
Rechnernetze und Telekommunikation

IPv6

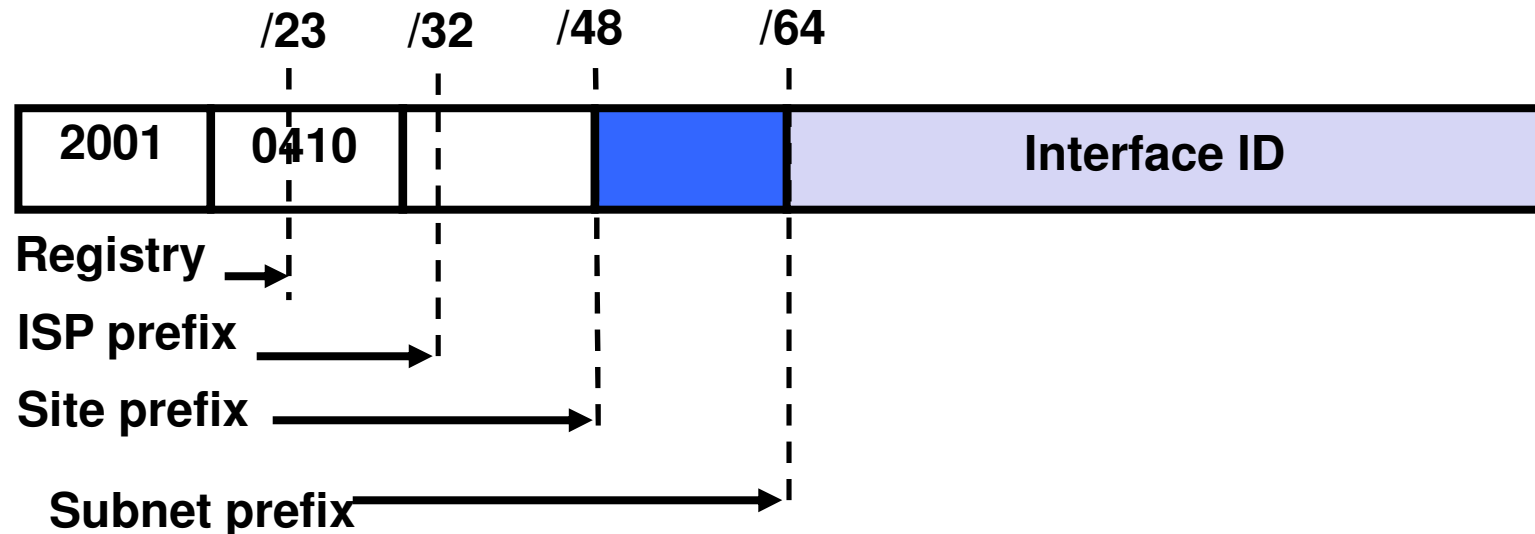
IPv6 – Warum?

- ◆ **Mangel an IPv4-Adressen**
 - 2011 waren keine neuen IPv4-Adressen mehr zu vergeben
 - 2^{32} (= ca. 4 Mrd.) ist nicht viel
- ◆ **Neuer Adressierungsmodus „Anycast“**
 - z.B. „an einen Router, der mich hört“
 - IPv4 kannte nur Unicast, Broadcast, Multicast
- ◆ **Einfachere Adressstruktur**
 - Einfacher Umzug/Umnummerierung von Adressen
- ◆ **Eingebaute Unterstützung für**
 - Mobilität (MobileIPv6)
 - Sicherheit (IPSec)
 - QoS (Dienstgüte)
- ◆ **Einfacher Header, schnelleres Routing**

