

6.2 IPv4-Adressen, Subnetze und Netzmasken

IPv4 ist eine der wichtigsten Grundlagen auf OSI-Schicht 3.

IPv4-Adressen werden verwendet, um Geräte in IP-Netzen logisch zu adressieren.

Beispiel:

192.168.10.20

Eine IPv4-Adresse allein reicht aber nicht aus.

Man muss zusätzlich wissen:

Welcher Teil gehört zum Netzwerk?

Welcher Teil gehört zum Gerät?

Welche Adressen sind nutzbar?

Welche Adresse ist die Netzadresse?

Welche Adresse ist die Broadcast-Adresse?

Dafür braucht man die Subnetzmaske oder CIDR-Schreibweise.

Merksatz:

IPv4-Adresse + Subnetzmaske = vollständige Netzzuordnung.

IPv4 kurz erklärt

IPv4 steht für:

Internet Protocol Version 4

Eine IPv4-Adresse besteht aus:

32 Bit

Sie wird meistens dezimal in vier Blöcken dargestellt.

Beispiel:

192.168.10.20

Diese vier Blöcke nennt man oft:

Oktette

Warum Oktette?

Jeder Block entspricht 8 Bit.

4 Oktette ergeben:

$4 \times 8 \text{ Bit} = 32 \text{ Bit}$

Merksatz:

IPv4 = 32 Bit = 4 Oktette.

Aufbau einer IPv4-Adresse

Beispiel:

192.168.10.20

Die Adresse besteht aus vier Oktetten:

	Oktett	Wert
	1	192
	2	168
	3	10
	4	20

Jedes Oktett kann Werte von 0 bis 255 enthalten.

Warum?

8 Bit können 256 verschiedene Werte darstellen.

Von:

0

bis:

255

Merksatz:

Ein IPv4-Oktett hat Werte von 0 bis 255.

Binäre Darstellung

Computer arbeiten intern mit Bits.

Eine IPv4-Adresse kann deshalb auch binär dargestellt werden.

Beispiel:

192.168.10.20

Binär:

Dezimal	Binär
192	11000000
168	10101000
10	00001010
20	00010100

Gesamt:

11000000.10101000.00001010.00010100

Merksatz:

IPv4 sieht dezimal aus,
besteht technisch aber aus 32 Bits.

Netzanteil und Hostanteil

Eine IPv4-Adresse besteht aus zwei Teilen:

Netzanteil
und
Hostanteil

Der Netzanteil sagt:

Zu welchem Netzwerk gehört die Adresse?

Der Hostanteil sagt:

Welches Gerät ist es in diesem Netzwerk?

Beispiel:

192.168.10.20/24

Bei /24 gehören die ersten 24 Bit zum Netzanteil.

Vereinfacht:

Netzanteil:
192.168.10

Hostanteil:
20

Merksatz:

Netzanteil = Netzwerk.
Hostanteil = Gerät im Netzwerk.

Subnetzmaske

Die Subnetzmaske legt fest, welcher Teil der IP-Adresse zum Netz gehört und welcher Teil zum Host gehört.

Beispiel:

IP-Adresse:

192.168.10.20

Subnetzmaske:

255.255.255.0

Das bedeutet:

192.168.10 = Netzanteil

20 = Hostanteil

Die Subnetzmaske trennt also Netz und Host.

Merksatz:

Subnetzmaske trennt Netzanteil und Hostanteil.

CIDR-Schreibweise

CIDR steht für:

Classless Inter-Domain Routing

Die CIDR-Schreibweise gibt an, wie viele Bits zur Netzadresse gehören.

Beispiel:

192.168.10.20/24

Das bedeutet:

Die ersten 24 Bit gehören zum Netzanteil.

Die Subnetzmaske dazu lautet:

255.255.255.0

Merksatz:

/24 bedeutet:
24 Bit Netzanteil.

