



Pv6

Was bringt die Zukunft

- **Alles, was erfunden werden kann, wurde bereits erfunden.**
Charles Duell, Chef des amerikanischen Patentamtes, 1899
- **Ich denke , dass es einen Weltmarkt für vielleicht fünf Computer gibt.**
Thomas Watson, CEO von IBM, 1943
- **Computer der Zukunft werden nicht mehr als 1,5 Tonnen wiegen.**
US-Zeitschrift Popular Mechanics, 1949
- **Schön, aber wozu ist das Ding gut.**
Ein Ingenieur der Forschungsabteilung Advanced Computing Division IBM zu einem Mikrochip, 1968
- **Es gibt keinen Grund dafür, dass jemand einen Computer zu Hause haben wollte.** *Ken Olson, Präsident von Digital Equipment Corp, 1977*
- **Email is a totally unsaleable product.**
Ian Sharp, Sharp Associates, 1979
- **640K sollten genug für jeden sein**
Bill Gates, Microsoft, 1981

Vorgeschichte

- Niemand hat mit so einem großen Wachstum des Internets gerechnet
- IP Adressvergabe erfolgte teilweise ohne Hierarchie, daher sind die Adressen überall auf der Welt verstreut,
- Vergeudung von vielen Adressen
- große Routingtabellen, langsames Routing
- Eingeschränkter Adressraum durch 32 bit

SCHICHTENMODELL

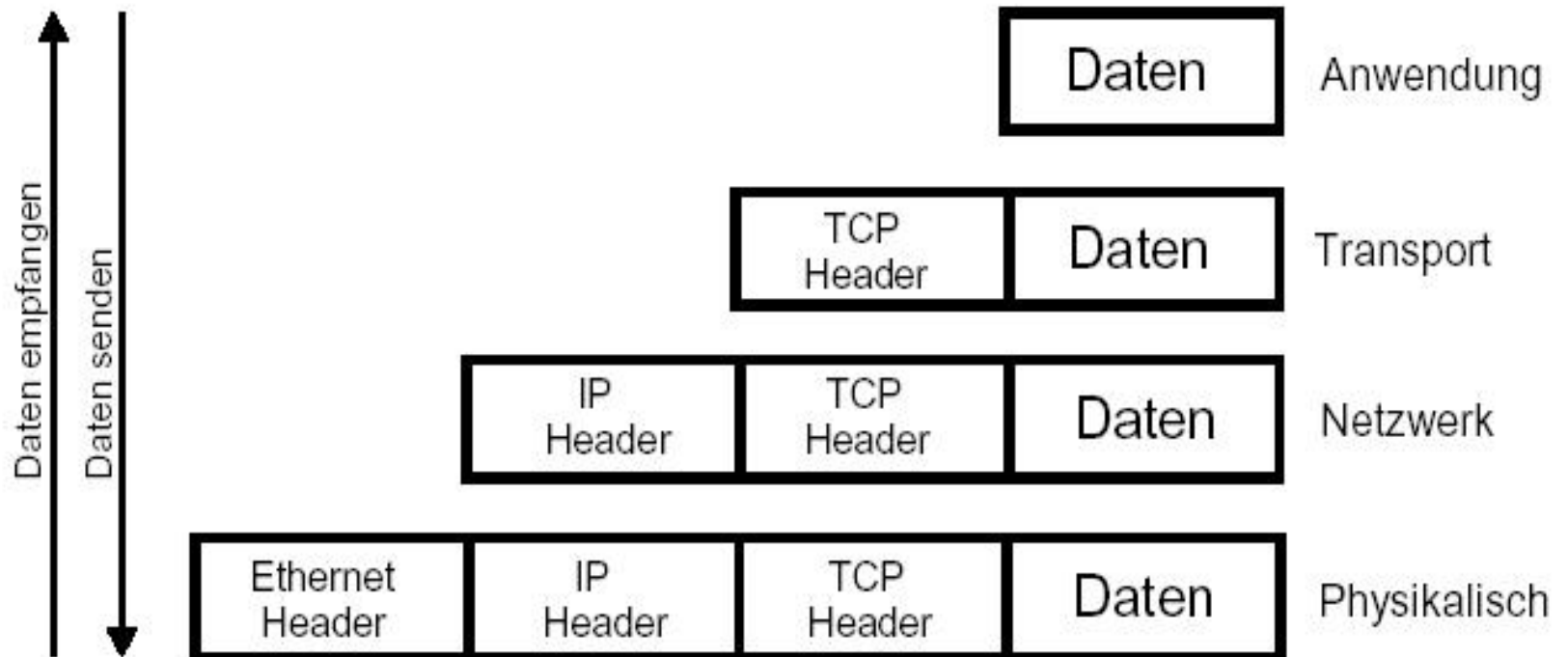
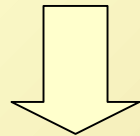


