

Netzwerke

Prof. Dr. Alexander Paar

Duale Hochschule Schleswig-Holstein

Grundlagen

Was ist ein Netzwerk?

Rechnernetze

Wikipedia

Ein Rechnernetz, Computernetz oder Computernetzwerk ist ein Zusammenschluss verschiedener technischer, primär selbstständiger elektronischer Systeme (insbesondere Computern, aber auch Sensoren, Aktoren, Agenten und sonstigen funktechnischen Komponenten), der die Kommunikation der einzelnen Systeme untereinander ermöglicht

Ziel ist hierbei zum Beispiel die gemeinsame Nutzung von Ressourcen wie Netzwerkdruckern, Servern, Dateien und Datenbanken

Wichtig ist auch die Möglichkeit zur zentralen Verwaltung von Netzwerkgeräten, Netzbenutzern, deren Berechtigungen und Daten

Die Kommunikation erfolgt über verschiedene Protokolle, die mit dem ISO/OSI-Modell strukturiert werden können

Ein einfaches Rechnernetz

Zwei Rechner, verbunden mit einem Kupferkabel

UTP-Kabel (**Unshielded Twisted Pair**) mit ungeschirmten Paaren und ohne Gesamtschirm in verschiedenen Kategorien (z.B. **Kategorie-5-** oder **Cat-5-Kabel**) für **Ethernet**-Netzwerke

Die Ethernet-Protokolle umfassen Festlegungen für Kabeltypen und Stecker sowie für Übertragungsformen

RJ45-Steckverbindungen

Netzwerkkarten (engl. **network interface card**, **network interface controller**) für die Verbindung eines Computers mit einem lokalen Netzwerk zum Austausch von Daten.

Die **MAC-Adresse** (**Media-Access-Control**) ist die eindeutige Nummer eines Netzwerkgeräts in IEEE 802-Netzwerken (Ethernet, Wi-Fi, ...)

Die Erwartung heute ist wireless (AirDrop, ...)



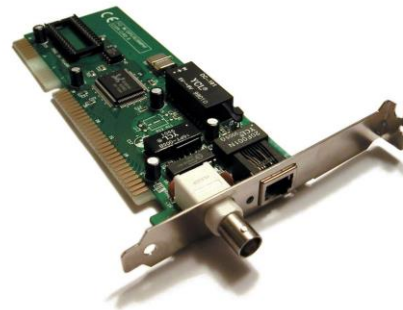
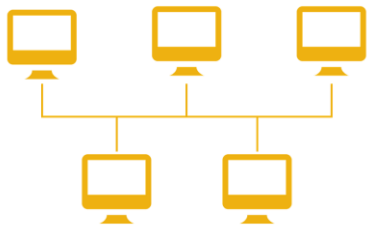
Geschichte

10BASE5 (auch: **Thick Ethernet**) war die erste Ethernet-Variante (1982)

10BASE2 (auch: **Thin Ethernet**) war die Weiterentwicklung (ca. 1985)

Bus-Topologie

- Alle Geräte direkt mit dem Bus verbunden
- Keine aktiven Komponenten zwischen den Geräten und dem Medium



Servers, Clients, Ports, Protokolle

Ein **Server** stellt Clients Ressourcen oder Services bereit

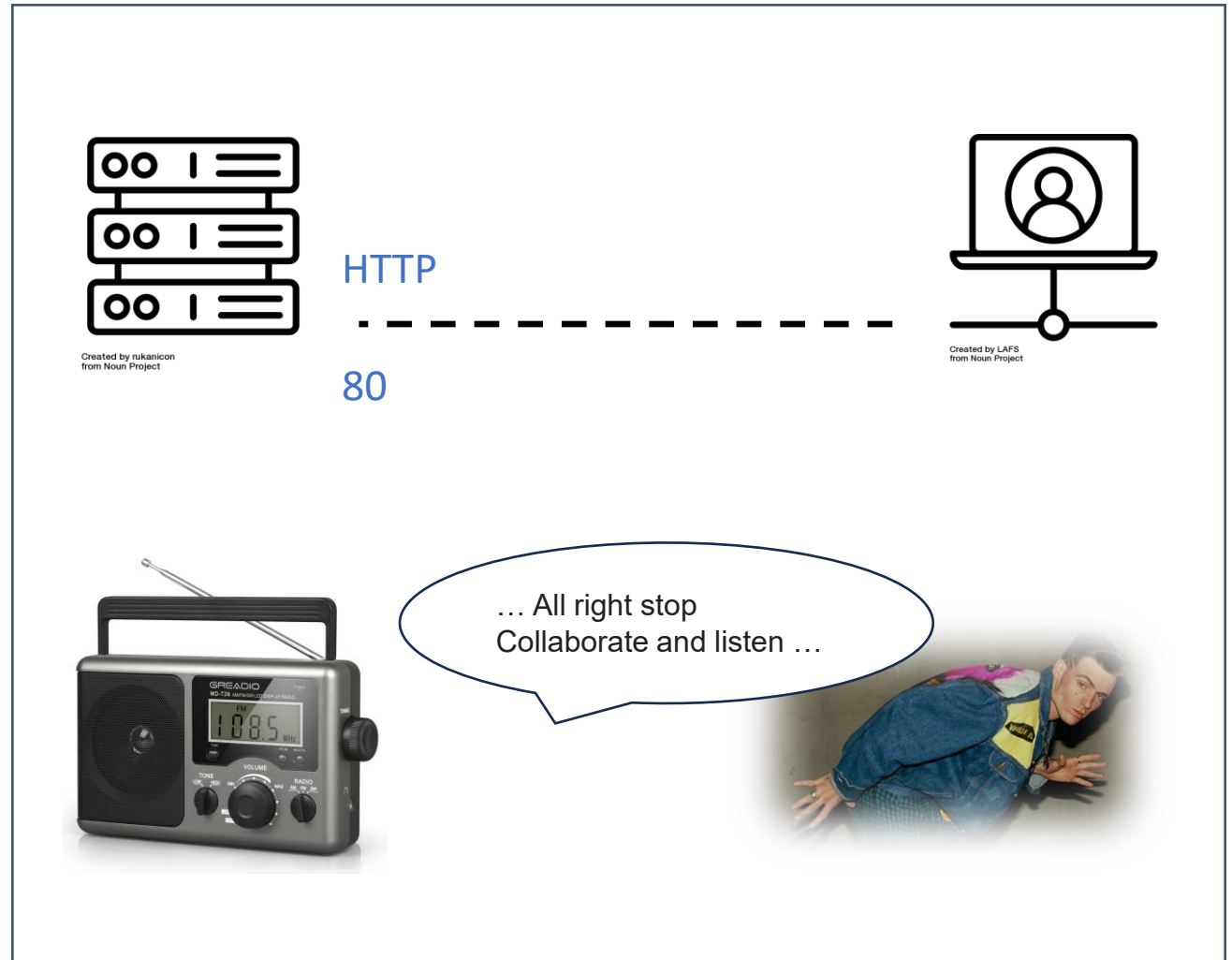
Ein **Client** kommuniziert mit dem Server über ein Netzwerk

Ein **Port** ist die eindeutige Nummer eines Verbindungsendpunkts mit dem Datenpakete einem Prozess zugeordnet werden können

Ein (**Kommunikations-**)**protokoll** ist ein Regelsystem mit dem Informationen im Netzwerk übertragen werden

