shared Medium, das heißt viele Teilnehmer sind mit dem gleichen Medium verbunden. Somit kann es zu Kollisionen kommen (CSMA - Carrier Sense Multiple Access). Wifi löst das Problem mit Collision Avoidance (CA), es versucht also Kollisionen zu vermeiden. Falls gerade keiner sendet wird um Zeit beim Access Point angefragt. Dann erhält man einen Zeitslot indem man seine Daten senden und empfangen kann.

Verbinden mit einem Accesspoint

- AP finden (aktiv, passiv)
- Authentifizieren: SSID, Passwort, Network Mode (a, b, g,...), Security (WPA, WPA2,...), Channel
- Verbindung herstellen

Channels

Die Frequenzen werden in kleinere Bereiche aufgesplittet. Gleiche Channels können sich gegenseitig stören. Überlappende Access Points sollten verschiedene Channels nutzen.

- 2.4 GHz: Europa 13 Channels (1, 6 & 11 nicht überlappend)
- 5 GHz: 24 Channels (alle ohne Überlappung)

WLAN-Angriffe

- Datendiebstahl: Shared medium → Verschlüsselung
- DoS: falsch konfiguriert, Störsender,...
- Rogue Access Point: zusätzlichen falschen AP ins Netz eingefügt
- Evil Twin: einen AP einfügen, der gleich aussieht aber in ein anderes Netz führt

Sicherheit und Verschlüsselung

- SSID Beacon verbergen (passic)
- MAC-Adressen filtern (L2 Security)
- Authentifizierung
 - Open: ohne Password (nicht empfohlen)
 - Shared Key: WEP, WPA (TKIP+AES), WPA2, WPA3

Bei WPA2 unterscheidet zwei Varianten zum Authentifizieren:

- Personal: ein Passwort für alles (PSK, Pre Shared Key), eher im privaten Bereich
- Enterprise: Anmeldung mit Username und Passwort, man meldet sich bei einem Server (z.B. RADIUS), eher im Firmenbereich

WPA2-Personal Handshake: Pre-Shared-Key (4-Way)

Zum Austausch der Schlüssel zwischen dem Access Point und dem Client findet ein 4-Way-Handshake statt. Dabei werden die benötigten Schlüssel generiert. Zum Generieren der Schlüssel muss das Passwort nie übertragen werden, deshalb nennt man die Variante auch PSK (Pre-Shared-Key). Der Schlüssel wurde also davor schon ausgemacht.

