	<b><u>IP Protokoll und IP Header</u></b>		LF3
Berlin, 15.11.2021	Name:	Klasse:	Blatt Nr. 1 / 6

Das Internet Protocol, kurz IP, wird im Rahmen der Protokollfamilie TCP/IP zur Vermittlung von Datenpaketen verwendet. Es arbeitet auf der Schicht 3 des OSI-Schichtenmodells und hat maßgeblich die Aufgabe, Datenpakete zu adressieren und in einem verbindungslosen paketerorientierten Netzwerk zu vermitteln (Routing). Dazu haben alle Stationen und Endgeräte eine eigene Adresse im Netzwerk. Sie dient nicht nur zur Identifikation der Station, sondern auch des Netzes, in der sich die Station befindet.

Schicht	Dienste / Protokolle / Anwendungen			
Anwendung	HTTP	IMAP	DNS	SNMP
Transport	TCP		UDP	
Internet	IP (IPv4 / IPv6)			
Netzzugang	Ethernet, ...			

Tabelle 1: Einordnung in das DoD Modell


## IPv4-Adressen

Das wichtigste von IP (Internet Protocol), neben dem IP-Routing, sind die IP-Adressen, über die jede Station in einem TCP/IP-Netzwerk gefunden werden kann. Pro Hardware-Interface (Netzwerkkarte) wird eine IP-Adresse vergeben. In Ausnahmefällen lässt sich ein Interface auch über zwei oder mehr IP-Adressen ansprechen oder mehrere Interfaces der gleichen Station haben die gleiche IP-Adresse.

Die IP-Adresse ist mit den Angaben zu Straße, Hausnummer und Ort einer Anschrift vergleichbar. Damit die IP-Adresse von Hardware und Software einfach verarbeitet werden kann, liegt sie in einem Bitcode (duales Zahlensystem) vor. Der Bitcode ist 32 Stellen lang bzw. 4 Byte groß und kann wahlweise auch als hexadezimale oder dezimale Zahlenkombination dargestellt werden.

Zahlensystem	Beispiel-Adresse			
Binär/Dual	0111 1111	0000 0000	0000 0000	0000 0001
Hexadezimal	7F	00	00	01
Dezimal	127	0	0	1

Für IPv4-Adressen ist die dezimale Schreibweise üblich. Sie ist am einfachsten lesbar. Dazu werden die 32 Bit einer IPv4-Adresse in jeweils 8 Bit (1 Byte) aufgeteilt und durch einen Punkt getrennt. Jedes Byte kann durch die achtstellige 1er- und 0er-Folge einen Wert von 0 bis 255 annehmen. Das sind 256 Werte pro Stelle.

	<h2 style="text-align: center;">IP Protokoll und IP Header</h2>		<p style="text-align: right;">LF3</p>
<p>Berlin, 15.11.2021</p>	<p>Name:</p>	<p>Klasse:</p>	<p>Blatt Nr. 2 / 6</p>

Jede IP-Adresse besteht aus zwei Teilen. Einmal der Netzadresse und der Host- bzw. der Stationsadresse. Für das IP-Routing ist nur die Netzadresse wichtig. Die Hostadresse ist nur für den Router wichtig, in dessen Netz sich der Host befindet.

Bei einer IP-Adresse ist der vordere Teil die Netzadresse und der hintere Teil die Hostadresse. An welcher Stelle die IP-Adresse in Netz- und in Hostteil getrennt wird entscheidet nach einem veralteten Prinzip die Netzklasse oder nach dem aktuellen Prinzip die Netzmaske bzw. das Suffix (nach CIDR).

## Netzklassen

Das Prinzip der Netzklassen oder auch die englische Bezeichnung "classful network" definiert eine Unterteilung des IPv4-Adressraums in Teilnetze. Dadurch kann die Größe eines Netzwerks und dessen Adresse aus der IPv4-Adresse abgeleitet werden. Mit der Netzklasse wird allerdings nicht die tatsächliche Größe eines Netzwerks angegeben, sondern nur wie viele Adressen es umfassen kann.

