

Mini-Workshop: Wie bringt man IPv6 ins LAN

Christian Schild

JOIN Projekt Team

Zentrum für Informationsverarbeitung

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

<http://www.join.uni-muenster.de>

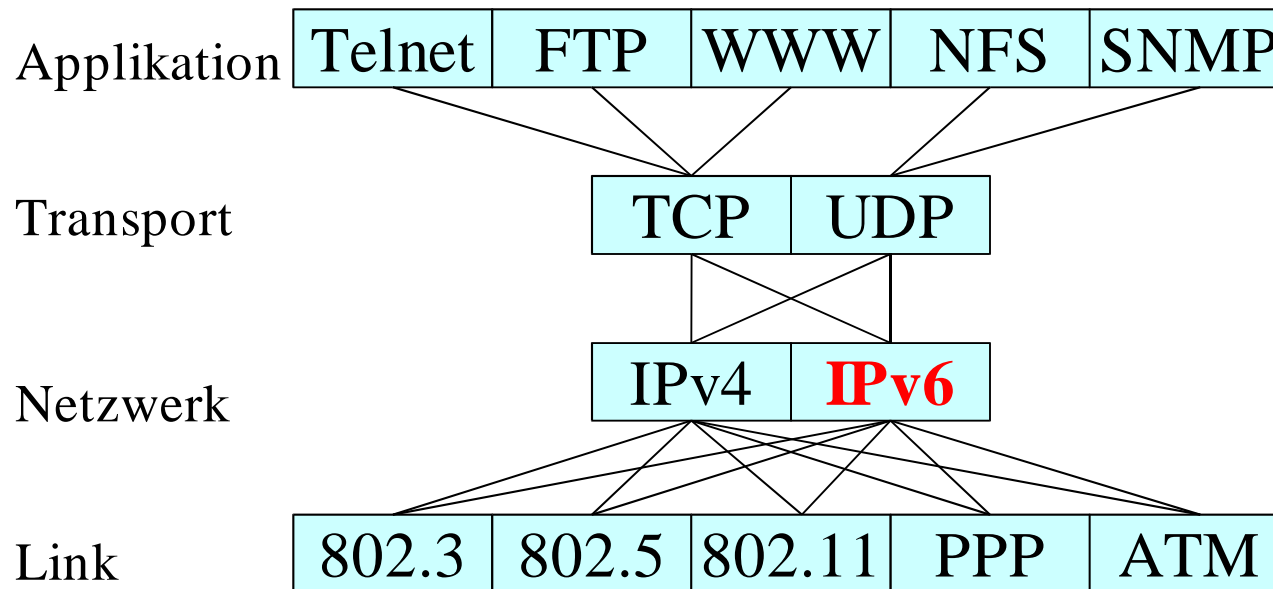
<mailto:join@uni-muenster.de>

IPv6 Step by Step

- IPv6-Router
- DNS
- Externe Anbindung
- IPv6-Subnetze
- Und dann?

Keine Angst vor IPv6

- IPv6 ist ein separates Netzwerk zu IPv4
- Sie müssen ihre bestehenden Strukturen nicht anfassen
- Integration von IPv6 bedeutet Hinzufügen von Funktionalität



Ein IPv6-Router

- Cisco
- Juniper
- Hitachi
- 6Wind
- andere
- PC
 - BSD (mit dem bewährten Kame-Stack)
 - Linux (in allen aktuellen Distributionen als Modul enthalten, USAGI-Patches)
 - Solaris (Seit Solaris 8 bei der Installation anwählbar)
 - Alle anderen
 - Zebra als Routing Demon

Externe IPv6-Anbindung

Wo solls denn hingehen?

- Für DFN-Kunden, Anbindung an das 6WiN
- Für andere zu Testzwecken an den 6bone-Knoten bei JOIN in Münster
- Zunächst Präfix beantragen:
 - DFN: <http://www.dfn.de/service/ipv6/vergabe.html>
 - JOIN: <http://www.join.uni-muenster.de/6bone/6bone-teilnahme.html>
- Tunnel oder nativer Anschluss
 - Für die meisten kommt aus Kostengründen zunächst wohl nur Tunnel in Frage
 - An manchen Standorten ist aufgrund der günstigen Lage der 6WiN-Router ein nativer Anschluss möglich

Externe IPv6-Anbindung

Und wie geht's raus?

- Das zugewiesene Präfix muss geroutet werden
- Der Provider routet in der Regel ein /48-Präfix an jeden Kunden
- Damit stehen jeder Einrichtung 65536 /64-Präfixe zur Verfügung, die auf eigene Subnetze weiterverteilt werden können (Hierarchierung!)
- Der Kunde setzt an seinem Borderrouter eine Default-Route (2000::/3 !!) auf die Ausgang zum Provider

Externe IPv6-Anbindung

Und wie geht's raus? (Cisco)

- Ein Cisco Beispiel (native, ipv6-only Interface, IOS 12.2T):

```
interface FastEthernet0/0
  description Uplink-to-6WiN
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address 2001:638:0:A00::A08:2/112
!
interface FastEthernet0/1
  description IPv4-Beispiel-Interface
  ip address 172.16.1.3 255.255.255.0
  no ip redirects
  duplex auto
  speed auto
[...]
```