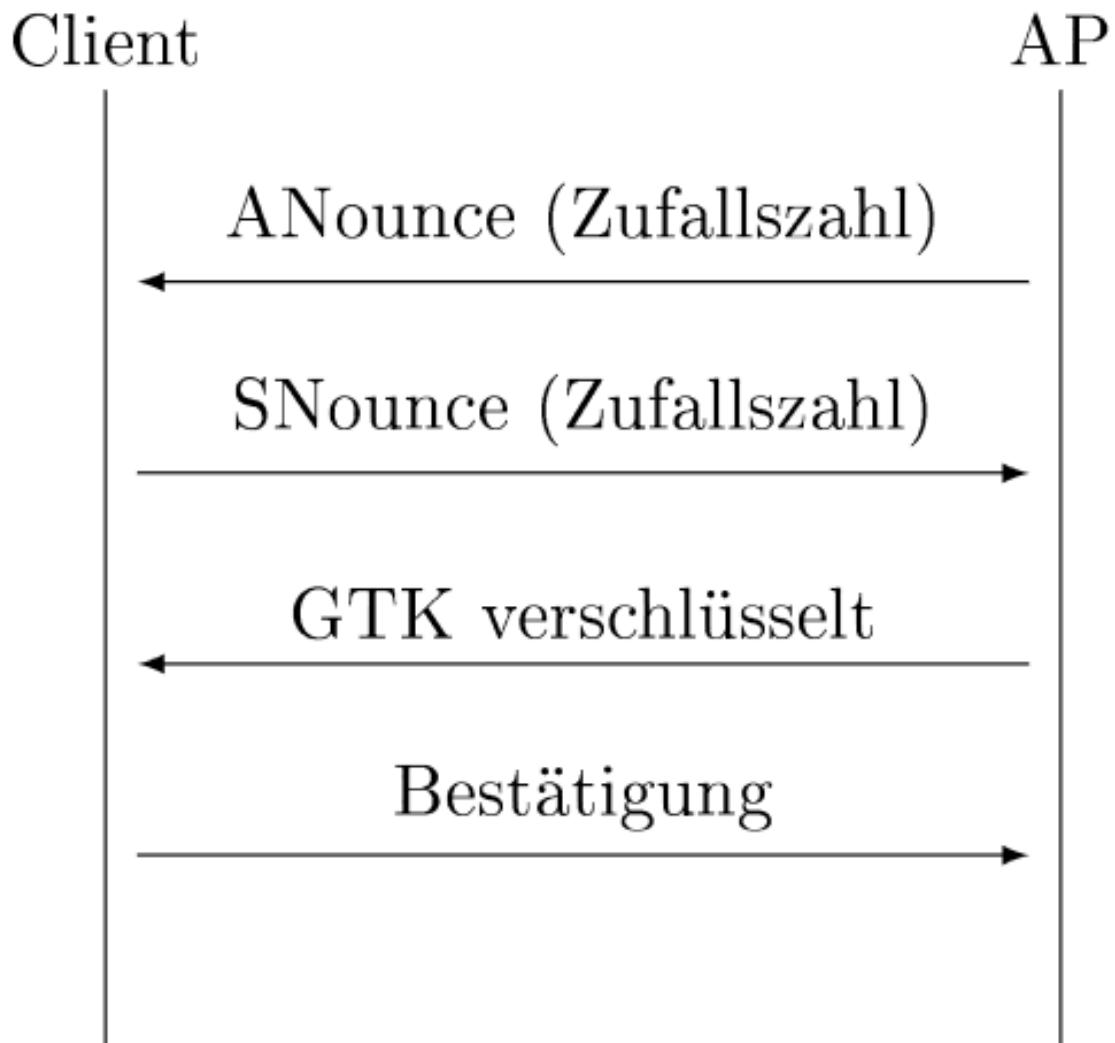


Abbildung 6.2: WPA2 Personal Handshake

PTK (Pairwise Transient Key): für Unicasts, jeder hat seinen eigenen Schlüssel mit dem AP

$\text{PTK} = \text{PRF}(\text{Pwd} + \text{ANounce} + \text{SNounce} + \text{APMAC} + \text{ClientMAC})$

PRF (Pseudo Random Function): ist eine Pseudo-Zufallsfunktion die dann den Schlüssel erzeugt und den Geräten bekannt ist.

GTK (Group Temporal Key): für Broadcast und Multicasts im Netz, für alle Teilnehmer gleich.

Das Passwort wird nie über das Medium ausgetauscht, deshalb nennt man das Verfahren Pre Shared Key. Die Nachricht wird nach Layer 2 verschlüsselt. Dieser kann nicht

verschlüsselt werden, da der Access Point die Frames identifizieren muss. Danach im verkabelten Netz, wie sonst auch immer, wird wieder nach Layer 4 verschlüsselt (z.B. mit TLS).

7 Network Security

Netzwerkangriffe können auf unterschiedliche Arten, unterschiedlichen Ebenen und verschiedene Protokolle stattfinden. Deshalb muss bei einem Security-Konzept möglichst alles berücksichtigt werden.

Angriffe	OSI-Modell	Abwehr
Social Engineering Passwörter Pretexting	L8-Mensch	Schulungen Vernünftig und vorsichtiges handeln
SQL-Injection Wurm, Virus, Trojaner Ransomware, Spyware Protokolle (HTTP, FTP, Telnet, DHCP, DNS,...)	L7-Application L6-Presentation L5-Session	Firewall, IPS, IDS, ESA, WSA Eingabeüberprüfung gute Software & Protokolle End-Point-Detection Anti-Virus, Updates
DDOS → TCP (SYN-Flood, → UDP	L4-Transport	IPS, IDS Firewall, ACL
Routing, DDoS MITM, IP-Spoofing Protokolle (ICMP,	L3-Network	Firewall, ACL, IPS, IDS sichere Protokolle (IPsec)
MITM: ARP-Spoofing, MAC-Spoofing DDOS: MAC-Flooding Protokolle (STP, CDP)	L2-Data Link	MAC-Filter, AAA sichere Protokolle Verschlüsselung
DoS (Störsender, Zerstörung der Infrastruktur) Physischer Zugang MITM, Hardware	L1-Physical	Zutrittskontrolle Backups