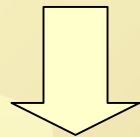
Bild 1: Das Schichtenmodell

IP-FUNKTION

Sender



Router



Empfänger

Beispiel-Adresse: 192.11.11.7

IPv4-HEADER

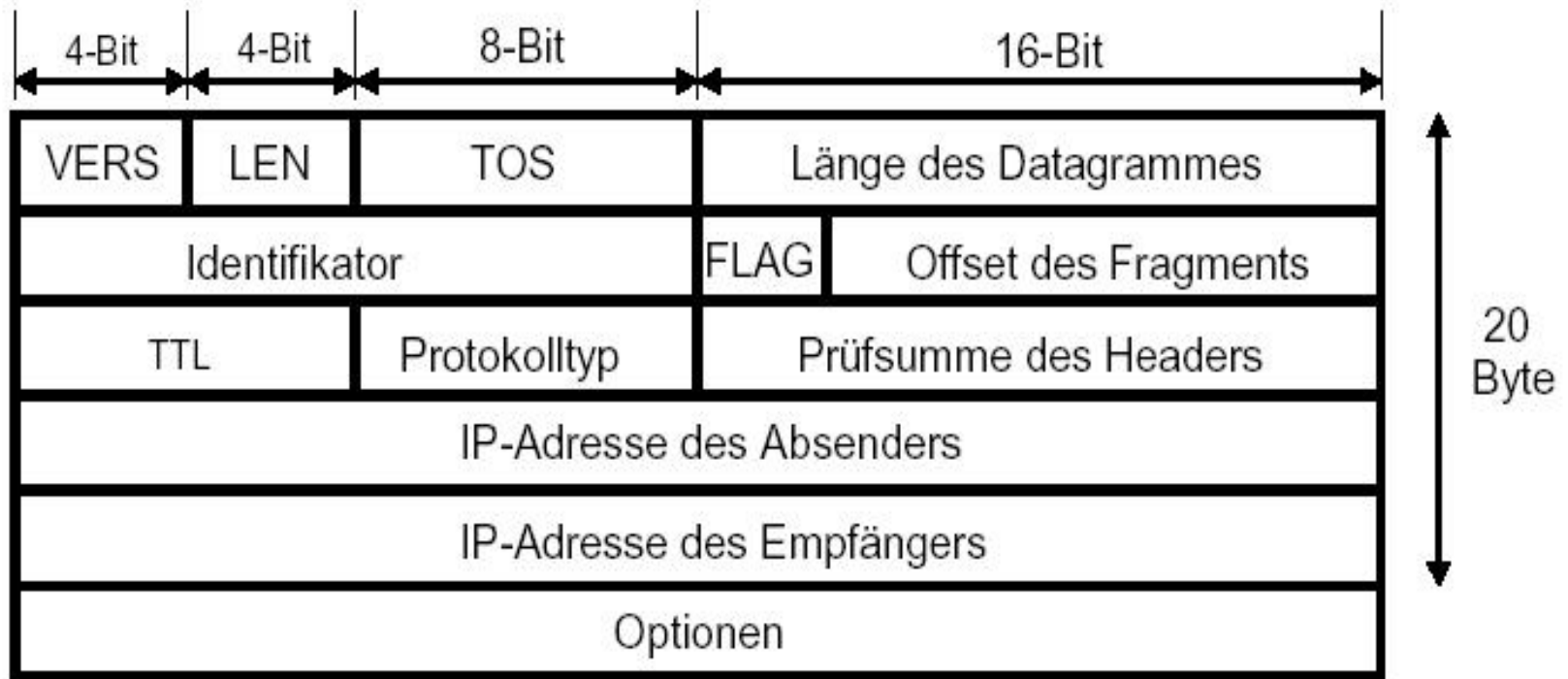


Bild 2: Aufbau des IPv4-Header

BEGRIFFSERKLÄRUNG

Version:	gibt die IP-Version an z.B. 4
LEN:	Headerlänge
TOS:	Type of Service (z.B. Telnet, FTP)
Länge Datagramm:	Header + Nutzdaten max. 65535 Byte
Identifikator:	fortlaufende Nr. (z.B. für Fragmente)
TTL:	Time to live (max Hops vorgeben)
Protokolltyp:	TCP, UDP
Prüfsumme:	jeder Empfänger (Router, PC)
IP-Adressen:	Sender – Empfänger Adresse
Optionen:	Header erweitern

ROUTING-OPTION

Sender kann Wegsteuerung seiner Daten selbst bestimmen

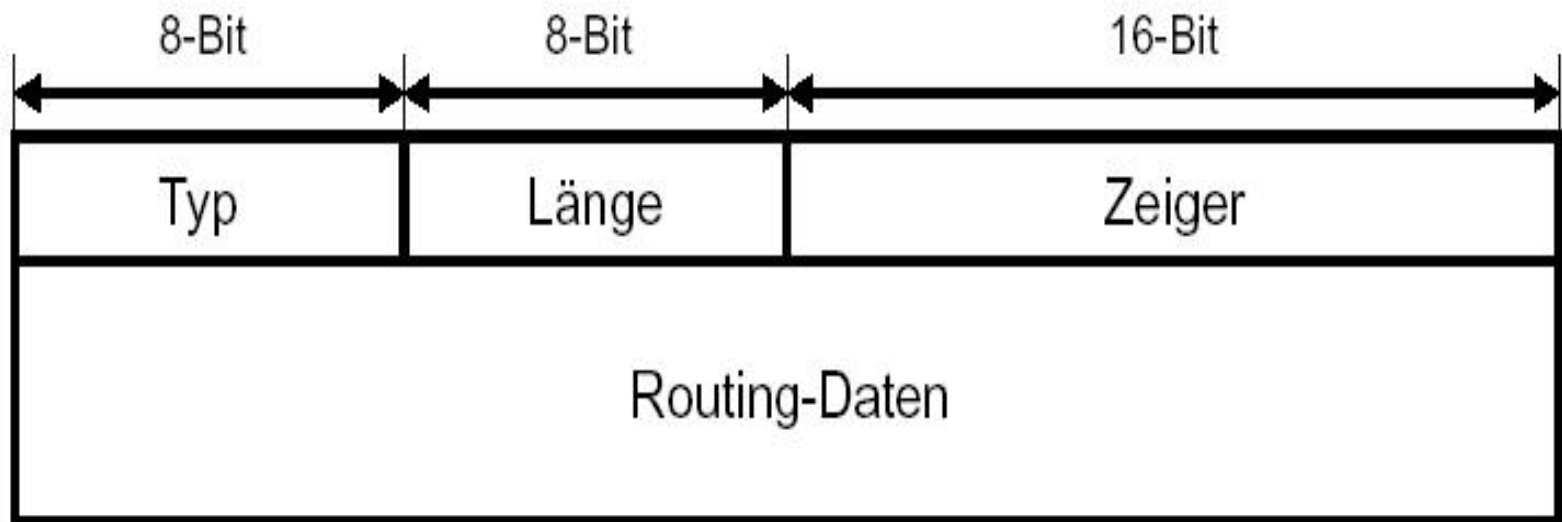


Bild 3: Aufbau der Routing-Option

BEGRIFFSERKLÄRUNG

Typ:	Typ der Routing Option
Länge:	Gesamtlänge der Option
Zeiger:	nächste Adresse im Feld Routing Daten
Routing Daten:	IP-Adressen der Router über die das Datagramm geschickt werden soll.

FRAGMENTIERUNG

- MTU : maximum transfer unit
 - 53 ATM
 - 576 dialup Connection
 - 1500 Ethernet, DSL
- Datagramm → mehrere Fragmente
- Zwischenspeicher beim Empfänger
- Router werden erheblich belastet