Konventionelle (TCP-)Ports

- HTTP: 80
- HTTPS: 443
- SSH: 22

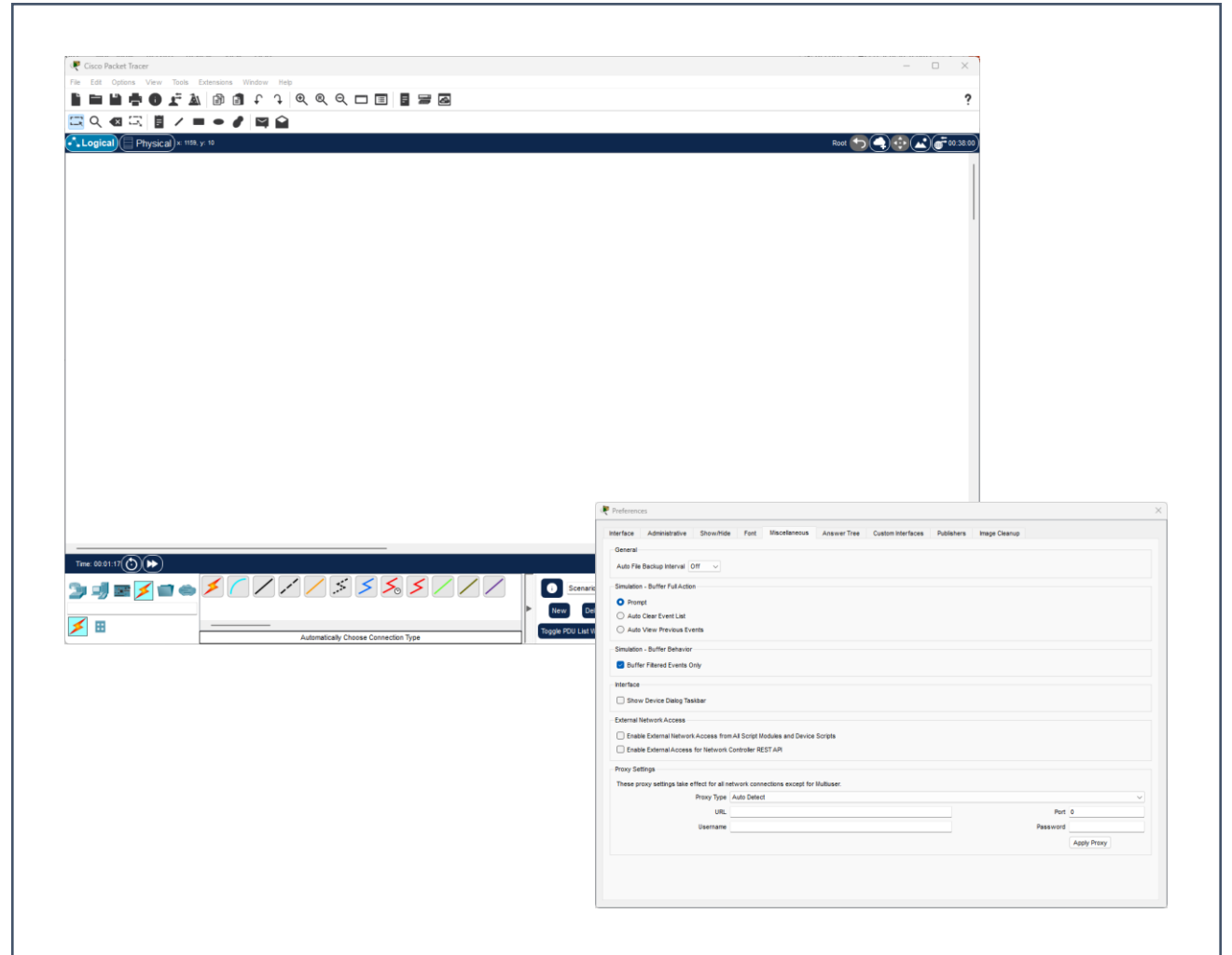


Cisco Packet Tracer

Options >> Preferences >> Miscellaneous >>
Buffer Filtered Events Only

Options >> Preferences >> Interface >>
**Always Show Port Labels in Logical
Workspace**

Options >> Preferences >> Font >> **Font Size**



Lab: Packet Tracer

PC

IP-Adresse: 10.1.1.1
Subnet Mask: 255.255.255.0
MAC-Adresse: **0001.1111.1111**

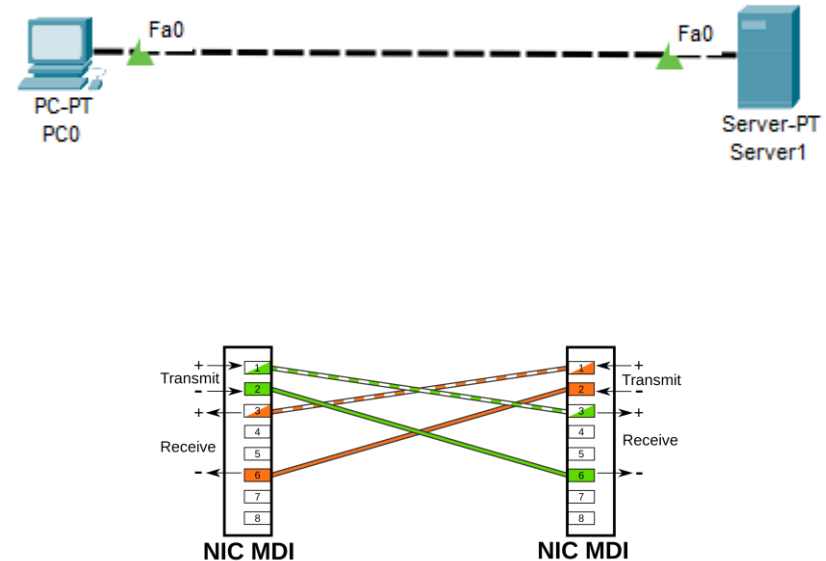
Server

IP-Adresse: 10.1.1.2
Subnet Mask: 255.255.255.0
MAC-Adresse: **0001.2222.2222**

Eine **MAC-Adresse** (**Media-Access-Control-Address**, bei Apple: **Ethernet ID**) ist die Hardware-Adresse jedes einzelnen Netzadapters

Verbindung mit einem **Crossover-Kabel**

Neue Netzwerkkarten und Switches beherrschen **Auto-MDI-X** (**Medium Dependent Interface**) und erkennen selbstständig die Sende- und Empfangsleitungen



Repeaters, Hubs, Switches, Routers

Repeater

Signalverstärker zur Vergrößerung der Reichweite eines Signals (z.B. WLAN)

Hub (Multiport Repeater)

Funktionsweise wie ein Repeater

Physische Verkabelung von Geräten in einer [Stern-Topologie](#)

Logischer Aufbau einer [Bus-Topologie](#)

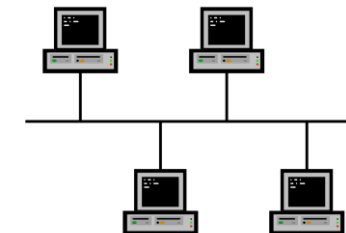
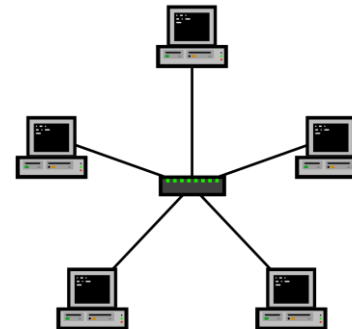
Schicht 1 im OSI-Modell

Ethernet Repeater und Hubs gelten seit 2011 als veraltet und sollten nicht mehr verwendet werden

Aber: Ein WLAN Access Point ist auch wie ein Hub (nicht über Kabel, sondern über Luft)

Auch die Luft ist ein geteiltes Medium, in dem Kollisionen auftreten können

Wi-Fi 6 erlaubt mehrere simultane Sender wie ein...



Repeaters, Hubs, Switches, Routers

Switch

Ein Switch funktioniert wie eine **Multiport-Bridge**

Datenpakete (Frames) werden anhand von Informationen aus Schicht 2 im OSI-Modell weitergeleitet

- Der Switch empfängt einen Frame mit einer 48 Bit langen MAC-Adresse
- Der Switch legt einen Eintrag in der **Source-Address-Table (SAT)** mit der MAC-Adresse und dem physischen Port an
- Danach werden Frames nur noch an den Port weitergeleitet, der für die entsprechende Zieladresse in der SAT gelistet ist
- Ist der Weg zur Zieladresse noch unbekannt (Lernphase), leitet der Switch das betreffende Frame an alle anderen aktiven Ports.



Repeaters, Hubs, Switches, Routers

Router

Router verwenden Informationen aus Schicht 3 im OSI-Modell (d.h. IP-Adressen), um Netzwerkpakete zwischen mehreren Rechnernetzen weiterzuleiten

Viele Router übersetzen zwischen privaten und öffentlichen IP-Adressen ([Network Address Translation \(NAT\)](#)) bzw. [Port Address Translation \(PAT\)](#) oder bilden Firewall-Funktionen ab

Internetrouter koppeln Heimnetzwerke ans Internet



Firewalls, Intrusion Detection, Intrusion Prevention

Firewall

Eine Firewall ist ein Sicherheitssystem, das den ein- und ausgehenden Netzwerkverkehr anhand vorgegebener Sicherheitsregeln überwacht und steuert

Üblicherweise befindet sich die (Ethernet-) Firewall hinter dem Internet Router

Intrusion Detection System

Erkennung von Angriffen

Logging und Benachrichtigung

Intrusion Prevention System

Abwehr von Angriffen

Aktive Änderung von Firewall-Regeln

Customize settings for each type of network

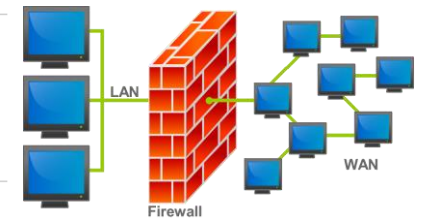
You can modify the firewall settings for each type of network that you use.

Private network settings

- ☒ Turn on Windows Defender Firewall
 - ☐ Block all incoming connections, including those in the list of allowed apps
 - ☒ Notify me when Windows Defender Firewall blocks a new app
- ☐ Turn off Windows Defender Firewall (not recommended)

Public network settings

- ☒ Turn on Windows Defender Firewall
 - ☐ Block all incoming connections, including those in the list of allowed apps
 - ☒ Notify me when Windows Defender Firewall blocks a new app
- ☐ Turn off Windows Defender Firewall (not recommended)



Das TCP/IP-Modell

Schichten und Protokolle

OSI-Modell

Referenzmodell für Netzwerkprotokolle als
Schichtenarchitektur

Es gibt eine Reihe solcher Modelle (Tanenbaum,
Cisco Academy, ...)

Aber: Kein Problem!