Dem Angreifer reicht eventuell ein einziger Angriffspunkt im Netz. Meist sind die User (Personen) das größte Problem. → "Der Angreifer muss nur einmal gewinnen"

Sicherheitsrichtlinien

User	Unternehmen
<ul style="list-style-type: none"> • Passwörter (Mindestlänge, eins pro Account, keine persönlichen Daten) → Passwortmanager, 2FA • Datenverwaltung (Wann?, Wo?, Welche?, Wann?,...) • Firewall • Updates (OS, Software) • Antivirus/Antispysoftware • Vernünftig handeln 	<ul style="list-style-type: none"> • Passwortrichtlinien, User Verwaltung, Recht vergeben • Firmengeräte, spezielle Rechte, wie beim User • DMZ, VPN, Firewall, IPS, IDS, WSA, ESA • Zugangskontrollen • Schulung der Mitarbeiter • Backups • Pen-Testing • Risikoanalyse → Schwachstellen kennen • Verhaltensanalyse • Datatransfer sichtbar machen

7.1 Firewall

Mit einer Firewall kann der eingehende/ausgehende Datenverkehr kontrolliert, protokolliert und gefiltert werden (sperren, freigeben).

Unterscheidung nach Position

- **Personal Firewall** (am eigenen Gerät) z.B. Windows Defender, UFW,...
- **External Firewall** (zwischen lokalen & globalen Netz) z.B. ASA, Fortinet, Barracuda, PFSense,...

Unterscheidung nach Funktion

- (L4) **Paketfilter:** IP-Adressen, Ports z.B. ACL
- (L4) **Stateful Inspection:** Untersucht die ganze Sitzung (mehrere Aufrufe zu z.B. gleiche IPs)
- (L7) **Application Firewall:** Proxy Server
- (Daten) **Deep Paket Inspection Firewall**

Eine falsch konfigurierte Firewall bietet keinen Schutz. Eine Firewall muss ständig gewartet und aktualisiert werden.

7.2 IDS & IPS

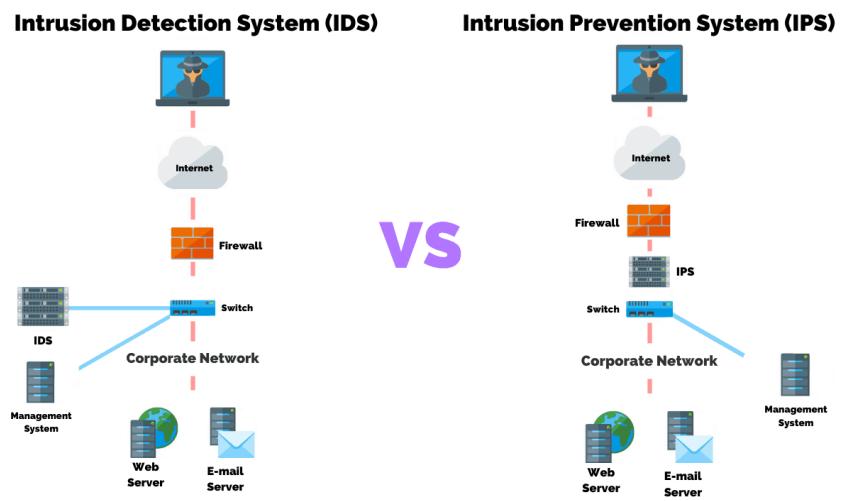


Abbildung 7.1: IPS & IDS

IDS (Intrusion Detection System)	IPS (Intrusion Prevention System)
Wird nur parallel informiert + schneller (da es parallel ist) - nur Warnungen	Alles muss über IPS - langsamer (da seriell) + sicherer