CIDR und Subnetzmaske

Wichtige CIDR-Schreibweisen:

CIDR	Subnetzmaske	Anzahl Host-Bits
/8	255.0.0.0	24
/16	255.255.0.0	16
/24	255.255.255.0	8
/25	255.255.255.128	7
/26	255.255.255.192	6
/27	255.255.255.224	5
/28	255.255.255.240	4
/29	255.255.255.248	3
/30	255.255.255.252	2
/32	255.255.255.255	0

Merksatz:

Je größer die CIDR-Zahl,
desto kleiner das Netz.

Host-Bits

Host-Bits sind die Bits, die für Geräteadressen im Subnetz übrig bleiben.

IPv4 hat insgesamt:

32 Bit

Wenn ein Netz /24 ist, dann gilt:

24 Bit Netzanteil

8 Bit Hostanteil

Wenn ein Netz /26 ist, dann gilt:

26 Bit Netzanteil

6 Bit Hostanteil

Merksatz:

Host-Bits = 32 minus CIDR-Präfix.

Anzahl der Adressen berechnen

Die Anzahl aller Adressen in einem Subnetz berechnet man mit:

$2^{\text{Anzahl der Host-Bits}}$

Beispiel /24:

Host-Bits:

8

$2^8 = 256$ Adressen

Beispiel /26:

Host-Bits:

6

$2^6 = 64$ Adressen

Merksatz:

Anzahl Adressen = $2^{\text{Host-Bits}}$.

Nutzbare Host-Adressen

In klassischen IPv4-Subnetzen sind normalerweise zwei Adressen nicht für Endgeräte nutzbar:

Netzadresse

Broadcast-Adresse

Deshalb gilt meistens:

$\text{nutzbare Hosts} = 2^{\text{Host-Bits}} - 2$

Beispiel /24:

$2^8 = 256$

$256 - 2 = 254$ nutzbare Hosts

Beispiel /26:

$2^6 = 64$

$64 - 2 = 62$ nutzbare Hosts

Merksatz:

Nutzbare Hosts = alle Adressen minus Netzadresse und Broadcast-Adresse.

Netzadresse

Die Netzadresse bezeichnet das Subnetz selbst.

Beispiel:

192.168.10.0/24

Die Netzadresse ist:

192.168.10.0

Diese Adresse wird normalerweise keinem Endgerät zugewiesen.

Merksatz:

Netzadresse = Adresse des Netzes.

Broadcast-Adresse

Die Broadcast-Adresse ist die letzte Adresse im Subnetz.

Sie steht für:

alle Geräte in diesem Subnetz

Beispiel:

192.168.10.0/24

Broadcast-Adresse:

192.168.10.255

Diese Adresse wird normalerweise keinem einzelnen Gerät zugewiesen.

Merksatz:

Broadcast-Adresse = letzte Adresse im Subnetz.

Hostbereich

Der Hostbereich umfasst die nutzbaren Adressen für Geräte.

Beispiel:

Netz:

192.168.10.0/24

Netzadresse:

192.168.10.0

Hostbereich:

192.168.10.1 bis 192.168.10.254

Broadcast-Adresse:

192.168.10.255

Merksatz:

Hostbereich = nutzbare Geräteadressen zwischen Netzadresse und Broadcast-Adresse.

Beispiel /24

Netz:

192.168.10.0/24

Subnetzmaske:

255.255.255.0

Bereich	Adresse
Netzadresse	192.168.10.0
erster Host	192.168.10.1
letzter Host	192.168.10.254
Broadcast-Adresse	192.168.10.255
alle Adressen	256
nutzbare Hosts	254

Merksatz:

/24 ist ein häufiges Standard-LAN mit 254 nutzbaren Host-Adressen.

Beispiel /25

Netz:

192.168.10.0/25

Subnetzmaske:

255.255.255.128

Host-Bits:

7

Alle Adressen:

$2^7 = 128$

Nutzbare Hosts:

$128 - 2 = 126$

Bereich	Adresse
Netzadresse	192.168.10.0
erster Host	192.168.10.1
letzter Host	192.168.10.126
Broadcast-Adresse	192.168.10.127
alle Adressen	128
nutzbare Hosts	126

Merksatz:

/25 halbiert ein /24 in zwei gleich große Netze.

