

NETZWERKTECHNIK

→ http://openbook.galileocomputing.de/it_handbuch/kap_04_netzwerkgrundlagen_002.html#f2ff62d9-1bbe-4380-8537-ee0e0201ffb3 (Wiederholung OSI-Modell)

Layer/ Ebene	Bezeichnung	Betrifft
VII	Anwendungsschicht/ Application Layer	Interaktion mit Anwendungen, die Netzwerkzugriff benötigen, Server-Client-Anwendungen
VI	Darstellungsschicht/ Presentation Layer	standardisierte Kodierungs-, Konvertierungs- und Kompressionsverfahren, z. B. MPEG, TIFF, GIF, ASCII
V	Kommunikationsschicht/ Session Layer	Anforderung von Sitzungen und Datenströmen, Zweiwegekommunikation von Anwendungen verschiedener Endgeräte, z. B. SMB-Protokoll für Druck und Verbindung zu Windows-Freigaben
IV	Transportschicht/ Transport Layer	Flusskontrolle, verbindungslose und verbindungsorientierte Dienste, Kommunikationskontrolle, Verbindungsauf- und -abbau, Kommunikation zwischen Netzwerk und Anwendung, TCP und UDP-Protokoll
III	Vermittlungsschicht/ Network Layer	Routing, logische Adressierung, IP-Protokoll, Quality of Service
II	Sicherungsschicht/ Data Link Layer	Flusssteuerung, Datenübertragung, Zugriffsteuerung, Fehlererkennung, MAC-Adressen
I	physikalische Schicht/ Physical Layer	Kupfer- und Glasfaserkabel, Signalformen, Wellenlängen bei optischer Übertragung, Funkfrequenzen für WLAN, Richtfunk, UMTS usw. und kabelgebundene Übertragung im LAN, MAN oder WAN

Quelle: Harald Zisler, „Computer-Netzwerke. Grundlagen, Funktionsweise, Anwendung“, Bonn: Galileo Press 2012 S. 23

Jeder Rechner in einem TCP/IP-Netzwerk benötigt eine im Netz einmalige Adresse. Diese IP-Adresse ist in Version 4 (*IPv4*) 32 Bit lang, besteht also aus 32 Stellen, die entweder 0 oder 1 sein können, und setzt sich aus einer Kombination von Netz- und Host-Adresse zusammen:

- Der vordere Teil der IP-Adresse ist die **Netz-Adresse**; sie muss bei allen PCs gleich sein, damit sie miteinander kommunizieren können.
- Der hintere Teil der IP-Adresse ist die **Host-Adresse**; sie muss bei allen PCs eines Netzwerks eindeutig, also je verschieden sein, damit sie miteinander kommunizieren können.

Die Subnetmask (Teilnetmaske) teilt die IP-Adresse in Netz- und Host-Adresse auf: sie ist auch 32 Bit lang und besteht immer aus einer links beginnenden ununterbrochenen Folge von Einsen. Deshalb kann man sie abkürzen, indem man einfach die Anzahl der Einsen nennt:

Zum Beispiel:

Die IP-Adresse einer Netzwerkkarte könnte lauten:

192.168.100.50/24

Die gleiche Adresse würde binär geschrieben so aussehen:

IP-Adresse:

<i>Erstes Byte</i>								<i>Zweites Byte</i>								<i>Drittes Byte</i>								<i>Viertes Byte</i>							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
192								168								100								50							

Subnetmask: eine Folge von 24 Einsen (also 3*8 Einsen: die ersten 3 Bytes bestehen je aus 8 Einsen)

<i>Erstes Byte</i>								<i>Zweites Byte</i>								<i>Drittes Byte</i>								<i>Viertes Byte</i>							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
255								255								255								0							

Mit der Hilfe der Subnetmask können nun Netz- und Host-Anteil der IP-Adresse voneinander getrennt werden. Die Netz-ID erhält man, indem man die zwei Bits der IP-Adresse und der Subnetmask der gleichen Position miteinander verknüpft. Man erhält nur dann eine 1, wenn zwei Einsen vorliegen: An der Position 32 ganz links hat sowohl die IP-Adresse als auch die Subnetmask eine 1, folglich erhält auch die Netz-ID an Position 32 eine 1.

