

5.1 Übersicht

5.2 Adressen

5.3 Lokale Netze: Bridges und Switches

5.4 Intra-Domain Routing

5.5 Inter-Domain Routing

5.6 Internet Protocol (IPv4)

5.7 Network Address Translation (NAT)

5.8 IPv6

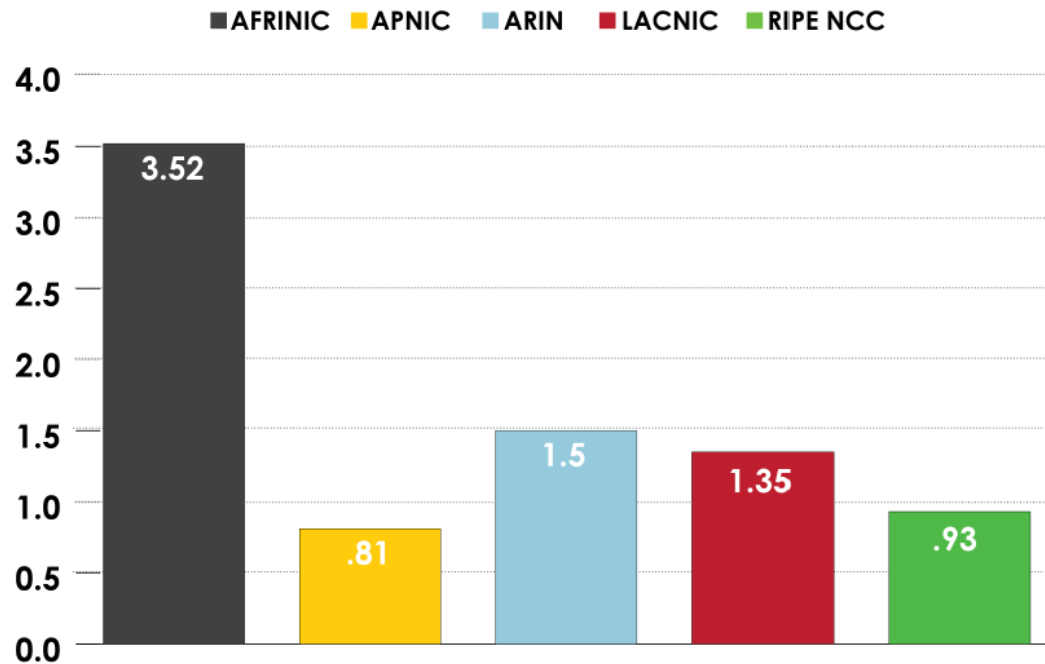
5.9 Mobilitätsunterstützung

5.10 Zusammenfassung

IPv4 Adresszuteilung

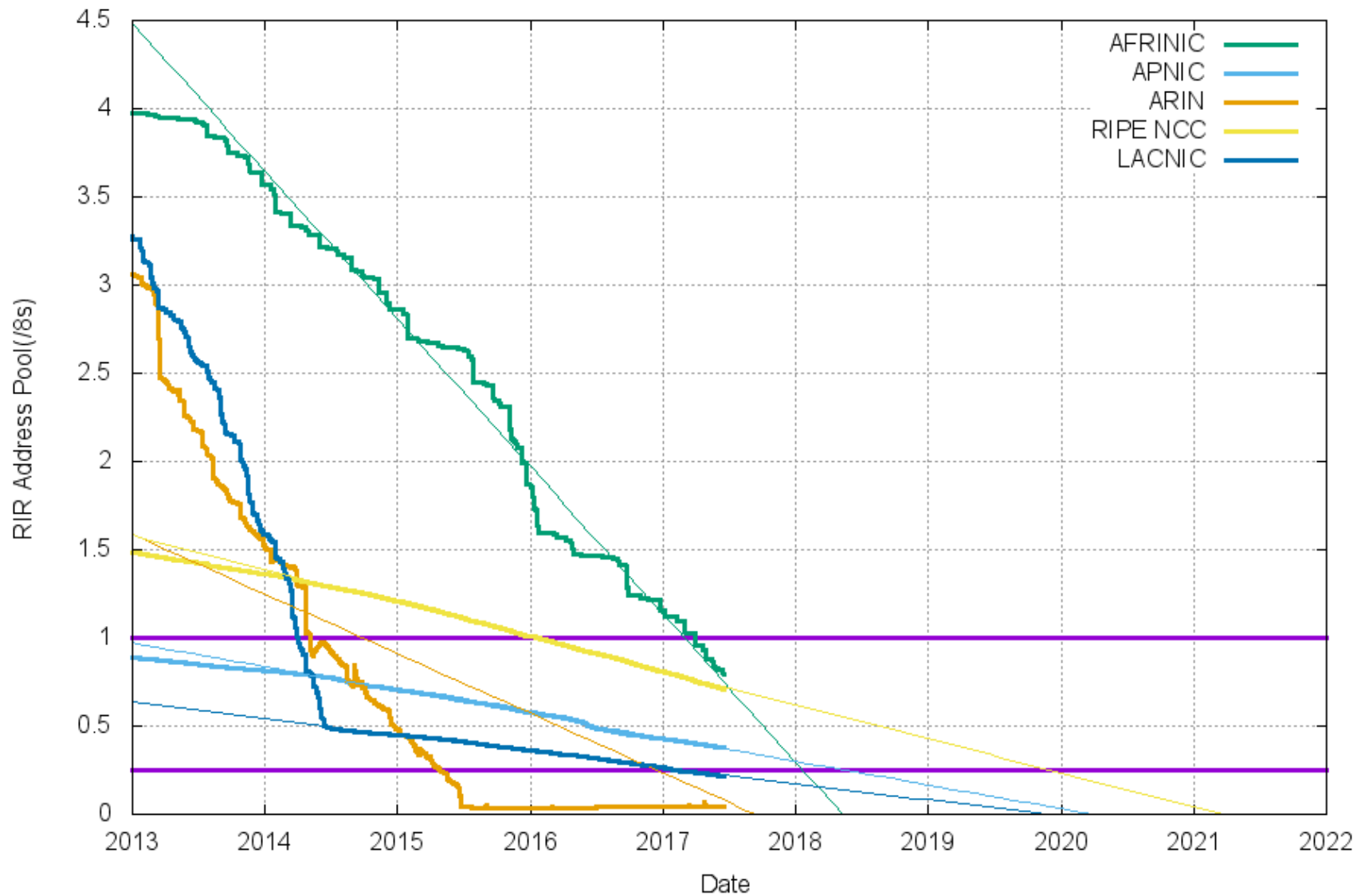
- IPv4 Adressraum ist zu klein
 - 2^{32} also ungefähr 4.3 Milliarden Adressen
 - weniger als eine Adresse pro Person
- Teile der Welt haben den zugeteilten Adressraum vollständig ausgeschöpft

verbleibende
IPv4 Adressen
(Anzahl /8s)