IPv6 Adressen

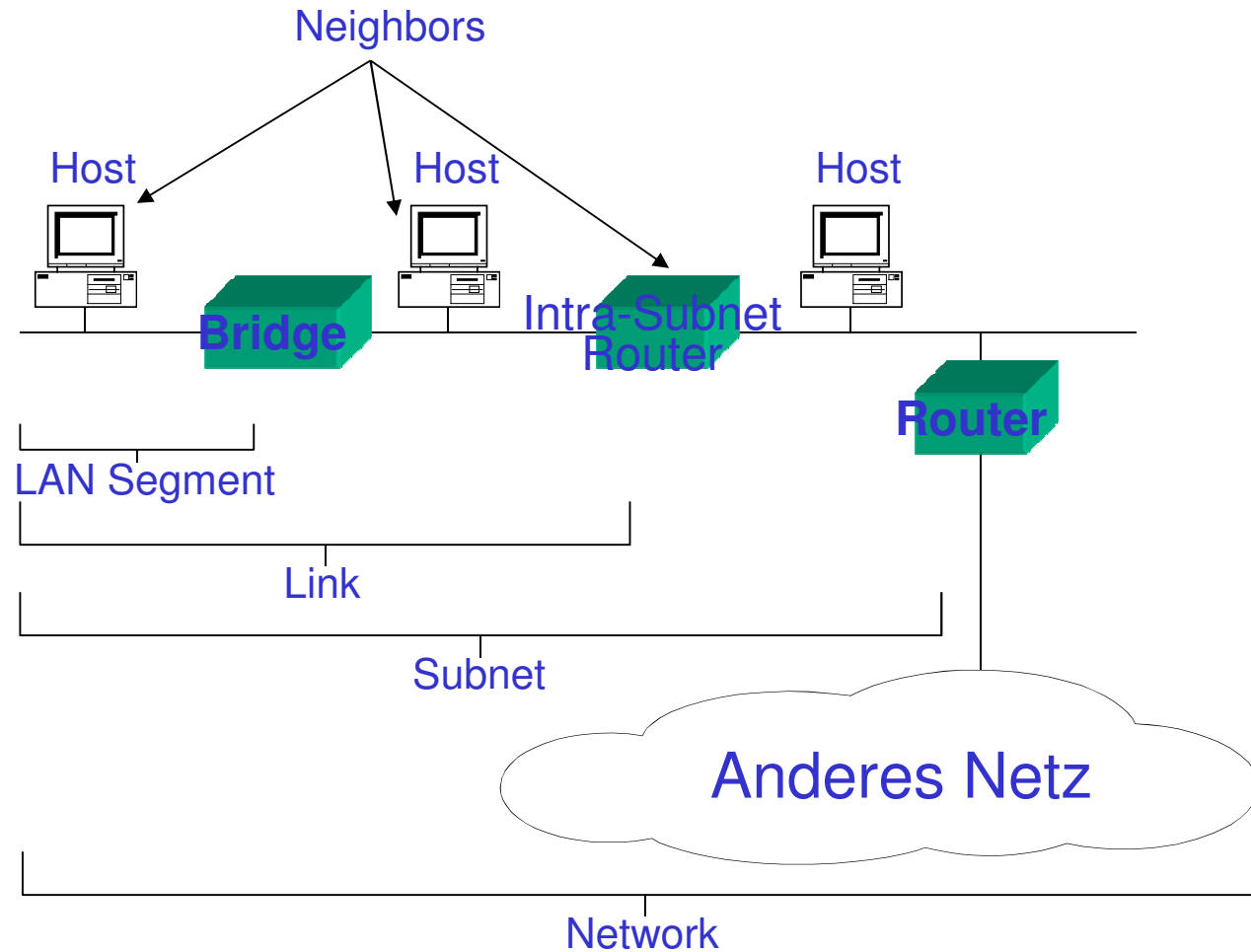
- ◆ **Länge: 128 Bit, (statt 32 Bit in IPv4)**
- ◆ **Notation**
 - 8 Gruppen von je 4 Hexziffern
 - z.B.: 8000:0000:0000:0000:1234:32E1:1234:EDFA
 - Abkürzungen
 - "0000:" werden "."
 - folgende ":" werden "::"
 - z.B: 8000::1234:32E1:1234:EDFA
 - Netze werden in der CIDR (also „/“) Schreibweise angegeben
 - z.B. 3ffe::/16
- ◆ **Jeder Rechner hat eine (oder mehrere) global erreichbare Adressen**
 - Keine Adressübersetzung (NAT)

Unicast-Adressen



- ◆ **2000::/3 (also 2000:... bis 3fff:...)**
 - Von der IANA vergebenen globalen Unicast-Adressen
 - ISPs erhalten /32-Netze oder kleiner
 - Endkunden erhalten /64 bis /48-Netze
 - -> 64...80 Bit für lokale/Host- Adressen!)

IPv6 Terminologie



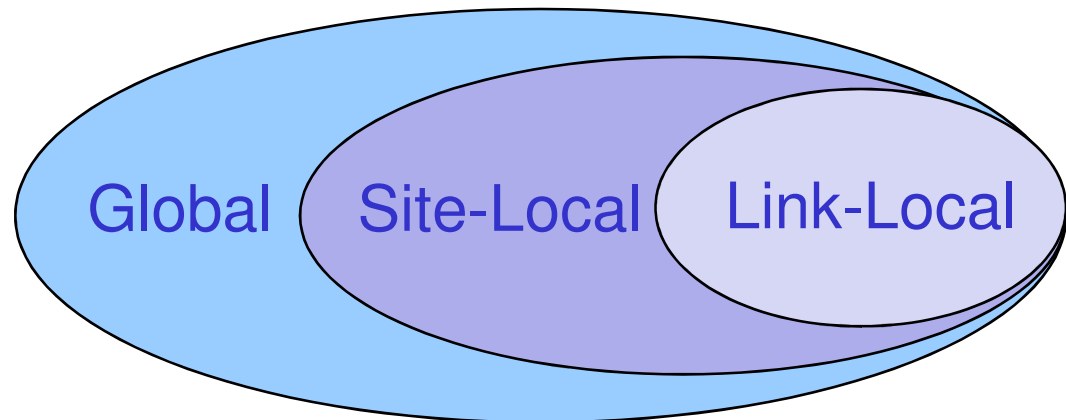
IPv6 - Addressierungs Modell (1)

◆ Interfaces haben i.d.R. mehrere Adressen

- Im Gegensatz zu IPv4

◆ Adressen haben einen Scope

- Link Local
- Site Local
- Global
- Es gibt Regeln, welche Adresse jeweils genutzt werden sollte



Unicast Addressformat

Link Local

FP (10bits)	RESERVED (54bits)	Interface ID (64bits)
1111111010	MUST be 0	MAC derived

Site Local

FP (10bits)	Subnet (38bits)	Subnet (16bits)	Interface ID (64bits)
1111111011	Locally Administered	Locally Administered	MAC derived or Locally Administered

Global

FP (3bits)	Registry / provider assigned (45bits)	Subnet (16bits)	Interface ID (64bits)
001	Provider Administered	Locally Administered	MAC derived or Locally Administered or Random