Zweites /25 im gleichen /24-Bereich

Wenn ein /24 in zwei /25-Netze geteilt wird, entstehen:

Netz	Bereich
192.168.10.0/25	192.168.10.0 - 192.168.10.127
192.168.10.128/25	192.168.10.128 - 192.168.10.255

Zweites Netz:

192.168.10.128/25

Bereich	Adresse
Netzadresse	192.168.10.128
erster Host	192.168.10.129
letzter Host	192.168.10.254
Broadcast-Adresse	192.168.10.255

Merksatz:

/25-Netze springen in 128er-Schritten.

Beispiel /26

Netz:

192.168.10.0/26

Subnetzmaske:

255.255.255.192

Host-Bits:

6

Alle Adressen:

$$2^6 = 64$$

Nutzbare Hosts:

$$64 - 2 = 62$$

Bereich	Adresse
Netzadresse	192.168.10.0
erster Host	192.168.10.1
letzter Host	192.168.10.62
Broadcast-Adresse	192.168.10.63

Merksatz:

/26-Netze haben 64 Adressen und 62 nutzbare Hosts.

/26-Netze innerhalb eines /24

Ein /24 kann in vier /26-Netze geteilt werden.

Netz	Bereich
192.168.10.0/26	192.168.10.0 - 192.168.10.63
192.168.10.64/26	192.168.10.64 - 192.168.10.127
192.168.10.128/26	192.168.10.128 - 192.168.10.191
192.168.10.192/26	192.168.10.192 - 192.168.10.255

Merksatz:

/26-Netze springen in 64er-Schritten.

Beispiel /27

Netz:

192.168.10.0/27

Subnetzmaske:

255.255.255.224

Host-Bits:

5

Alle Adressen:

$2^5 = 32$

Nutzbare Hosts:

$32 - 2 = 30$

Bereich	Adresse
Netzadresse	192.168.10.0
erster Host	192.168.10.1
letzter Host	192.168.10.30
Broadcast-Adresse	192.168.10.31

Merksatz:

/27-Netze haben 32 Adressen und 30 nutzbare Hosts.

/27-Netze innerhalb eines /24

Ein /24 kann in acht /27-Netze geteilt werden.

Die Schrittweite beträgt:

32

Netz	Bereich
192.168.10.0/27	192.168.10.0 - 192.168.10.31

Netz	Bereich
192.168.10.32/27	192.168.10.32 - 192.168.10.63
192.168.10.64/27	192.168.10.64 - 192.168.10.95
192.168.10.96/27	192.168.10.96 - 192.168.10.127
192.168.10.128/27	192.168.10.128 - 192.168.10.159
192.168.10.160/27	192.168.10.160 - 192.168.10.191
192.168.10.192/27	192.168.10.192 - 192.168.10.223
192.168.10.224/27	192.168.10.224 - 192.168.10.255

Merksatz:

/27-Netze springen in 32er-Schritten.

Schrittweite

Die Schrittweite zeigt, in welchen Abständen neue Subnetze beginnen.

Beispiele im vierten Oktett:

CIDR	Subnetzmaske	Schrittweite
/25	255.255.255.128	128
/26	255.255.255.192	64
/27	255.255.255.224	32
/28	255.255.255.240	16
/29	255.255.255.248	8
/30	255.255.255.252	4

Merksatz:

Schrittweite = Größe eines Subnetzes im betroffenen Oktett.

Schnelle Regel zur Schrittweite

Bei Subnetzen im vierten Oktett kann man die Schrittweite schnell berechnen:

256 minus Maskenwert im vierten Oktett

Beispiel /26:

Subnetzmaske:

255.255.255.192

$$256 - 192 = 64$$

Schrittweite:

64

Beispiel /28:

Subnetzmaske:

255.255.255.240

$$256 - 240 = 16$$

Schrittweite:

16

Merksatz:

Schrittweite = 256 minus Maskenwert im interessanten Oktett.

Beispiel: In welchem Subnetz liegt eine IP?

