

# REGIONALES RECHENZENTRUM ERLANGEN [RRZE]



## IP-FAU-6

### Teil1

Praxis der Datenkommunikation, 02.12.2015

Helmut Wunsch, RRZE

# Aus dem glorreichen Inhalt

Wieso IPv6?

Wie funktioniert IPv6?

Wie bekomme ich IPv6?

© clipartkiste.de

# Wieso das Ganze?

Seit gut 30 Jahren funktioniert unser Internet ...

Wieso brauchen wir jetzt plötzlich was Neues?  
(Nur weil es alt ist, muss es ja nicht schlecht sein)

# Problemfall bisheriges Internet („IPv4“)

Zwei Hauptaspekte (Anwender- und Anbietersicht):

- Anwender („Kunde“): IP-Adressen sind aufgebraucht!
  - Endkunden bekommen z.T gar keine „eigene“ IPv4-Adresse mehr
  - Neue Großkunden / Univ. bekommen in Zukunft keinen IP-Range mehr
  - NAT als technischer Workaround inzwischen Standard
- Anbieter („Provider“) Sicht: Netztechnik am Limit
  - Routingtabellen voll (~500,000 BGP entries)
  - IPv4-Routing rechenintensiv
  - IPv4-Adressraum stark „fragmentiert“

# Das Problem aus Sicht der „Mainstream“-presse

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying a news article on the website Bild.de. The address bar shows the URL: [www.bild.de/digital/internet/internet/ip-adressen-mehr-uebrig-158163](http://www.bild.de/digital/internet/internet/ip-adressen-mehr-uebrig-158163). The article title is "Gehen dem Internet die IP-Adressen aus?" and the sub-headline is "IPV4 VÖLLIG AUFGEBRAUCHT". The article is dated 25.11.2013 - 12:40 UHR. The browser window also shows a sidebar with a search bar and various navigation links.

**IPV4 VÖLLIG AUFGEBRAUCHT**

## Gehen dem Internet die IP-Adressen aus?

Die wichtigsten Fragen und Antworten

28 Gefällt mir 2 Twittern 0 g+1 0

# Was tun?

- Frühe Erkenntnis der Fachwelt Anfang der 90er:  
*„Bei gegenwärtigem Wachstum wird das bisherige IP bald an seine Grenzen stoßen!“*
- → 1995 bis 1998: IETF koordiniert komplette Neuentwicklung eines Zukunftssicheren Nachfolgers: „IPnG“ bzw. „**IPv6**“
- Ab 1998: Langsame, sehr zähe Verbreitung (Asien)
- Ab ~2010: Rapide Verbreitung in „westlicher“ Hemisphäre
- Einführung fast immer im Parallelbetrieb (nie harte Umschaltung)

# Die Lösung aus Sicht der „Mainstream“-presse

The screenshot displays a Mozilla Firefox browser window with the address bar showing 'www.spiegel.de/netzwelt/web/bild-837170-359708.html'. The main content area features the Bild.de logo and a large headline: 'NEUER STANDARD Alte Systeme bald nicht mehr Internet-tauglich?'. Below the headline, a sub-headline reads 'Kommen Tausende Internetbenutzer morgen nicht mehr ins Netz?'. The article is dated '07.06.2011 - 09:09 Uhr'. The page includes navigation menus, social media sharing buttons (Facebook, Twitter, Google+), and a sidebar with a 'THEMA IPv6' section. A sidebar advertisement for 'GARMIN HEAD DISPLAY (HU)' is visible on the right, priced at 'NUR 149 €'. The footer of the article mentions 'präsentiert von SPIEGEL ONLINE'.

# Erstes, vorweggenommenes Fazit

Ans Herz gelegte Prognose für IT-Betreuer / Admins:

IPv6 kommt nicht nur sicher - es ist bereits da!



# Zur Namensgebung „IPv4“ vs „IPv6“

Unser gutes, altes Internet ...

... ist seit ~30 Jahren im Einsatz ...

... wird oft auch als „IPv4“ bezeichnet

Wieso eigentlich?

... logisch, es ist die vierte Version davon

...Oder?