IPv4-ADRESSENKONZEPT

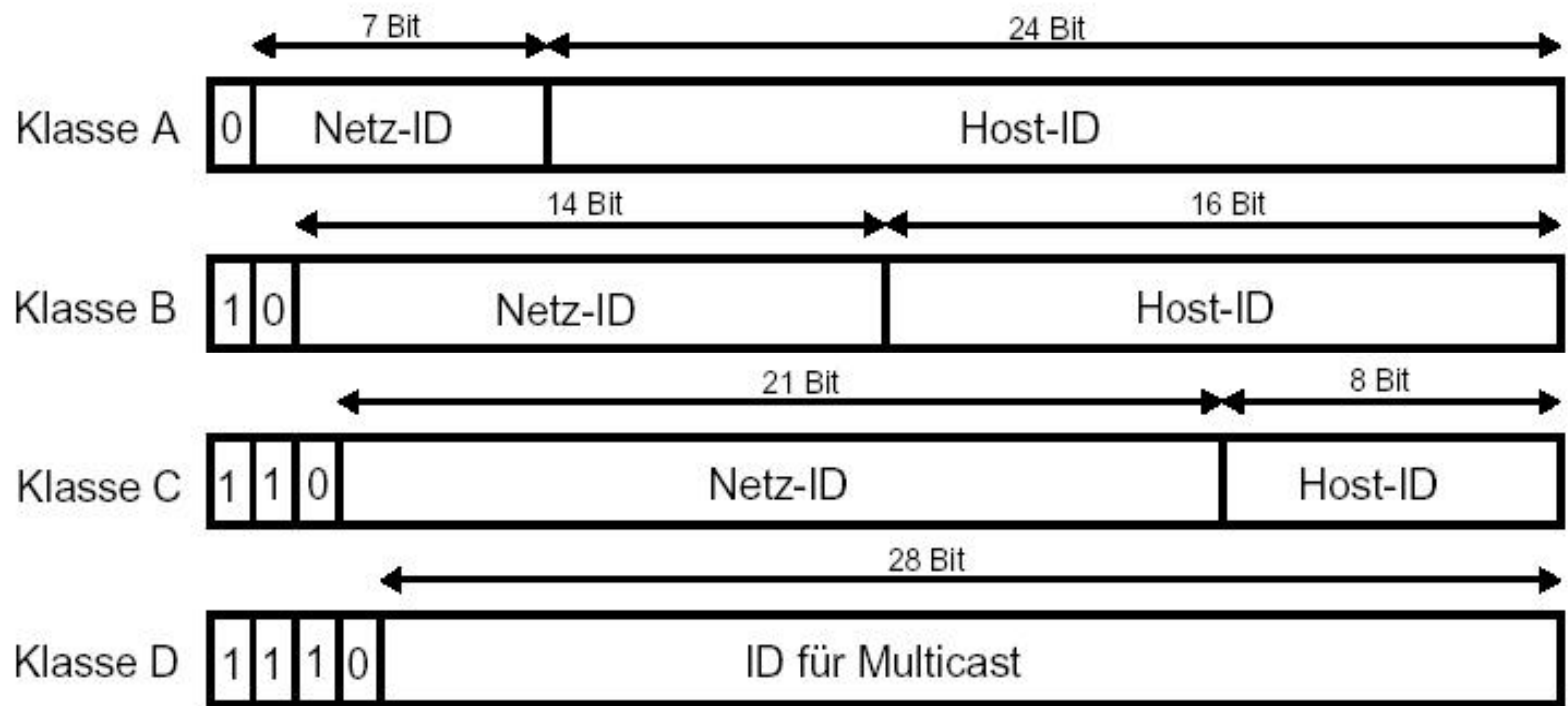


Bild 4: Die 4 Adreßklassen von IPv4

SUBNET-ADDRESSING

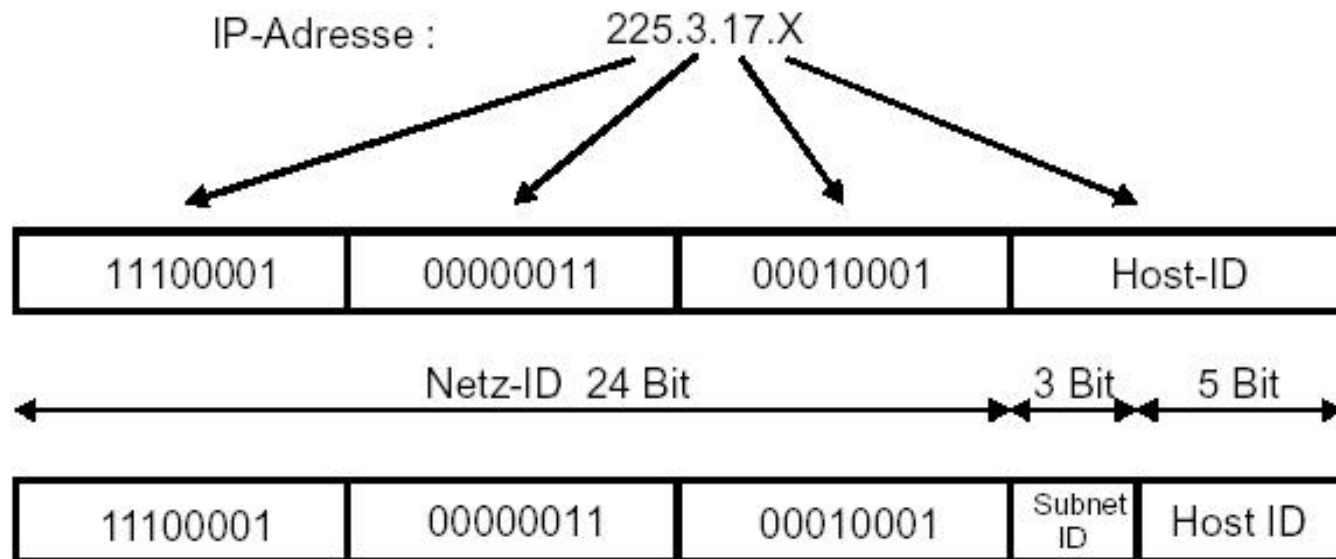


Bild 5: Aufteilung eines Host-ID in Subnetze

BRAODCAST

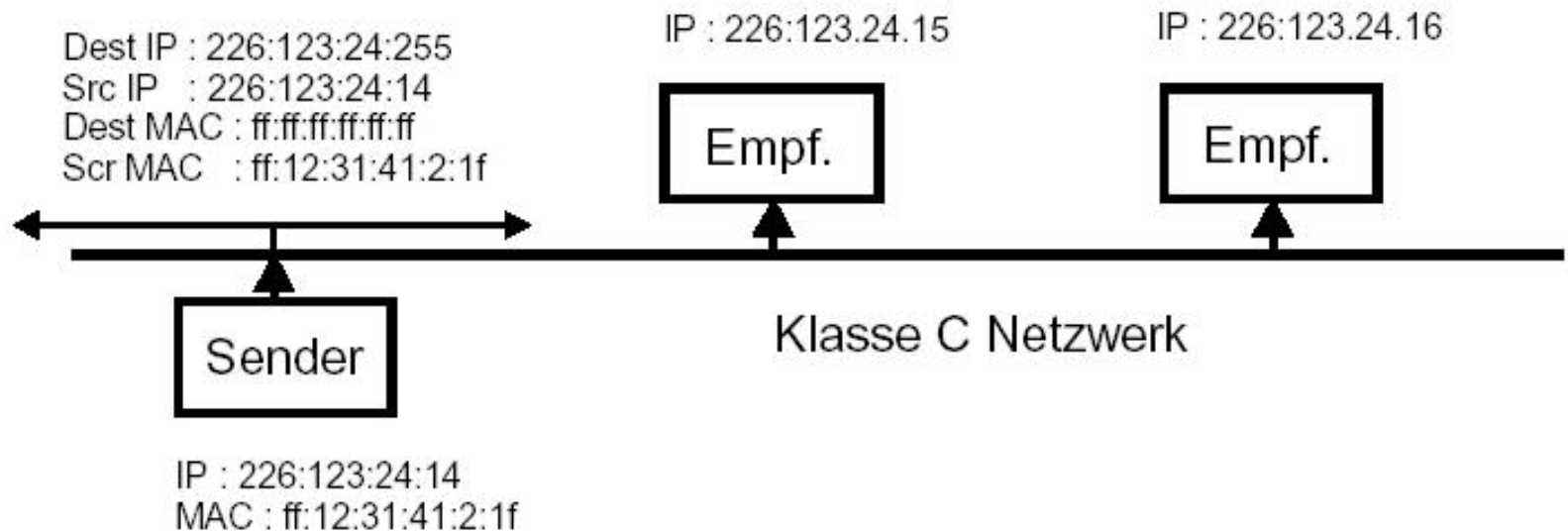


Bild 7: Beispiel von Broadcast eines Netzes der Klasse C

BROADCAST ARTEN

- **Limited Broadcast**
255.255.255.255, alle Hosts eines Netzes, nicht über Router
- **Net directed Broadcast**
net-ID.255.255, von Router weitergegeben
- **Subnet-directed Broadcast**
Host-ID auf 1, Router müssen Subnet kennen
- **All-Subnet-directed Broadcast**
Host-ID und Subnet-ID auf 1, Ziel-Subnet muss bekannt sein