- | | | |
|---|-------------------|-------------|
| 7 | All | Application |
| 6 | People | |
| 5 | Sleeping | |
| 4 | Through | Transport |
| 3 | Networking | Network |
| 2 | Don't | Data Link |
| 1 | Pass | Physical |

OSI-Schicht	Einordnung	TCP/IP-Referenzmodell	Einordnung	Protokollbeispiele	Einheiten	Kopplungselemente
7	Anwendungs-orientiert	Anwendung	Ende zu Ende (Multihop)	DHCP DNS FTP HTTP HTTPS LDAP MQTT NCP RTP SMTP XMPP	Daten	Gateway, Content-Switch, Proxy, Layer-4-7-Switch
6						
5						
4	Transport-orientiert	Transport		TCP UDP SCTP SPX	TCP = Segmente UDP = Datagramme	
3		Internet		ICMP IGMP IP IPsec IPX	Pakete	Router, Layer-3-Switch
2		Netzzugriff	Punkt zu Punkt	IEEE 802.3 Ethernet IEEE 802.11 WLAN TLAP FDDI MAC Token Ring ARCNET	Rahmen (Frames)	Bridge, Layer-2-Switch, Wireless Access Point
1				1000BASE-T Token Ring ARCNET	Bits, Symbole	Netzwerkkabel, Repeater, Hub

OSI-Modell

Auch Anwendungsentwickler sollten ein gutes Verständnis über Rechnernetzwerke haben

Schlecht programmierte Anwendungen können ein Rechnernetz belasten

Es gibt keine unbegrenzte Bandbreite

7 Application

6

5

4 Transport

Segments

3 Network

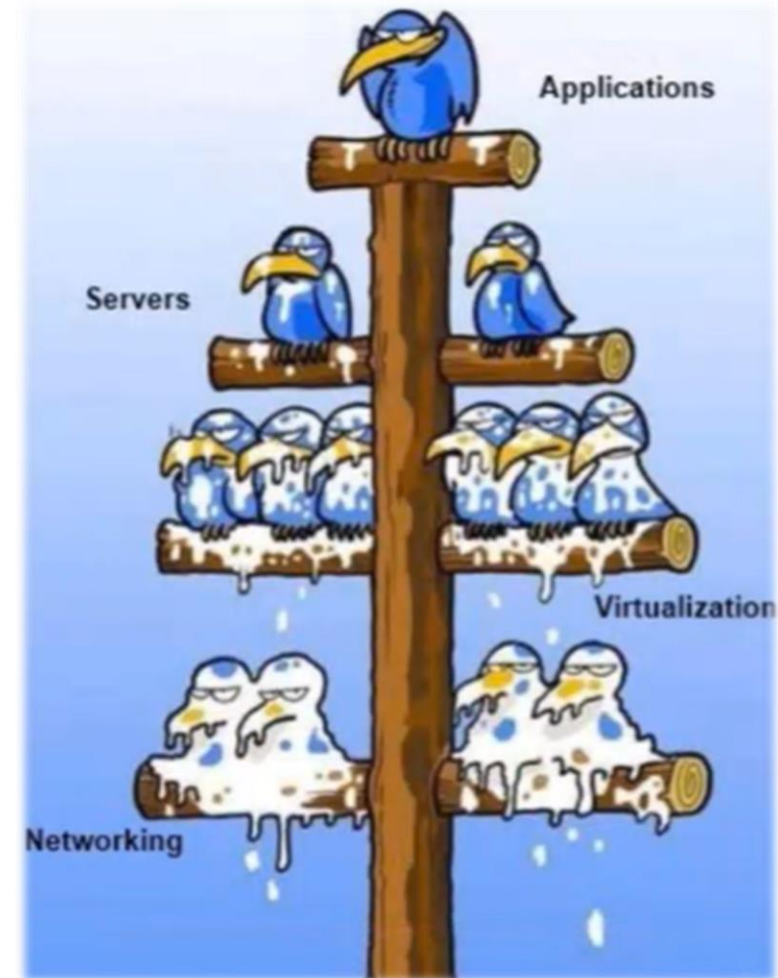
Packets (... are routed)

2 Data Link

Frames (... are switched)

1 Physical

Bits

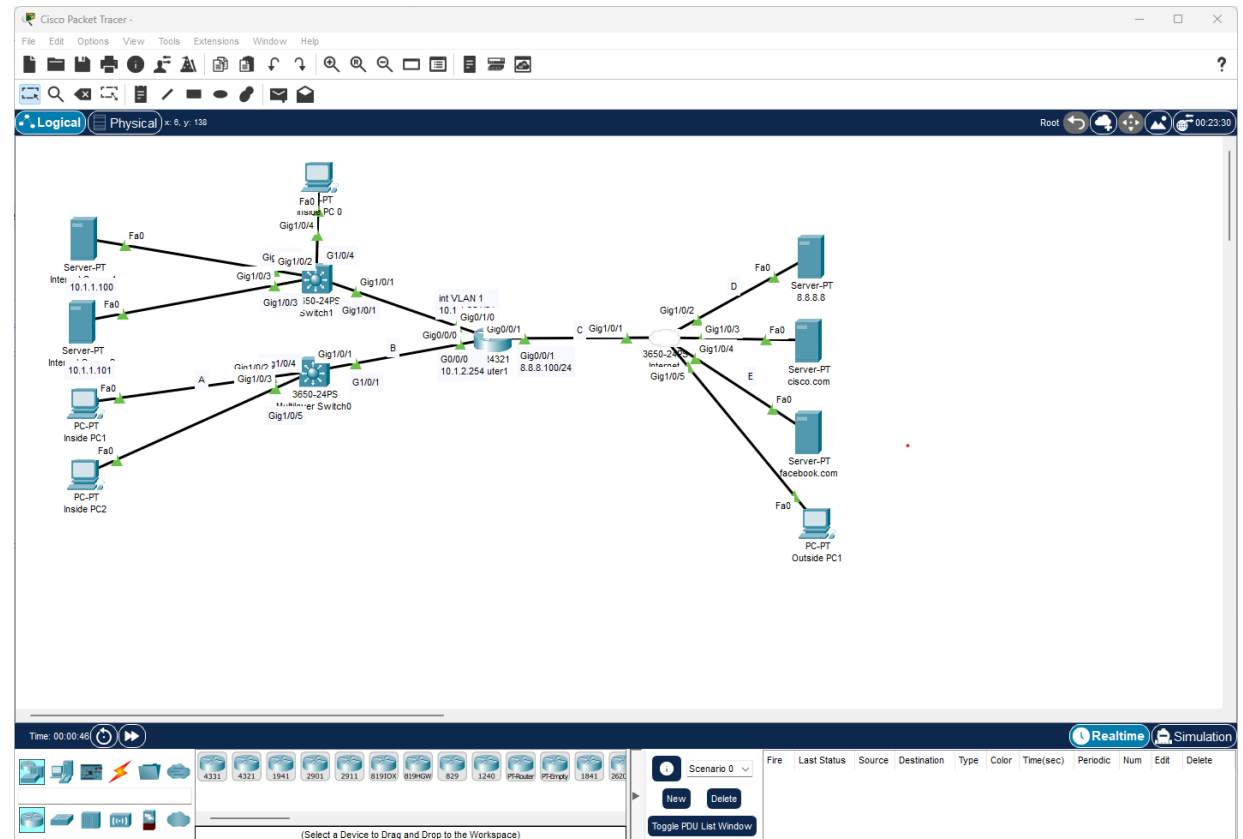


Labs

Lab 01: ARP, IP, TCP

Lab 02: E-Mail

Lab 03: FTP



Das Binärsystem

Tertium non datur

There are only 10 types of people in the world.

Those that understand binary and those that don't.

$$253_{10} = ______2$$

$$-253_{10} = ______2$$

Das Hexadezimalsystem

0x

Labs

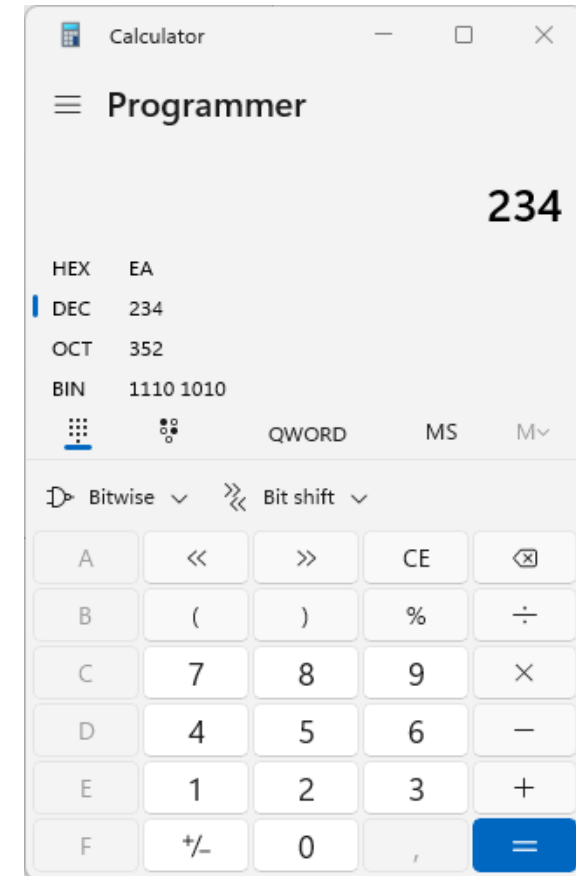
Stellenwertsystem zur Basis 16

Komfortable Verwaltung des Binärsystems

Vielfache Verwendung

- MAC-Adressen
- IPv6-Adressen
- DHCP Client ID
- Bluetooth Device Address
- ...