IP-Adresse:

192.168.10.70/26

/26 bedeutet:

Schrittweite 64

Subnetze:

192.168.10.0 – 192.168.10.63
192.168.10.64 – 192.168.10.127
192.168.10.128 – 192.168.10.191
192.168.10.192 – 192.168.10.255

Die IP 192.168.10.70 liegt im Bereich:

192.168.10.64 – 192.168.10.127

Also:

Bereich	Adresse
Netzadresse	192.168.10.64
erster Host	192.168.10.65
letzter Host	192.168.10.126
Broadcast-Adresse	192.168.10.127

Merksatz:

IP in den passenden Schrittweitenbereich einordnen.

Beispiel: 192.168.10.200/27

/27 bedeutet:

Schrittweite 32

Subnetze:

0 – 31
32 – 63
64 – 95
96 – 127
128 – 159
160 – 191
192 – 223
224 – 255

Die IP 192.168.10.200 liegt im Bereich:

192.168.10.192 – 192.168.10.223

Also:

Bereich	Adresse
Netzadresse	192.168.10.192
erster Host	192.168.10.193
letzter Host	192.168.10.222
Broadcast-Adresse	192.168.10.223

Merksatz:

Bei /27 beginnt jedes neue Netz alle 32 Adressen.

Private IPv4-Adressen

Private IPv4-Adressen werden in lokalen Netzwerken verwendet.

Sie sind im öffentlichen Internet nicht direkt geroutet.

Wichtige private Bereiche:

Bereich	CIDR
10.0.0.0 – 10.255.255.255	10.0.0.0/8
172.16.0.0 – 172.31.255.255	172.16.0.0/12
192.168.0.0 – 192.168.255.255	192.168.0.0/16

Typisch im Heimnetz:

192.168.x.x

Typisch in größeren Netzen:

10.x.x.x

Merksatz:

Private IPv4-Adressen sind für interne Netze gedacht.

Öffentliche IPv4-Adressen

Öffentliche IPv4-Adressen sind im Internet eindeutig geroutet.

Sie werden zum Beispiel verwendet für:

- Webserver
- Mailserver
- öffentliche DNS-Server
- Internetanschlüsse
- Cloud-Systeme

Da IPv4-Adressen knapp sind, nutzen viele private Netze NAT oder PAT.

Merksatz:

Öffentliche IPv4-Adressen sind im Internet routbar.

APIPA

APIPA steht für:

Automatic Private IP Addressing

APIPA-Adressen liegen im Bereich:

169.254.0.0/16

Ein Gerät kann eine APIPA-Adresse erhalten, wenn es keine Adresse per DHCP bekommt.

Beispiel:

169.254.23.80

Typischer Hinweis:

DHCP funktioniert nicht
oder
DHCP-Server ist nicht erreichbar.

Merksatz:

169.254.x.x weist oft auf DHCP-Probleme hin.

Loopback-Adresse

Die IPv4-Loopback-Adresse ist:

127.0.0.1

Sie zeigt auf das eigene Gerät.

Der Bereich:

127.0.0.0/8

ist für Loopback reserviert.

Typischer Test:

ping 127.0.0.1

Damit prüft man den lokalen IP-Stack des eigenen Systems.

Merksatz:

127.0.0.1 = eigenes Gerät.

0.0.0.0

Die Adresse 0.0.0.0 kann verschiedene Bedeutungen haben.

Typische Bedeutungen:

- keine konkrete Adresse
- alle IPv4-Adressen
- Default Route als 0.0.0.0/0
- Dienst lauscht auf allen Schnittstellen

Beispiel Routing:

0.0.0.0/0

bedeutet:

alle Ziele,
für die keine genauere Route existiert.

Merksatz:

0.0.0.0/0 = Default Route für alle IPv4-Ziele.

255.255.255.255

Die Adresse:

255.255.255.255

ist ein begrenzter Broadcast.

Sie wird verwendet, um alle Geräte im lokalen Netzwerksegment anzusprechen.

Beispiel:

DHCP-Anfragen können diesen Broadcast verwenden.

Merksatz:

255.255.255.255 = lokaler IPv4-Broadcast.

IPv4 und VLANs

VLANs gehören zu Schicht 2.

IP-Subnetze gehören zu Schicht 3.

In der Praxis wird häufig jedem VLAN ein eigenes IPv4-Subnetz zugeordnet.