IPv4 Verbrauch

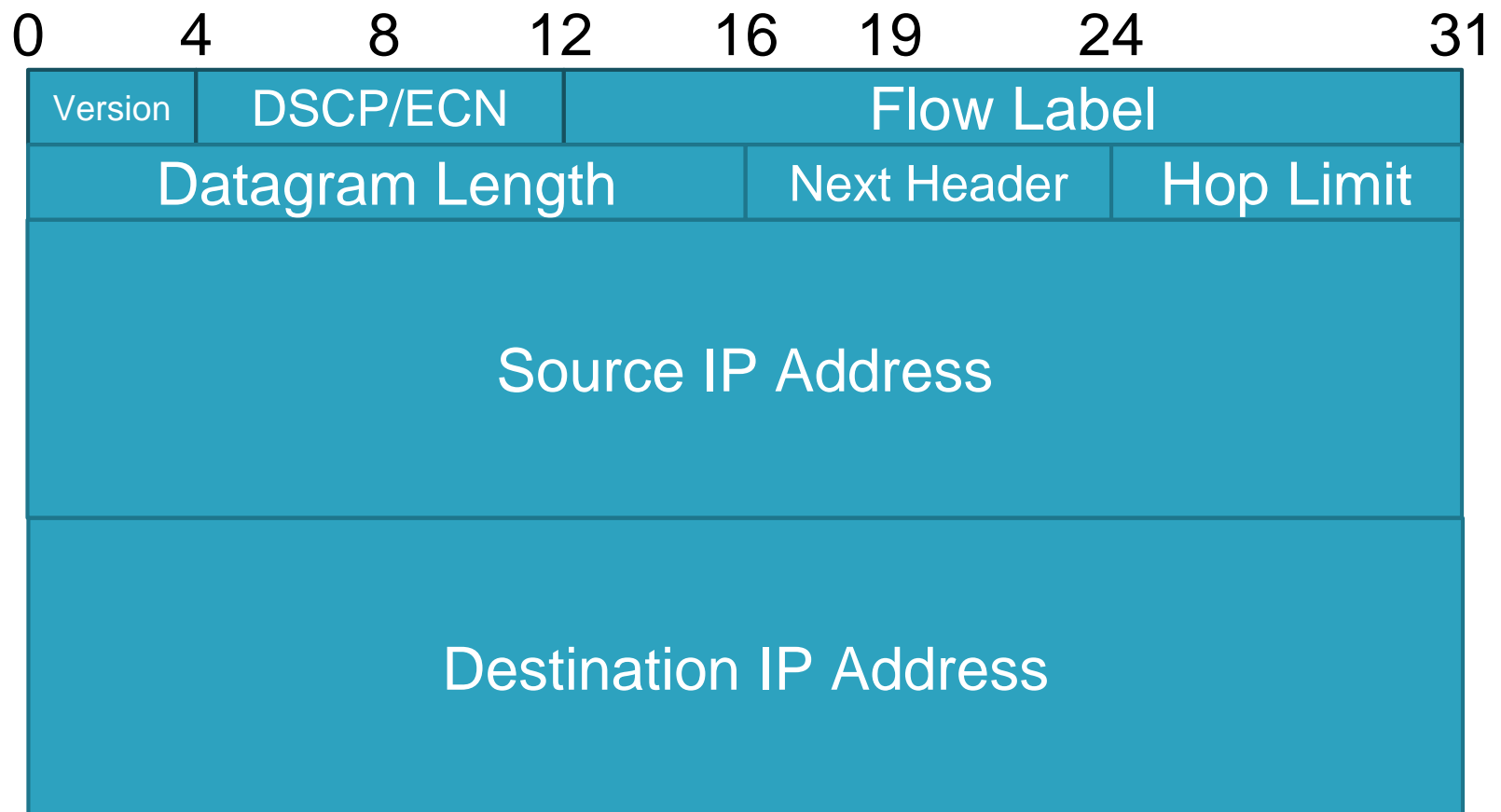
RIR IPv4 Address Run-Down Model



- IPv6, 1998 standardisiert, ab 1999 Adressvergabe
 - 128-Bit Adressen
 - $4.8 * 10^{28}$ Adressen pro Person
- Adressformat
 - 8 x 4 Hex: 2001:0db8:0000:0000:0000:ff00:0042:8329
 - führende Nullen können weggelassen werden
 - 2001:0db8:0:0:0:ff00:42:8329 oder 2001:0db8::ff00:42:8329
- Localhost (IPv4/IPv6)
 - IPv4: 127.0.0.1
 - IPv6: ::1
- von IPv4 zu IPv6
 - IPv4 Continuity: Network Address Translation (NAT)
 - IPv6 Migration: schritt-weiser Übergang zu IPv6 in Ko-Existenz mit IPv4