Hex.	Dualsystem					Dez.
0	0	0	0	0	0	00
1	0	0	0	1	0	01
2	0	0	1	0	0	02
3	0	0	1	1	0	03
4	0	1	0	0	0	04
5	0	1	0	1	0	05
6	0	1	1	0	0	06
7	0	1	1	1	0	07
8	1	0	0	0	0	08
9	1	0	0	1	0	09
A	1	0	1	0	0	10
B	1	0	1	1	0	11
C	1	1	0	0	0	12
D	1	1	0	1	0	13
E	1	1	1	0	0	14
F	1	1	1	1	0	15



IP-Adressierung

0.0.0.0

Was ist eine IP-Adresse?

Von einem Administrator zugewiesene Layer 3-Adresse

Identifiziert ein Gerät im Netzwerk

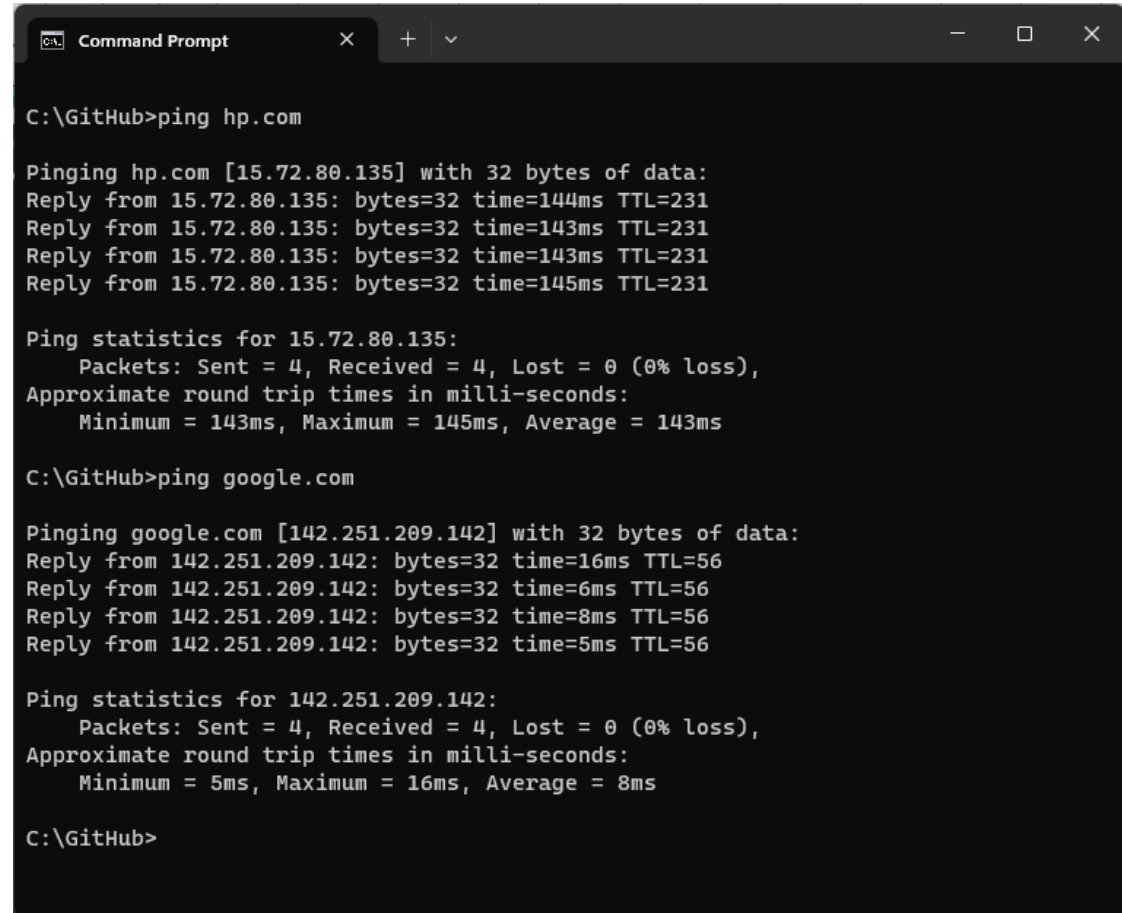
→ Jedes Gerät im Internet hat eine einzigartige IP-Adresse

Aber: **Private IP-Adressen** sind IP-Adressen, die von der IANA nicht im Internet vergeben sind

Beispiel

Aus der lokal vielfach verwendeten privaten IP-Adresse 10.1.1.1 wird mit **Network Address Translation** die öffentliche IP-Adresse 12.1.1.1

Das **Domain Name System** ist ein weltweiter Verzeichnisdienst für die Umsetzung von **Domainnamen** in IP-Adressen



```
C:\GitHub>ping hp.com

Pinging hp.com [15.72.80.135] with 32 bytes of data:
Reply from 15.72.80.135: bytes=32 time=144ms TTL=231
Reply from 15.72.80.135: bytes=32 time=143ms TTL=231
Reply from 15.72.80.135: bytes=32 time=143ms TTL=231
Reply from 15.72.80.135: bytes=32 time=145ms TTL=231

Ping statistics for 15.72.80.135:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 143ms, Maximum = 145ms, Average = 143ms

C:\GitHub>ping google.com

Pinging google.com [142.251.209.142] with 32 bytes of data:
Reply from 142.251.209.142: bytes=32 time=16ms TTL=56
Reply from 142.251.209.142: bytes=32 time=6ms TTL=56
Reply from 142.251.209.142: bytes=32 time=8ms TTL=56
Reply from 142.251.209.142: bytes=32 time=5ms TTL=56

Ping statistics for 142.251.209.142:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 5ms, Maximum = 16ms, Average = 8ms

C:\GitHub>
```

Charakteristik von IPv4

Layer 3 (Network)-Protokoll

Verbindungslos, keine Sitzungen (engl. [sessions](#))

TCP ist verbindungsorientiert (→ TCP 3-Way Handshake)

IP-Pakete werden unabhängig voneinander bearbeitet und können unterschiedliche Pfade im Netzwerk nehmen (engl. [routing](#))

Routing-Algorithmen verwenden unterschiedliche Metriken für den besten Pfad in einem Netzwerk

- Lastverteilung (engl. [load balancing](#))
- Bandbreite (engl. [bandwidth](#))
- [Hopcount](#) (d.h. Anzahl Netzwerkgeräte)

Routing wird ermöglicht durch die hierarchische Struktur von IP-Adressen mit [Netzwerk](#) (engl. [network](#)) und [Host](#)-Teil

Router verwenden den Netzwerk-Teil einer IP-Adresse für ihre Routing-Entscheidungen

IP-Pakete können fehlgeleitet oder dupliziert werden oder verloren gehen (d.h. [best effort delivery](#)) → damit muss man rechnen

TCP auf Layer 4 sendet verlorengegangene Pakete erneut und behandelt korruptierte Pakete, UDP macht das nicht

Keine Datenwiederherstellung (engl. [data recovery](#))

IPv4 Adressformat

Eine IPv4-Adresse umfasst 32 Bits

→ 4 Oktette

Beispiel: 10.1.1.1

Spezifiziert wird ein bestimmtes Netzwerk und der Host (z.B. Server, iPhone) darin

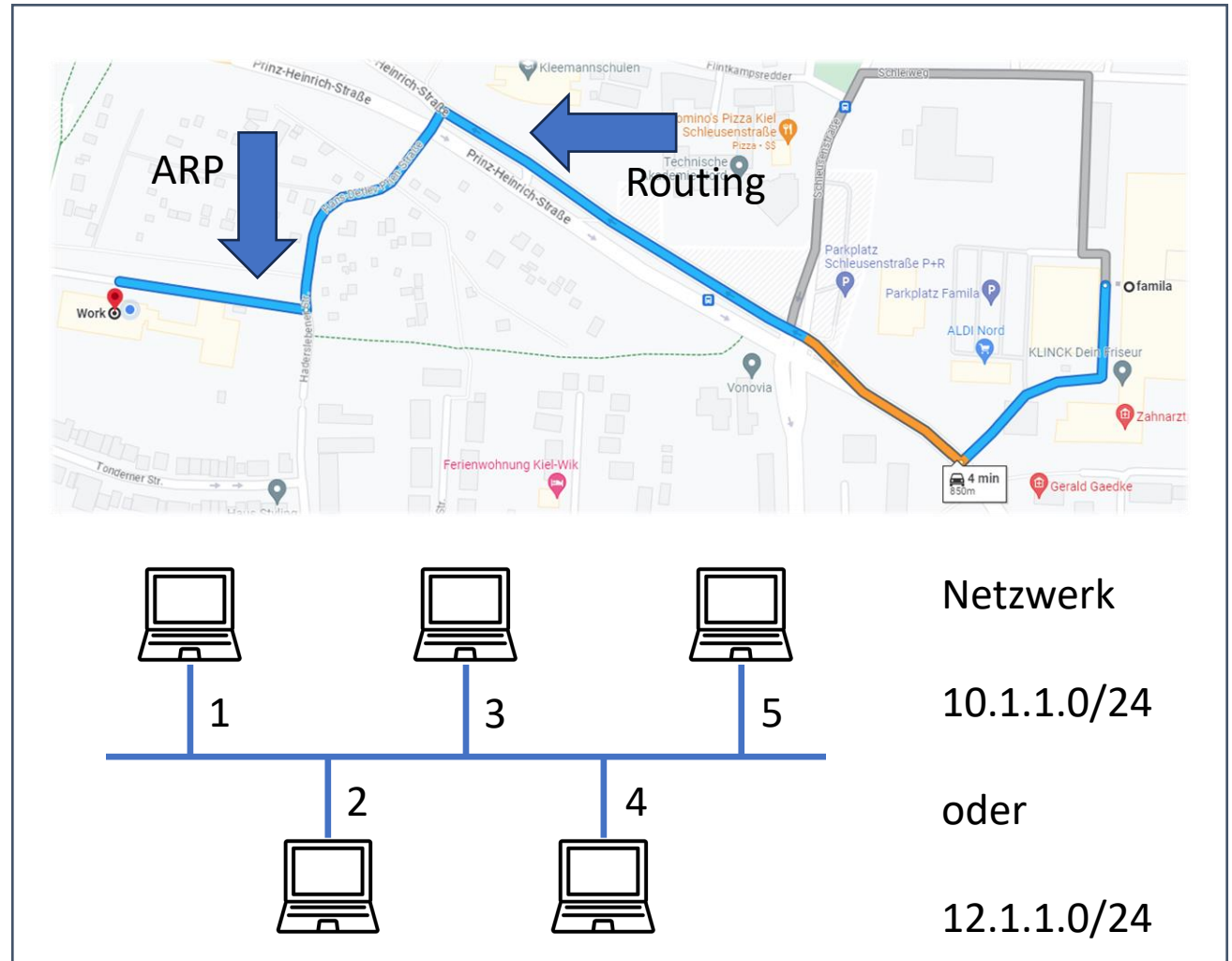
Router verwalten Tabellen mit dem Netzwerkteil der IP-Adressen (d.h. Netzwerkadressen)