Beispiel:

VLAN	Zweck	Subnetz
10	Mitarbeiter	192.168.10.0/24
20	Gäste	192.168.20.0/24
30	Server	192.168.30.0/24

Merksatz:

VLAN trennt auf Schicht 2.
Subnetz trennt auf Schicht 3.

Warum pro VLAN oft ein eigenes Subnetz?

Ein VLAN ist eine eigene Broadcast-Domäne.

Wenn Geräte in unterschiedlichen VLANs kommunizieren sollen, braucht man Routing.

Damit Routing sauber funktioniert, bekommt jedes VLAN normalerweise ein eigenes IP-Subnetz.

Beispiel:

VLAN 10:
192.168.10.0/24

VLAN 20:
192.168.20.0/24

Merksatz:

Ein VLAN und ein Subnetz werden oft zusammen geplant,
sind aber nicht dasselbe.

Typische IPv4-Konfigurationsfehler

Typische Fehler sind:

- falsche IP-Adresse
- falsche Subnetzmaske
- falsches Gateway
- doppelte IP-Adresse
- IP aus falschem Netz
- APIPA-Adresse
- falscher DHCP-Bereich
- falsches VLAN zur IP-Adresse
- fehlende Route

Merksatz:

Viele Schicht-3-Probleme beginnen mit falscher IP-Konfiguration.

Beispiel: falsche Subnetzmaske

PC A:

192.168.10.20/24

PC B:

192.168.10.30/25

Beide IP-Adressen sehen ähnlich aus.

Aber durch unterschiedliche Subnetzmasken kann ein Gerät anders entscheiden, ob ein Ziel lokal oder über das Gateway erreichbar ist.

Folge:

Kommunikation kann unzuverlässig oder einseitig wirken.

Merksatz:

IP-Adresse und Subnetzmaske müssen zusammenpassen.

Beispiel: falsches Gateway

PC:

IP-Adresse:

192.168.10.20/24

Gateway:

192.168.20.1

Problem:

Das Gateway liegt nicht im eigenen Subnetz.

Der PC kann dieses Gateway normalerweise nicht direkt erreichen.

Richtig wäre zum Beispiel:

192.168.10.1

Merksatz:

Das Standard-Gateway muss im eigenen lokalen Subnetz erreichbar sein.

Beispiel: IP aus falschem VLAN

Ein PC hängt im Mitarbeiter-VLAN, bekommt aber eine IP-Adresse aus dem Gastnetz.

Beispiel:

Soll:

VLAN 10

192.168.10.0/24

Ist:

VLAN 20

192.168.20.0/24

Mögliche Ursachen:

- Switch-Port im falschen VLAN
- falsche SSID-VLAN-Zuordnung
- DHCP-Bereich falsch zugeordnet
- Trunk falsch konfiguriert

Merksatz:

Falsche IP-Adresse kann auf falsches VLAN hinweisen.

Einordnung in das OSI-Modell

Thema	Schicht
Ethernet-Frame	2
MAC-Adresse	2
VLAN	2
IPv4-Adresse	3
Subnetzmaske	3
Gateway	3
Routing	3
NAT	3 / 4-Bezug
TCP-Port	4
DNS	7

Merksatz:

VLAN = Schicht 2.
IPv4-Subnetz = Schicht 3.

Typische IHK-Fragen

In AP1 und AP2 kann zum Beispiel gefragt werden:

- Wie viele Bit hat eine IPv4-Adresse?
- Was ist ein Oktett?
- Was macht die Subnetzmaske?
- Was bedeutet CIDR?
- Was bedeutet /24?
- Wie viele nutzbare Hosts hat ein /24?
- Was ist die Netzadresse?
- Was ist die Broadcast-Adresse?
- Was ist der Hostbereich?
- Wie berechnet man die Schrittweite?
- In welchem Subnetz liegt eine bestimmte IP-Adresse?
- Was sind private IPv4-Adressen?
- Was bedeutet 169.254.x.x?
- Was ist die Loopback-Adresse?
- Warum braucht jedes VLAN häufig ein eigenes Subnetz?

Typische Prüfungsfallen

IPv4 hat 32 Bit.