Bei allen anderen Möglichkeiten (1:0/ 0:1/ 0:0) ist das Ergebnis 0: An der Position 30 hat die IP-Adresse eine 0, die Subnetmask aber 1: Die Netz-ID hat folglich an der Position 30 den Wert 0. An der Position 2 ist es umgekehrt: hier hat die IP-Adresse den Wert 1, die Subnetmask aber den Wert 0. Auch an der Position 2 hat die Netz-ID also den Wert 0. An der ersten Stelle haben sowohl IP-Adresse wie Subnetmask ein Bit mit dem Wert 0: Folglich ist die erste Position der Netz-ID auch 0.

<i>Erstes Byte</i>								<i>Zweites Byte</i>								<i>Drittes Byte</i>								<i>Viertes Byte</i>							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Netz-ID: Ergebnis der UND-Verknüpfung.

<i>Erstes Byte</i>								<i>Zweites Byte</i>								<i>Drittes Byte</i>								<i>Viertes Byte</i>							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
192								168								100								0							

Die Host-ID wird genau umgekehrt errechnet:

<i>Erstes Byte</i>								<i>Zweites Byte</i>								<i>Drittes Byte</i>								<i>Viertes Byte</i>							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
0								0								0								50							

Host-ID: Ergebnis der UND-Verknüpfung mit der inversen Subnetmask

<i>Erstes Byte</i>								<i>Zweites Byte</i>								<i>Drittes Byte</i>								<i>Viertes Byte</i>							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
0								0								0								50							

In jedem Netz sind zwei Host-IDs reserviert, die keiner Netzwerkkarte zugewiesen werden können. Das ist die **Netz-ID**, die das Netz repräsentiert. Bei ihr sind alle Bits der Host-ID auf 0 gesetzt. Außerdem ist auch die **Broadcast-Adresse**, bei der alle Bits der Host-ID auf 1 gesetzt sind reserviert, denn Pakete an diese Adresse nimmt jede Netzkarte im Netz entgegen.

In einem Class-C-Netzwerk sind die ersten 24 Bits von links der IP-Adresse deren Netzteil und die letzten 8 Bits der Hostteil.

<i>Erstes Byte</i>								<i>Zweites Byte</i>								<i>Drittes Byte</i>								<i>Viertes Byte</i>							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
192								168								100								0							
Netz-Anteil																								Host-Anteil							

Es gibt also sehr viele Möglichkeiten für verschiedene Class-C-Netzwerk-Adressen:

0.0.0.0
 0.0.1.0
 0.0.2.0
 0.0.3.0
 0.0.4.0
 0.0.5.0
 0.0.6.0
 ...
 0.0.254.0
 0.0.255.0
 0.1.0.0
 0.1.1.0
 0.1.2.0
 ...
 0.1.254.0
 0.1.255.0
 0.2.0.0
 0.2.1.0
 0.2.2.0
 ...
 255.255.254.0
 255.255.255.0

Die ersten drei Bytes, also die ersten drei Zahlen, sind der Netz-Anteil der IP-Adresse.

Das 4. Byte ist der Host-Anteil

Man kann mit drei Bytes also 16.777.216 verschiedene Netz-IDs erzeugen.

Das entspricht 2^{24}

Manche der Netz-IDs können aber nicht zugewiesen werden, weil sie Subnet-IDs oder Subnet-Broadcastadressen sind!