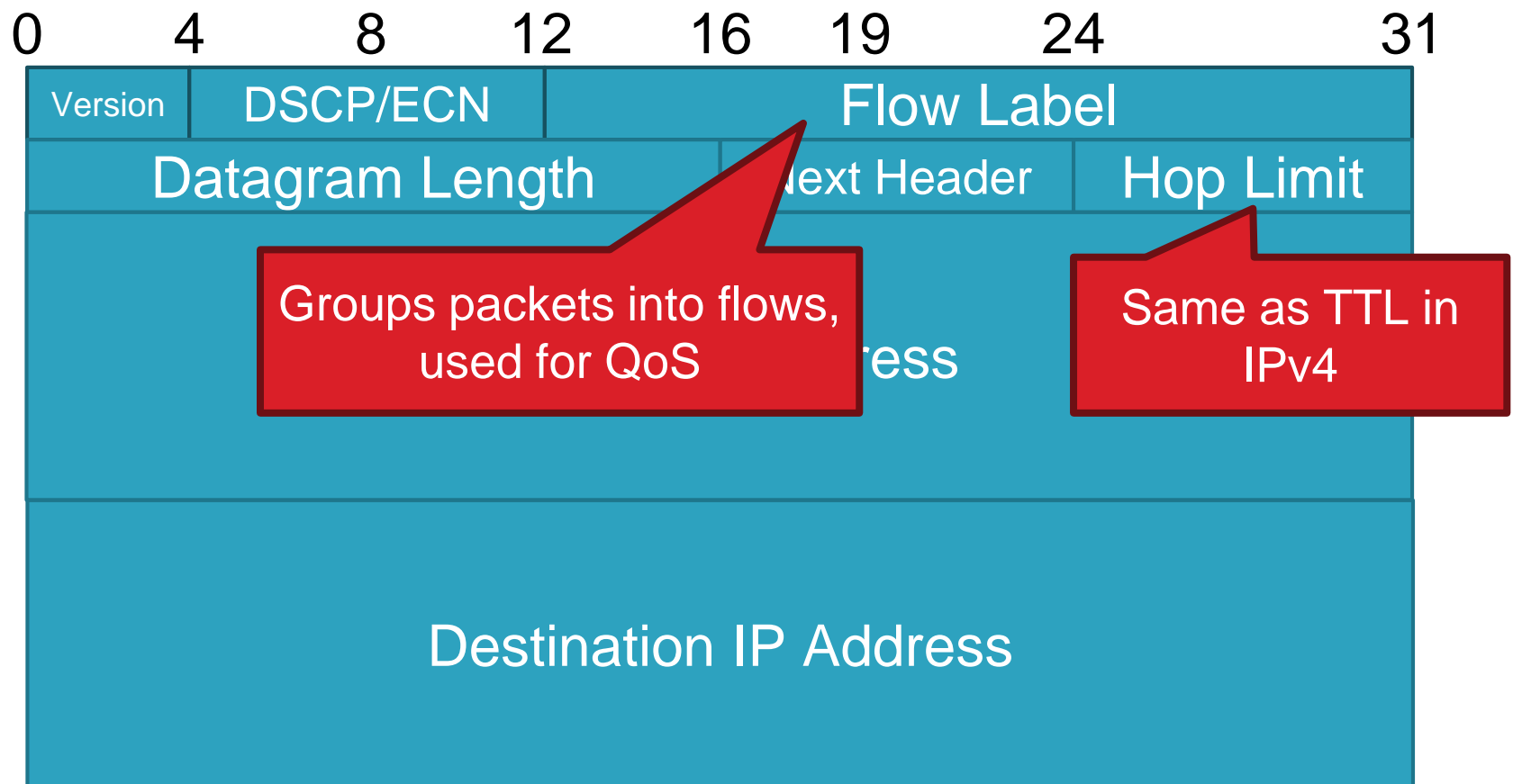
IPv6 Header

- doppelt so groß wie IPv4 Header
- keine Checksum, keine Fragmentierung
- dafür: Extension Headers zur Unterstützung von Source Routing, Mobile IP, Authentisierung, Verschlüsselung, etc.

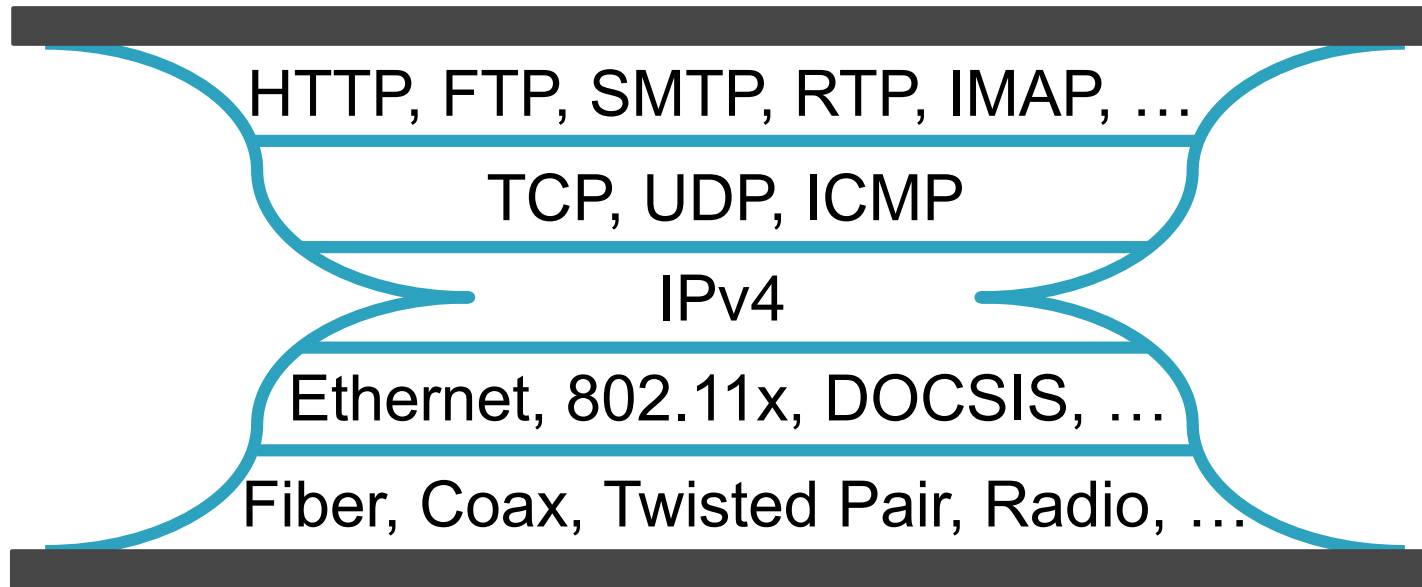


IPv6 Header

- doppelt so groß wie IPv4 Header
- keine Checksum, keine Fragmentierung
- dafür: Extension Headers zur Unterstützung von Source Routing, Mobile IP, Authentisierung, Verschlüsselung, etc.

