

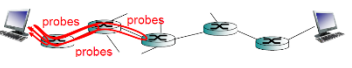
traceroute

Misst Weg vom Start zum Zielhost

Für alle i:

- Sende Pakete die nur i laufen können richtung Ziel (TTL Feld)
- i-ter Router sendet Pakete zurück -> Sender lernt alle Router kennen – vgl. Breitensuche

Basiert auf **ICMP mit Ping**



**Home Router Aufgaben**

DHCP Server, WLAN Access Point, IP Router, DSL Modem / Kabelmodem, DNS Resolver

**Schichtenmodell (ISO/OSI)**

Zusätzlich:

**Presentation:** Semantik der übertragenen Kommunikation (Kompression, Verschlüsselung, BE, LE)

**Session:** Sitzungsauf- und abbau Synchronisierung zwischen beteiligten Prozessen

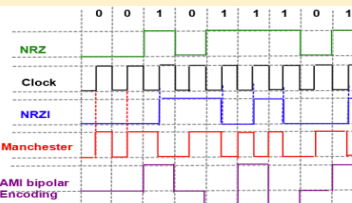
**Nachteile:** Leichter Overhead, teilweise gleiche Aufgaben in mehreren Schichten implementiert (historische Gründe), Höhere Schicht benötigt Infos aus niedrigerer Schicht (z.B. WLAN Routing Protokolle (Schicht3) benötigen Infos aus Schicht2) Änderungen an Service API Schicht k hat Auswirkungen auf k+1

|                |
|----------------|
| 7 application  |
| 6 presentation |
| 5 session      |
| 4 transport    |
| 3 network      |
| 2 link         |
| 1 physical     |

**Baseband Transmission (Leitungscodes)**

Manchester: XOR Clock mit Bits

Bipolar: abwechselnd + u. – für **jede 1**



**Multiplexing (mehrere User 1 Übertragungsmedium)**

**Frequency Division Multiple Access (FDMA):**

- Jeder Benutzer hat eigenen Frequenzbereich
- Bei **Vollduplex** zwingend notwendig!

**Time Division Multiple Access (TDMA):**

- Frequenzbereich wird über Zeit geteilt
- Round-robin
- Benutzer wechseln sich zeitlich ab

Auch **Kombination** aus beiden Möglich.

**Cyclic Redundancy Check (CRC): Ethernet und WLAN**

Zu übertragende **Datenbits D**

**Generator G**, den Sender u. Empfänger kennen (+1Bits)

Sender bestimmt **r zusätzliche Bits** und hängt diese an d an.

d+r wird dann übertragen. **d+r muss durch G teilbar** sein.

Beispiel:

D = 101110, d+r = 10011, r=5

G = 10011, r=5

Sender: R berechnen:

R = Rest( (D\*2^r) / G )

R ggfs mit führenden Nullen zu r Stellen ergänzen.

**Empfänger** prüft, ob durch G teilbar

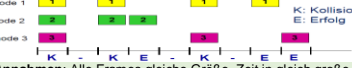
D \* 2^r : XOR R = n\*G?

Also eigentlich: (D+R) / G

Falls rest übrig bleibt -> Fehler

Funktioniert schlecht, wenn Bittfehler direkt hintereinander

**Slotted ALOHA**



**Annahmen:** Alle Frames gleiche Größe. Zeit in gleich große Zeitslots unterteilt. Intervall reicht zum Senden des kompletten Pakets. Hosts müssen bzgl Zeit synchronisiert sein.

Sobald neuer Frame vorhanden. Versuche im nächsten Slot zu senden.

- Keine Kollision: fertig.
- Kollision: Versuche beim nächsten Slot mit Wahrscheinlichkeit p erneut. (p-persistent)

**Vorteile:** nur 1 Host: volle Rate, Dezentral, Einfach

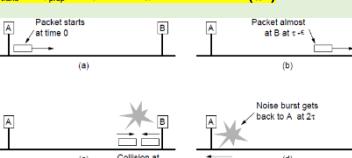
**Nachteile:** Kollisionen verschwenden Zeitslots, Sync der Uhren notwendig, Hosts erkennen evtl. Kollision bevor Übertragung beendet ist und brechen das Senden ab.

**Mindestlänge von Ethernet Frames**

Worst-Case: Kollision wird erst nach 2\*d<sub>prop</sub> erkannt. Ziel ist es, dass Sender **Kollision noch erkennt, bevor er alle Bits seines Frames losgesendet hat.** (Transmission delay)

=> Minimale Paketgröße nötig

d<sub>trans</sub> > 2d<sub>prop</sub> => L/R > 2 \* s/v => L > 2 \* R \* (s/v)



**Ethernet Switch**

Arbeitet auf **Link Layer**.