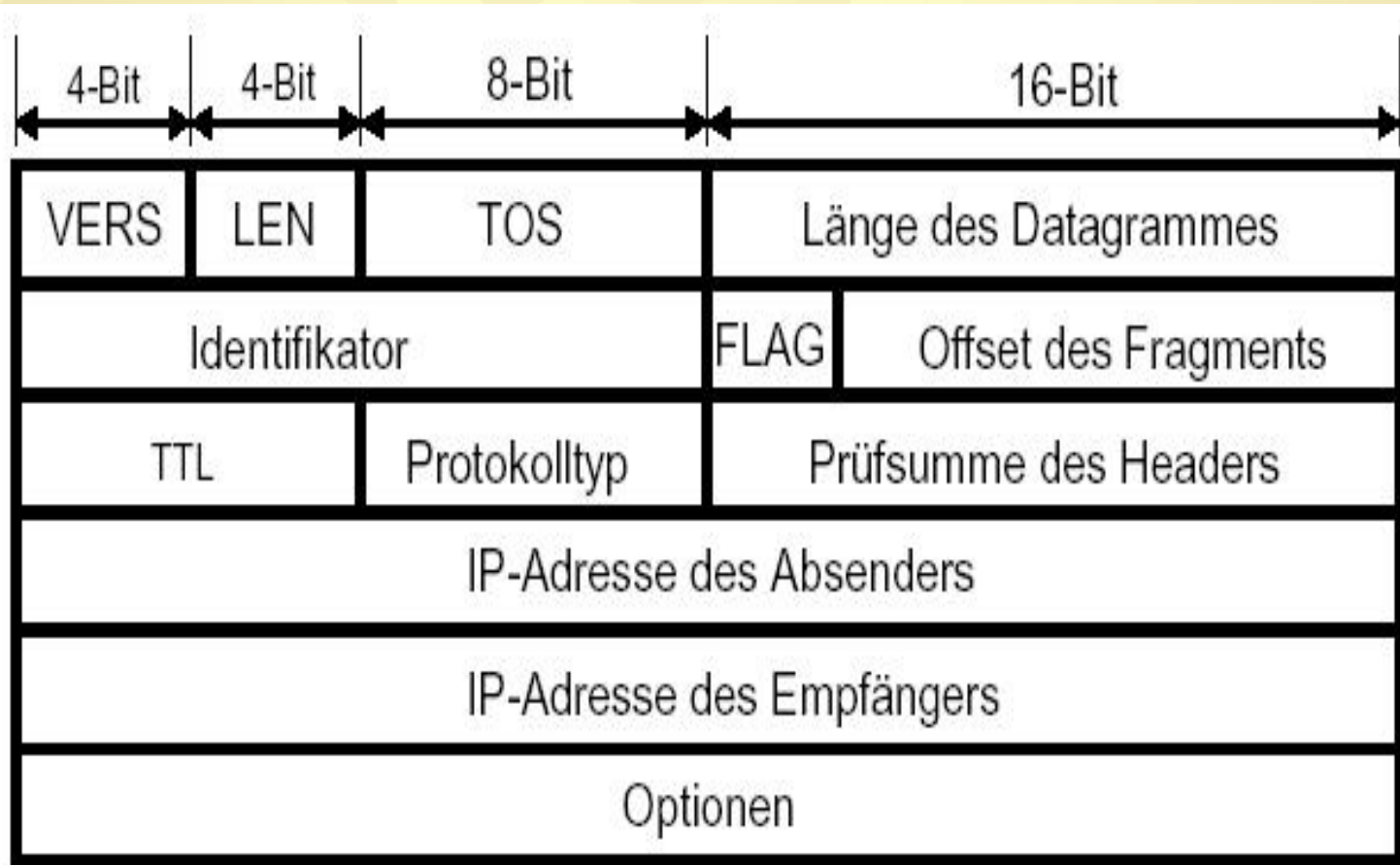
WARUM IPv6 ?

Bessere strukturierte Kommunikation

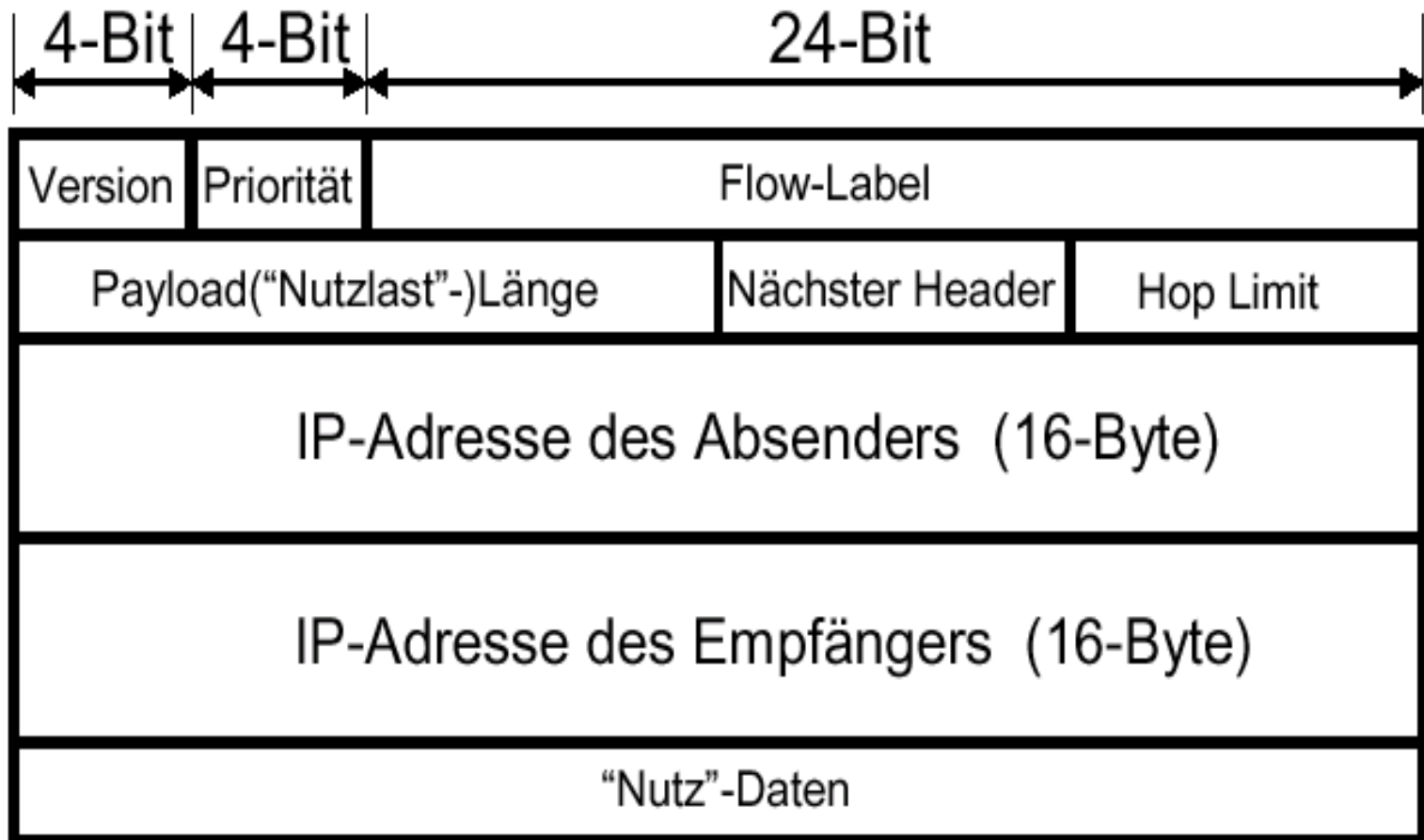
Adressenknappheit bei IPv4

Internetsicherheit

IPv4-HEADER



IPv6-HEADER



BEGRIFFSERKLÄRUNG

- Version: gibt die IP-Version an zB. 6
- Priorität: es gibt 16 Prioritätsstufen
0-7 für Anwendungen ohne Realtime
8-16 für Anwendungen mit Realtime
(Video-, Audioübertragung)
- Flow-Label: ID des Datagrammes - für alle Datagramme
gleich (wie auch Empfänger- und Sender-
Adresse) - ist eine Zufallszahl
- Payload: Länge der Nutzdaten max. 65535 Byte
Möglichkeit von Jumbo-Payload
- Nächster Header: Verweis auf den nächsten Header
- Hop-Limit: Anzahl der Router Überquerung