IPv4-Adressen wurden ursprünglich in 5 Netzklassen eingeteilt. In jeder Klasse haben die Netz-ID und die Host-ID eine unterschiedliche Gewichtung.


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)						

Tabelle 2: Netzklassen bei IPv4

**Klasse-A-Netze** sind Netze mit einer großen Anzahl an Stationen. Das erste Bit ist immer "0". Der theoretische Adressbereich reicht von 0.0.0.0 bis 127.255.255.255. Der effektive Adressbereich reicht von 1.0.0.1 bis 127.255.255.254. Insgesamt sind also nur 126 Klasse-A-Netze möglich. Das ergibt eine rechnerische Anzahl von 16.777.214 möglichen Stationen pro Klasse-A-Netz.

**Klasse-B-Netze** sind Netze mit einer mittleren Anzahl an Stationen. Die ersten 2 Bit sind immer "10". Der theoretische Adressbereich reicht von 128.0.0.0 bis 191.255.255.255. Der effektive Adressbereich reicht von 128.0.0.1 bis 191.255.255.254. Insgesamt sind nur 16.384 Klasse-B-Netze möglich. Das ergibt eine rechnerische Anzahl von 65.534 möglichen Stationen pro Klasse-B-Netz.

**Klasse-C-Netze** sind Netze mit einer kleinen Anzahl an Stationen. Die ersten 3 Bit des Adressbereiches sind immer "110". Der theoretische Adressbereich reicht von 192.0.0.0 bis 223.255.255.255. Der effektive Adressbereich reicht nur von 192.0.0.1 bis 223.255.255.254. Insgesamt sind 2.097.152 Klasse-C-Netze möglich. Das ergibt eine rechnerische Anzahl von 254 Stationen pro Klasse-C-Netz.

	<u><b>IP Protokoll und IP Header</b></u>		LF3
Berlin, 15.11.2021	Name:	Klasse:	Blatt Nr. 3 / 6

Früher hatten Router eine geringere Rechenleistung und weniger Speicher. Durch die Festlegung des IPv4-Adressraums zu Netzklassen konnte das Routing stark vereinfacht werden. Dafür reichte eine einfache Tabelle aus, in der ein Router statische oder dynamische Routen pflegen konnte.

Allerdings sind Netzklassen sehr unflexibel und haben eine großzügige Vergabe der knappen IP-Adressen zur Folge. Das führte dazu, dass es heute keine freien IPv4-Adressen mehr gibt.

**Netzklassen sind ein veraltetes und in der Praxis nicht mehr angewendetes Konzept. Heute leitet man die Größe eines Netzwerks und damit den Teil der Netz- und die Stationsadresse nicht mehr aus der IP-Adresse und der Netzklasse ab, sondern aus der Angabe der Netzmaske oder Subnetzmaske bzw. Subnetmask (Subnetting).**

Die Netzklassen hatten von 1981 bis 1993 ihre Gültigkeit, wurden 1985 von Subnetting und 1992 von Supernetting ergänzt. Seit 1993 werden die Netzklassen von CIDR (Classless Inter-Domain Routing) ersetzt.

## **CIDR - Classless Inter-Domain Routing**

CIDR ist kein Routing-Protokoll, sondern ein Verfahren, um den IPv4-Adressraum effizienter zu nutzen. CIDR wurde 1993 eingeführt, um das Konzept der Netzklassen abzulösen. Mit CIDR entfällt die feste Zuordnung zwischen IPv4-Adresse und einer Netzklasse. Vor CIDR hat die Netzklasse definiert, welcher Teil einer IP-Adresse der Netzwerkteil und welcher der Hostteil ist. Mit CIDR steckt diese Information in der Netzmaske oder der Subnetzmaske bzw. dem Suffix.