- Empfang, Zwischenspeicherung und Weiterleitung von Ethernet Frames
- Untersucht MAC Adresse der ankommenden Frames und leitet Frame selektiv nur an richtigen Port weiter.

Klassischer Switch hat **keine IP-Adresse**.

**Transparent:**

- Ethernet Hosts merken nichts von der Anwesenheit eines Switches

**Plug-and-Play:**

- Selbstlernend
- Muss nicht konfiguriert werden.

**Leitungsvermittlung (Circuit Switching)**

Benötigte Ressourcen müssen vorab reserviert werden

Verbindung wird nur zugelassen, falls ausreichend Netzkapazität vorhanden. Sonst abgelehnt.

Dann Senden eines kontinuierlichen Datenstroms.

Übertragungsrate garantiert.

**Paketvermittlung (Packet Switching)**

Host teilt Nachricht in kleine Pakete auf und schickt sie unabhängig voneinander los.

Gleichzeitige Pakete müssen sich einen Link teilen und zeitlich hintereinander gesendet werden.

Router: **Store-and-Forward**.

Jeder Router muss gesamtes Paket empfangen, bevor er es auf den ausgehenden Link weiterleitet

**Signalübertragung**

**Dämpfung:** Längere Leitung -> mehr Dämpfung

Leistung/Amplitude verringert

**Verzerrung:** Frequenzen werden von Übertragungsmedien verschieden stark gedämpft.

Meist nur Frequenzen bis zu einem max Wert gut übertragbar

**Bandbreite:** E-Technik: Frequenzbereich der gut übertragen werden kann

**Duplex vs Simplex**

**Vollduplex:** Beide Richtungen gleichzeitig möglich

z.B. meist bei Kabelübertragung

**Halbduplex:** Beide Richtungen, aber nicht gleichzeitig

z.B. WLAN

**Simplex:** Nur eine Richtung möglich

**Taktrückgewinnung durch Leitungscodes**

Häufige Symbolwechsel nötig, damit Empfänger den **Takt rückgewinnen** kann. 100000 schwierig wie viele 0en.

**Lösungen:**

- Synchronre Uhren
- Manchester Code (Taktfreq = 2 \* Bitfreq)
- Codierung: z.B. 4B/5B bildet 4 Bits auf 5 Bits ab mit vielen Wechseln (so bestehen Codewörter niemals nur aus 1en oder 0en)

| Data | Code  | Data | Code  | Data | Code  | Data | Code  |
|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 0000 | 11110 | 0100 | 01010 | 1000 | 10010 | 1100 | 11010 |
| 0001 | 01001 | 0101 | 01110 | 1001 | 10011 | 1101 | 11011 |
| 0010 | 10100 | 0110 | 01111 | 1010 | 10110 | 1110 | 11100 |
| 0011 | 10101 | 0111 | 01111 | 1011 | 10111 | 1111 | 11101 |

**Weitere Vorteile:** Effizientes Ausnutzen der Bandbreite. Gleichspannung unterdrücken (AM)

**Link Layer**

**Host:** Endpunkt eines Ende-zu-Ende Pfades

**Node:** Jedes Gerät, das am Netzwerk teilnimmt (Host, Router, Switch, Access Point,...)

**Frame:** Nachricht auf Schicht 2.

Wird in allen Nodes implementiert (**Netzwerkarte/HW**). Nicht in Hubs!

**Übertragung von Frames zwischen benachbarten Nodes**

**Rahmenbildung:** Positionsrichtige Erkennung von Zeichen, Erkennung von Blockgrenzen. Frame = Header+Payload.

Payload = IP Paket

**Vielfachzugriff:** Wer darf Medium wann nutzen?

**Fehlererkennung/-korrektur:** Umgang mit Bittfehlern auf physical layer. Hinzufügen von Redundanz

**Zuverlässige Datenübertragung:** Korrektur von Paketverlusten, korrekte Reihenfolge, Vermeidung von Duplikaten. Bei WLAN teilweise, bei Ethernet gar nicht.

**MAC-Adressen (Adresse der Link Layer)**

Nur lokal gültig. Zur Identifikation von Nachbarn.

**Jedes Interface eines Hosts hat eigene MAC-Adresse.**

**Switch hat keine MAC Adresse**, weil kein Host!

Bei Ethernet u. WLAN 48 Bit.