Analogie

Häuser (Hosts) können in verschiedenen Straßen (Netzwerken) identische Hausnummern haben

Eine Navigation erfolgt über die Straßen, ohne die Hausnummern darin zu berücksichtigen

→ Router leiten Pakete in ein Ziel*netzwerk*



IPv4-Adressklassen

Netzklassen (engl. **classful networks**) wurden von 1981 – 1993 verwendet

Von der Netzklasse konnte die Anzahl der Bits für den Netzanteil abgeleitet werden

Der Netzteil gibt an, in welchem IP-Netz sich ein Rechner befindet, und der Host-Teil identifiziert einen Rechner innerhalb dieses IP-Netzes.

Klasse-A-Netze von 0.0.0.0 bis 127.255.255.255 hatten die Maske 255.0.0.0, oder /8

Ab 1985 **Subnetting**: Verlängerung des Netzteils einer IP-Adresse indem die Maske verlängert wird

Beispiel: Verlängerung der Maske des 17.0.0.0 Netz um ein Bit auf /9 erzeugt die zwei Subnetze: eins von 17.0.0.0/9 – 17.127.255.255/9 und eins von 17.128.0.0/9 – 17.255.255.255/9

Ab 1992 **Supernetting**: Verkleinerung des Netzanteils, um kleinere Netze zusammenzufassen

Block ↕	Organization ↕	IANA date ↕	RIR date ↕	Notes ↕
12.0.0.0/8	AT&T Services	1995-06	1983-08-23	Originally AT&T Bell Laboratories , but retained by AT&T when Bell Labs was spun off to Lucent Technologies in 1996. Assignment administered by ARIN (Legacy space)
17.0.0.0/8	Apple Inc.	1992-07	1990-04-16	Assignment administered by ARIN (Legacy space)
19.0.0.0/8	Ford Motor Company	1995-05	1988-06-15	Assignment administered by ARIN (Legacy space)
38.0.0.0/8	Cogent Communications	1994-09	1991-04-16	Formerly PSINet . Assignment administered by ARIN (Legacy space)
48.0.0.0/8	Prudential Securities Inc.	1995-05	1990-12-07	Assignment administered by ARIN (Legacy space)
53.0.0.0/8	Mercedes-Benz Group AG	1993-10	1970-01-01	Assignment administered by RIPE (Legacy space)
73.0.0.0/8	Comcast Corporation ^[8]	N/A	2005-04-19	Assignment administered by ARIN.

IPv4-Adressklassen

Ab 1993 [Classless Inter-Domain Routing](#)
(engl. [CIDR](#))

IPv6 hat nie Netzklassen verwendet

RFC 1918

“Address Allocation for Private Internets”

Klasse A, B und C Netzwerke umfassen
Unicast-Adressen

Ein [Unicast](#) ist die Adressierung einer
Nachricht an einen einzigen Empfänger

Address format	Difference to last address	Mask	Addresses		Relative to class A, B, C	Restrictions on a, b, c and d (0..255 unless noted)	Typical use
			Decimal	2 ⁿ			
a.b.c.d/32	+0.0.0.0	255.255.255.255	1	2 ⁰	1/256 C		Host route
a.b.c.d/31	+0.0.0.1	255.255.255.254	2	2 ¹	1/128 C	d = 0 ... (2n) ... 254	Point-to-point links (RFC 3021)
a.b.c.d/30	+0.0.0.3	255.255.255.252	4	2 ²	1/64 C	d = 0 ... (4n) ... 252	Point-to-point links (glue network)
a.b.c.d/29	+0.0.0.7	255.255.255.248	8	2 ³	1/32 C	d = 0 ... (8n) ... 248	Smallest multi-host network
a.b.c.d/28	+0.0.0.15	255.255.255.240	16	2 ⁴	1/16 C	d = 0 ... (16n) ... 240	Small LAN
a.b.c.d/27	+0.0.0.31	255.255.255.224	32	2 ⁵	1/8 C	d = 0 ... (32n) ... 224	
a.b.c.d/26	+0.0.0.63	255.255.255.192	64	2 ⁶	1/4 C	d = 0, 64, 128, 192	Large LAN
a.b.c.d/25	+0.0.0.127	255.255.255.128	128	2 ⁷	1/2 C	d = 0, 128	
a.b.c.0/24	+0.0.0.255	255.255.255.0	256	2 ⁸	1 C		
a.b.c.0/23	+0.0.1.255	255.255.254.0	512	2 ⁹	2 C	c = 0 ... (2n) ... 254	
a.b.c.0/22	+0.0.3.255	255.255.252.0	1,024	2 ¹⁰	4 C	c = 0 ... (4n) ... 252	Small business
a.b.c.0/21	+0.0.7.255	255.255.248.0	2,048	2 ¹¹	8 C	c = 0 ... (8n) ... 248	Small ISP/ large business
a.b.c.0/20	+0.0.15.255	255.255.240.0	4,096	2 ¹²	16 C	c = 0 ... (16n) ... 240	
a.b.c.0/19	+0.0.31.255	255.255.224.0	8,192	2 ¹³	32 C	c = 0 ... (32n) ... 224	ISP/ large business
a.b.c.0/18	+0.0.63.255	255.255.192.0	16,384	2 ¹⁴	64 C	c = 0, 64, 128, 192	
a.b.c.0/17	+0.0.127.255	255.255.128.0	32,768	2 ¹⁵	128 C	c = 0, 128	
a.b.0.0/16	+0.0.255.255	255.255.0.0	65,536	2 ¹⁶	256 C = B		
a.b.0.0/15	+0.1.255.255	255.254.0.0	131,072	2 ¹⁷	2 B	b = 0 ... (2n) ... 254	
a.b.0.0/14	+0.3.255.255	255.252.0.0	262,144	2 ¹⁸	4 B	b = 0 ... (4n) ... 252	
a.b.0.0/13	+0.7.255.255	255.248.0.0	524,288	2 ¹⁹	8 B	b = 0 ... (8n) ... 248	
a.b.0.0/12	+0.15.255.255	255.240.0.0	1,048,576	2 ²⁰	16 B	b = 0 ... (16n) ... 240	
a.b.0.0/11	+0.31.255.255	255.224.0.0	2,097,152	2 ²¹	32 B	b = 0 ... (32n) ... 224	
a.b.0.0/10	+0.63.255.255	255.192.0.0	4,194,304	2 ²²	64 B	b = 0, 64, 128, 192	
a.b.0.0/9	+0.127.255.255	255.128.0.0	8,388,608	2 ²³	128 B	b = 0, 128	
a.0.0.0/8	+0.255.255.255	255.0.0.0	16,777,216	2 ²⁴	256 B = A		Largest IANA block allocation

Multicast

Ein **Multicast** ist die Übertragung einer Nachricht von einem Punkt zu einer Gruppe

In IP-Netzen kann ein IP-Multicast effizient Pakete an viele Empfänger zur gleichen Zeit senden

Das passiert mit einer speziellen Multicast-Adresse

In IPv4 ist hierfür der Adressbereich 224.0.0.0/4 (224.0.0.0 bis 239.255.255.255)

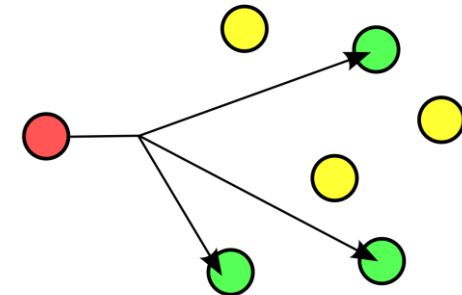
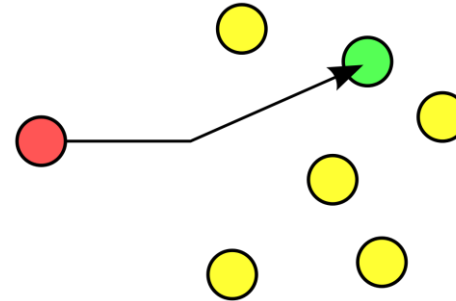
In IPv4 wird zur Koordination das Protokoll **IGMP** (**I**nternet **G**roup **M**anagement **P**rotocol) verwendet

IGMP bietet Funktionen, mit denen eine Station einem Router mitteilt, dass sie Multicast-IP-Pakete einer bestimmten Multicast-Gruppe empfangen will

Der Sender von Multicast-IP-Paketen weiß dabei nicht, welche und wie viele Stationen seine Pakete empfangen, denn er verschickt nur ein einziges Datenpaket an seinen übergeordneten Router.