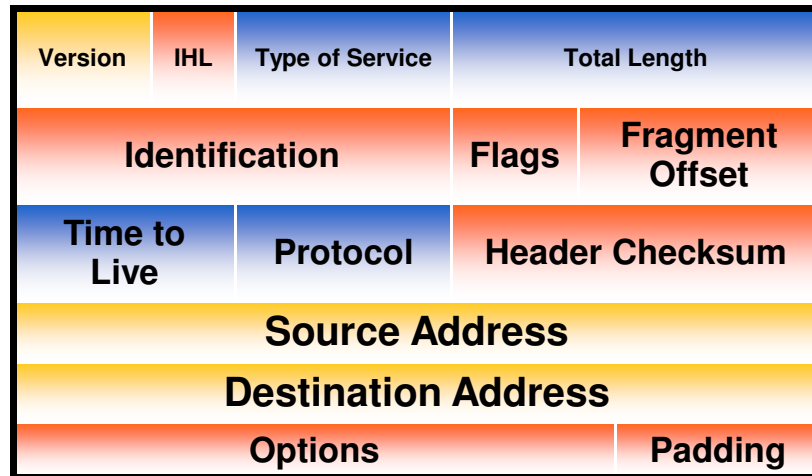
Spezielle IPv6 Adressen

- ◆ **::/128 (128 0-Bits)**
 - die undefinierte Adresse, steht häufig für alle möglichen Adressen
- ◆ **::1/128 (127 0-Bits, ein 1-Bit)**
 - die Adresse des eigenen Standortes (localhost, loopback)
- ◆ **0:0:0:0:0:ffff::/96 (80 0-Bits, gefolgt von 16 1-Bits)**
 - für IPv4 mapped (abgebildete) IPv6 Adressen
 - die letzten 32 Bits enthalten die IPv4-Adresse
- ◆ **ff00::/8 (ff...) sind Multicast-Adressen**

IPv4 vs. IPv6 Header Format

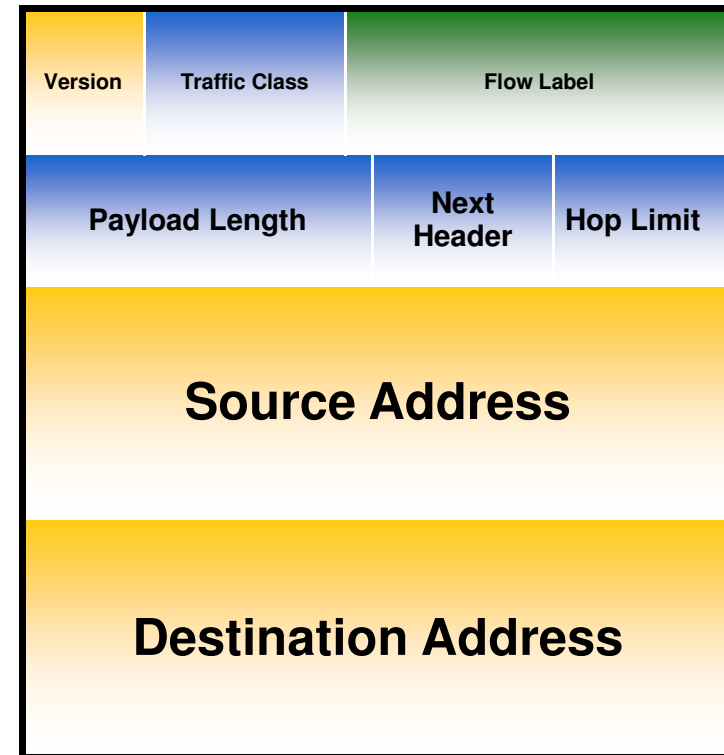
- ♦ Feste Länge (40 Byte / 320 Bit) / keine Checksum!

IPv4 Header



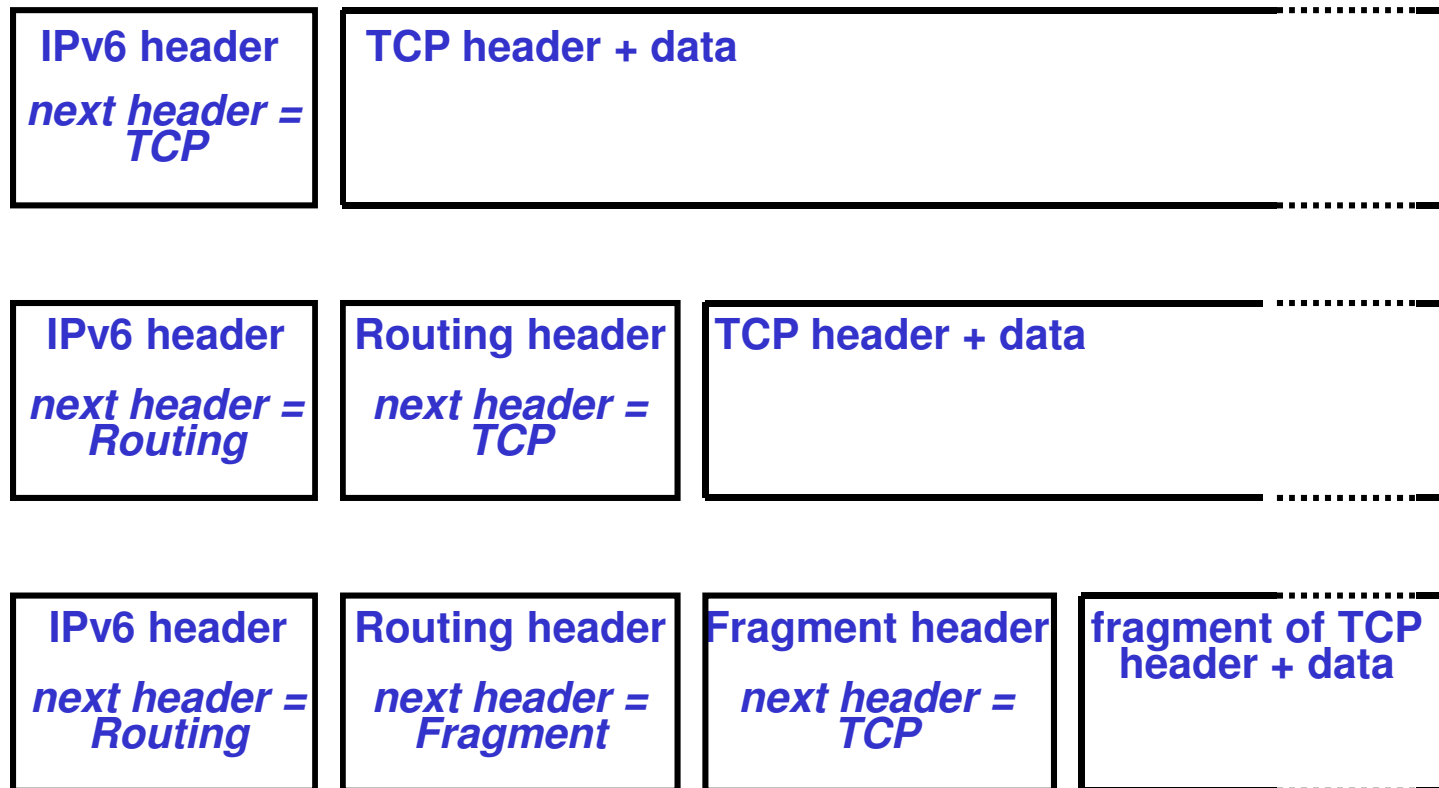
- Feldname gleich in IPv4 und IPv6
- Nicht mehr vorhanden in IPv6
- Name und Position neu in IPv6
- Neu in IPv6