**Broadcast-Adresse FF-FF-FF-FF-FF-FF**

Jede Netzwerkkarte muss eindeutige MAC-Adresse haben innerhalb eines lokalen Netzwerkes.

Teilweise MAC Adresse fest mit Netzwerkkarte verknüpft.

**Carrier Sense Multiple Access (CSMA)**

**Carrier Sensing:** Mitlauschen am Kanal.

Kanal frei: Beginne Übertragung.

Kanal belegt: Verschiebe Übertragung.

- **1-persistent:** Sende sobald Kanal wieder frei
- **p-persistent:** Sende im nächsten Slot, mit Wkkeit p falls Kanal frei ist.
- **Non-persistent:** Warte Zufällige Zeit und prüfe erneut, ob Kanal frei. => **Ethernet**

Wegen d<sub>prop</sub> erkennen Sender erst verspätet, ob es zu Kollisionen kommt.

d<sub>prop</sub> hat Einfluss auf Kollisionswahrscheinlichkeit.

Problem: Bei spät erkannter Kollision ist losgesendetes Paket wertlos.

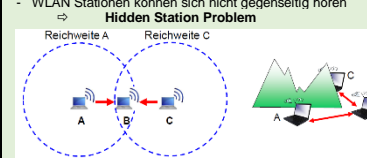
**Vielfachzugriff bei WLAN 802.11**

**CS:** Wie Ethernet wird vor Senden Medium abgehört

Collision Detection nicht möglich, weil:

- WLAN ist **halbduplex**: empf. Signal sehr schwach
- WLAN Stationen können sich nicht gegenseitig hören

=> **Hidden Station Problem**



**Kollisionen müssen beim Empfänger erkannt werden!**

**Switch Forwarding**

Forwardingstabelle enthält Info, an welchen Port ein Frame weitergeleitet werden muss:

- Ziel MAC-Adr | Ziel Ausgangs-port | TTL

**Ablauf:**

- Selbstlernend: Bei **ankommendem** Frame werden Infos des Absenders gespeichert.
- **Nachschlagen**, ob Eintrag mit Ziel MAC schon in Tabelle.
- **Vorhanden:** Weiterleiten an Zielport. Falls Zielport == Quellport. Frame verwerfen.
- **Sonst:** Fluten. Weiterleiten an alle Hosts mit Ausnahme des Senders. Auch die, die er schon weiß, was dranhängt.

**Paketverzögerungen/-verlust**

**Verlust:** Pakete verworfen, wenn Puffer nicht frei

**Verzögerung:** durch Pufferung

**d<sub>trans</sub>** = d<sub>proc</sub> + d<sub>queue</sub> + d<sub>trans</sub> + d<sub>prop</sub>

**d<sub>trans</sub>** = Paketlänge(Bits) L / Bandbreite d. Links(bps) R

**d<sub>prop</sub>** = Länge d. Links s / Ausbreitungsgeschwindigkeit v (~2\*10<sup>8</sup> m/s)

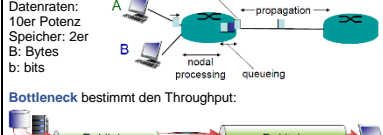
Datenraten:

10er Potenz


Speicher: 2er

B: Bytes

b: bits



**Bottleneck** bestimmt den Throughput:



**Nyquist (Datenrate D bei unverrauschem Kanal)**

Bandbreite **B**; Anz. verw. Signalstufen **V**

**D = 2 \* B \* Id (V)** [bit/s]

**Shannon (Datenrate D bei verrauschten Kanal)**

Gilt zusätzlich zu Nyquist!

Maximalleistung S; Rauschleistung N

**D = B \* Id (1 + S/N)** [bit/s]; S/N in dB: 10 \* log<sub>10</sub>(S/N)

Wenn in dB geg., dann erst umrechnen

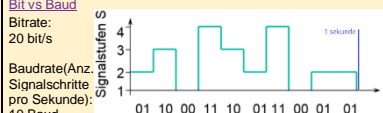
**Bit vs Baud**

Bitrate:

20 bit/s

Baudrate(Anz. Signalschritte pro Sekunde):

10 Baud

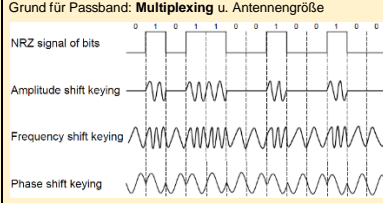


**Passband Transmission**

Nutzsignal ändert Trägersignal

Bei Frequency Vereinbarung welche Freq 0 und 1

Grund für Passband: **Multiplexing** u. Antennengröße




**Rahmenbildung (Zerlegung des Bitstroms in endliche Seq.)**

Erkennung, wann Frame beginnt und endet.