Bei einem Class-B-Netzwerk sind nur die ersten beiden Bytes (=16 Bit) der Netzteil. Man kann also ,nur' 2^{16} (=65.536) verschiedene Netzwerk-Nummern erzeugen. Dafür bleiben aber mehr Bits, um Host-Adressen zu erstellen. In jedes einzelne Class-B-Netzwerk können 65.536-2 verschiedene Hosts eingebunden werden.

In einem Class-C-Netzwerk repräsentieren die letzten 8 Bit der IP-Adresse den Host-Anteil. Damit können maximal 256 verschiedene Zahlen dargestellt werden. Da davon die niedrigste (00000000) und die höchste (11111111) nicht als Host-IDs verwendet werden können, stehen also je $2^8 - 2 = 256 - 2 = 254$ verschiedene Host-Adressen pro Class-C-Netzwerk zur Verfügung: Wenn man also 300 PCs in einem Class-C-Netzwerk unterbringen wollte, dann gäbe es dafür nicht genügend IP-Adressen: der Netz-Anteil (also die ersten drei Bytes, die ersten 24 Bits, die ersten drei Zahlen) müsste bei jedem der Rechner gleich sein – der Host-Anteil aber müsste je unterschiedlich sein – da man mit 8 Bit aber nur maximal 256 verschiedene Zahlen darstellen kann und außerdem noch 2 Adressen reserviert sind, können keine 300 Netzkarten adressiert werden.

Es gibt drei verschiedene Standard-Netzklassen: Neben dem Class-C-Netz sind das:

Ein **Class-A-Netzwerk** hat die Subnetmask 255.0.0.0. Davon gibt es nur wenige (rechnerisch immerhin 2^8 also 256 – tatsächlich aber nur 126) – aber in jedem dieser wenigen Netz kann es sehr viele Hosts geben (nämlich $2^{24} - 2$ also 16.777.214)

Ein **Class-B-Netzwerk** hat die Subnetmask 255.255.0.0. Davon gibt es 2^{16} also 65.536 – aber in jedem dieser Netze kann es $2^{16} - 2$ also 65.534 Hosts geben.

Achtung: Die rechnerisch mögliche Anzahl von Netzwerken ist verwaltungstechnisch begrenzt:

Übersicht der Netzklassen [Bearbeiten]

Netzklasse	Präfix	Adressbereich	Netzmaske	Netzlänge (mit Präfix)	Netzlänge (ohne Präfix)	Hostlänge	Netze	Hosts pro Netz	CIDR Suffix Entsprechung
Klasse A	0...	0.0.0.0 – 127.255.255.255	255.0.0.0	8 Bit	7 Bit	24 Bit	128	16.777.214	/8
Klasse B	10...	128.0.0.0 – 191.255.255.255	255.255.0.0	16 Bit	14 Bit	16 Bit	16.384	65.534	/16
Klasse C	110...	192.0.0.0 – 223.255.255.255	255.255.255.0	24 Bit	21 Bit	8 Bit	2.097.152	254	/24
Klasse D	1110...	224.0.0.0 – 239.255.255.255	Verwendung für Multicast-Anwendungen						
Klasse E	1111...	240.0.0.0 – 255.255.255.255	reserviert (für zukünftige Zwecke)						

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Class-A-Netzwerk>

Die folgenden Adress-Bereiche wurden für private Netzwerke freigegeben und werden deshalb sehr oft in Unternehmen und Behörden verwendet:

das Klasse-A-Netz: 10.0.0.0

die 16 Klasse-B-Netze: 172.16.0.0 bis 172.31.0.0

die 256 Klasse-C-Netze: 192.168.0.0 bis 192.168.255.0

Ein weiterer Block, der erst später freigegeben wurde, ist das **Klasse-B-Netz 169.254.0.0**, das einem besonderen Verwendungszweck vorbehalten ist: Moderne TCP/IP-Implementierungen in fast allen Betriebssystemen verwenden dieses Netz für »**link local**« – eine Möglichkeit, sich automatisch selbst IP-Adressen zuzuweisen, falls wider Erwarten keine Verbindung zu einem DHCP-Server hergestellt werden kann, der eigentlich für die automatische Zuweisung von Adressen zuständig wäre. Wenn eine Netzkarte eine **APIPA** [Automatic Private IP Addressing]-Adresse hat, dann ist das ein Hinweis darauf, dass die Verbindung zum DHCP-Server unterbrochen ist (Kabel nicht eingesteckt oder defekt, Server down oder maximale *leases* überschritten, ...)