Mit CIDR wurden so genannte Suffixe eingeführt. Es handelt sich um eine Schreibweise, die die Subnetzmaske abkürzt. Das Suffix gibt die Anzahl der 1er Bits in der Subnetzmaske an.

- 192.168.0.1/255.255.255.0 (vollständige Schreibweise)
- 192.168.0.1/24 (verkürzte Schreibweise)

Diese Schreibweise hat noch einen weiteren Vorteil. Wenn man sich auf einen IPv4-Adressbereich beziehen will, der zum Beispiel von 172.17.0.0 bis 172.17.255.255 reicht, dann schreibt man einfach 172.17.0.0/16.

## **Private IP-Adressen**


IPv4-Adressen sind begrenzt und müssen offiziell beantragt und zugeteilt werden. Man kann also nicht irgendeine IP-Adresse wählen. Wenn man nun ein privates lokales Netzwerk aufbauen möchte, dann ist es nicht zwingend erforderlich, dass jeder Host von außerhalb des Netzwerks erreichbar sein muss. Für diesen Zweck gibt es private IP-Adressen, die nur in privaten Netzwerken gültig sind und nicht in öffentlichen Netzen geroutet werden. Datenpakete mit privaten IP-Adressen verbleiben in den lokalen Netzwerken.

	<b><u>IP Protokoll und IP Header</u></b>		LF3
Berlin, 15.11.2021	Name:	Klasse:	Blatt Nr. 4 / 6

Für die private und nicht öffentliche Nutzung von TCP/IP gibt es Adressräume, die im Internet nicht verwendet werden dürfen, aber innerhalb von privaten Netzen frei zur Verfügung stehen.

Von	Bis	Subnetzmaske	Stationen	(Netzklasse)
10.0.0.0	10.255.255.255	255.0.0.0	16.777.214	Klasse-A-Netz
172.16.0.0	172.31.255.255	255.255.0.0	65.534	Klasse-B-Netze
192.168.0.0	192.168.255.255	255.255.255.0	254	Klasse-C-Netze

Tabelle 3: Private IPv4 Adressen

	<b><u>IP Protokoll und IP Header</u></b>		LF3
Berlin, 15.11.2021	Name:	Klasse:	Blatt Nr. 5 / 6

## Aufbau des IPv4-Headers


Version	IHL	ToS	Paketlänge	
Kennung			Flags	Fragment-Offset
TTL	Protokoll		Header-Checksumme	
Quell-IP-Adresse				
Ziel-IP-Adresse				
Optionen/Füllbits				
Daten....				

Das IP-Datenpaket besteht aus einem Header (Kopf) und dem Bereich, in dem sich die Nutzdaten befinden. Der Header ist den Nutzdaten vorangestellt.

Der Header ist in jeweils 32-Bit-Blöcke unterteilt. Dort sind Angaben zu Servicetypen, Paketlänge, Sender- und Empfängeradresse abgelegt. Ein IP-Paket muss mindestens 20 Byte Header und 8 Byte Nutzdaten bzw. Nutz- und Fülldaten enthalten. Die Gesamtlänge eines IP-Paketes darf 65.535 Byte nicht überschreiten. Je nach Datenmenge und Übertragungsverfahren auf der Bitübertragungsschicht müssen die Nutzdaten in mehrere IP-Pakete aufgeteilt werden. Diesen Vorgang nennt man Fragmentierung.

Der Begriff Fragmentierung ist auch von Dateisystemen und Festplatten bekannt.