■ **route ipv6 2000::/3 2001:638:0:A00::A08:1**

Externe IPv6-Anbindung

Und wie geht's raus? (Cisco)

Noch ein Cisco Beispiel (getunnelt):

```
interface Tunnell
  description tunnel-to-6WiN
  no ip address
  ipv6 address 2001:638:0:A00::A08:2/112
  tunnel source FastEthernet0/1
  tunnel destination 193.174.75.241
  tunnel mode ipv6ip
!
[...]
```

```
route ipv6 2000::/3 2001:638:0:A00::A08:1
```


Externe IPv6-Anbindung

Und wie geht's raus? (Linux)

Linux-Beispiele (Tunnel, Distributionsabhängig!!):

- Alt (ifconfig/route):

```
ifconfig sit0 up tunnel ::193.174.75.241
ifconfig sit1 up
ifconfig sit1 add 2001:638:0:a00::a08:2/112
route -A inet6 add 2000::/3 gw 2001:638:0:a00::a08:1
```

- Neuer und besser (ip):

```
ip tunnel add sit1 mode sit remote 193.174.75.241
ip link set sit1 up
ip addr add 2001:638:0:a00::a08:2/112 dev sit1
ip route add 2000::/3 via 2001:638:0:a00::a08:2/112
```

- Noch neuer: In IPv6-fähigen Distributionen Konfiguration über /etc/sysconfig/ (Wiederum Distributionsabhängig)

Externe IPv6-Anbindung

Und wie geht's raus? (BSD)

- Ein BSD-Beispiel (Tunnel, FreeBSD):

```
ifconfig xl0 inet6 2001:638:500:1::1
ifconfig gif0 create
ifconfig gif0 inet6 2001:638:0:500::2 2001:638:0:500::1
    prefixlen 112
gifconfig gif0 inet 128.176.191.74 128.176.191.4
ifconfig gif0 up
route add -inet6 default 2001:638:0:500::1
route6d -N xl0
```

Keine Angst von DNS

- IPv6 Namen sind auch hier zusätzliche Einträge im Nameservice-Zonefile
- Für IPv6 gibt es den neuen Resource-Record **AAAA** („A“ bei IPv4)
- Größere Unterschiede gibt es bei der reversen Adress-Auflösung. Diese werden zwar wie bei IPv4 auch in PTR-Records gespeichert, aber
 - als Schreibweise wird das **Nibble-Format** verwendet
 - Top-Level-Zone ist **ip6.arpa.** (bei IPv4: in-addr.arpa.)

Verwendbare BIND-Versionen

BIND4:

- BIND 4 ist alt, deprecated und sollte auf keinen Fall verwendet werden (Aktuelle Version 4.9.9)
- BIND 8 beherrscht AAAA-Records, ist aber noch nicht IPv6-fähig (kein IPv6-Traffic). (Aktuell: 8.3.3)
- BIND 9 ist der Nameserver an dem primär IPv6-Funktionalität entwickelt wurde und ist daher wohl Mittel der Wahl (Aktuell: 9.2.1).

Integration von AAAA-Records

- Speichern des AAAA-Records ‚neben‘ dem IPv4-Record kann Probleme mit sich führen. Für den Anfang ist es daher besser, diese in einer Subdomain (vorzugsweise `ipv6.domainname.de`) zu speichern.
- Integration möglich
 - im primären Zonefile.
 - Falls dieses automatisch generiert wird, kann man ein `$INCLUDE`-Statement benutzen.
 - oder Delegation der Subdomain an einen zweiten Nameserver.

A + AAAA

Beispiel im Zonefile:

```
;$ORIGIN uni-muenster.de. ; diese Zeile steht nur zur Verdeutlichung und zur  
; Erinnerung hier. Alle Eintraege in diesem Zonefile  
; gehoeren zur Domain uni-muenster.de  
  
atlan                IN      A      128.176.191.83  
  
atlan.ipv6        IN      AAAA  3ffe:400:10:100:201:2ff:feb5:3806
```

AAAA in 2. Datei

AAAA in zusätzlicher Datei:

Zonefile db.uni-muenster.de:

```
;$ORIGIN uni-muenster.de.  
atlan                               IN      A      128.176.191.83  
;  
$INCLUDE "db.include.ipv6.uni-muenster.de" ipv6.uni-muenster.de.  
; oder  
; $INCLUDE "db.include.ipv6.uni-muenster.de" ipv6
```

Im Includefile db.include.ipv6.uni-muenster.de steht dann:

```
;$ORIGIN ipv6.uni-muenster.de. ; !!!! wieder nur zur Erinnerung  
atlan                               IN      AAAA  3ffe:400:10:100:201:2ff:feb5:3806
```

AAAA auf 2. Nameserver

Subdelegation an zweiten Nameserver:

Im Zonefile auf primärem Nameserver:

```
;$ORIGIN uni-muenster.de.  
ipv6.uni-muenster.de.      IN      NS      ns.ipv6.uni-muenster.de.  
ns.ipv6.uni-muenster.de.  IN      A       128.176.191.83
```

Auf 128.176.191.83 wird dann ein zweiter Nameserver aufgesetzt (vorzugsweise 9.2.1), der dann Master für die Zone ipv6.uni-muenster.de ist.