# Zur Namensgebung (2)

Wikipedia meint:

*„Dass es sich beim heute gebräuchlichen Protokoll IPv4 um die vierte Generation des Internet-Protokolls handelt, ist ein populärer Irrtum. Die Versionsnummer 4 bezieht sich lediglich darauf, dass die vierte Version des TCP-Protokolls zum Einsatz kommt .... Mit der Einführung des TCP-Protokolls in der Version 4 kam immer noch ein Internet Protokoll zum Einsatz, das sich in seinem Aufbau von jenem unterscheidet, das wir heute umgangssprachlich als IPv4 bezeichnen (siehe DoD Standard Internet Protocol).“*

# Zur Namensgebung (2)

Kurz gesagt: Die „4“ bezog sich eigtl. auf TCP. Das reine IP Protokoll hat gar kein hartes Versionsschema und wurde über die Jahrzehnte hinweg immer wieder um neue Spezifikationen erweitert. (z.B. für NAT, CIDR,..).

Erst im Nachhinein hat sich die Bezeichnung „TCP/IP v4“ oder kurz „IPv4“ etabliert.

Aber was ist nun IPv6?

→ IPv6 ist eine Technologie, die

- Das IP-Protokoll komplett und von Grund auf neu definiert,
- vom bisherigen IP(v4) total unabhängig ist

# Intermezzo: IPv5?

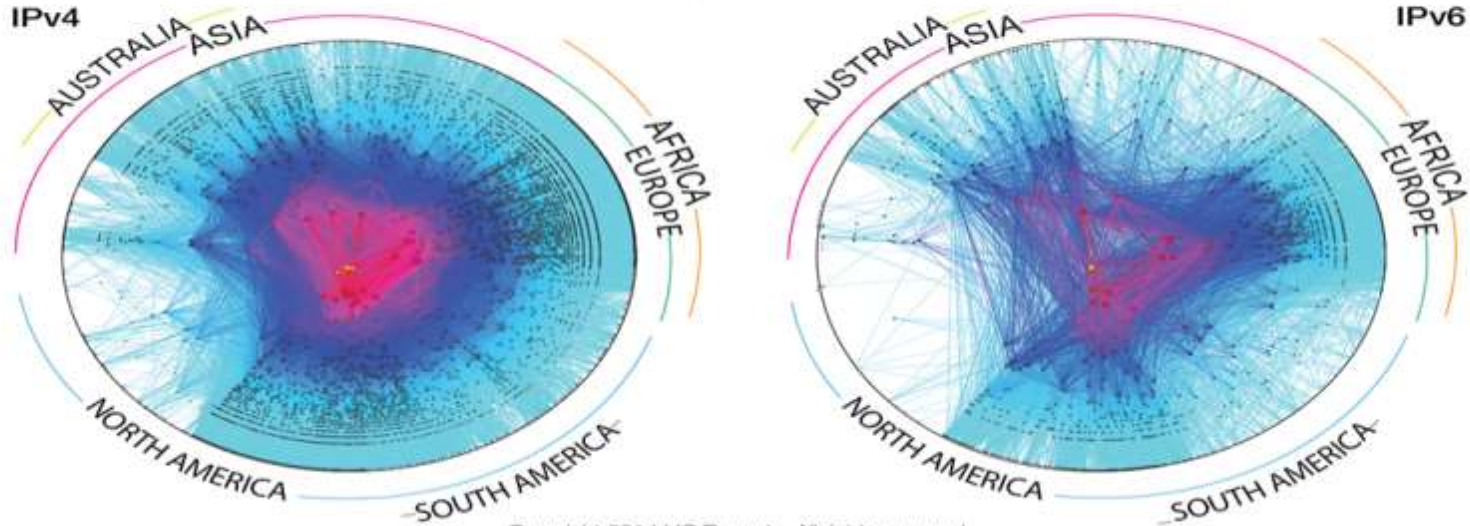
Was war eigtl. mit „IPv5“?