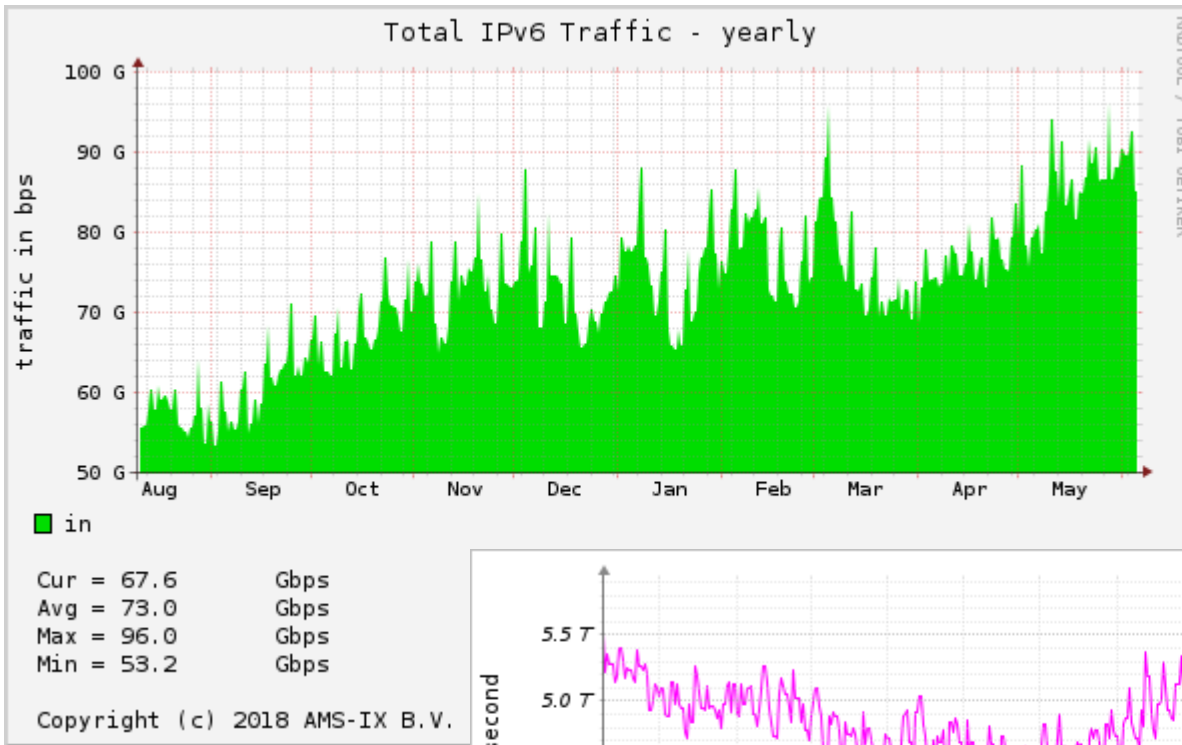


IPv6 Einführung

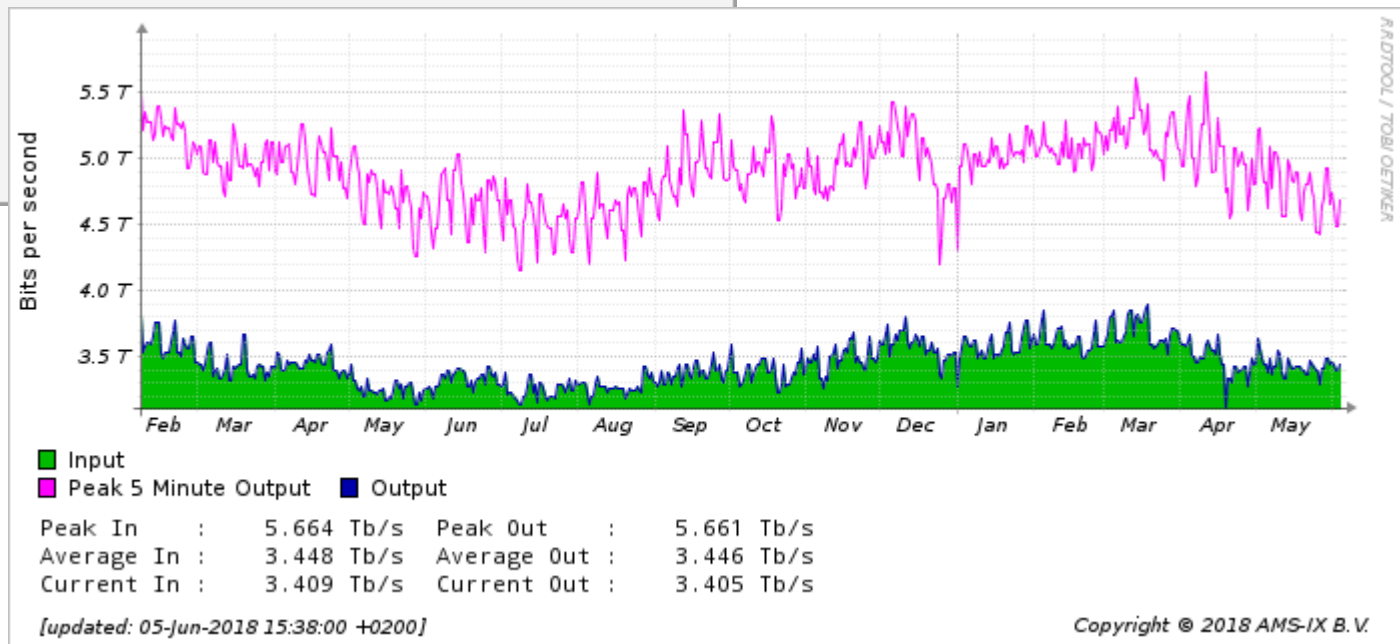


- Wechsel zu IPv6 bedeutet einen Upgrade des Internets
 - alle Router und Endgeräte
 - ICMPv6, DHCPv6, DNSv6
 - ... und nicht zu vergessen: ANWENDUNGEN
- Juni 2012: 0.2% des globalen Verkehrs war IPv6
- 2014: <1% auf Amsterdam IX