**Byte Count:** Zu Beginn jedes Frames Feld, das Anz. enthaltener Bytes angibt (Anz. inkl. dieses Feld)

**Nachteile:** Nach Fehler erneute Synchronisation schwer

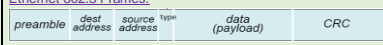
**Byte Stuffing:** FLAG markiert Anfang und Ende. Falls FLAG in Nutzdaten, ESC aber auch escapen. Overhead, aber einfaches Synchronisieren nach Fehler.



**Bit Stuffing:** Frame beginnt mit speziellen reserviertem Bitmuster. Beim senden wird nach 5 zusammenhängenden 1-er Bits immer ein 0 Bit eingefügt und beim Empfang nach 5 zusammenhäng. 1-er Bits immer ein 0 Bit gelöscht.

**Vorteil:** Framelänge muss kein vielf. von 8Bit sein.

**Ethernet 802.3 Frames:**



**Präambel:** 7mal 10101010, dann 1mal 10101011

=> Synchronisation Sender u. Empfänger

**Adressen:** je 6 Byte Sender u. Empfänger MAC. Normalerweise leitet NW Karte Frame nur an BS weiter, wenn dessen Adresse passt. Ausnahme: Broadcast oder **Promiscuous Mode** (Netzwerkkarte adaptiert akzeptiert auch Pakete, die nicht an ihn)

**Type:** 2Byte Art des Netzwerkprotokolls IPv4/IPv6..., Also Protokoll des enthaltenen Datagramms

**CRC:** 4Byte

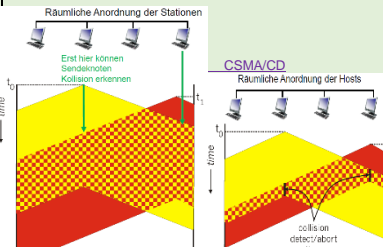
**Eigenschaften:**

**Verbindungslos:** Kein Verb. Aufbau vor Datenaustausch

**keine zuverlässige Verbindung:** Frameverlust mögl.

**Vielfachzugriff:** Nur bei Punkt-zu-Punkt: Unslotted CSMA/CD

**CSMA**



**CSMA/CA (Collision Avoidance) bei WLAN**

**Sender:** Kanal min. für **DIFS** frei -> sende kompletten Frame ohne CS

**Kanal belegt:**

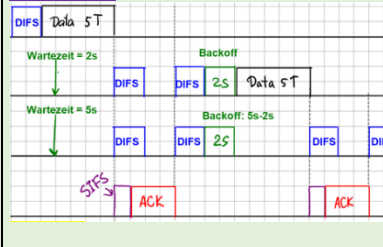
- hier schon exponential Backoff
- > Unterschied zu CSMA/CD
- Höre Kanal ständig ab und dekrementiere Timer nur während Zeiten, wo Kanal frei ist.
- Erneute Übertragung, wenn Timer ausläuft

Falls kein ACK eintrifft -> Wieder zu belegt Fall. Gfs backoff Intervall erhöhen.

**Empfänger:** bestätigt Datenempfang durch ACK nach Zeitspanne SIFS.

SIFS < DIFS Priorisierung von ACK

**CSMA/CA Ablauf:**



**Schichtenmodell (TCP/IP - Internet)**

**Vorteile:** Verringert Gesamtkomplexität. Einfacheres Hinzufügen neuer Features. Modulares Entwickeln von für die Datenkommunikation benötigter Hardware, Treiber und Anwendungen. Schichten können geändert werden, ohne Einfluss auf andere Schichten.

Jede Schicht fügt zur Nachricht ihren eigenen Header hinzu

**5 Application (HTTP, SMTP, RTP, DNS)**

**4 Transport (TCP, UDP):** Kommunikation zw. Prozessen auf Sender u. Empfängerseite

**3 Network (IP, ICMP):** Adressierung, Forwarding, Routing

**2 Link (DSL, SONET, 802.11, Ethernet):** Rahmenbildung, Fehlererkennung/Korrektur, Vielfachzugriff, zuverl. Datübertr

**1 Physical:** Signalübertragung, Modulation, Übertragungsmedien

**Digitale Modulation**

**Modulation:** Umwandlung Bitsequenz in übertragbares Signal.

**Demodulation:** Rückübersetzung beim Empfänger.

**Baseband** (bei drahtgebundener Übertragung): Signal beinhaltet Frequenzen 0 bis f<sub>max</sub> und wird direkt in diesem Frequenzbereich übertragen.