7.3 Honeypot

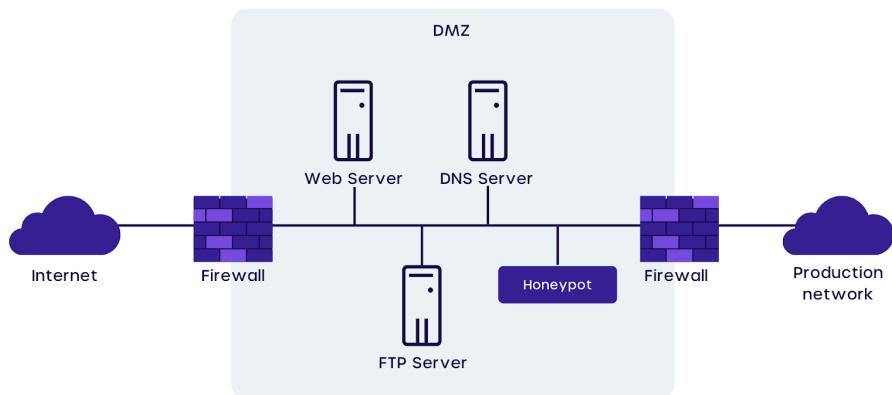


Abbildung 7.2: Honeypot

Bei einem Honeypot werden bewusst veraltete Software & Hardware für Angreifer als Köder aufgestellt.

7.4 VPN

Erstellt eine verschlüsselte Verbindung zu einem entfernten VPN-Server.

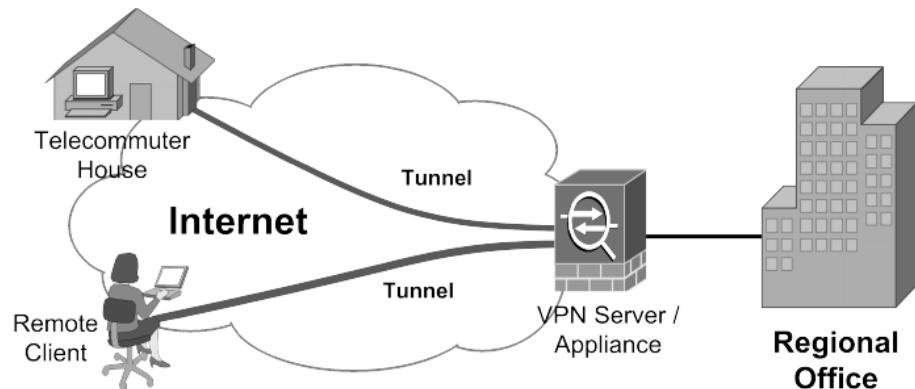


Abbildung 7.3: VPN

Arten von VPN:

- Ende-zu-Ende VPN
- Ende-zu-Netz VPN
- Netz-zu-Netz VPN

7.5 ESA (Email Security Appliance) & WSA (Web Security Appliance)

Funktioniert wie ein Proxy-Server.

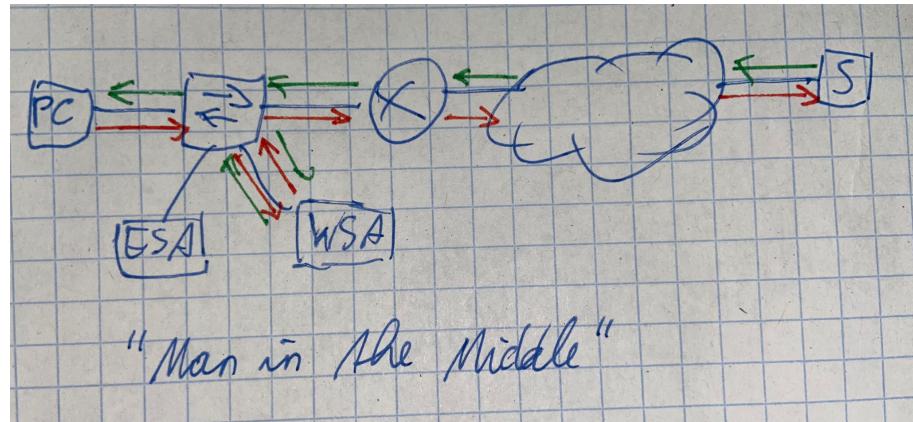


Abbildung 7.4: ESA & WSA

7.6 IPsec

Ziel: Sicherer Protokoll zur Datenübertragung

- **Transport-Modus:** Verschlüsselung ab L4 und fügt eine Authentifizierung in den Header ein.
- **Tunnel-Modus:** Alles wird verschlüsselt und es wird ein neuer verschlüsselter Header angehängt. Darin stehen die wichtigsten Felder (MAC, IP,...) + Authentifizierung