Der Router dupliziert das IP-Paket bei Bedarf, wenn er mehrere ausgehende Schnittstellen mit Empfängern hat.

In IPv6 übernimmt ICMPv6 die Steuerungsfunktion

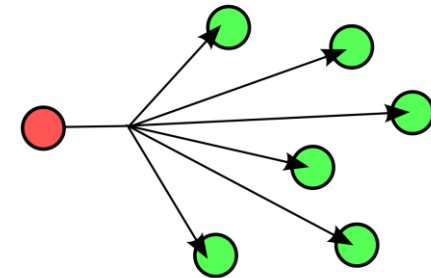
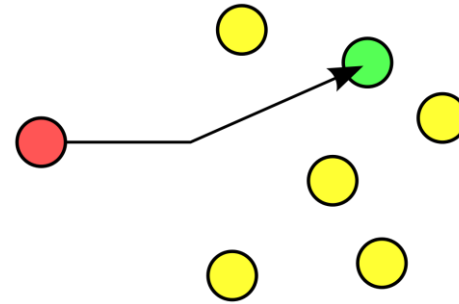


Directed Broadcast Address

Ein gerichteter Broadcast sendet Daten an alle Geräte in einem bestimmten Netzwerk

Im Host-Teil der Zieladresse stehen Einsen, z.B. Netzwerk 172.31.0.0 → 172.31.255.255

Gerichtete Broadcasts sind bei heutigen Routern aus Sicherheitsgründen standardmäßig ausgeschaltet

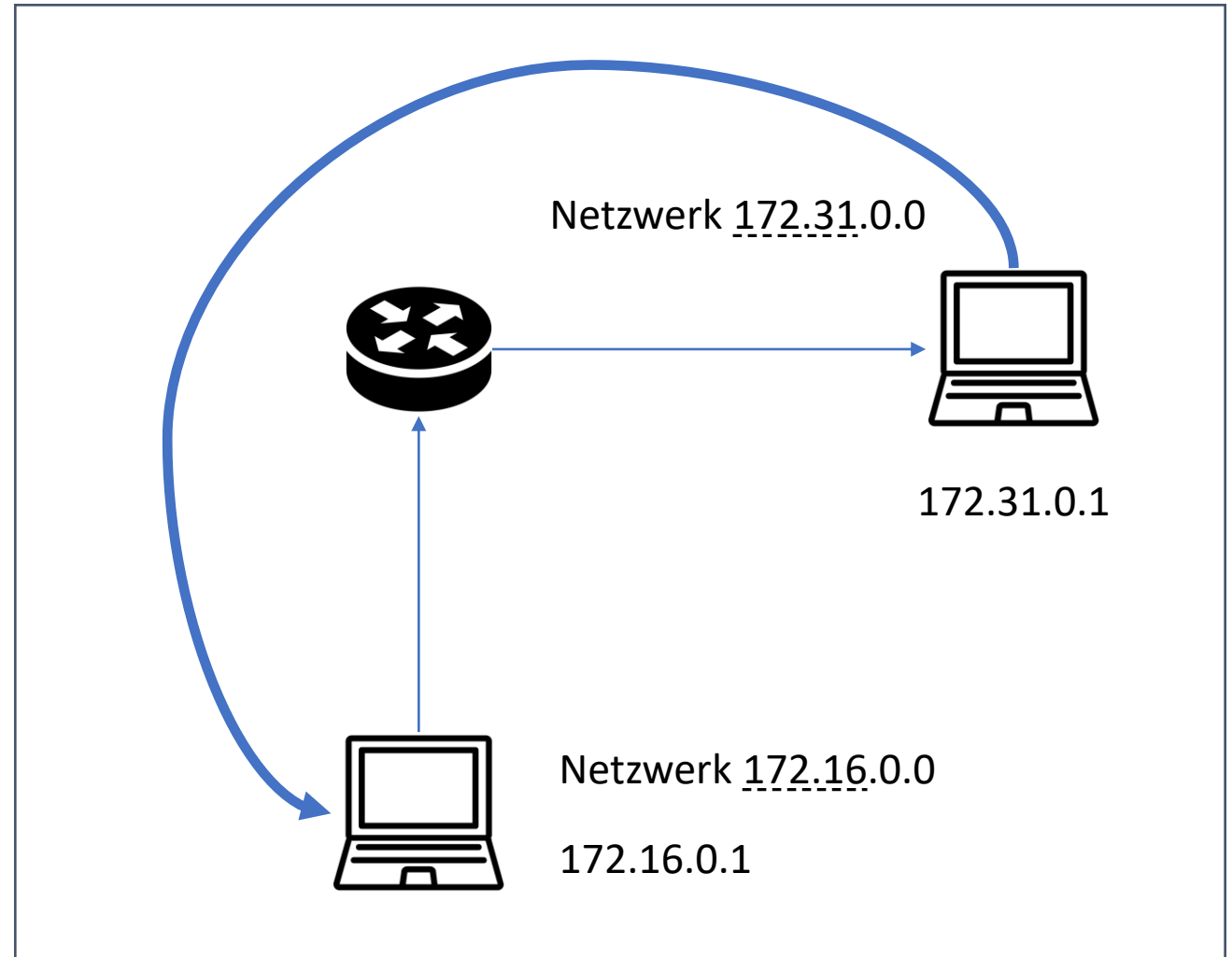


Directed Broadcast Address

Ein gerichteter Broadcast ermöglicht **Denial of Service (DoS)**-Angriffe

1. Directed Broadcast an 172.31.255.255
2. Ein Router leitet den Broadcast an das Netzwerk 172.31.0.0 weiter
3. Alle Geräte in dem Netzwerk 172.31.0.0 erhalten die Nachricht...
4. ... und verarbeiten sie auf den Ebenen des TCP/IP-Modells
5. Der Sender des Directed Broadcast wird von den vielen Antworten überlastet

Ein Angreifer würde die Directed Broadcast-Nachricht mit der gefälschten Absender-IP-Adresse des Zielcomputers des DoS-Angriffs versenden (**IP Spoofing**)



Local Broadcast Address

Ein lokaler Broadcast erreicht alle Geräte des lokalen Netzwerks

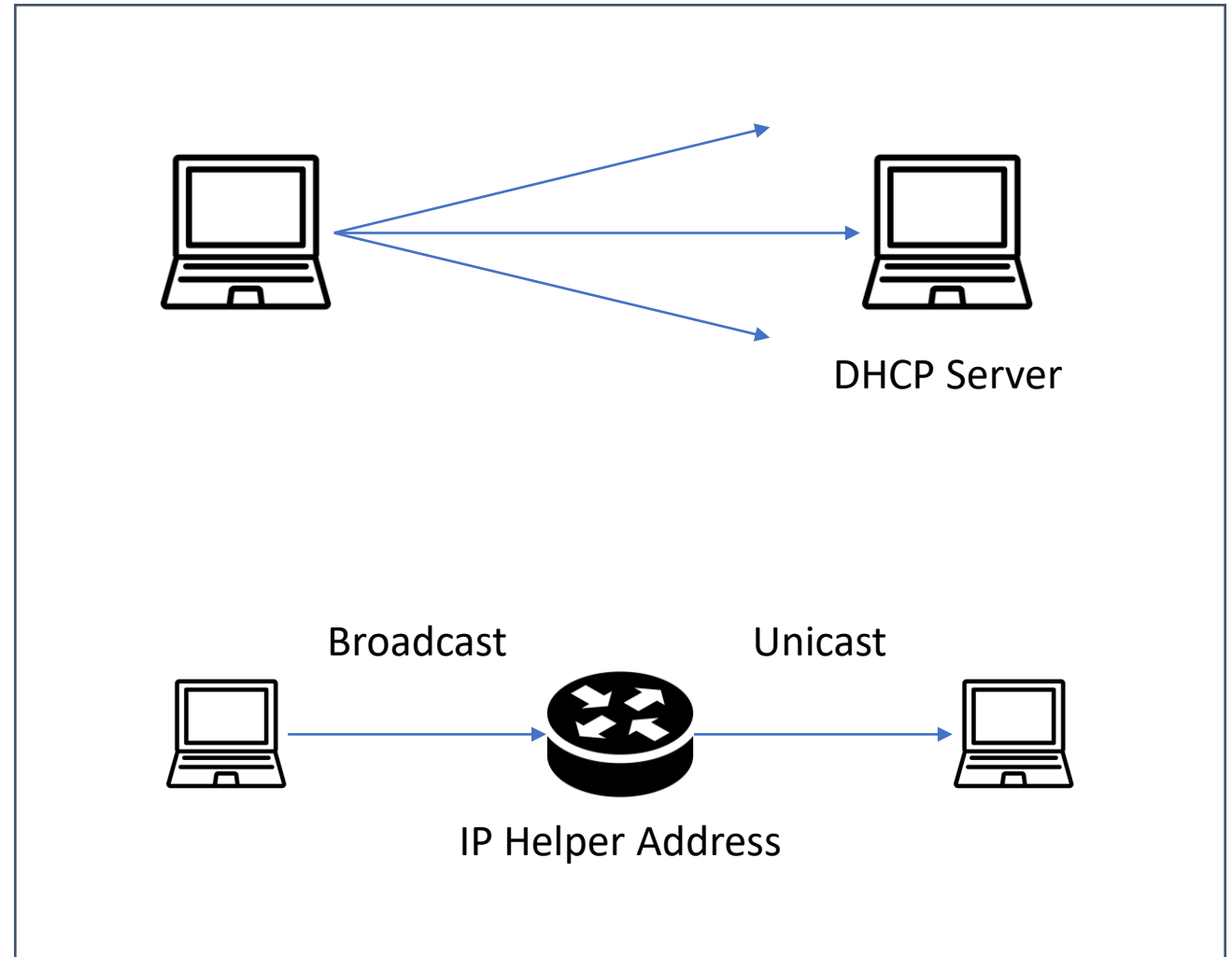
Die „Local Broadcast“-Adresse ist 255.255.255.255