Bei Ethernet Kabel z.B. **1000BaseT** bedeutet: 1Gps, Baseband, Twisted Pair Kupferleitung

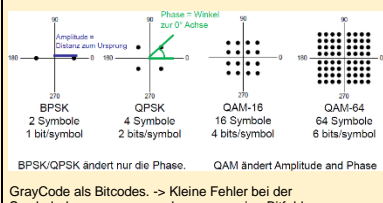
**Passband** (bei drahtloser Übertragung): Nutzsignal in höheren Frequenzbereich verschieben

Nutzsignal verändert Trägersignal

Rückgewinnung am Empfänger durch **Demodulation**

**Passband: Kombination von Modulationsarten**

ASK und PSK oft kombiniert -> ergibt mehr Symbole, daher höhere Bitrate bei gleicher Baudrate



GrayCode als Bitcodes. -> Kleine Fehler bei der Symbolerkennung verursachen nur wenige Bittfehler.

**Fehlererkennung und -korrektur**

**Keine Fehlerkorrektur** (zu viel Redundanz)

Bei Fehlererkennung:

Ethernet: keine Retransmission. Nur durch TCP, falls Timeout eintritt.

WLAN: Aktive Wiederanforderung des fehlerhaften Blocks durch Link Layer

**Checksumme (IP und UDP/TCP Header):**

- Bits in Gruppen von 16 Bit Wörtern
- Summiere alle 16 Bit Wörter unter Berücksichtigung des Übertrags (Übertrag addieren)
- 1er Komplement des Ergebnisses ist Checksum Empfänger:
- Addiere übertragene Wörter UND Checksum. Übertrag auch wieder addieren!
- Wenn Ergebnis nur 1er: Kein Fehler

**Vielfachzugriff**

Geteilter Broadcastkanal – **Interferenz** == Kollision falls mehrere Stationen gleichzeitig senden.

**Multiple Access Control:** Verteilter Algorithmus, der entscheidet, wann Host senden darf. Entscheidung muss inband sein (kein extra Kanal).

Link hat Kapazität R. Wenn einer sendet, dann Rate R, wenn mehrere Senden Rate R/M.

**Arten von Multiple Access Control:**

**Multiplexverfahren:** siehe physical Layer.

**Random Access Verfahren:** Kollisionen (>2 Stationen senden) werden zugelassen. Mechanismen um sich von Kollision zu erholen. z.B. Un-/Slotted ALOHA, CSMA/CD/CA

**Token-Verfahren:** Kollisionen werden verhindert. Nur vor Token hat darf auf Kanal zugreifen

**CSMA/CD (Carrier Sensing + Collision Detection)**

**CS:** Nur senden falls Medium gerade frei ist.

**CD:** Sender (**Netzwerkarte**) hört während senden Medium weiter ab.

- Sofortiger Abbruch + Jam Signal bei Kollision. Jam Signal zum Sicherstellen, dass andere Nodes Sendetätigkeit einstellen.
- Erneuter Sendeversuch nach zufälliger Wartezeit
- Binary exponential Backoff: mittlere Wartezeit nach jeder erneuten Kollision verdoppelt.

**Voraussetzung:** Sender muss zu **listen while talk** fähig sein.

- LAN: Leicht möglich -> **Vollduplex**
- WLAN: Schwierig. Empfangene Signale viel schwächer als gesendete -> **Halbduplex**


**Switched Ethernet**

**Hub:** Alle Leitungen quasi miteinander verbunden. Eine einzige Kollisionsdomäne. CSMA/CD notwendig

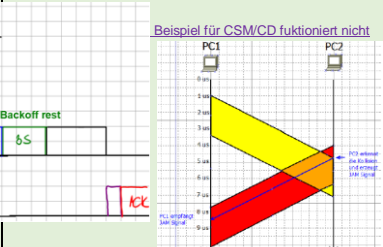
**Switch:** Isoliert jeden Port in eigene Kollisionsdomäne

Bei Vollduplex-Kabeln kein CSMA/CD nötig

- Jeder Host direkt mit Switch-Port verbunden.
- Keine Kollision möglich, falls voll-duplex.
- Kein CSMA/CD notwendig.
- Switches speichern Frames zwischen und leiten Frames weiter
- Gleichzeitige Übertragung von A zu A' und B zu B' möglich.