8 Hashfunktionen

Bei einer Hashfunktion ist die Wertemenge meist wesentlich kleiner als die Lösungsmenge.
 Die Elemente der Wertmenge können normalerweise eine beliebige Länge haben.
 Die Elemente der Lösungsmenge haben meist eine fixe Länge.

- Anfangsbuchstabe: Hallo → H
 Tim → T
- Postleitzahl: Grins → 6591
 Neustift → 6167
- CRC ...

Kryptographische Hashfunktionen

Kryptographische Hashfunktionen müssen spezielle Eigenschaften erfüllen. Die wichtigste Eigenschaft ist, dass es sich um eine Einwegfunktion handelt.

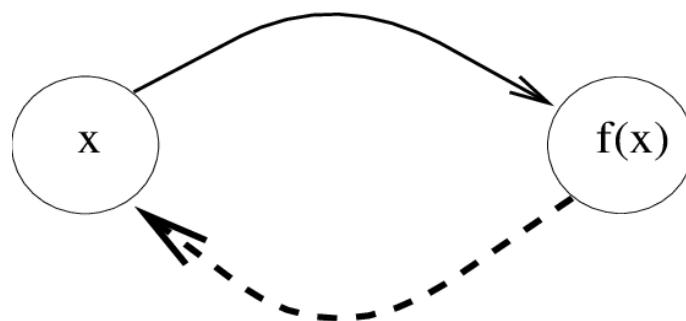


Abbildung 8.1: Einwegfunktion

Eigenschaften

- **Einwegfunktion:** Unumkehrbarkeit muss so gut wie möglich gegeben sein
- Diffusion ('Lawineneffekt'): kleine Änderung in der Eingabe bewirkt die ganze Ausgaben.
- Konfusion: Von Hashwert kann man keine Rückschlüsse auf den Eingabewert machen
- Eindeutigkeit

- Kollisionsresistenz: Die Wahrscheinlichkeit, dass Kollisionen vorkommen soll so klein wie möglich sein (im besten Fall gleich Null sein)

Hash-Algorithmen

- MD5: 128 Bit Hashwert, unsicher!
- SHA (secure hash algorithm)
 - SHA1: 160 Bit Hashwerte unsicher!
 - SHA2
 - SHA224, SHA256, SHA 384, SHA512
 - SHA3: grundlegend anders, 224, 256, 384 Bitwerte → auch frei wählbar
- GOST, Whirlpool

Ablauf SHA-256

- Block erstellen (Auffüllen, Startblock erstellen, Wurzel von Primzahlen)
- Bitrotation, Zeilen integrieren (Diffusion)
- XOR, Bitshift (viele Runden)
- Auswahlfunktion, Mehrheitsfunktion (Einwegfunktion)

Zusatz: Message Authentication Code z.B. HMAC: Schlüssel-Hash-Nachrichtauthentifizierung, Pre-Shared-Key

Angriffe

- Brute-Force
- Phising
- Wörterbuchangriff
- Algorithmus nutzen
- Rainbow-Table (viel Speicher)
 - viele Hashwerte als Kette gespeichert

Passwörter

1. lokale Speicherung
 - Länge des Passworters (mind 12 Zeichen)
 - keine Wörter, persönliche Informationen
 - Buchstaben/Zahlen/Symbole

- Jedes Passwort nur einmal verwenden
- Passwortmanager verwenden oder MFA als Alternative

2. Speicherung am Server

- Klartext ↳ Zugriff auf Datenbank, Admin, MITM
- Gehashed ↳ MITM, gleiche Passwörter erkennbar
- Gehashed + Salt: Mitm, Brute-Force
- Gehashed + Salt + Pepper
 - Salt: Zufällige Zeichenkette die im Klartext in der Datenbank gespeichert wird → Jeder bekommt eigenen Hashwert
 - Pepper: Zufällige Zeichenkette die NICHT in der Datenbank steht

3. Austausch Client-Server

- PAP unsicher!