IPv6 Header



Extension Headers (1)

- ♦ Alle weiteren Informationen als zus. “Extension Headers”
- ♦ Z.B.:



Extension Headers (2)

- ◆ **Extension Headers werden nur beim Empfänger bearbeitet**
 - Viel geringerer Overhead als bei IPv4
 - **Ausnahme: Hop-by-Hop Options Header**
 - Keine 40 Bytes Limit für die Options wie in IPv4

- ◆ **Mögliche Extension Headers**
 - Fragmentierung
 - Hop-by-Hop Options
 - Routing
 - Authentication
 - Encryption

ICMPv6 Informational Messages

♦ **Natürlich: Ping (Echo request/response) -> ping6**

♦ **Neighbor Discovery**

ICMP message types:

- Router solicitation – Fragt nach Routern
- Router advertisement
- Neighbor solicitation – Fragt nach Nachbarn
- Neighbor advertisement
- Funktionen
 - Router discovery
 - Prefix discovery
 - Autoconfiguration of address & other parameters
 - Duplicate address detection (DAD)
 - Neighbor unreachability detection (NUD)
 - Link-layer address resolution

Router Advertisements

◆ Periodischer Multicast eines Ipv6 Routers an die “all-nodes” multicast adresse (im Link Scope)

● Inhalte (u.a.)

- Prefix
 - Möglichst alle gültigen Prefixes an diesem Link
 - Benutzt für Autokonfiguration
- “Get addresses from DHCP” Flag
 - Gibt an, dass DHCPv6 genutzt werden soll
- “Get other from DHCP” Flag
 - Hole auch z.B. DNS-Info über DHCP
- MTU-Größe
 - Minimum Link MTU für IPv6 sind 1280 Bytes!

Serverless Autoconfiguration (“Plug-n-Play”)

- ◆ Hosts erzeugen Ihre Adresse aus den Router Advertisements
 - Subnet Prefix(e) werden aus den Multicasts gelernt
 - Die Interface IDs werden lokal erzeugt
 - MAC-Adresse oder davon abgeleitet (RFC 2373)
 - Oder Pseudo-Random (RFC 3041) – anonymer!
- ◆ (Default-)Router-Adressen und Hop-Limit auch aus den Router Advertisements
- ◆ Informationen über höhere Ebenen (DNS, NTP,...) via Multicast/Anycast Discovery
- ◆ DHCPv6 bleibt alternativ möglich
 - Explizite Kontrolle

Andere Neighbor Discovery Messages

◆ Router Solicitations

- Zur Start-up-Zeit, um sofort Antwort der Router zu bekommen
- Gesendet an die “All-Routers”-Multicastadr. (im Link Scope)

◆ Neighbor Solicitations

- Zur Adress-Auflösung (statt ARP!): gesendet an die “Solicited Node” Multicastadresse
- Zur Erreichbarkeitserkennung: direkt an die Unicastadr.

◆ Neighbor Advertisements

- Zur Adress-Auflösung: gesendet an Unicastadr. Des Anfragers
- Bei Link-Layer Adressänderungen: gesendet an die “All-Hosts”-Multicastadr.