IPv6 Traffic at Amsterdam IX



IPv6 is at about 3% of traffic



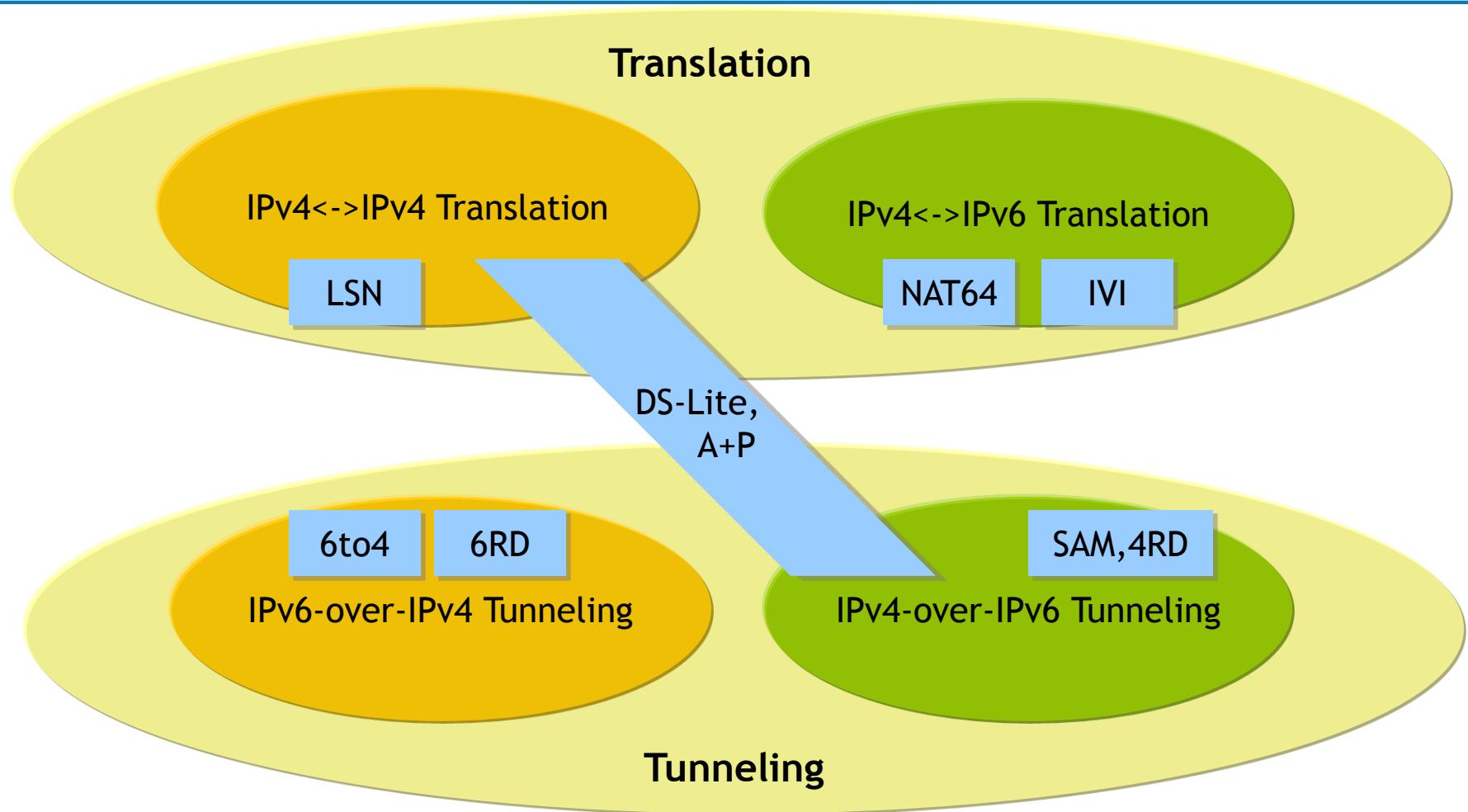
- Transit AS: IPv6 wird von den meisten großen Transit AS unterstützt
 - 100% der Top 20, 75% der Top 1000, 30% insgesamt
- Erreichbarkeit von Servern (AAAA existiert und Verbindung über IPv6 erfolgreich, <https://www.vyncke.org/ipv6status/>):
 - Web: 22% (Deutschland 28%)
 - Email: 24% (Deutschland 18%)
 - DNS: 55% (Deutschland 82%)
- IPv6 wird im Netz weitgehend unterstützt
 - aber nicht überall und vor allem nicht von allen Servern



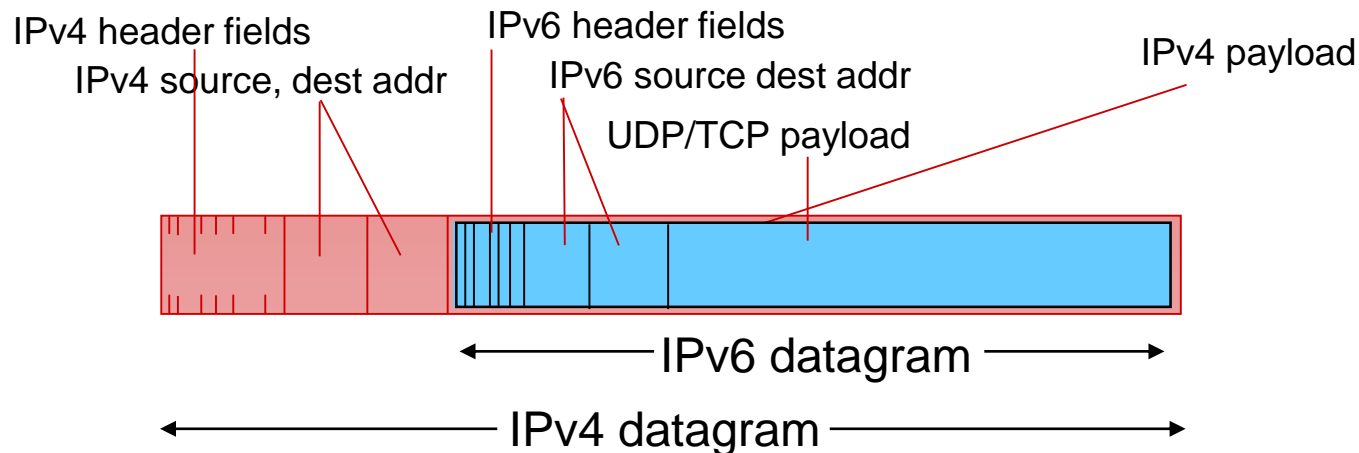
IPv4 Support auf
Client-Seite zwingend

IPv4/IPv6 Migration und Koexistenz

- Viele unterschiedliche Techniken für die verschiedenen Szenarien und Fälle
- Grundlegende Techniken: Address-Translation und Tunneling
- Grundanforderung:
 - müssen Kommunikation mit IPv4 und IPv6 Servern sicherstellen