**Beispiel für CS/CD funktioniert nicht**









# Abkürzungen

## Einführung

DSL: Digital Subscriber Line  
ISP: Internet Service Provider  
TCP: Transmission Control Protocol (Netzwerkprotokoll, das definiert auf welche Art und Weise Daten zwischen Netzwerkkomponenten ausgetauscht werden sollen)  
UDP:  
IP: Internet Protocol (Protokoll das die Grundlage des Internets darstellt)  
HTTP: Hypertext Transfer Protocol (Protokoll zur Übertragung von Daten in der Anwendungsschicht)  
RFC: Request for Comments (legt Internet Standards fest)  
VoIP: Voice over IP  
DSLAM: Digital Subscriber Line Access Multiplexer (übersetzt hochfrequente Töne in digitale Signale, bevor Daten zum Modem im Heimnetz kommen)  
CMTS: Cable Modem Termination System (Wie DSLAM aber für Kabelmodem)  
DHCP Server: Dynamic Host Configuration Protocol Server (Verteilt automatisch Adressen an Hosts in einem Netzwerk)  
DNS Server: Domain Name System Server (Weist im Internet einer URL die richtigen IP-Adresse zu)  
SAP: Service Access Point (Im Schichtenmodell stellt jede niedrigere Schicht der jeweils höheren Schicht einen SAP zur Verfügung. Somit kann die Höhere Schicht die Services der niedrigeren benutzen)  
ISO: International Organization for Standardization  
OSI: Open Systems Interconnection

## Network Layer

CIDR: Classless Interdomain Routing (Subnetzteil einer Adresse kann beliebige Länge haben)

# Windows/Linux Befehle

Messen der Round Trip Time:

- Windows: ping, mehrere Pings: ping -a 10000

Wege eines Pakets durch das Internet verfolgen:

- Windows: tracert
- Linux: traceroute

Routing Tabelle anzeigen:

- Linux: route
- Windows: route print

Route in Routingtabelle hinzufügen:

- Linux: ip route add 100.0.2.0/24 via 100.0.1.2

Forwarding aktivieren:

- Linux: sysctl -w net.ipv4.ip\_forward=1

TCP Server starten:

- Linux: netcat -l -p 9000

Mit TCP Server verbinden:

- Linux: netcat <dstIP> 9000

MAC-Adresse rausfinden:

- Windows: ipconfig /all -> physische Adresse
- Linux: ifconfig -> ether, oder ip addr

MAC-Adresse ändern:

- Windows: Systemsteuerung -> Geräte manager

Adresszuweisung

- Linux: ifconfig eth0 200.23.16.4 netmask 255.255.255.0 **oder** ip addr add 200.23.16.4/24 dev eth0 **oder** persistent: /etc/network/interfaces
- Windows: Systemsteuerung -> Netzwerk- und Freigabecenter -> Adaptereinstellungen

IP Adresse von DHCP Server anfordern

- Linux: dhclient
- Windows (ipconfig /release)

ARP-Tabellen anzeigen

- Linux: arp
- Windows: arp -a

Eintrag aus ARP-Tabelle löschen

- Linux: arp -d <IP-Adresse>

nmap – Portscanner, scannt auf offene Ports im Netzwerk (TCP SYN Scan). Falls ein Port offen ist, wird ein TCP SYN ACK vom Zielhost an Scanner zurückgeschickt. Benutzt ARP Requests zur Erkennung von aktiven Hosts

TCP Verbindungen anzeigen:

- Windows: netstat -p tcp

IP Adresse des lokalen DNS Servers herausfinden:

- nslookup, oder ipconfig /all

DNS Anfrage stellen:

- Windows: nslookup [www.sueddeutsche.de](http://www.sueddeutsche.de)

DNS Resolver spielen:

- nslookup eingeben (interaktiver modus)
- [www.fh-rosenheim.de](http://www.fh-rosenheim.de) eingeben
- antwort als server setzen („server „antwort““)
- wieder [www.fh-rosenheim.de](http://www.fh-rosenheim.de) eingeben
- usw usw.

nslookup type setzen

- interaktiven modus starten
- set type =mx z.B.
- set q=AAAA (für ipv6)

## WIRESHARK

Filter für MAC destination:

- z.B. Broadcasts finden: **eth.dest == ff:ff:ff:ff:ff:ff**

# TODO

Evtl. Übung 7 1.

Was ist ein IXP