Übersicht Ipv4 vs. IPv6

Feature

Address length

IPSec support

QoS support

Fragmentation

Packet size

Checksum in header

Options in header

Link-layer address resolution

Multicast membership

Router Discovery

Uses broadcasts

Configuration

DNS name queries

IPv4

32 bits

Optional

Some

Hosts and routers

576 bytes

Yes

Yes

ARP (broadcast)
Discovery Messages

IGMP
Discovery (MLD)

Optional

Yes

Manual, DHCP

Uses A records

IPv6

128 bits

Required

Better

Hosts only

1280 bytes

No

No

Multicast Neighbor

Multicast Listener

Required

No

Automatic, DHCP

Uses AAAA
records

IPv4 nach IPv6 Übergangs-Mechanismen

♦ Dual Stack

- IPv4 und IPv6 Stack parallel auf einem System
- Unterstützt von allen übliche Betriebssystemen

♦ Tunneling

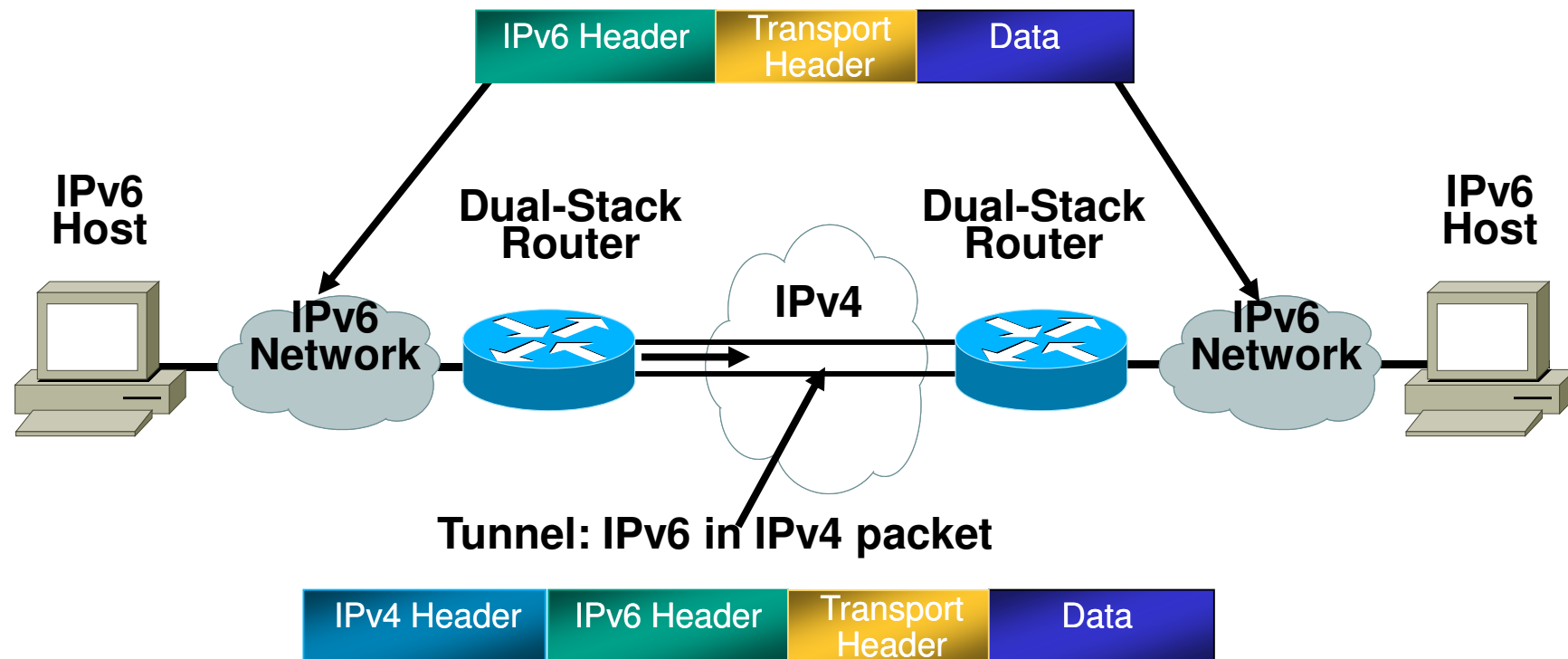
- Nutzt die bestehende IPv4-Infrastruktur als virtuellen Link

♦ Translation

- Ermöglicht den Zugriff von IPv6 aus auf IPv4 Ressourcen

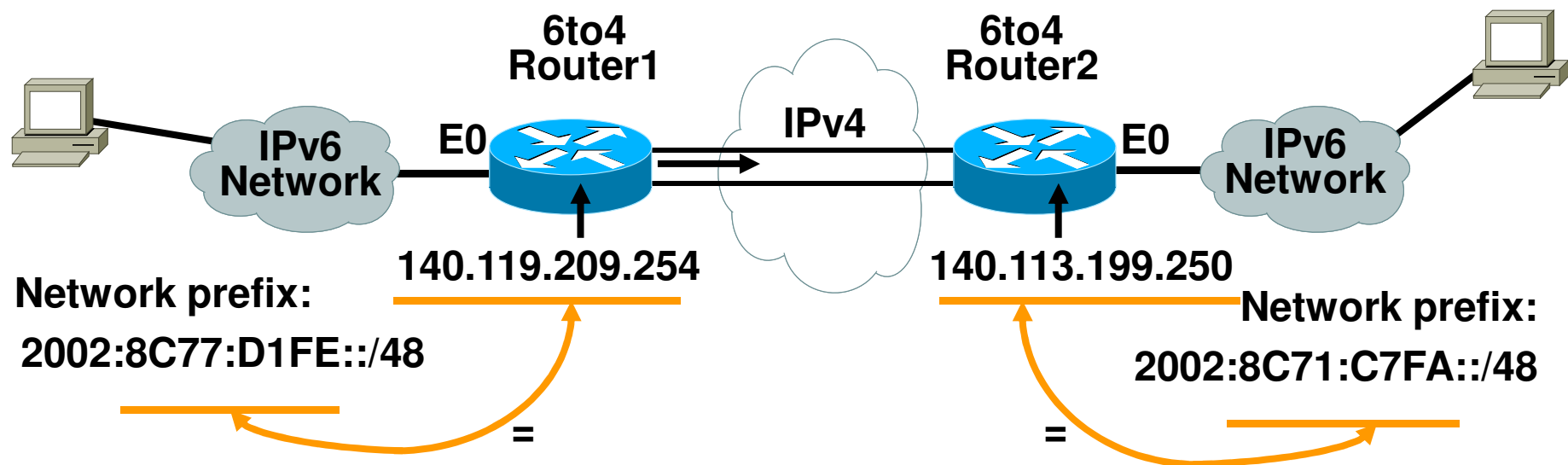
Tunneling

- ◆ Einkapselung eines IPv6-Paketes in einem IPv4-Paket
 - Möglich durch Router und Hosts
 - Kann manuell eingerichtet werden