Reverse Adressauflösung

- Reverse Adressen werden im Nibble-Format in der TLD ip6.arpa. notiert und delegiert.
- Bekannt aus IPv4 (128.176.x.x/16):
176.128.in-addr.arpa.
- In IPv6 (2001:638:500::/48):
0.0.5.0.8.3.6.0.1.0.0.2.ip6.arpa.

Reverse Delegation

- Reverse Auflösung am Beispiel der Uni Münster:
- Der DFN delegiert das reverse Präfix 2001:638:500::/48.

Named.conf:

```
zone "0.0.5.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.ARPA"  
{  
    type master;  
    file "db.uni-muenster.de.ip6.arpa";  
};
```

Zonefile db.uni-muenster.de.ip6.arpa:

```
; $ORIGIN 0.0.5.0.8.3.6.0.1.0.0.2.IP6.ARPA.  
a.c.0.e.2.8.e.f.f.f.a.7.4.0.2.0.0.0.2.0 IN PTR lemy.ipv6.uni-muenster.de.  
1.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.1.0.0.0 IN PTR bsp.ipv6.uni-muenster.de.
```

Reverse Abfrage

Revers wird der komplette String abgefragt (z. B. mit dig):

```
dig a.c.0.e.2.8.e.f.f.f.a.7.4.0.2.0.0.0.2.0.0.0.5.0.8.3.6.0.1.0.0.2.ip6.arpa.  
PTR
```

- Mit Hilfstools kann der mühselig zu tippende String auch automatisch aus der ‚Forward‘-Adresse generiert werden
 - ipv6calc
 - host -n
 - (ip6_int)

DNS (Ver)Entwerrung

- **AAAA vs. A6/DNAME**

- AAAA ist gültiges Speicherformat für IPv6-Adressen
- A6/DNAME (RFC2874) werden auf Status experimentell gesetzt und sind vorerst nicht zu verwenden

- **ip6.arpa. vs. ip6.int.**

- Früher wurden reverse IPv6-Adressen in ip6.int. gespeichert
- Heute soll nur noch ip6.arpa. verwendet werden (RFC3152/STD49)
- Einige Anwendungen/Betriebssysteme fragen immer noch in ip6.int. ab. Von daher macht es Sinn, sich beide TLD delegieren zu lassen und anzubieten.

Interne Subnetz-Verteilung

- Vom Provider wird ein /48-Präfix zur Verfügung gestellt
- Ein übliches Subnetz muss ein /64-Präfix bekommen
 - Dies gilt unter Umständen auch für einzelne Endgeräte (Dial-In, Tunnel-Endpunkte)
- Der Einrichtung steht damit genug Adressraum für 65536 Subnetze zur Verfügung
- In jedem Subnetz können beliebig viele Endgeräte adressiert werden (2^{64} mögliche Interface-IDs).

Autokonfiguration

- Bei IPv6 wird zur Adressierung von Netzknoten das Verfahren der Autokonfiguration verwendet
- Stateless- und Stateful-Verfahren
- Bei Stateless werden die ersten 64 Bit (Routingteil) vom Router bekanntgegeben
- Der Host bestimmt dann die zweiten 64 Bit seiner IPv6-Adresse (Interface-ID) selbst
 - Standardmässig abgeleitet aus der MAC-Adresse (EUI-64)
 - Privacy Verfahren mit anonymisierten Interface-IDs
 - Selbstkonfigurierte Interface-ID
- Duplicate Address Detection (DAD) verhindert mehrfache Verwendung derselben Adresse auf einem Link

Autokonfiguration Beispiele

- Erst Forwarding aktivieren
 - „`ipv6 unicast-routing`“ (Cisco)
 - „`echo 1 > /proc/sys/net/ipv6/conf/all/forwarding`“ (Linux)
 - Unter Linux kann man auch noch mehr Kernelparameter setzen (`sysctl`)
- Router-Advertisements starten
 - Bei Cisco werden RAs automatisch auf LAN-Interfaces (Ethernet, FDDI, Token Ring) geschickt (abschalten bei PtP!)
 - Für Unix braucht man `radvd` oder `zebra`

Autokonfiguration Cisco

```
interface Ethernet0
 ip address 128.176.191.76 255.255.255.224
 media-type 10BaseT
 ipv6 enable
 ipv6 address 2001:638:500:202::1/64
 !ipv6 nd suppress-ra !Router-Advertisement abschalten
```


Autokonfiguration mit radvd/zebra

radvd.conf:

```
interface eth0
{
    AdvSendAdvert on;
    prefix 2001:638:500:202::0/64
    {
        AdvOnLink on;
        AdvAutonomous on;
    };
};
```

Mit zebra:

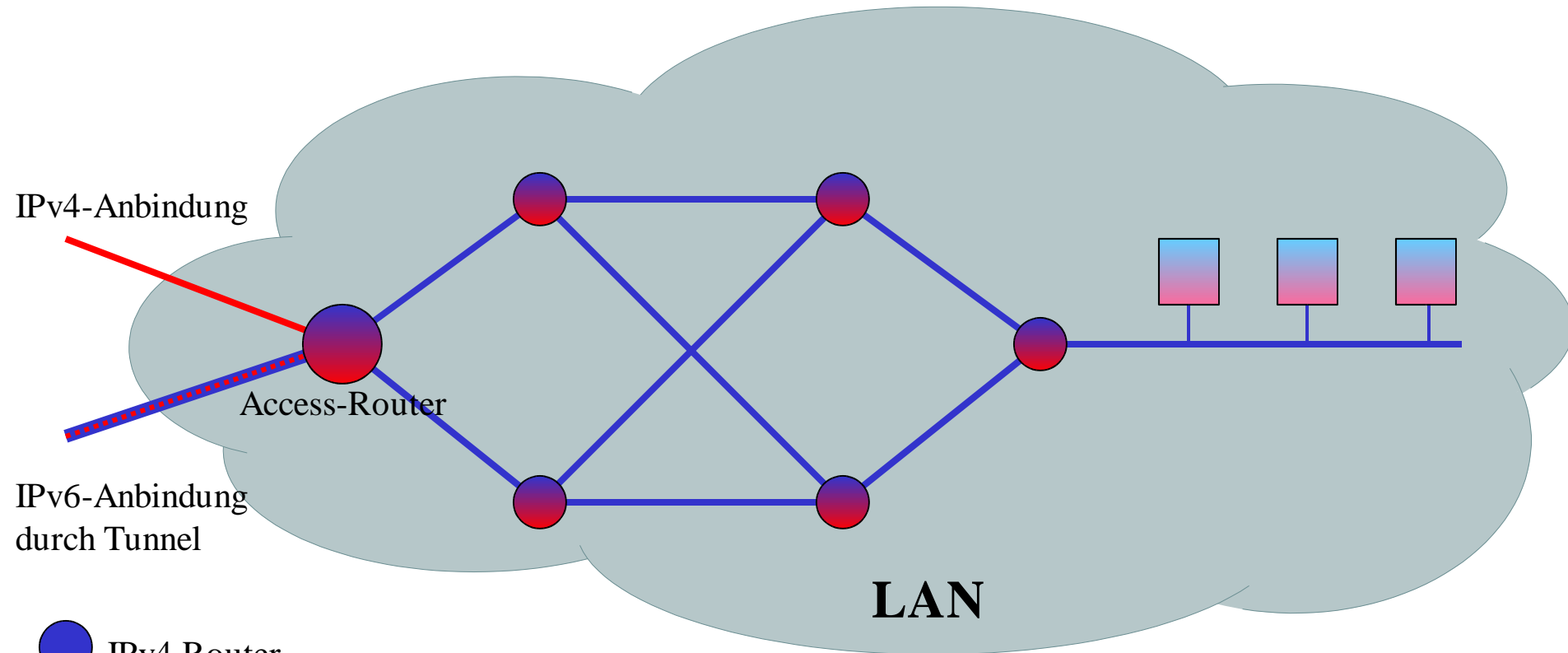
```
interface eth0
    ipv6 nd send-ra
    ipv6 nd prefix-advertisement 2001:638:500:202::/64
```



Methoden der Weiterverteilung

- **Dual-Stack**
 - IPv4 und IPv6 über die gleiche Hardware und Infrastruktur
- **Interne Tunnel**
 - macht zusätzliche Router (PCs?) im Subnetz notwendig
- **VLAN**
 - Dedizierter IPv6-Router integriert im VLAN
- **6to4**
 - Integration von isolierten Subnetzen
- **ISATAP**
 - Integration von isolierten einzelnen Hosts
- **Weitere?**