IPv4 vs. IPv6

IPv4	IPv6
Identifikator, Fragment Offset, Flag	Fragment-Header
Feld-Prüfsumme: Überprüfung von jedem Router → Zeitaufwand	Kein Feld → kein Zeitaufwand
Optionen erweitern die Länge des Headers	Optionen sind Erweiterungs-Header erweitern Länge des Headers nicht
Feld Protokolltyp immer darüberliegende Protokollebene	Feld Nächster Header verschiedene Options-Header
Header-Länge + Länge des Datagrammes	Payload-Länge → nur die Länge der Nutzdaten, kein Bedarf für Länge des Header, da immer 40 Byte
Router defragmentiert	Sender defragmentiert
Klassenstrukturierte Adressierung	Hierarchische Adressierung
Adressierung des Computers mit IP	Adressierung des Interface zw. IP zur Link Schicht

OPTIONALE HEADER

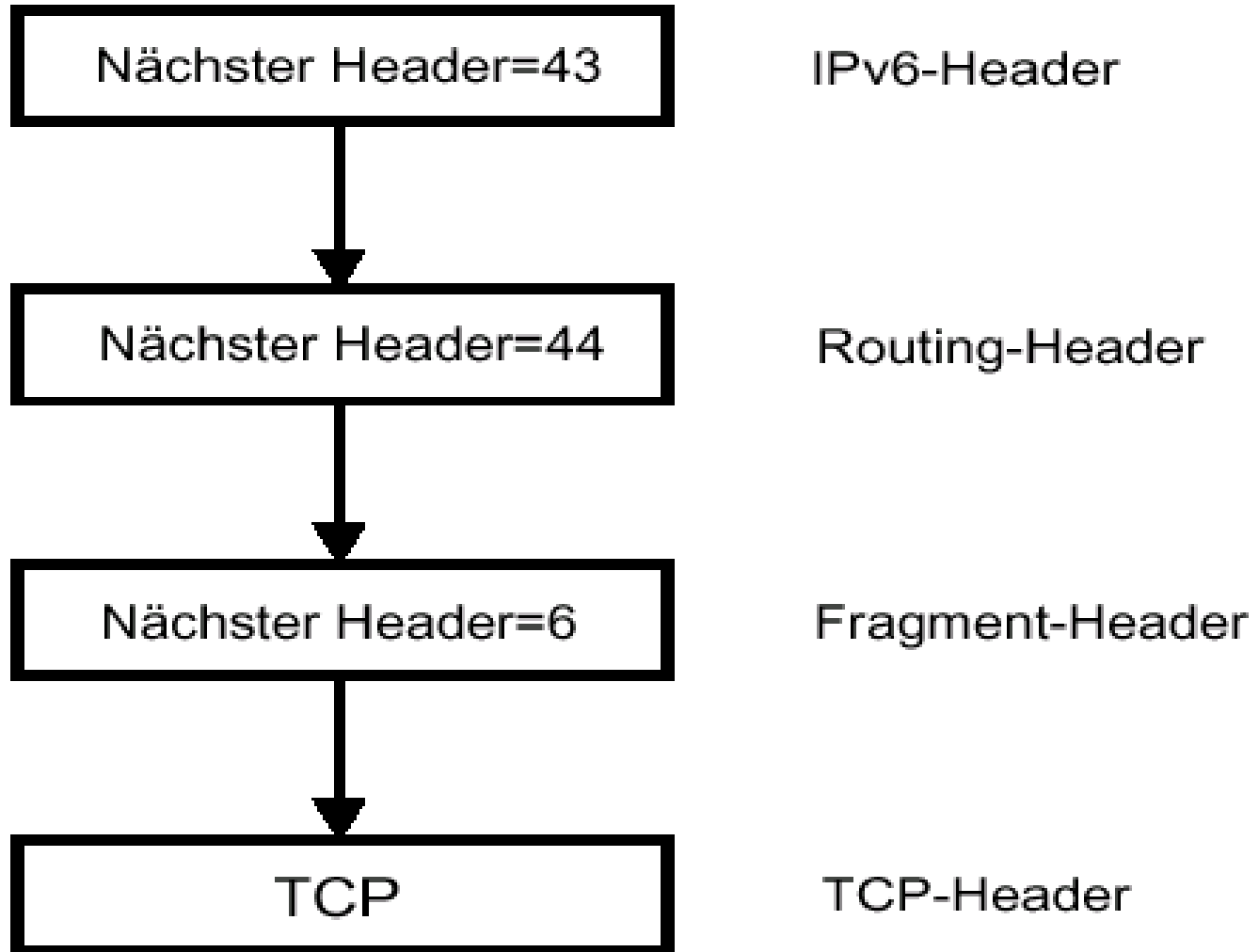
IPv4: jeder IP-Header hat ALLE Optionen, und jeder Header wird von Routern analysiert bevor sie bearbeitet werden

ZEITAUFWAND

IPv6: Option verweist auf den nächsten Header, dadurch sind nicht alle Optionen im Header
⇒ Router müssen nicht alle Opt. kontrollieren

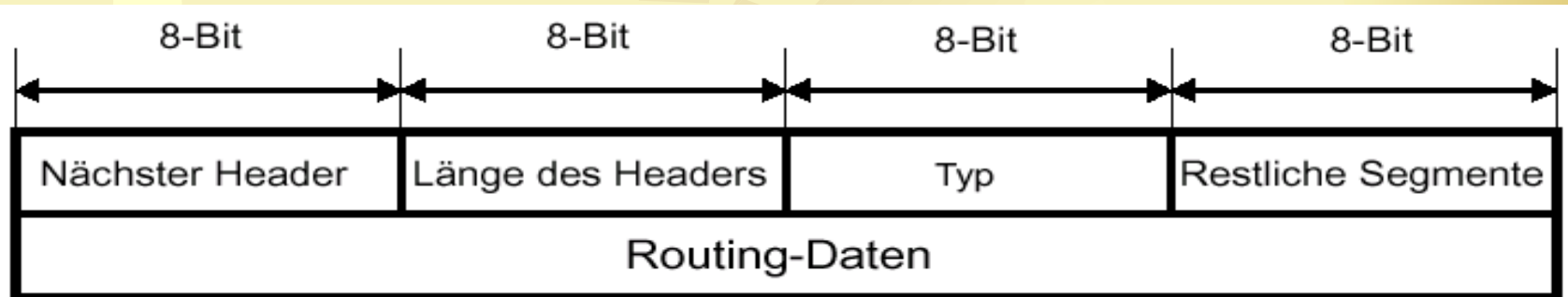
Ausnahme: Hop-by-Hop Option muss von jedem Router kontrolliert werden

OPTIONS HEADER KETTE



SOURCE-ROUTING

Ermöglicht es die Route des Datagrammes selbst zu bestimmen. Im Feld Routing Data stehen die IP-Adressen der Router nacheinander. Wird der Router mit der richtigen IP-Adresse erreicht, wird die nächste Router-Adresse als Empfängeradr. eingetragen. Im Feld „Restliche Segmente“ steht die Anzahl der Router die überquert werden. Bei Erreichung des Routers wird diese Zahl um eins dekrementiert
 → wird der Wert dieses Feldes 0 → Ziel erreicht.