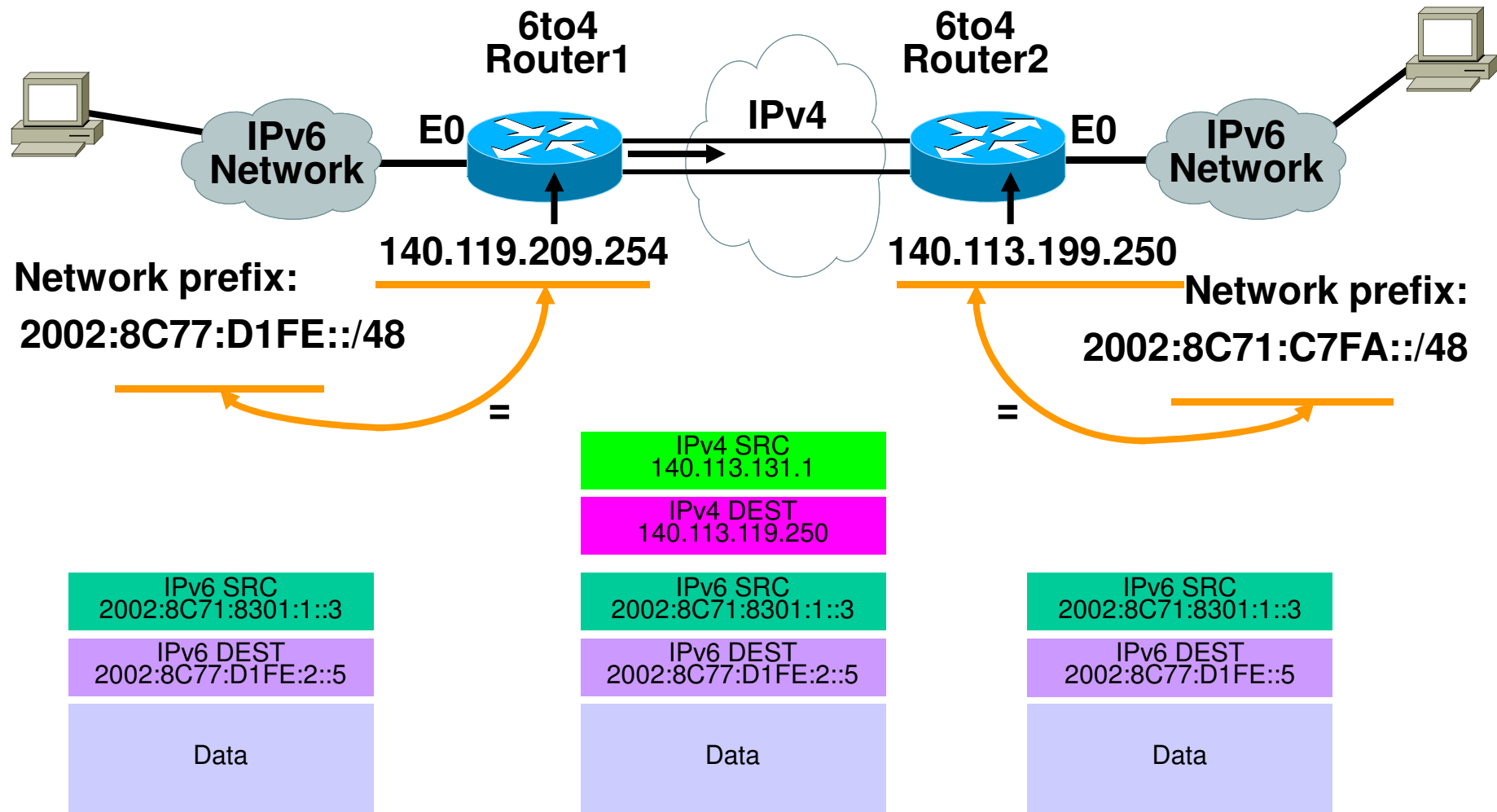


Automatisierter Tunnel mit 6to4 (RFC 3056)

- ◆ Jede IPv4-Adresse wird auf ein /48 großes IPv6-Netz abgebildet
 - Mit Präfix 2002 und der hexadezimal notierten IPv4-Adresse
 - IPv4-Hosts können über öffentliche 6to4-Relays IPv6 Ressourcen erreichen
 - Rückweg wieder über ein 6to4-Relay (mögl. ein anderes)
 - 192.88.99.1 als Anycast zum Erreichen eines 6to4-Relays



Beispiel: 6to4-Tunnel



Teredo-Tunneling (RFC 4380)

- ◆ **Ermöglicht den Zugriff auf das IPv6-Netzwerk hinter auch einem NAT**
 - **Tunnelt in UDP, Port 3554**