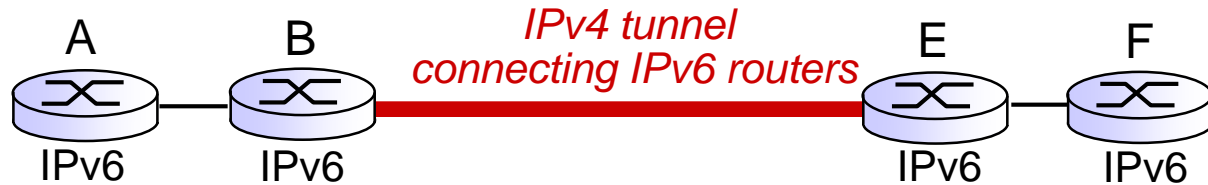


- Generell:
 - Pakete eines Protokolls werden als Payload über eine Tunnelprotokoll übertragen, indem sie am Tunneleingang eingepackt und am Tunnelausgang ausgepackt werden
 - spezielle Tunnelprotokolle: GRE, GTP (im Mobilfunk), IP-in-IP, L2TP, VPN, ...
 - IPv4 und IPv6:
 - 4in6- und 6in4-Tunnel
 - Beispiel: 6in4

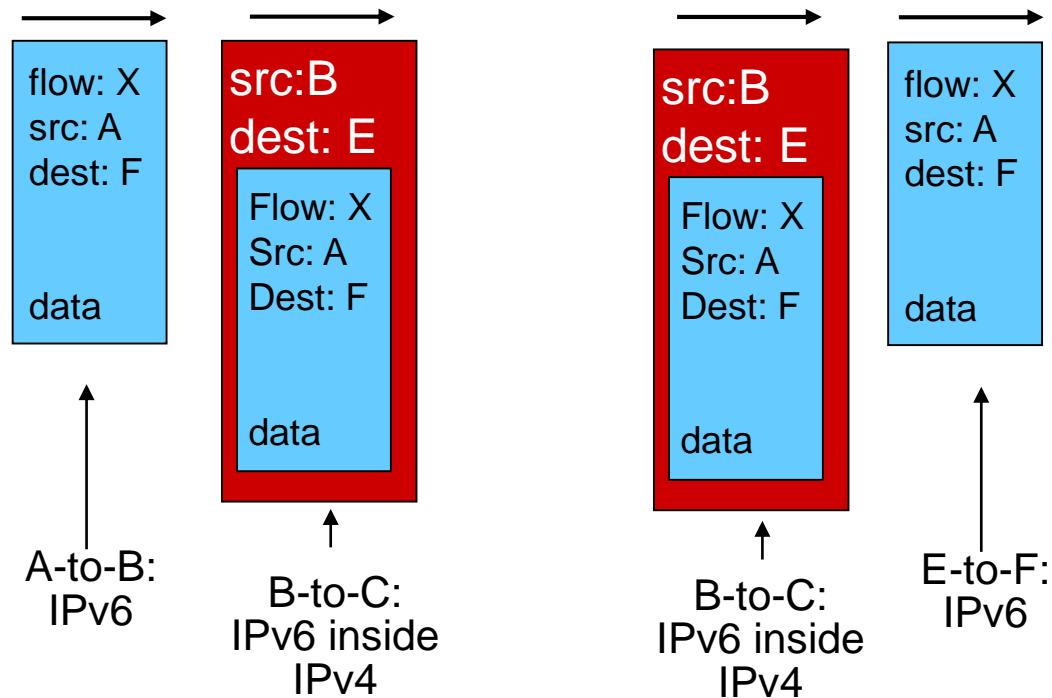
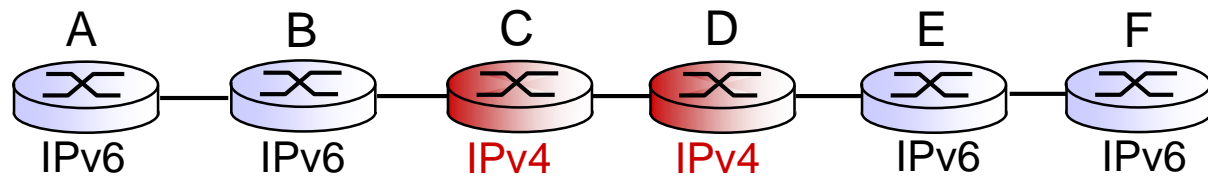


6in4-Tunnel

Logisch:



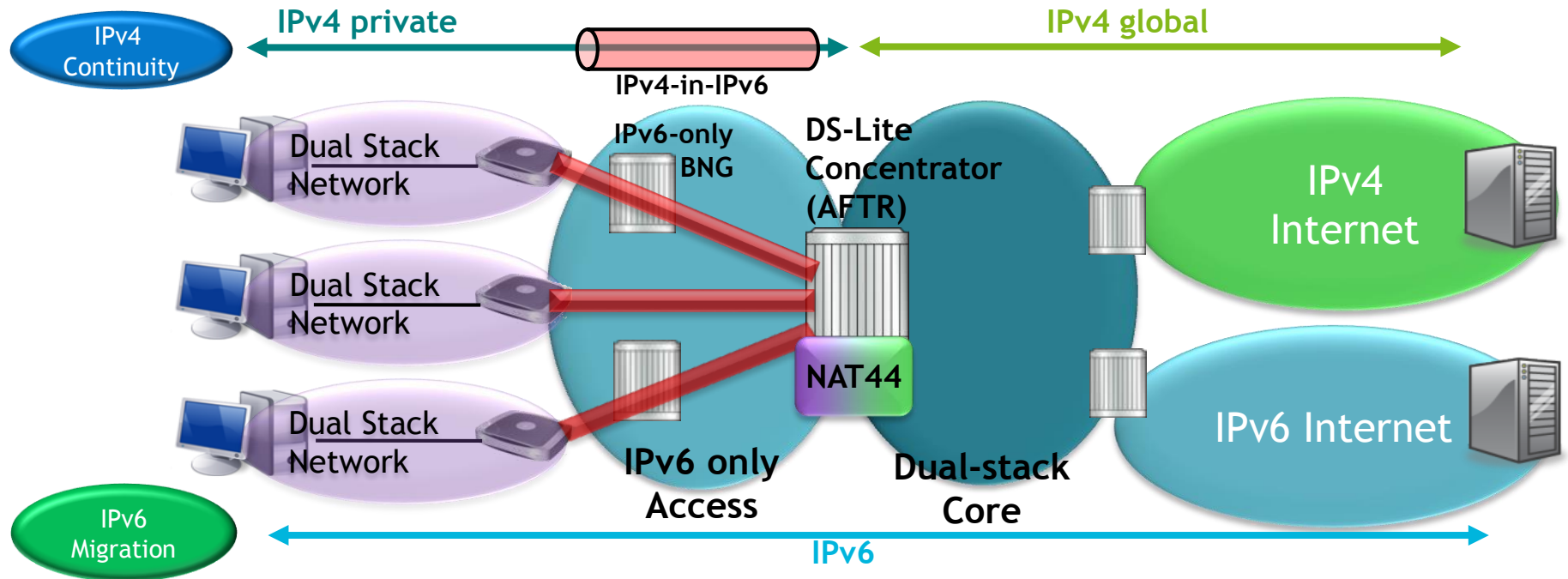
Physikalisch:



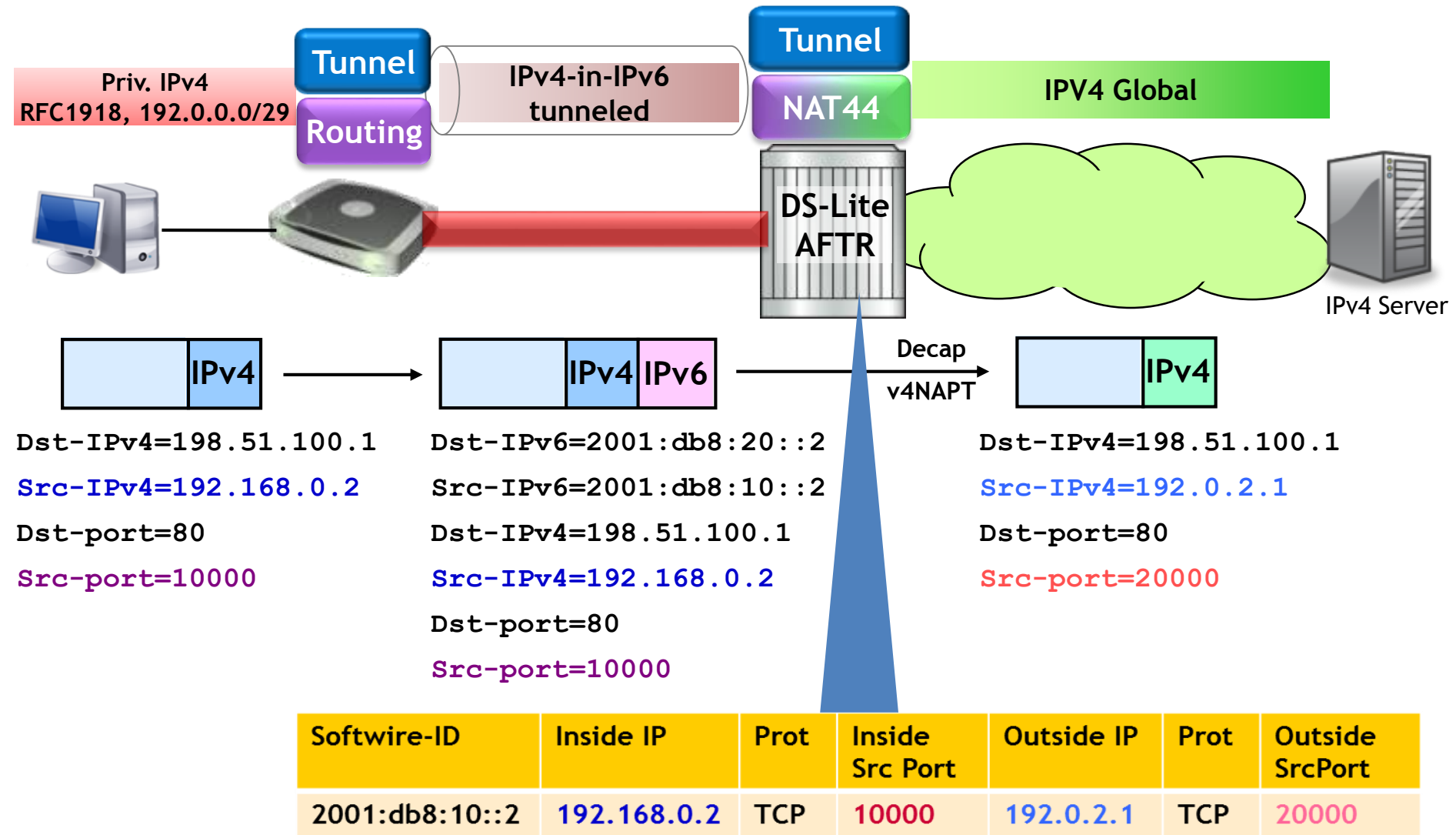
Techniken für verschiedene Szenarien

Home device	Access network	Destination	Solutions
IPv4	IPv4	IPv4 Internet	Large Scale NAT
IPv4	IPv6	IPv4 Internet	Dual-Stack Lite SAM, 4RD
IPv6	IPv6	IPv4 Internet	NAT64 Stateful NAT64 Stateless IVI
IPv6	IPv4	IPv6 Internet	6to4 6RD
IPv6	IPv6	IPv6 Internet	Dual-Stack