IP-Pakete an diese Adresse werden von Schicht-3-Geräten (z.B. Router) standardmäßig verworfen

- Aber: DHCP Forwarding / Relay

Sinnvoll zusammen mit DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

- Ein Host kennt weder sein Netzwerk noch die Adresse des DHCP-Servers



Local Loopback Address

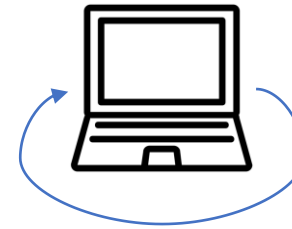
Ein Gerät kann (zu Testzwecken) eine Nachricht an sich selbst schicken

→ Korrekt installierter TCP/IP Stack?

Die übliche „Local Loopback“-Adresse ist 127.0.0.1

... aber auch 16 Millionen andere!

Die „Local Loopback“-Adresse in IPv6 ist ::1



Private IP-Adressen

Requests for Comments (RFC, „Bitte um Kommentare“) sind technische und organisatorische Dokumente zum Internet

Einige RFC stellen Internetstandards dar

[RFC 1738](#)

Uniform Resource Locators (URL)

[RFC 1149](#)

IP over Avian Carriers

[RFC 1918](#)

Address Allocation for Private Internets

“The Internet has grown beyond anyone's expectations.”

Private Adressen werden für Nachrichten in das Internet NATed (engl. network address translated) und von ISPs nicht gerouted



10.0.0.0 – 10.255.255.255	1 x Class A
172.16.0.0 – 172.31.255.255	16 x Class B
192.168.0.0 – 192.168.255.255	256 x Class C

Link-local Address

[RFC 3927](#)

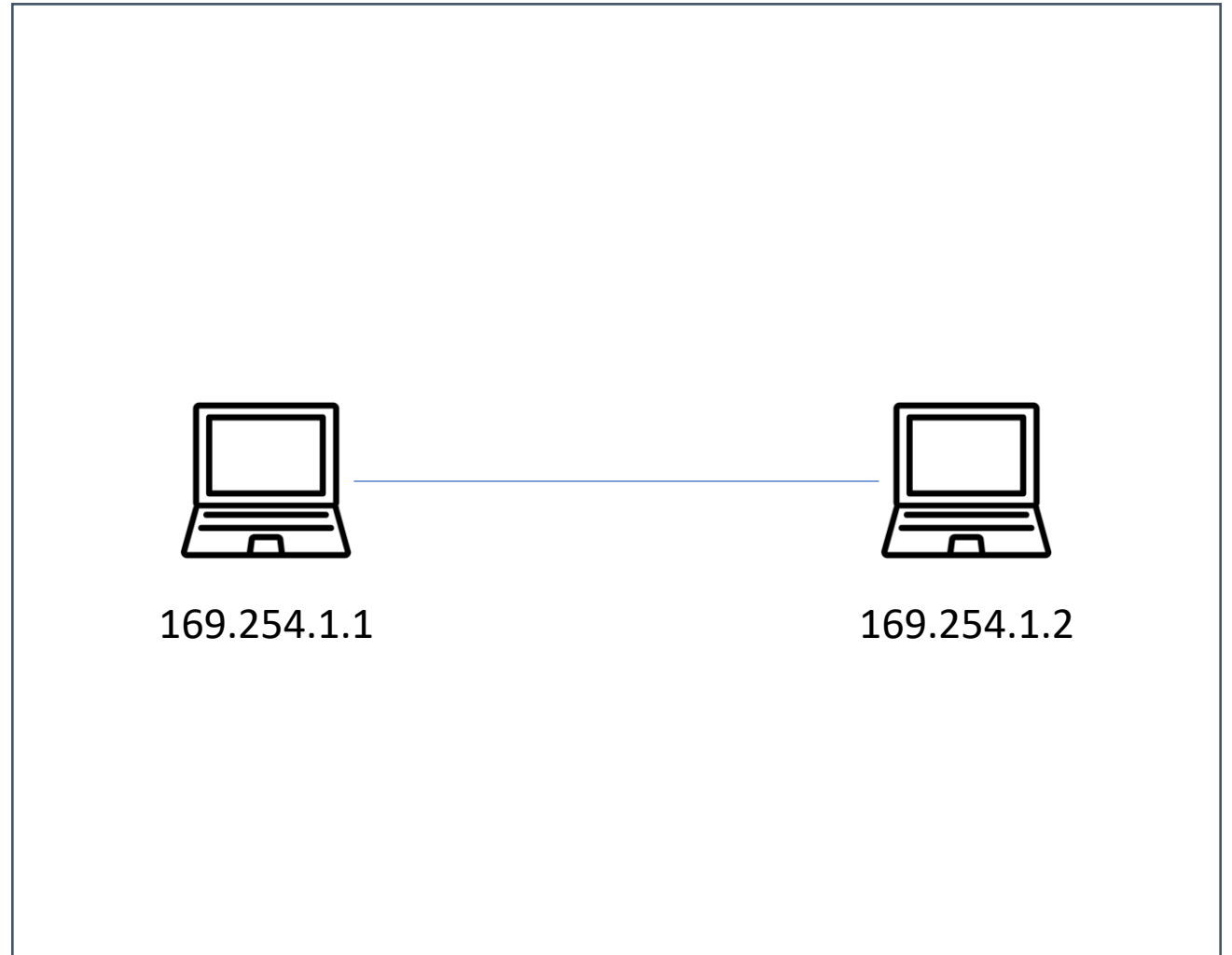
Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses

Ein Host generiert zufällige Host-Teile für das Netzwerk 169.254.0.0

Sinnvoll wenn ein Host für DHCP konfiguriert ist, es aber keinen DHCP Server gibt

Eine „Link-local“-Adresse kann Administrator zuweisen oder das Betriebssystem macht das mit [Automatic Private IP Addressing \(APIPA\)](#)

„Link-local“-Adresse werden nicht gerouted



Subnet Masks

Eine **Subnetzmaske** (engl. **subnet mask**) legt in Verbindung mit einer IP-Adresse fest, welche anderen Hosts im lokalen Netzwerk ein Host ohne einen Router erreichen kann

Klasse A, B und C Netzwerke hatten Standard-Subnetzmasken (engl. natural masks)