Mit Classless Inter-Domain Routing (CIDR) können auch andere Teilnetze erstellt werden. Ein IT-Unternehmen mit einem Class-A-Netz wie IBM kann zum Beispiel einer Abteilung ein eigenes Subnet zuweisen.

Angenommen diese Abteilung möchte 300 Hosts einbinden:
 Dann muss der Host-Anteil so groß sein, dass mindestens 302 verschiedene Host-IDs erzeugt werden können:

Größe des Host-Anteils und Anzahl der möglichen Host-IDs:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$2^1-2=0$	$2^2-2=2$	$2^3-2=6$	$2^4-2=14$	$2^5-2=30$	$2^6-2=62$	$2^7-2=126$	$2^8-2=254$	$2^9-2=510$	$2^{10}-2=1022$
0/1	00/01/10/11	000/001/010 ...	0000/0001

Wäre der Host-Anteil der IP-Adresse 8 Bit groß, dann könnten nur 154 Host adressiert werden. Wenn man ein Bit hinzunimmt, dann können 510 verschiedene Hostadressen bei gleicher Netzadresse erzeugt werden. Nun hätten wir ein Klasse-B-Netzwerk (Netz-ID ist 16 Bit lang) mit einem Subnet aus 7 Bit, insgesamt also einen Netz-Anteil aus den ersten $16+7=23$ Bit.

Folglich müssen dann die ersten 23 Bit der 32-Bit-IP-Adresse die Netz-ID enthalten, so dass die letzten 9 Bit die Host-ID darstellen.

Die Subnetmask unseres Subnets lautet also:

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
255								255								254								0							

Mit der Beispiel-IP-Adresse 192.168.101.1/23 ergäbe sich die folgende Netz-ID:

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
192								168								101								1							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
255								255								254								0							

Netz-ID: Ergebnis der UND-Verknüpfung.

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
192								168								100								0							

Host-ID: Ergebnis der UND-Verknüpfung mit der *inversen* Subnetmask (Einsere und Nullen vertauscht)

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0								0								0								1							

Wenn man nun die Broadcastadresse beider Netze berechnet, sieht man einen Unterschied: Die Broadcastadresse ist die höchstmögliche Adresse eines Netzes, bei der alle Bits des Host-Anteils den Wert 1 haben:

Broadcastadresse 192.168.101.xxx/ 24:

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
192								168								101								255							

Broadcastadresse 192.168.101.xxx/ 23:

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
192								168								101								255							

Mit der neuen Subnetmask von 255.255.254.0 (statt vorher 255.255.255.0) könnte der Host 192.168.101.1/23... *trotzdem* mit einem Host mit der Adresse 192.168.101.2/24 kommunizieren, obwohl unterschiedliche Netz-IDs bestünden, denn der wäre zwar in einem anderen Netz, aber die Adressbereiche würden sich **überschneiden**.

(oberste Adresse lautet: 192.168.101.1 – ganz unten steht die Netz-ID):

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
192								168								100								0							

Vorheriges Klasse-C-Beispiel von oben: (oberste Adresse lautet: 192.168.101.2 – ganz unten steht die Netz-ID)

Erstes Byte								Zweites Byte								Drittes Byte								Viertes Byte							
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
192								168								101								0							

➔ http://openbook.galileocomputing.de/it_handbuch/kap_04_netzwerkgrundlagen_006.html#c55c60d7-47c5-42a7-9082-66b2630b667f (IP-Adressen)