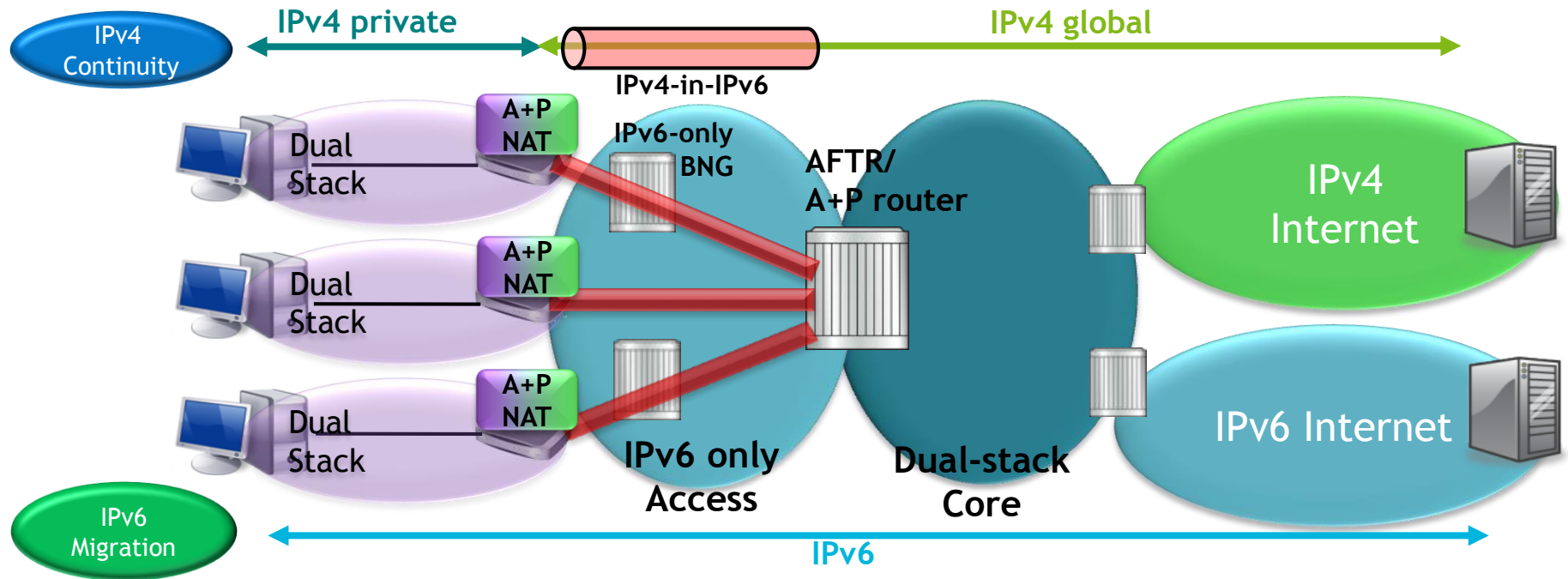
DS-Lite (DualStack Lite)



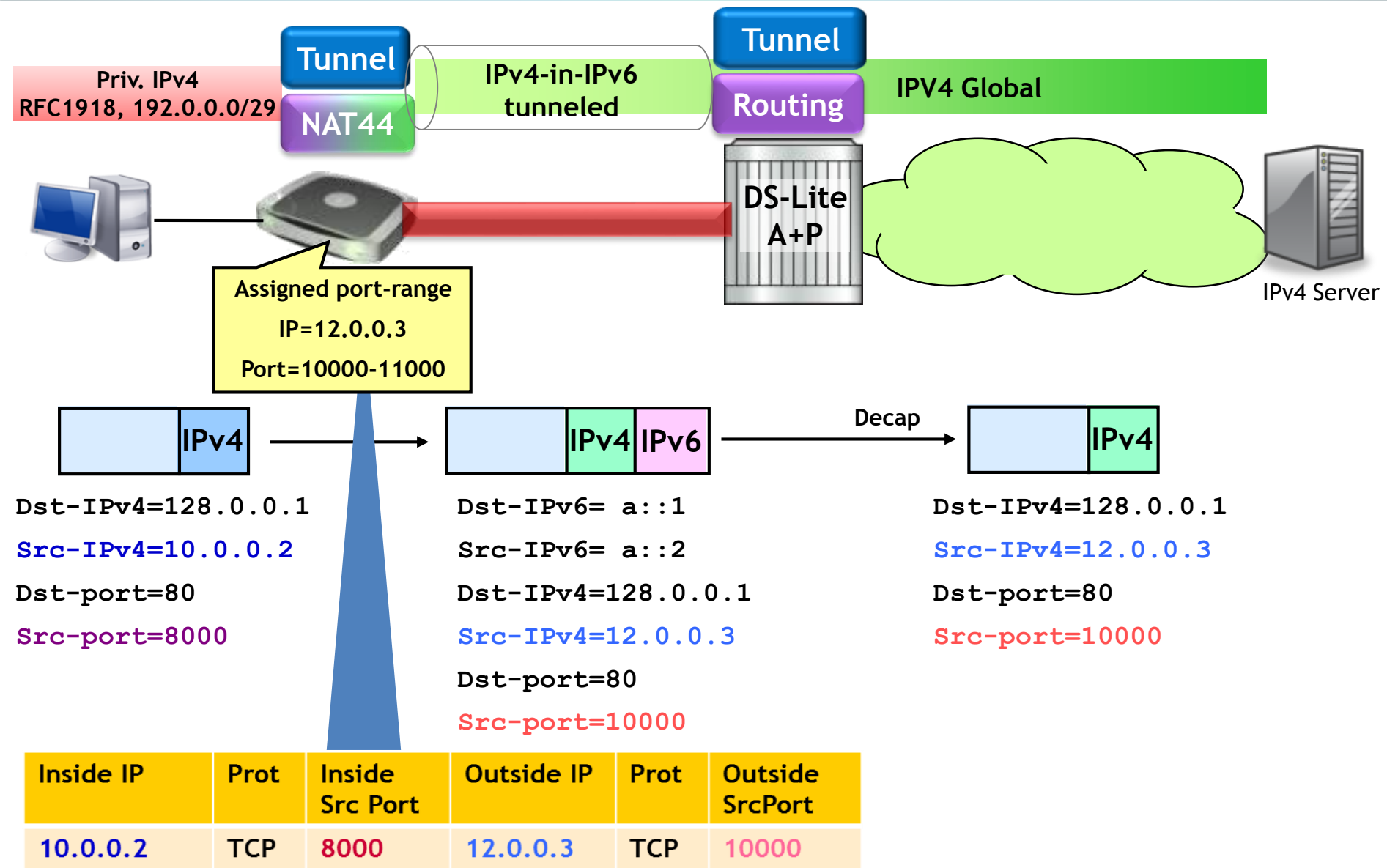
DS-Lite



DS-Lite mit A+P NAT (Address+Port)



DS-Lite mit A+P NAT (Address+Port)



- Mischung aus IPv4 Continuity und IPv6 Migration
 - aber IPv6 kommt langsam
 - neuere Router und Hosts sind IPv6 fähig
 - Umstellung kritisch und teuer
 - Was ist mit Anwendungen mit festen IPv4 Einträgen?
- Probleme
 - Kommunikation von IPv6-only AS mit Server in IPv4-onlyAS
 - benötigt Unterstützung von außen
 - Bereitstellen von IPv4-IPv6 Relay
 - Private IPv4 Adresse mit IPv6 AS bedeutet keine Erreichbarkeit von außen, da es nur eine öffentliche IPv6 Adresse gibt
- Beispiel für weitere Konsequenzen:
 - Black-Listing:
 - IPv4: Übersichtliche Listen von Spammern/Bots
 - IPv6: Adressen gibt es genug