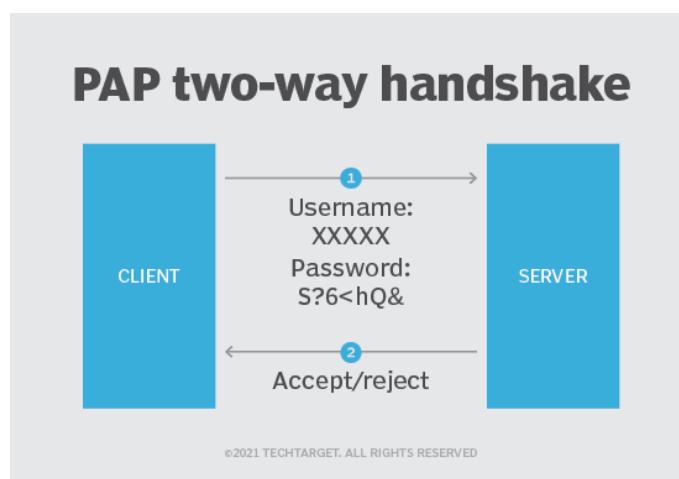


Abbildung 8.2: PAP

- CHAP: Bei CHAP wird bei jedem Anmeldeversuch eine Challenge (Zufallszahl) gesendet. Der Client hashet sein Passwort mit der Zufallszahl und sendet es dem Server. Der Server kann dann das Passwort in der Datenbank mit der gesendeten Zufallszahl hashen und es mit dem Client-Hash vergleichen. Somit wird zum einen, das Passwort nie im Klartext gesendet und zum anderen kann der gesendete Hash nicht noch einmal gesendet werden, da die Zufallszahl 'einzigartig' ist und bei jedem Anmeldeversuch anders ist.
→ MITM Anmeldung mit dem Hashwert ist durch die Challenge nicht mehr möglich



Abbildung 8.3: PAP

Alternativen: MS-CHAPv1, MSCHAPv2, EAP, PEAP,...

AAA: Autorisierung (Was?), Authentifizierung (Wer?) & Accounting (Wann?)

Protokolle: RADIUS, TACACS+

PKI (Public Key Infrastruktur)

Digitale Zertifikate sind für die Authentifizierung eines öffentlichen Schlüssels und seiner zulässigen Anwendung bzw. Geltungsbereich

Vergleich:
Zertifikat → Pass
digitale Signatur → Foto

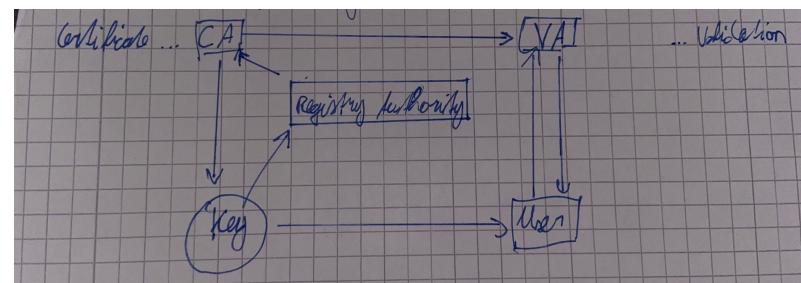


Abbildung 8.4: Public Key Infrastruktur

Alternative: Web of Trust

Zusammenfassung	typische Protokolle
AES/DES	HTTPS
RSA	IPsec
Diffie-Hellman	VPN
Hashfunktionen (SHA256,...)	SSH
MAC (bzw. HMAC)	PSK (WLAN)
Authentifizierung (AAA, CHAP)	RADIUS
PKI	...