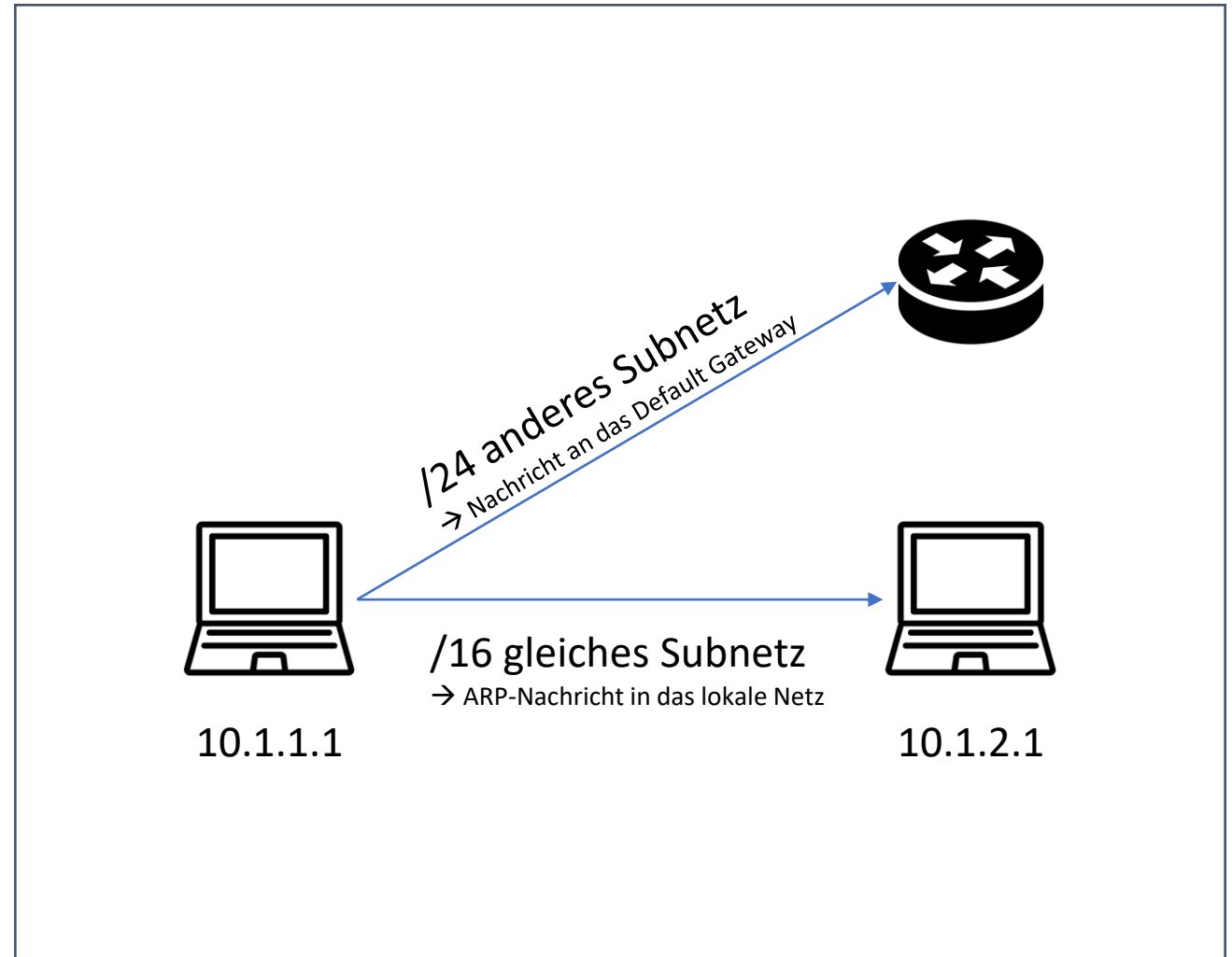
Class A 255.0.0.0

Class B 255.255.0.0

Class C 255.255.255.0

1.1.1.1 = 00000001.00000001.00000001.00000001

255.255.0.0 = 11111111.11111111.00000000.00000000



CIDR Notation

Üblicherweise werden heute nur (noch)
zusammenhängende (engl. contiguous)
Subnetzmasken unterstützt

240.255.3.191 = 11110000.11111111.00000110.11000000

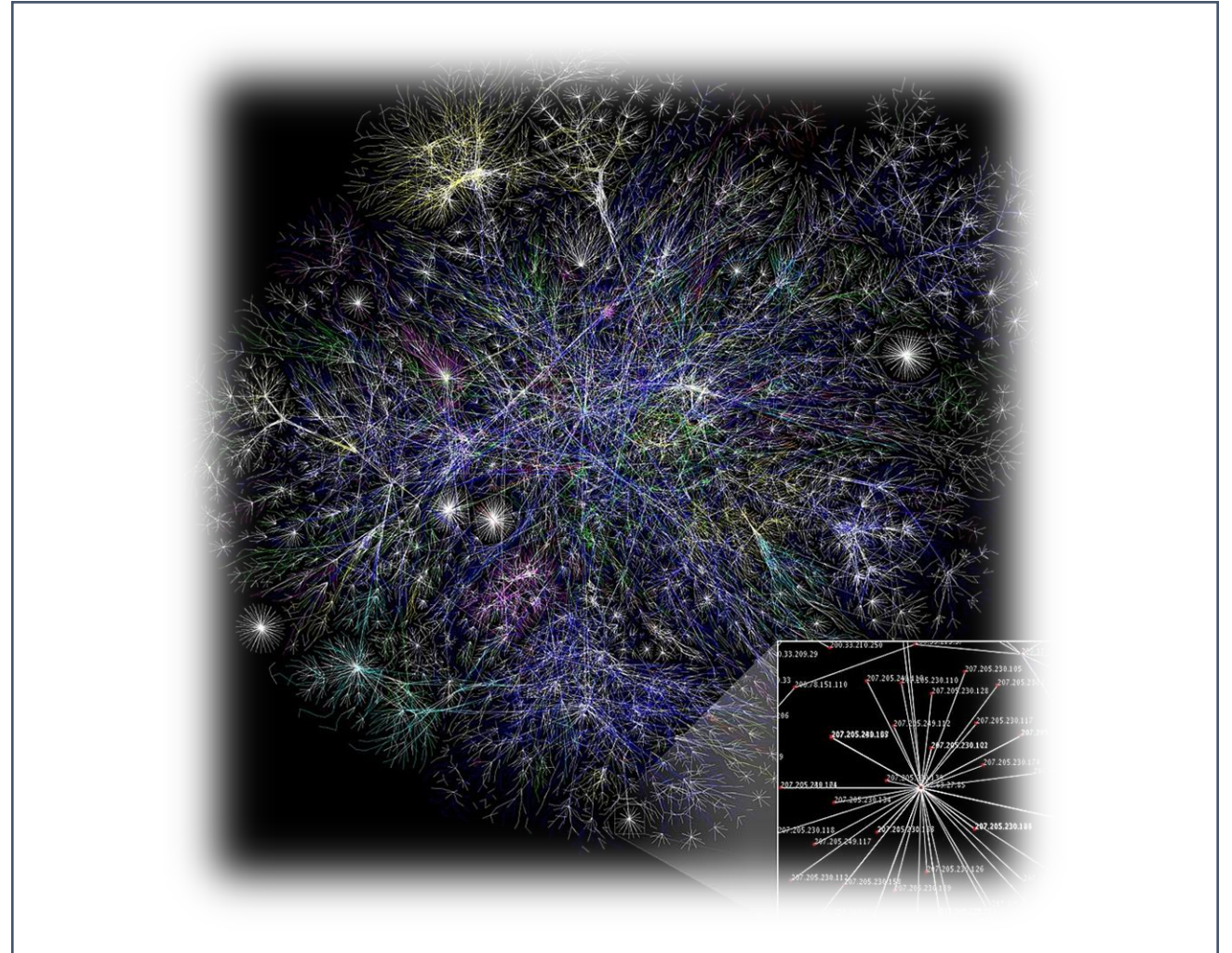
255.240.0.0 = 11111111.11110000.00000000.00000000

Classless Inter-domain Routing (CIDR) wurde
1993 eingeführt und ersetzt klassenbasiertes
Routen

Variable Length Subnet Mask (VLSM)

Schreibweise:

10.0.0.0/8 anstatt 10.0.0.0 255.0.0.0



DH || DUALE
SH || HOCHSCHULE SH

Bildnachweis

<https://i.ytimg.com/vi/AsjXSmmBeac/hqdefault.jpg>

<https://en.wikipedia.org/wiki/10BASE5#/media/File:10Base5transcievers.jpg>

https://de.wikipedia.org/wiki/10BASE2#/media/Datei:BNC_Tee_connector,_with_Ethernet_cable_connected-92166.jpg

https://de.wikipedia.org/wiki/10BASE2#/media/Datei:Network_card.jpg

<https://m.media-amazon.com/images/I/81ouTv+YaYL.jpg>

<https://www.udiscover-music.de/wp-content/uploads/2020/07/Vanilla-Ice-GettyImages-116916036-HEADER.jpg>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Ethernet_MDI_crossover.svg/1920px-Ethernet_MDI_crossover.svg.png

https://m.media-amazon.com/images/I/71B7kWEafLL.AC_UF894,1000_QL80_.jpg

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/55/Netzwerktopologie_Stern.svg/1024px-Netzwerktopologie_Stern.svg.png

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/13/Netzwerktopologie_Bus.svg/1280px-Netzwerktopologie_Bus.svg.png

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a2/Netgear_Gigabit_Switch_5-port.jpg/1280px-Netgear_Gigabit_Switch_5-port.jpg

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/2550T-PWR-Front.jpg>

https://www.connect.de/bilder/118661059/landscapex1200-c0/fritzbox_7560_anchluesse.jpg

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Firewall.png>

<https://de.wikipedia.org/wiki/OSI-Modell>

Bildnachweis

<https://m.media-amazon.com/images/I/71MHmkXyW1L.jpg>

https://www.ansch-shop.de/images/product_images/original_images/FB7590back.JPG

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_assigned_/8_IPv4_address_blocks

<https://de.wikipedia.org/wiki/Multicast#/media/Datei:Unicast.svg>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Multicast#/media/Datei:Multicast.svg>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Multicast#/media/Datei:Broadcast.svg>

[https://en.wikipedia.org/wiki/IP_over_Avian_Carriers#/media/File:Taube_vor_Sche%C3%9Flitz_\(cropped\).JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/IP_over_Avian_Carriers#/media/File:Taube_vor_Sche%C3%9Flitz_(cropped).JPG)

https://de.wikipedia.org/wiki/Internet#/media/Datei:Internet_map_1024.jpg