Dual Stack Übersicht



- IPv4 Router
- IPv6 Router
- IPv4/IPv6 Router

- IPv4
- IPv6
- IPv4/IPv6
- IPv6-in-IPv4 Tunnel

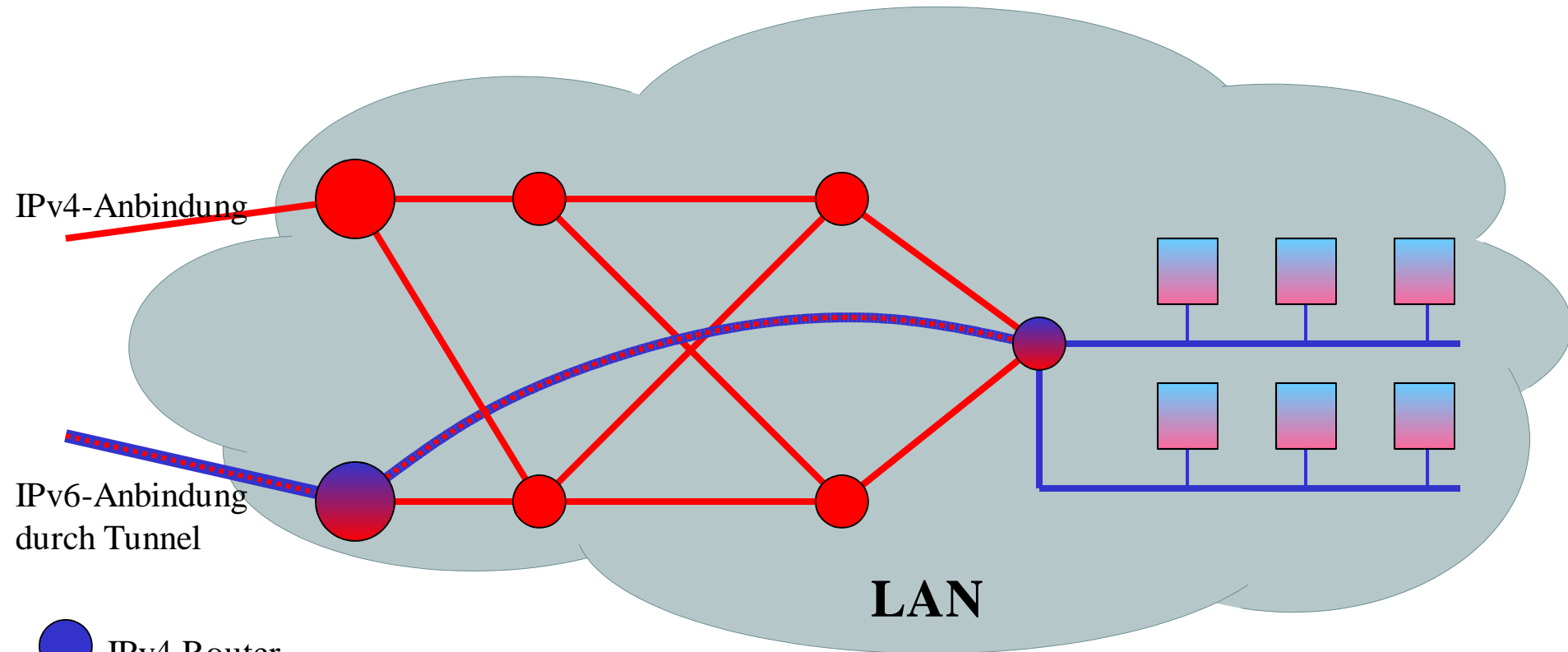
Dual-Stack

- IPv4 und IPv6 wird auf derselben Hardware betrieben
- Beste Lösung und langfristig der angestrebte Wunschzustand
- Bisher vorhandene Hardware unterstützt aber nicht immer IPv6
- Da IPv6-Forwarding häufig in der Software betrieben wird, kann bei stark beanspruchter CPU auch der übliche Betrieb beeinträchtigt werden
- Als IGP bei Cisco bisher nur IS-IS brauchbar (OSPF ab 2003)

Dual-Stack Beispiel

Siehe oben

Interne Tunnel Übersicht



- IPv4 Router
- IPv6 Router
- IPv4/IPv6 Router

- IPv4
- IPv6
- IPv4/IPv6
- IPv6-in-IPv4 Tunnel

Interne Tunnel

- Einfachste Methode um intern IPv6-Subnetze zu verbinden ist wiederum das IPv6-in-IPv4-Tunnelverfahren
- Dabei wird das interne IPv4 mit Hilfe von konfigurierten Tunneln überbrückt
- Durch Aggregation können mehrere /64-Subnetze zusammengefasst werden

Interne Tunnel Beispiel

Border-Router:

```
interface Tunnel200
  description tunnel_to_LANs_200
  no ip address
  ipv6 address 2001:638:500:1::200:1/112
  ipv6 enable
  tunnel source Ethernet0/0
  tunnel destination 128.176.184.113
  tunnel mode ipv6ip
[...]
```

```
route ipv6 2001:638:500:200::/60
  2001:638:500:1::200:2
```