Ein Oktett hat 8 Bit.

Ein Oktett geht von 0 bis 255.

/24 bedeutet 24 Bit Netzanteil.

Host-Bits = 32 minus CIDR-Präfix.

Alle Adressen = $2^{\text{Host-Bits}}$

Nutzbare Hosts = alle Adressen minus 2.

Netzadresse ist nicht für ein Endgerät.

Broadcast-Adresse ist nicht für ein Endgerät.

Je größer die CIDR-Zahl,
desto kleiner das Netz.

VLAN ist nicht Subnetz.

Gateway muss im eigenen Subnetz erreichbar sein.

169.254.x.x weist oft auf DHCP-Probleme hin.

127.0.0.1 ist Loopback.

0.0.0.0/0 ist die Default Route.

Wichtige Begriffe kurz erklärt

Begriff	Kurze Erklärung
IPv4	Internet Protocol Version 4
IPv4-Adresse	32-Bit-Adresse auf Schicht 3
Oktett	8-Bit-Block einer IPv4-Adresse
Netzanteil	Teil der Adresse für das Netzwerk
Hostanteil	Teil der Adresse für das Gerät
Subnetzmaske	trennt Netzanteil und Hostanteil
CIDR	Schreibweise mit Präfixlänge
Präfix	Anzahl der Netz-Bits
Host-Bits	Bits für Geräteadressen
Netzadresse	Adresse des Subnetzes
Broadcast-Adresse	Adresse für alle Hosts im Subnetz
Hostbereich	nutzbare Geräteadressen
Schrittweite	Abstand zwischen Subnetzen
private IPv4-Adresse	interne, nicht öffentlich geroutete Adresse
öffentliche IPv4-Adresse	im Internet routbare Adresse
APIPA	automatische Adresse bei DHCP-Problem
Loopback	Adresse des eigenen Geräts
Default Route	Route für unbekannte Ziele

IHK-sichere Kurzformulierung

Eine IPv4-Adresse besteht aus 32 Bit und wird meist in vier Oktetten dargestellt. Die Subnetzmaske oder CIDR-Schreibweise legt fest, welcher Teil der Adresse zum Netzanteil und welcher Teil zum Hostanteil gehört. Aus dem Netzanteil ergibt sich die Netzadresse, aus dem Hostanteil der nutzbare Adressbereich und die Broadcast-Adresse. Die Anzahl der Adressen in einem Subnetz ergibt sich aus $2^{\text{Anzahl der Host-Bits}}$. In klassischen IPv4-Subnetzen sind Netzadresse und Broadcast-Adresse nicht für Endgeräte nutzbar. VLANs gehören zu Schicht 2, IP-Subnetze zu Schicht 3, werden in der Praxis aber häufig gemeinsam geplant.

Merksätze

IPv4 = 32 Bit.

IPv4 besteht aus 4 Oktetten.

Ein Oktett = 8 Bit.

Ein Oktett geht von 0 bis 255.

IP-Adresse + Subnetzmaske = Netzzuordnung.

Subnetzmaske trennt Netzanteil und Hostanteil.

CIDR zeigt die Anzahl der Netz-Bits.

/24 = 24 Bit Netzanteil.

Host-Bits = 32 minus CIDR-Präfix.

Alle Adressen = $2^{\text{Host-Bits}}$.

Nutzbare Hosts = alle Adressen minus 2.

Netzadresse = Adresse des Netzes.

Broadcast-Adresse = letzte Adresse im Subnetz.

Hostbereich = nutzbare Geräteadressen.

Je größer das Präfix,
desto kleiner das Netz.

/25 springt in 128er-Schritten.

/26 springt in 64er-Schritten.

/27 springt in 32er-Schritten.

/28 springt in 16er-Schritten.

Private IPv4-Adressen sind nicht direkt im Internet geroutet.

169.254.x.x weist oft auf DHCP-Probleme hin.

127.0.0.1 = Loopback.

0.0.0.0/0 = Default Route.

VLAN = Schicht 2.

IPv4-Subnetz = Schicht 3.

Gateway muss im eigenen Subnetz erreichbar sein.