JUMBO-PAYLOAD

Für Übertragung von Datagramme
größer als 65535 Byte

Eine Hop-by-Hop Option



jeder Router muss Datagramme auswerten

ADRESSENKONZEPT

8 x 16 bit

4567:0000:0000:0000:0000:5342:4307:9482

oder

4567::5342:4307:9482



IPv4: IP-Adressen des
Computers

IP-Schicht

IPv6: IP-Adressen des
Interfaces

Link-Schicht

ADRESSTYPEN

Unicast: ein Interface

Anycast: ein Interface einer Gruppe

Multicast: alle Interfaces einer Gruppe

Spezielle Adresstypen	binärer Code
reserviert für IPv4-und Loopback-Adressen	0000 0000
Anbieter-basierte Unicast-Adressen	010
reserviert für geografische Unicast-Adressen	100
Link-lokale Adressen	1111 1110 10
Standort-lokale Adressen	1111 1110 11
Multicast-Adressen	1111 1111

Anbieterbasierte Unicast-Adresse

Die Adressen werden in Regionen eingeteilt.

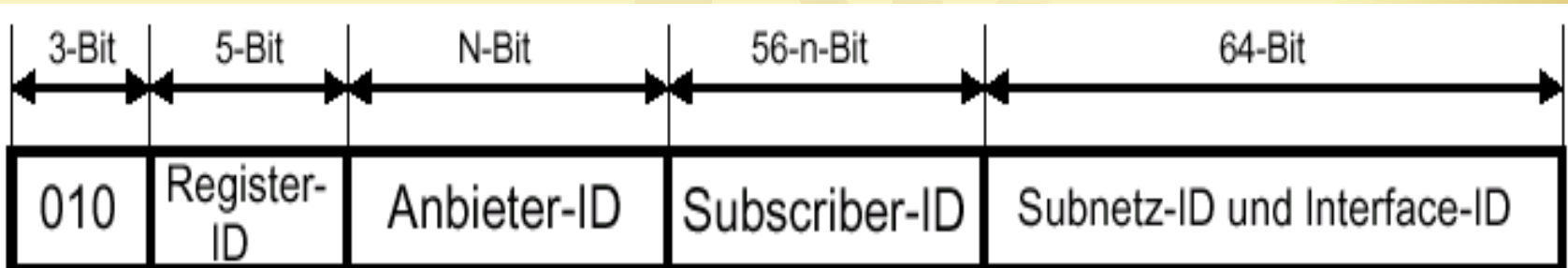
Die Aufteilung macht:

NCC (Internet Information Center) → Europa

APNIC → Asien, Pazifik

InterNic → USA

Verwendung: normale Punkt zu Punkt Kommunikation



Subnetz-ID: IP-Adresse,

Interface-ID: Mac-Adresse

Link-lokale Adresse

Kein Router gibt Adressen weiter

Standort-lokale Adresse

Router gibt Adressen innerhalb Subnetz weiter

Adressen können nicht über das Internet verschickt werden.

Migration IPv4 zu IPv6

Probleme:

- gravierende Änderungen vornehmen ohne dass das Netz zusammenbricht
- Ad-hoc-Umstieg durch Größe des Internets nicht realisierbar

Lösung:

- Sanfte Migration von IPv4 zu IPv6

Sanfte Migration

Interoperabilität zwischen IPv6 und IPv4:

- auf IPv6 aufgerüstete Rechner / Router bleiben weiter unter ihrer IPv4-Adr erreichbar
- Systeme die IPv6 nutzen müssen auch IPv4 unterstützen (Dual-Stack)

Kompatibilität wird lange erforderlich sein

Hohe Kosten

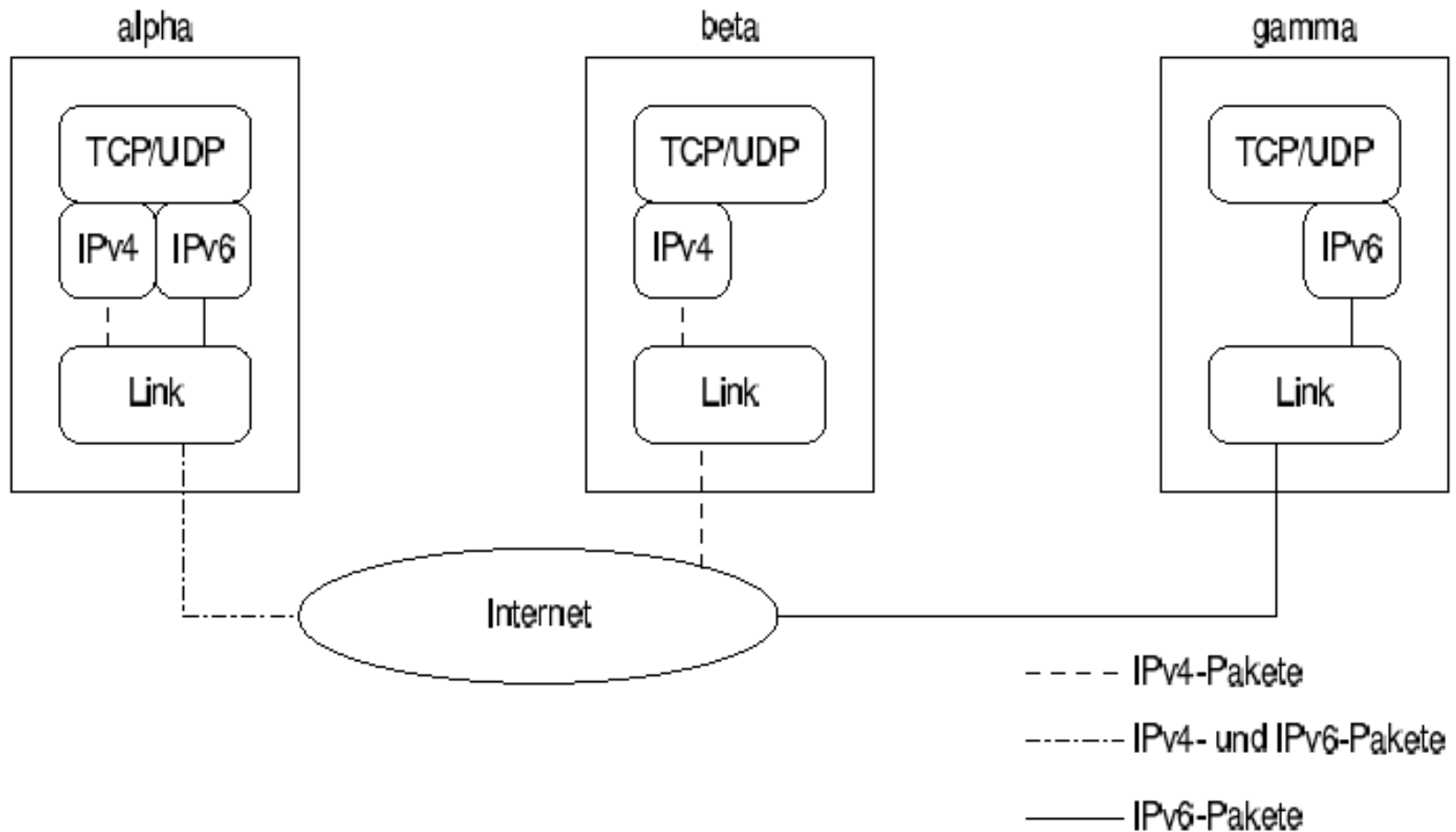
Migration IPv4 zu IPv6

Grundprinzip:

- Dual IP Stack → kein Tunneln
- IPv6 in IPv4 Encapsulation:

Datagramme von IPv6 werden
zu Datagramme in IPv4 eingepackt
→ Tunneln

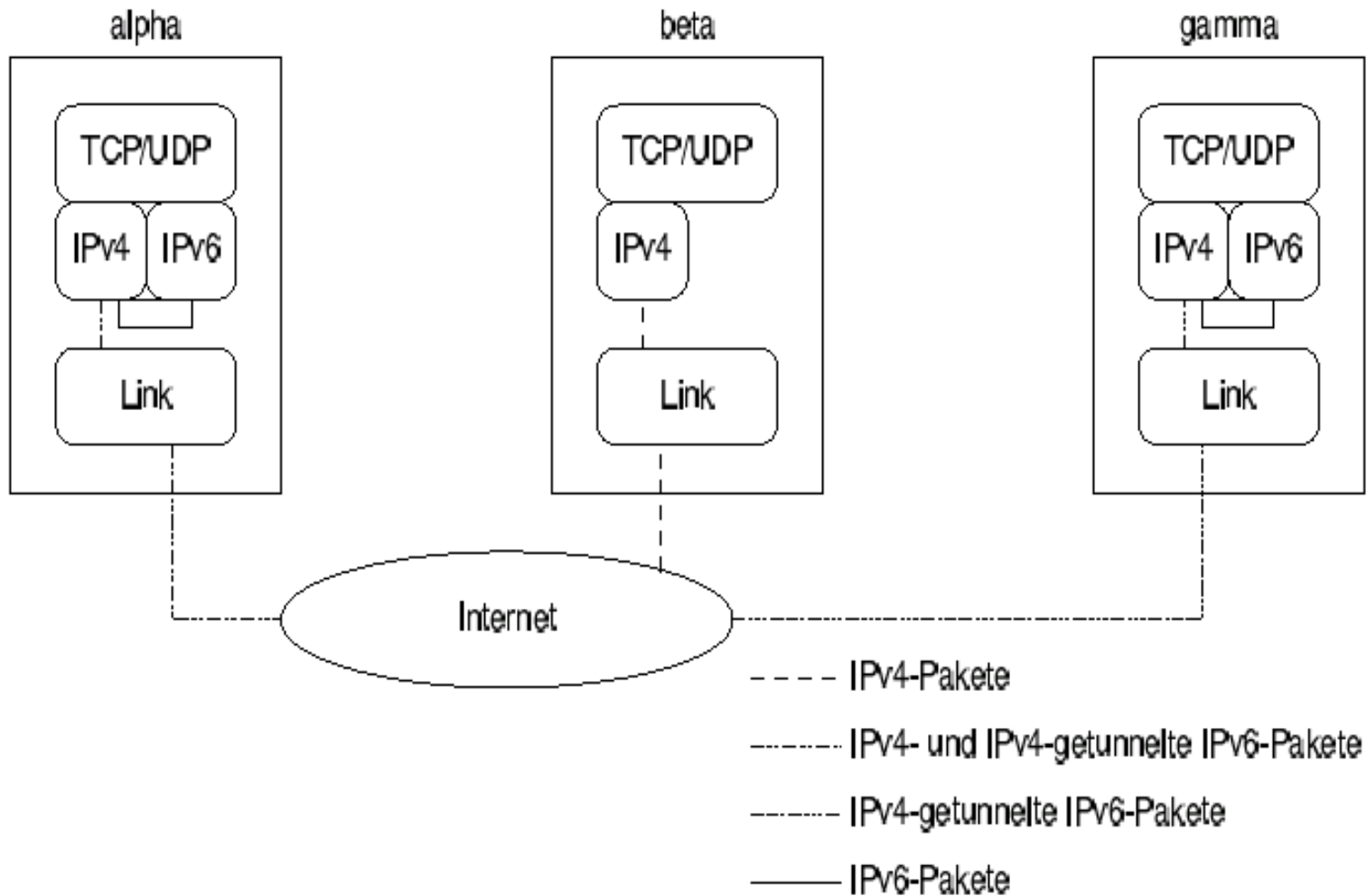
Dual - Stack



Arten von Tunneling

- End to End Tunneling
- Router to End Tunneling
- End to Router Tunneling
- Router to Router Tunnelling