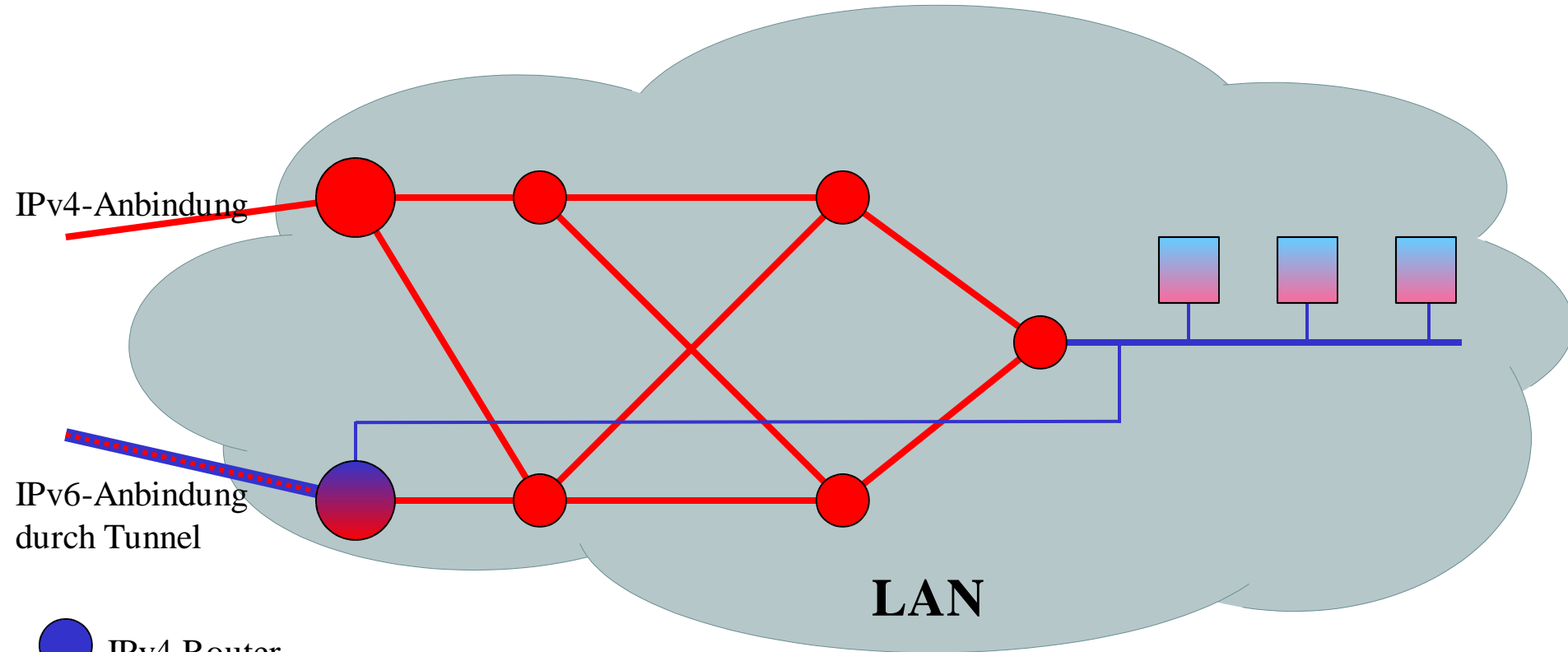
Interner Router:

```
interface Tunnel222
  description tunnel_to_Exit
  no ip address
  ipv6 address 2001:638:500:1::200:2/112
  ipv6 enable
  tunnel source GigabitEthernet0/0.1
  tunnel destination 128.176.191.4
  tunnel mode ipv6ip
[...]
```

```
route ipv6 2000::/3 2001:638:500:1::200:1
```

```
interface Ethernet2/0
  ip address 172.16.100.1 255.255.255.0
  media-type 10BaseT
  ipv6 enable
  ipv6 address 2001:638:500:200::1/64
interface FastEthernet4/0
  ip address 128.176.183.65 255.255.255.64
  speed auto
  duplex auto
  ipv6 enable
  ipv6 address 2001:638:500:202::1/64
```


VLAN Übersicht



- IPv4 Router
- IPv6 Router
- IPv4/IPv6 Router

- IPv4
- IPv6
- IPv4/IPv6
- IPv6-in-IPv4 Tunnel

VLAN

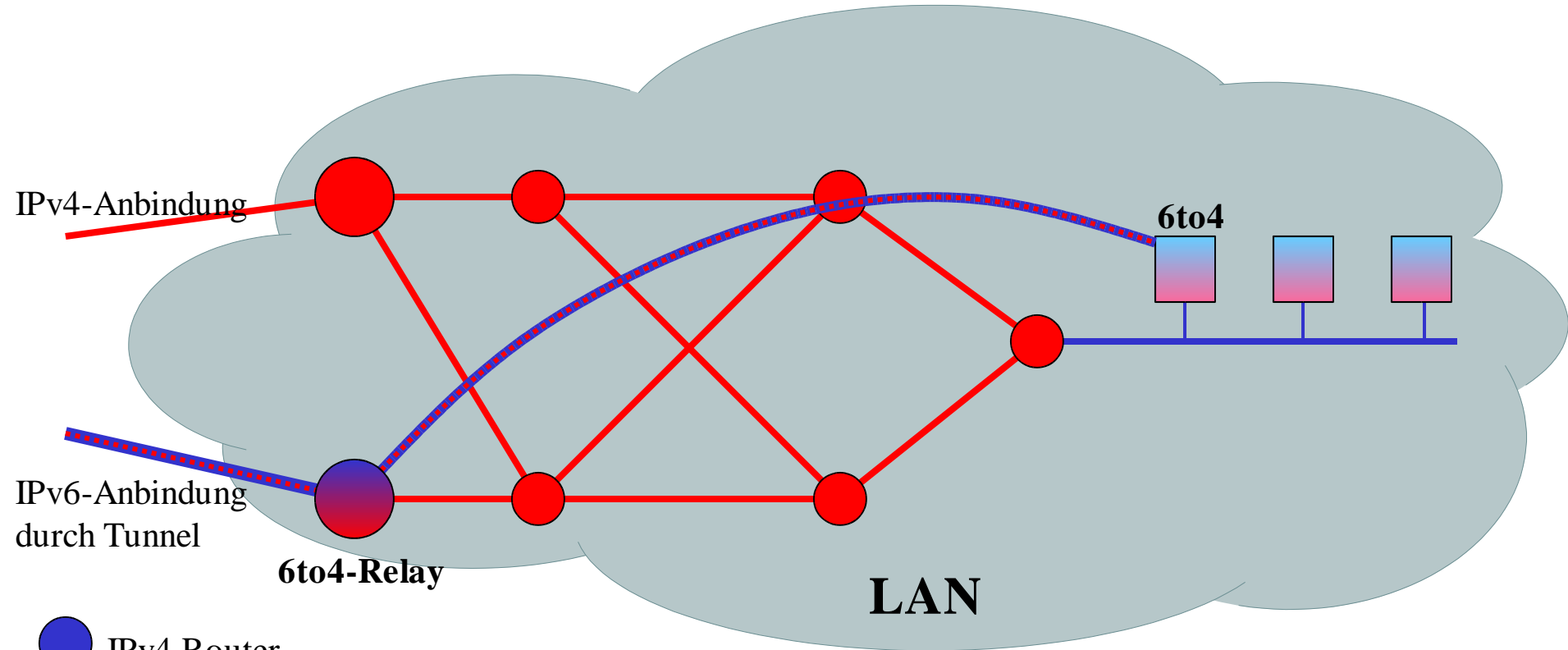
- Hat man bereits ein getagtes Netzwerk ist Integration von IPv6 besonders einfach
- Der IPv6-fähige Router tritt dabei einem VLAN bei und sendet dort Router-Advertisements
- Der IPv6-Router übernimmt dabei keine IPv4-Funktionalität
- Eine Konfiguration als IPv4-Client ist möglich
- Das IPv4-Netz bleibt unangetastet und kann ungefährdet betrieben werden