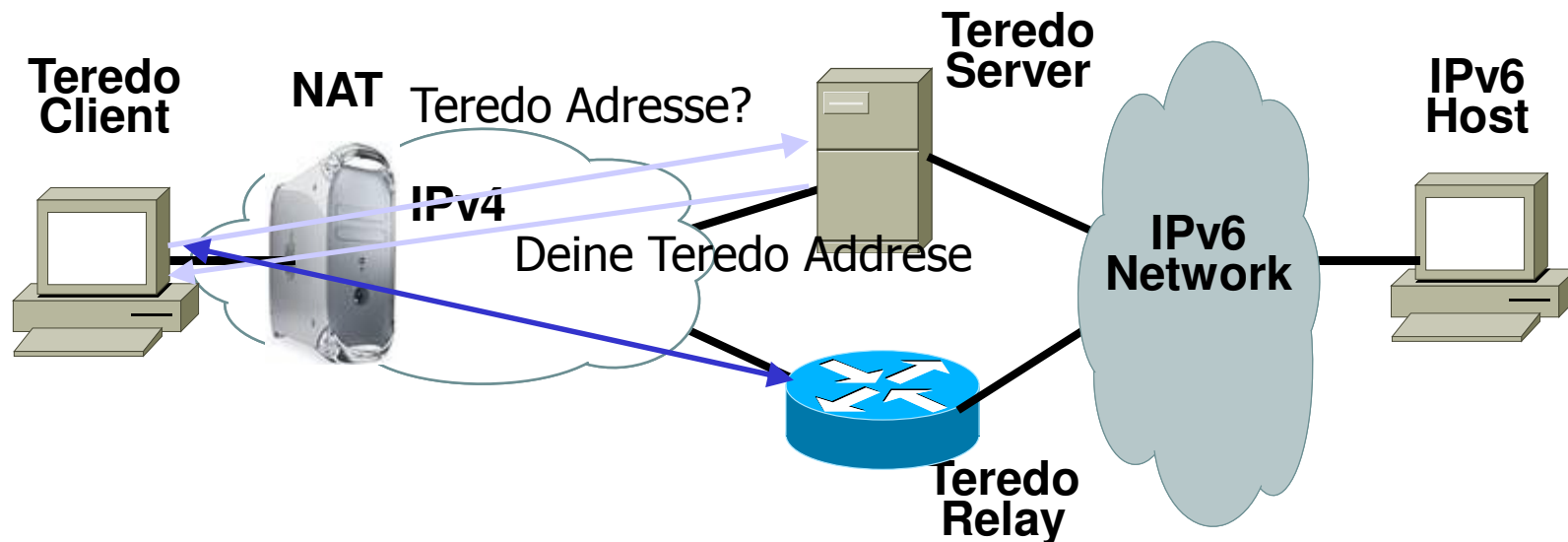
 - ◆ **Benötigt drei Komponenten:**
 - **Teredo Client**
 - IPv4-Host, der Zugriff auf das IPv6-Netzwerk haben will
 - **Teredo Server**
 - Unterstützt den Teredo-Client
 - **Teredo Relay**
 - IPv6-Router, der den Tunnel vom/zum Teredo-Client terminiert

 - ◆ **Teredo ist in Windows 7 implementiert**
-

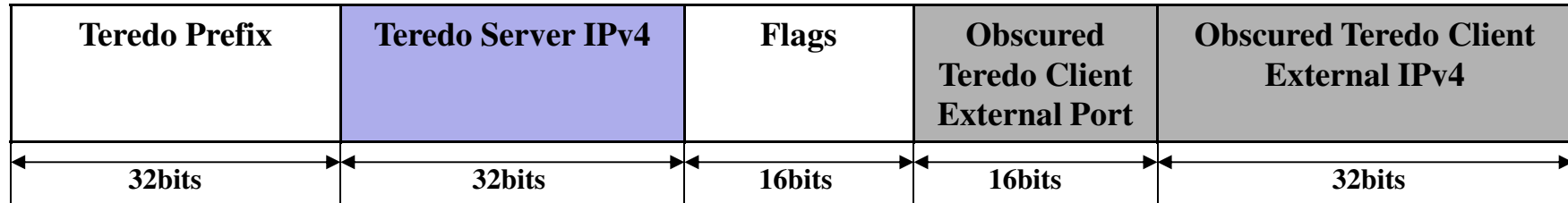
Teredo Funktion

Teredo IPv6 Tunnel

IPv4 Header	UDP Header	Teredo Header	IPv6 packet
-------------	------------	---------------	-------------

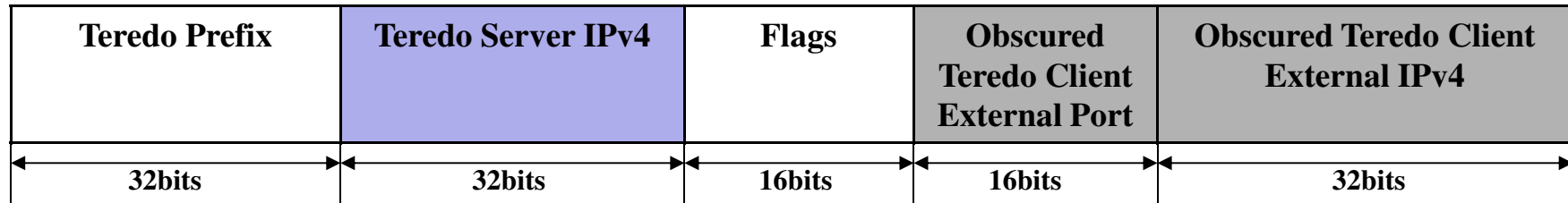


Teredo Addresscodierung (1)