HTTPS: HTTP + TLS (SSL)

TLS ... transport layer security, Verschlüsselung nach Layer 4

- Symmetrische Verschlüsselung
- Asymmetrischer Schlüsselaustausch (ab TLS 1.3 Diffie-Hellman)
- Authentifizierung (Server), PKI, RSA
- Hashfunktionen (SHA256,...)
- Sicherung der Nachrichtenintegrität (HMAC)

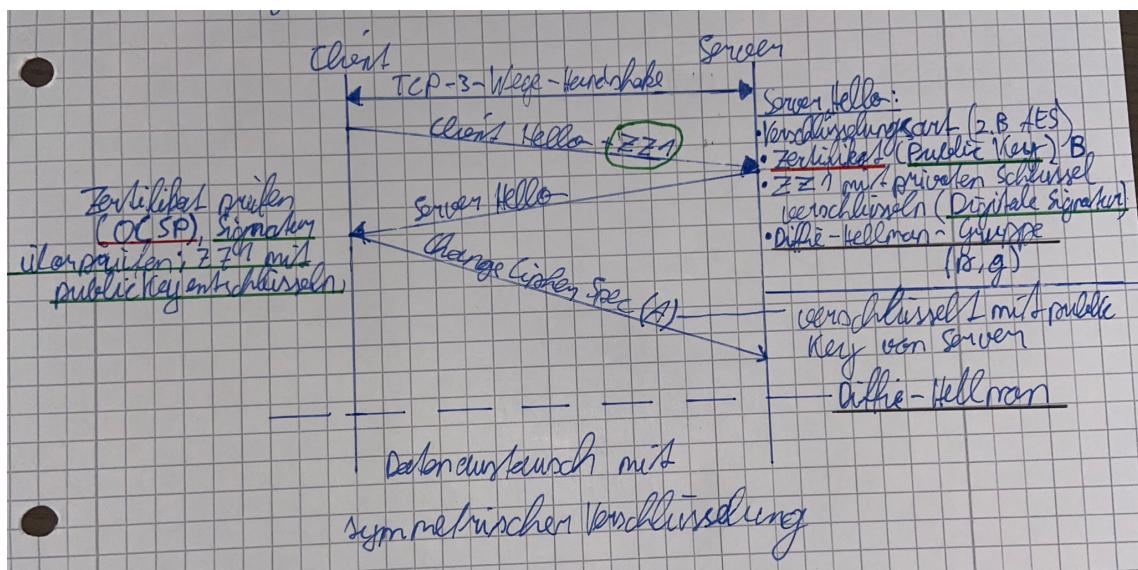


Abbildung 8.5: HTTPS Verbindungsauflaufbau

Abbildungsverzeichnis

2.1	OSI-Modell Datenübertragung	6
2.2	Cisco CLI	7
2.3	Glasfaserkabelarten	9
2.4	Baum- und Stern topologie	10
2.5	Ethernet Frame	11
2.6	Layer 2 & 3 Adressierung	12
2.7	ARP-Spoofing	13
2.8	CIDR Beispiel	16
2.9	VLSM Beispiel	17
2.10	L4-Adressierung	19
2.11	TCP 3-Way-Handshake	20
2.12	TCP 2-Way-Handshake	20
2.13	Layer 4 Segmentierung	21
2.14	Request/Response Modell	22
2.15	DNS-Hierarchie	23
2.16	DHCP-Handshake	23
2.17	Request/Response Modell	24
2.18	Position der Wildcardmask	27
2.19	Static NAT, 1:1 Mapping	27
2.20	NAT mit PAT, n:1 Mapping	27
4.1	Aufbau des Internets	33
5.1	IPv4-IPv6 Translation mit NAT64	35
5.2	IPv4-IPv6 Tunneling	35
5.3	SLAAC	36
6.1	Elektromagnetisches Spektrum	39
6.2	WPA2 Personal Handshake	42
7.1	IPS & IDS	46
7.2	Honeypot	46
7.3	VPN	47
7.4	ESA & WSA	48



8.1	Einwegfunktion	49
8.2	PAP	51
8.3	PAP	52
8.4	Public Key Infrastruktur	52
8.5	HTTPS Verbindungsaufbau	53

I Quellcodeverzeichnis