End to End Tunneling

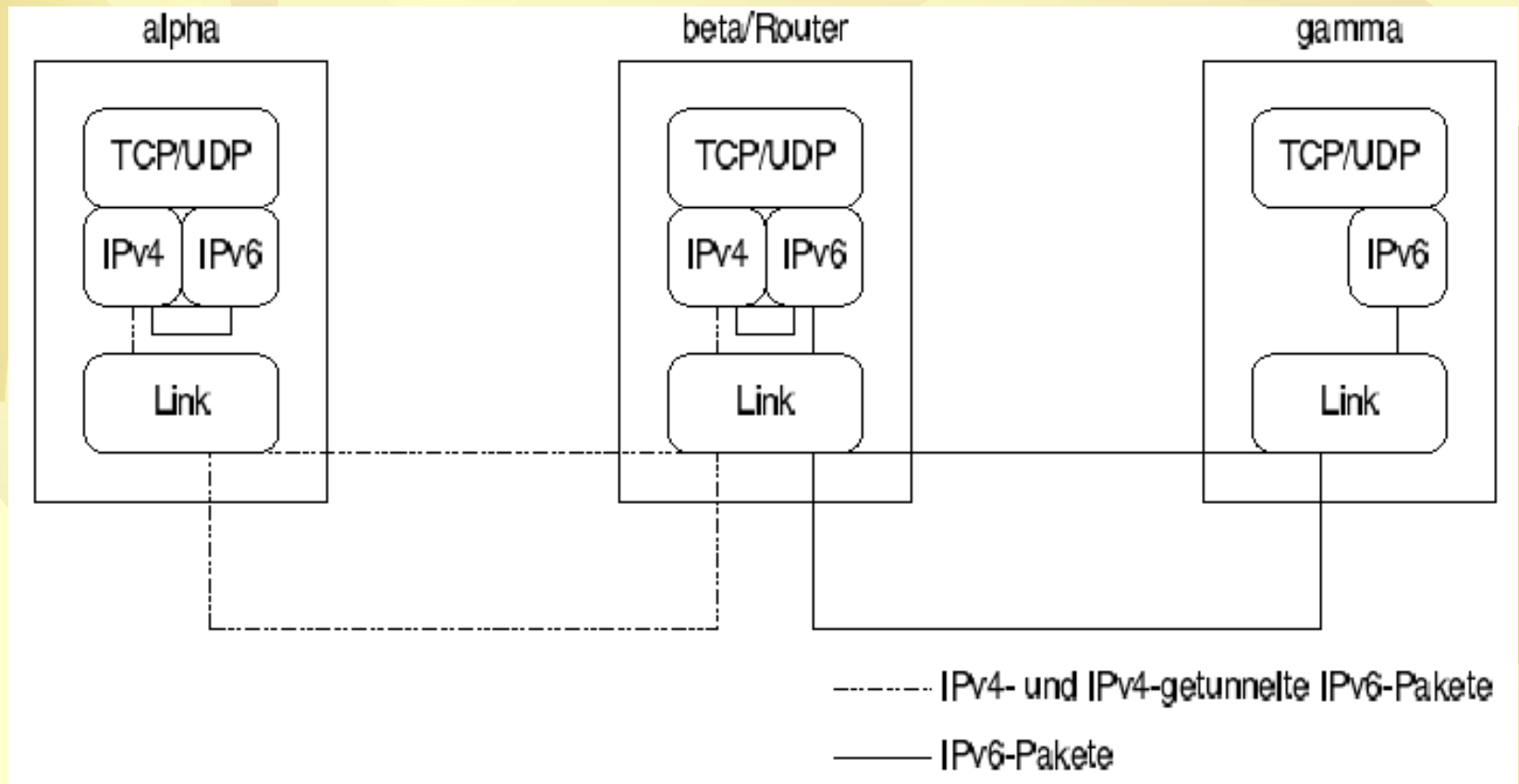


Router to End Tunneling

IPv6 Sender kapselt IPv6-Pakete in IPv4

Übertragung über IPv4 Netzwerk

IPv6 Empfänger entkapselt IPv4 Paket in IPv6 Paket

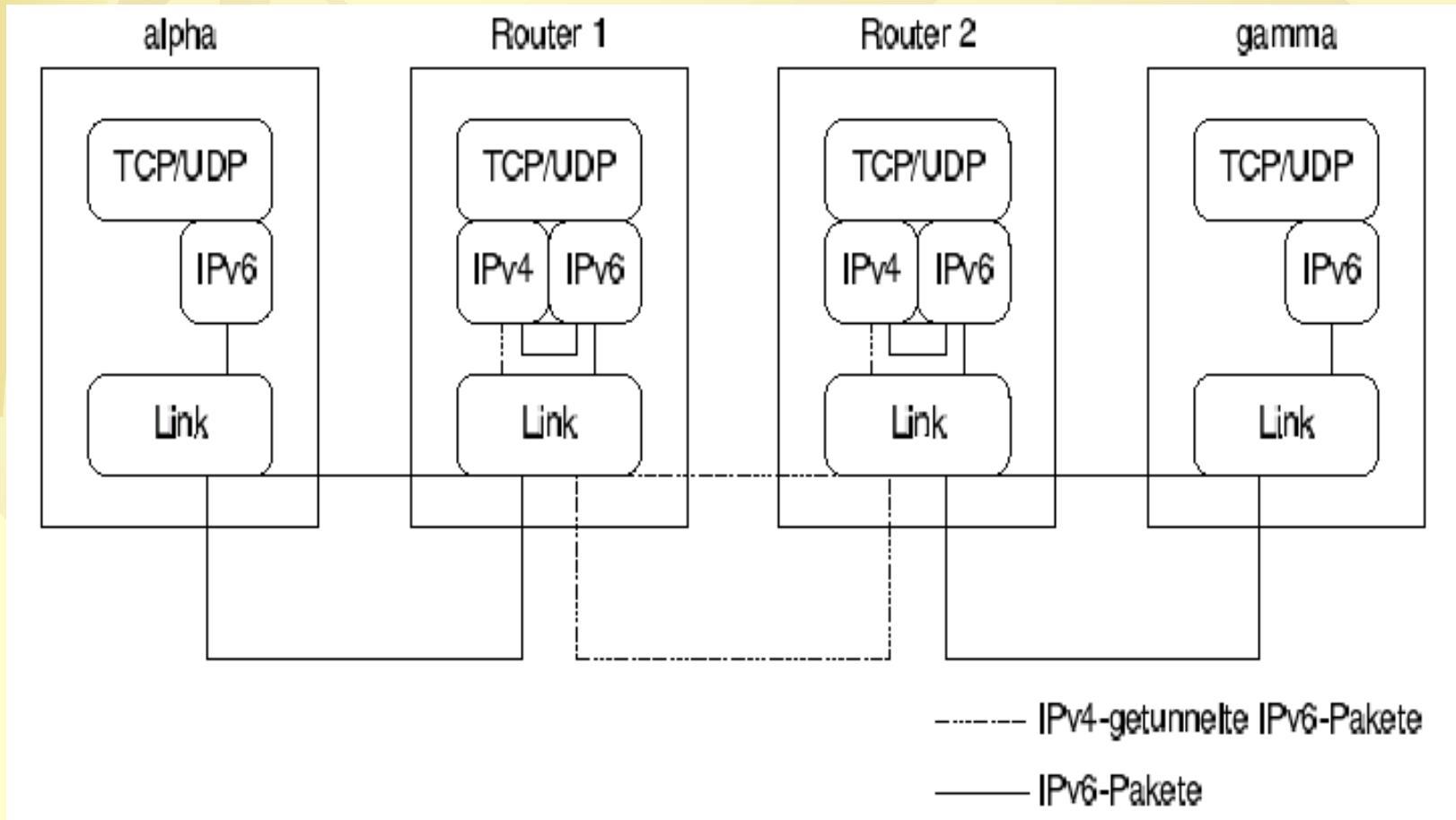


End to Router Tunneling

Erstes Segment unterstützt kein IPv6 –
Sender kapselt in IPv4 schickt zu einem IPv6
Router der entkapselt und schickt als IPv6 weiter –
explizite Konfiguration des Rechners da dieser
nicht wissen kann welcher Router IPv6 unterstützt

Router to Router Tunneling

zwischen zwei Router mit IPv6 liegt ein **IPv4 Netz** –
 Sender Router kaps.in IPv4 und schickt zum IPv4-Router weiter



Auswahl des Tunneling

Art der IPv6-Adresse des Empfängers:

IPv6-Adresse → kein autom. End to End Tunneling möglich

IPv4 kompatible IPv6 Adresse (0:0:0:0:134:147:40:5)

→ autom. End to End Tunneling möglich

IPv4 mapped IPv6 Adresse (0:0:0:FFFF:134:147:40:5)

→ kein Tunneling erforderlich

Art der Verbindung innerhalb des lokalen Netzes:

Empfänger ist lokal

Verlassen über IPv6-Router

Verlassen über IPv4-Router

Empfängeradresse	lokaler Empfänger	IPv6-Router	IPv4-Router
IPv6	direktes IPv6-Paket	IPv6-Paket	konfigurierter Tunnel
IPv4-kompatible IPv6	direktes IPv6-Paket	IPv6-Paket	automatischer Tunnel
IPv4-mapped IPv6	direktes IPv4-Paket	nicht möglich	IPv4-Paket

Probleme beim Tunneling

- ❖ Fragmentierung der Pakete:
 - Leistungseinbußen bei Datenübertragung
 - Verhindern mit IPv4 Path MTU Discovering (kleinste MTU aller Teilstrecken finden)
 - Kann nicht verhindert werden, wenn IPv4-MTU kleiner als 1208 Byte (Mindestgröße eines IPv6-Paketes)

Probleme beim Tunneling

❖ Hop-Limit:

- IPv6-over-IPv4 Tunnel werden wie ein einzelner Knoten behandelt.
(Hop-Limits können nicht eingehalten werden)

❖ ICMP-Fehlermeldung:

- IPv4-ICMP-Fehlermeldung kann nicht in IPv6 umgewandelt werden

Vorgehensweise

- ❖ Ausstattung der Rechner mit Dual-Stack
- ❖ Einrichtung von Tunnelmöglichkeiten
- ❖ Aufhebung der Tunneling zur gegebenen Zeit

Zukunft

- Netze der Zukunft stärker auf Mobilität ausgerichtet
- EU sieht Entwicklung als "Staatsziel"
- Asien wird Vorreiter sein (Adressenmangel)
- Router-Hersteller bieten standardmäßig IPv6 an
- Umrüstung (Router, DNS,...) läuft langsam an
- Windows XP, Linux, Unix sind auf Schiene

Zusammenfassung

- Adressenlänge von 32 auf 128 Bit
- Kein Klassenkonzept sondern Adresstypen
- Adressen sind hierarchisch
- Keine Broadcast-Adressen sondern Anycast
- Adress-Autokonfiguration (DHCP)
- IPsec (Verschlüsselung, Authentisierung)