VLAN Beispiel





```
interface GigabitEthernet0/0.200
  description RZMITARB
  encapsulation dot1Q 200
  no ip proxy-arp
  no ip route-cache
  no ip mroute-cache
  ipv6 address 2001:638:500:200::/64 eui-64
  ipv6 enable
!
interface GigabitEthernet0/0.236
  description JOINSRV
  encapsulation dot1Q 236
  ip address 128.176.191.4 255.255.255.224
  no ip proxy-arp
  no ip route-cache
  no ip mroute-cache
  ipv6 address 2001:638:500:101::/64 eui-64
  ipv6 enable
```



6to4 Übersicht



-  IPv4 Router
-  IPv6 Router
-  IPv4/IPv6 Router

- IPv4 
- IPv6 
- IPv4/IPv6 
- IPv6-in-IPv4 Tunnel 

6to4

- 6to4 ist ein Mechanismus um isolierte Sites miteinander zu verbinden
- Dabei wird die IPv4-Adresse des Border-Routers (6to4-Router) in den Routingbereich integriert.
- Rausgehende Pakete werden automatisch in ein IPv4-Paket (extrahiert aus der IPv6-Adresse) gepackt und verschickt
- Adresse: 2002:<IPv4-Adresse>:STLA:I-ID
- Teilweise Entartung des Mechanismus, da damit auch einzelne Hosts angebunden werden können (z.B. Default bei Windows)
- Zugang zum restlichen IPv6-Netz mit einem 6to4-Relay

6to4 Beispiele

Cisco 6to4 Router(-Relay):

```
interface Tunnel0
  no ip address
  no ip redirects
  ipv6 address 2002:80B0:BF52::/64 eui-64
  tunnel source FastEthernet0/0
  tunnel mode ipv6ip 6to4
[...]
```

```
ipv6 route 2002::/16 Tunnel0
;ipv6 route 2000::/3 2002:c25f:6cbf:: ; Route zum Relay
```

128.176.184.82 (80b0:bf52) Ist die IP des Client FastEthernet0-Interfaces.

194.95.108.191 (c25f:6cbf) die des Relays (6to4.ipv6.fh-regensburg.de).

Der Cisco-Router könnte das /48-Präfix weiter advertisen.

6to4 Beispiele

Linux 6to4-Client:

```
ip tunnel add tun6to4 mode sit remote any local 128.176.184.113
ip link set dev tun6to4 up
ip -6 addr add 2002:80b0:b872::/16 dev tun6to4
ip -6 route add 2000::/3 via ::194.95.108.191 dev tun6to4 metric
1
```