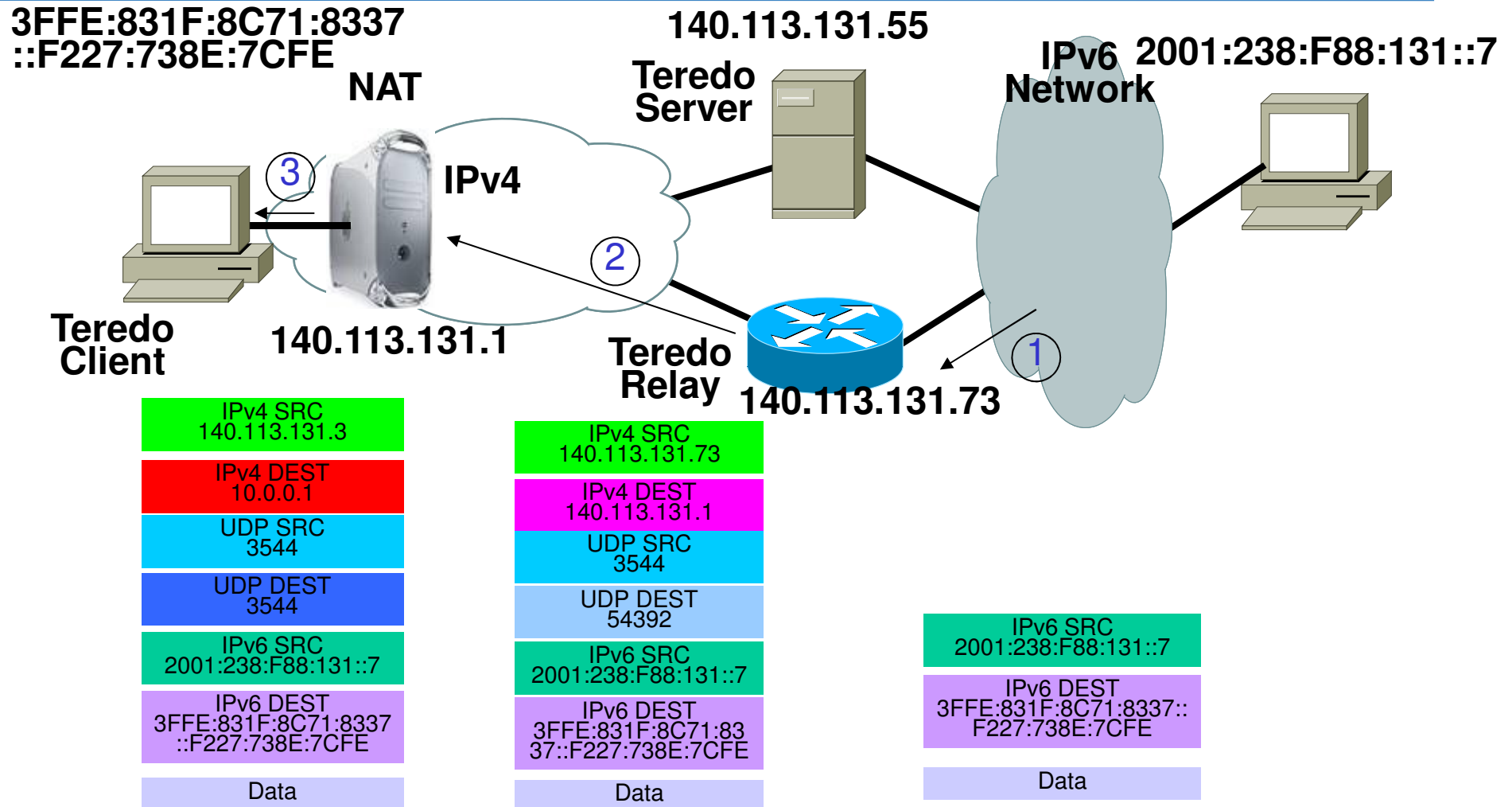
- ◆ **Teredo Prefix:**
 - 3FFE:831F::/32
- ◆ **Teredo Server IPv4:**
 - IPv4 Adresse des Teredo Servers
- ◆ **Flags: 16 Bits**
 - Beschreiben Client-Adresse und Nat-Typ

Teredo Addresscodierung (2)



- ◆ **Obscured Teredo Client External Port/IPv4**
 - **Mapped UDP Port und IPv4 Adresse des Clients am NAT (negiert)**
 - Negation verhindert, dass der NAT-Router die Adressen in den Daten erkennt und “übereifrig” übersetzt
 - **Idee: IPv6 Adresse “speichert” NAT-Übersetzung**
- ◆ **Teredo-”Bubble”-Pakete halten die NAT-Übersetzung aufrecht**
 - **Periodisches IPv6-Paket ohne Datenteil**

Teredo Beispiel



Sicherheits-Probleme bei Teredo

- ◆ **NAT-Router bietet keinen Schutz nach außen**
 - IPv4-Filter versagen
 - Jedes IPv6-Paket erreicht den Host

- ◆ **Lösung:**
 - Router/Firewall müssen Teredo kennen und „Deep-Packet-Inspektion“ machen

Quellen

- ◆ **Tony Hain, Cisco Systems: Ipv6 Basics, 2002**
 - www.nanog.org/meetings/nanog26/presentations/hain.ppt
- ◆ **Bülent Gebes, Diplomarbeit: Migrationskonzepte von IPv4 nach IPv6 mit Erstellung von exemplarischen Praktikumsversuchen, Aug. 2010**