Feldinhalt	Bit	Beschreibung
<b>Version</b>	4	Hier ist die Version des IP-Protokolls abgelegt, nach der das IP-Paket erstellt wurde.
<b>IHL</b>	4	IHL = Internet Header Length gibt die Länge des IP-Headers als Vielfaches von 32 Bit an. Der Maximalwert von Binär 1111 (15) entspricht einer Header-Länge von $15 \times 32 \text{ Bit} = 480 \text{ Bit} = 60 \text{ Byte}$ .
<b>ToS</b>	8	ToS = Type of Service legt die Qualität des angeforderten Dienstes fest. Das Feld unterteilt sich in Priorität (Priority) von 3 Bit und Eigenschaften für die Übertragung von 5 Bit.
<b>Paketlänge (Total Length)</b>	16	Enthält die Gesamtlänge des IP-Paketes. Abzüglich des IHL ergibt sich die Länge der reinen Nutzdaten.
<b>Kennung</b>	16	Der Wert wird zur Nummerierung der Datenpakete verwendet. Die Kennung

	<h2 style="text-align: center;">IP Protokoll und IP Header</h2>		<p style="text-align: right;">LF3</p>
<p>Berlin, 15.11.2021</p>	<p>Name:</p>	<p>Klasse:</p>	<p>Blatt Nr. 6 / 6</p>

<b>(Identification)</b>		ist eindeutig und fortlaufend.
<b>Flags</b>	3	Da die Nutzdaten in der Regel nicht in ein IP-Paket hineinpassen, werden die Daten zerlegt und in mehrere IP-Pakete verpackt und verschickt. Man spricht dann von Fragmentierung. Die Flags gehen näher darauf ein. Das erste Flag ist immer 0. Das zweite Flag (DF) verbietet die Fragmentierung des Datenpakets, wenn es gesetzt ist. Das dritte Flag (MF) gibt weitere Datenpaket-Fragmente an, wenn es gesetzt ist.
<b>Fragment-Offset</b>	13	Enthält ein IP-Paket fragmentierte Nutzdaten, steht in diesem Feld die Position der Daten im ursprünglichen IP-Paket.
<b>TTL</b>	8	Mit TTL (Time-to-Live) gibt der Sender die Lebensdauer des Pakets an. Jede Station, die ein IP-Paket weiterleiten muss, zieht von diesem Wert 1 ab. Hat der TTL-Wert 0 erreicht, wird das IP-Paket verworfen. Dieser Mechanismus verhindert, dass Pakete ewig Leben, wenn sie nicht zustellbar sind. TTL-Werte zwischen 30 und 64 sind typisch.
<b>Protokoll (Protocol)</b>	8	Dieses Feld enthält den Port des übergeordneten Transport-Protokolls (z. B. 1= ICMP, 2= IGMP, 6=TCP oder 17=UDP).
<b>Header Checksumme (Header Checksum)</b>	16	Diese Checksumme sichert die Korrektheit des IP-Headers. Für die Nutzdaten muss ein übergeordnetes Protokoll die Fehlerkorrektur übernehmen. Da sich die einzelnen Felder des IP-Headers ständig ändern, muss jede Station auf dem Weg zum Ziel die Checksumme prüfen und auch wieder neu berechnen. Um die Verzögerung gering zu halten wird deshalb nur der IP-Header des Paketes geprüft.
<b>Quell-IP-Adresse (Source IP-Address)</b>	32	An dieser Stelle steht die IP-Adresse der Station, die das IP-Paket abgeschickt hat (Sender).
<b>Ziel-IP-Adresse (Destination IP-Address)</b>	32	An dieser Stelle steht die IP-Adresse der Station, für die das IP-Paket bestimmt ist. Soll das IP-Paket an mehrere Stationen zugestellt werden, muss hier eine Multicast-Adresse stehen.
<b>Optionen/Füllbits (Options/Padding)</b>	32	Das Optionsfeld des IP-Headers enthält hauptsächlich Informationen zu Routing-, Debugging-, Statistik- und Sicherheitsfunktionen. Dieses Feld ist optional und kann bis zu 40 Byte lang sein. Es ist immer in 32 Bit aufgeteilt und wird bei Bedarf mit Nullen aufgefüllt. Auf die genauen Funktionen dieses Feldes wird hier nicht weiter eingegangen. Nur soviel sei noch gesagt: das Optionsfeld wird meist zu Diagnosezwecken verwendet.