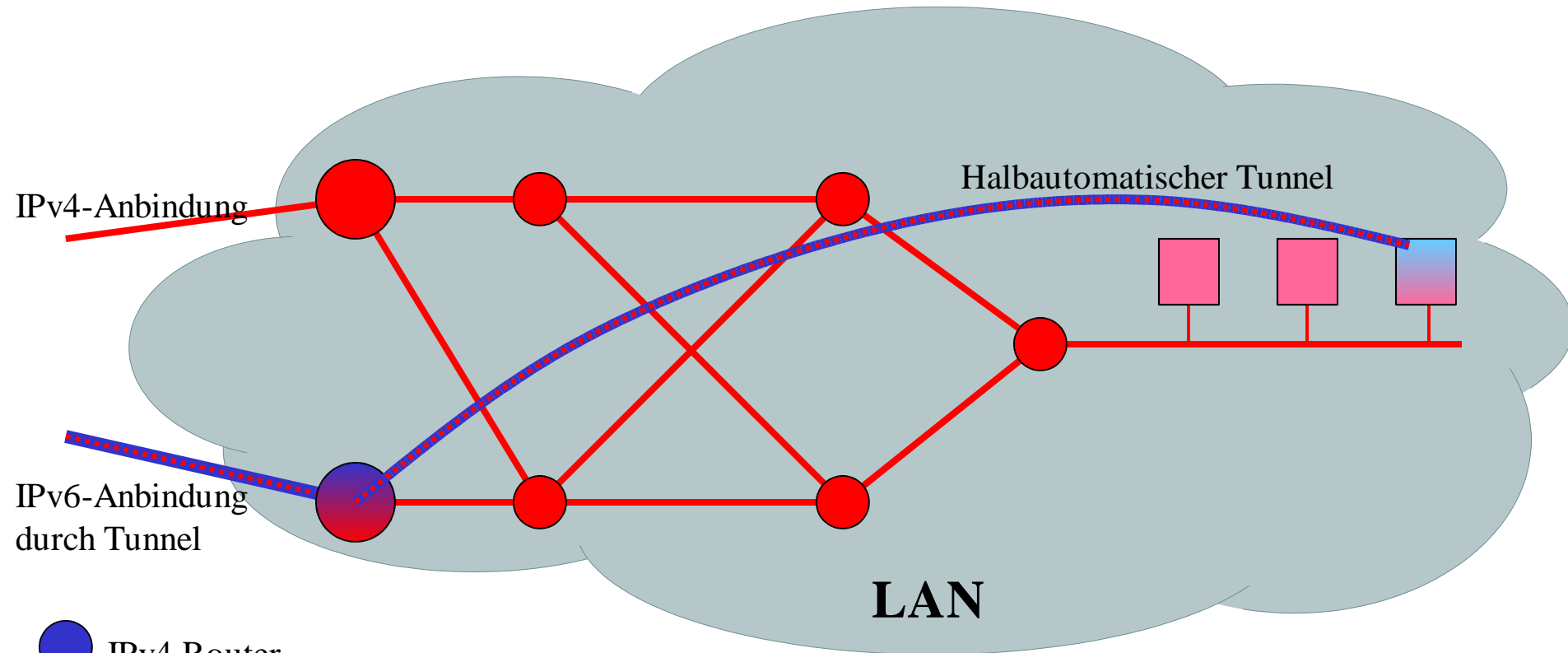
Windows:

```
netsh int ipv6 6to4 set relay 6to4.ipv6.fh-regensburg.de
```

...

*BSD. Auch aus Relay!

ISATAP Übersicht



- IPv4 Router
- IPv6 Router
- IPv4/IPv6 Router

- IPv4 ———
- IPv6 ———
- IPv4/IPv6 ———
- IPv6-in-IPv4 Tunnel ———

ISATAP

- Mit ISATAP („Intra-Site Automatic Tunnel Access Protocol“) kann halbautomatisch ein IPv6-in-IPv4-Tunnel aufgebaut werden
- Ein ISATAP-Server leitet anhand der integrierten IPv4-Adresse die Pakete an den Client weiter.
- Nur im Client muss die Zieladresse des ISATAP-Servers konfiguriert werden
- ISATAP-Server:
 - Cisco-IOS (ab Q1/2003). Jetzt bereits im EFT.
 - Linux mit USAGI-Patches
- ISATAP-Clients: Linux (USAGI), Windows XP

ISATAP Beispiel Cisco

```
interface Tunnel34
  no ip address
  no ip redirects
  ipv6 address 2001:638:500:11::/64 eui-64
  no ipv6 nd suppress-ra
  tunnel source Ethernet0
  tunnel mode ipv6ip isatap
```

- Cisco konfiguriert mit „2001:638:500:11::/64 eui-64“ das Interface automatisch mit der richtigen IPv6-Adresse: „2001:638:500:11:0:5EFE:**80B0:BF4C**“
- 80B0:BF4C -> 128.176.191.76 ist die IPv4-Adresse in Hex des Ethernet0-Interfaces



ISATAP Beispiel Linux (USAGI)

ISATAP-Server:

```
ip tunnel add is0 mode isatap local 128.176.191.113 ttl 64
ip link set is0 up
ip addr add 2001:638:500:201::5efe:80b0:b871/64 dev is0
```

Radvd.conf:

```
interface is0 {
    AdvSendAdvert on;
    UnicastOnly on;
    AdvHomeAgentFlag off;
prefix 2001:638:500:201:: 0/64 {
    AdvOnLink on;
    AdvAutonomous on;
    AdvRouterAddr off; };
};
```

ISATAP-Client:

```
ip tunnel add is0 mode isatap local 128.176.245.58 v4any 128.176.184.113 ttl 64
ip link set is0 up
```

■ Client bekommt die IP: 2001:638:500:201::5efe:**80b0:5f3a**

Und nun?

- FTP-Server
- Web-Server
- Web-Proxy
- SMTP (POP, IMAP)
- News
- NTP
- DNS
- SSH
-

Und nun?

- Nameserver: BIND 9.x.x
- Mailserver: sendmail, postfix,
- Mailclients: mutt, fetchmail, ...
- Webserver: apache, thttpd, squid, wwwoffle ...
- Webclients: netscape, mozilla, lynx, MSIE, konqueror...
- Ftpserver: proftpd, wu-ftp, vsftpd, ...
- FTPclients: ftp, ncftp, lftp, lukemftp, ...
- Ping, traceroute, tracepath, telnet, teraterm, ssh, openssh, rsync, wget, VIC, RAT, SDR, ircd, bitchX, xchat, xinetd, KDE, SNMP, ...

Fragen? Anregungen?

Christian Schild (schild@uni-muenster.de)

JOIN Projekt Team (join@uni-muenster.de)

<http://www.join.uni-muenster.de>

<http://www.6win.de>