- Komplette andere Baustelle
- 1995 vorgesehen für „Internet Stream Protocol Version 2“
- Auf Multimedia-Applikationen optimiertes IP-Protokoll
- „Rohrkrepler“
- dummerweise war damit die „5“ als IP-Versionsnummer verbraucht → IPv6

# Grundsätzliches zu IPv6

IPv6 bildet ein komplett neues „Parallel-Internet“

CAIDA's IPv4 & IPv6 AS Core  
AS-level INTERNET Graph  
*Archipelago January 2014*



Copyright 2014 UC Regents. All rights reserved.

# Grundsätzliches zu IPv6 (2)

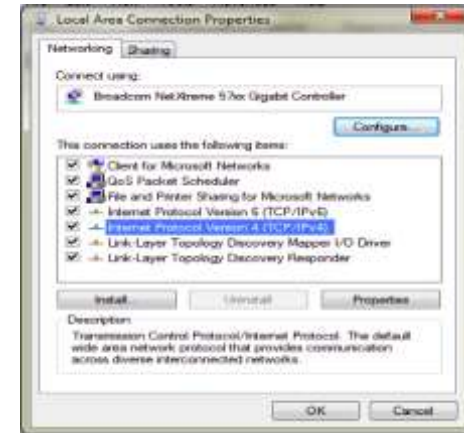
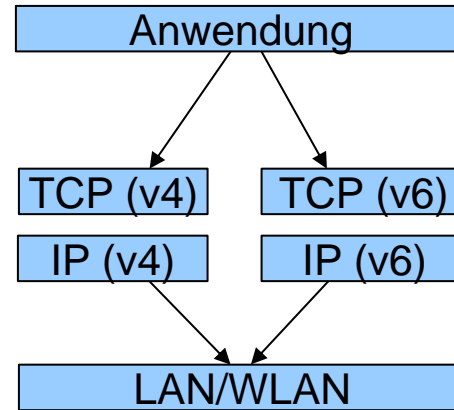
IPv6 verwendet neue IP-Adressformate:

- IP-Adresse von [www.google.de](http://www.google.de) im (bisherigen) IPv4-Internet:  
64.233.166.94
- IP-Adresse von [www.google.de](http://www.google.de) im IPv6-Internet:  
2a00:1450:400c:c09::5e

*...zu den Adressen später mehr...*

# „Sanfte“ Einführung von IPv6 per Dual-Stack

- Dual-Stack Mechanismus:  
Ein Rechner „spricht“ gleichzeitig sowohl das bisherige IPv4 als auch das neue IPv6
- Technisch gesprochen:
  - Es laufen zwei getrennte „IP-Stacks“ im Betriebssystem
  - Die Anwendung entscheidet, ob sie IPv4 oder IPv6 verwendet



# Dual-Stack als Migrationshilfe

- Ohne „Dual-Stack“ könnte ein IPv4-Rechner nur IPv4-Ziele, und ein IPv6-Rechner nur IPv6-Ziele erreichen

Quellsystem	Zielsystem	Ergebnis
IPv4	IPv4	OK
IPv4	IPv6	FAIL
IPv6	IPv4	FAIL
IPv6	IPv6	OK

- Dank Dual-Stack kann ein Rechner je nach Bedarf sowohl die neuen IPv6-Zielsysteme, als auch alle bisherigen IPv4-Zielsysteme erreichen!



# DNS als Bindeglied im Dualstackbetrieb

- Dual-Stack zusammen mit dem Domain Name System (DNS) „versteckt“ die IPv6-Migration vom Endanwender:

- Ein normaler Endanwender kommt mit IP-Adressen selten in Kontakt, sondern verwendet Domainnamen:

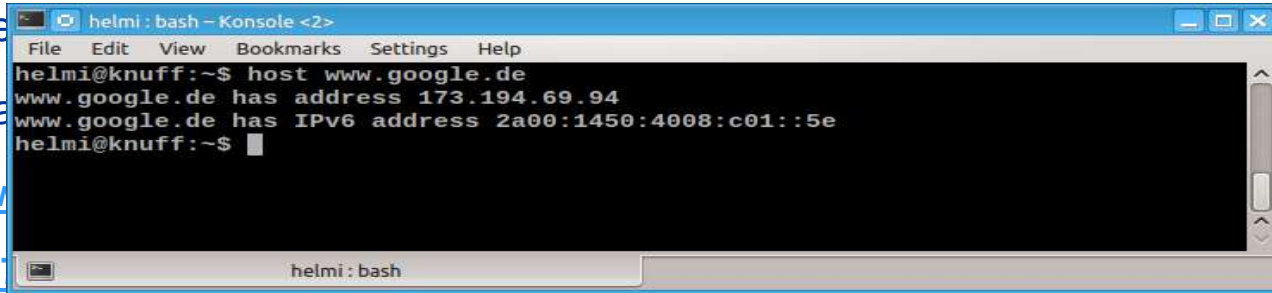
- Ein Domainname:

Bsp: [www.google.de](http://www.google.de)

→ [173.194.69.94](http://173.194.69.94)

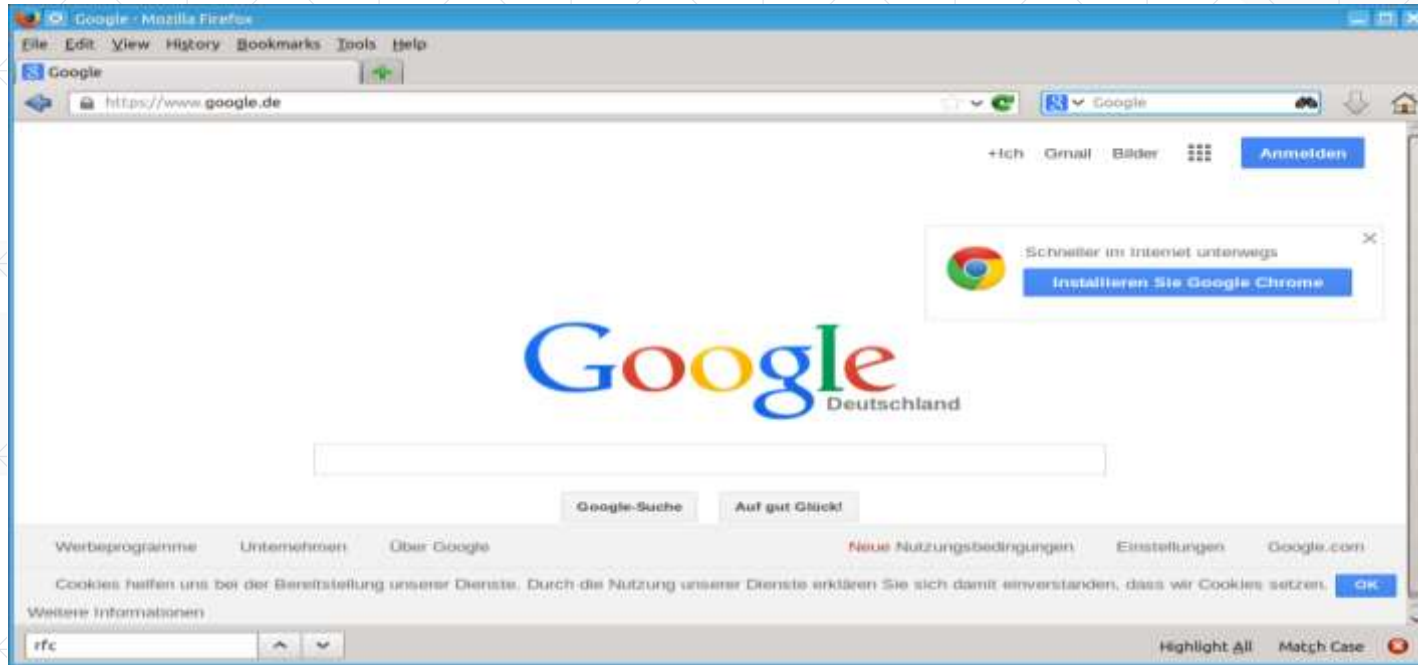
→ [2a00:1450:400c:c09::5e](http://2a00:1450:400c:c09::5e) (IPv6)

- Die Anwendung (z.B. der Webbrowser) kann sich raussuchen, über welches Protokoll sie mit dem Zielsystem kommuniziert (vorzugsweise IPv6)



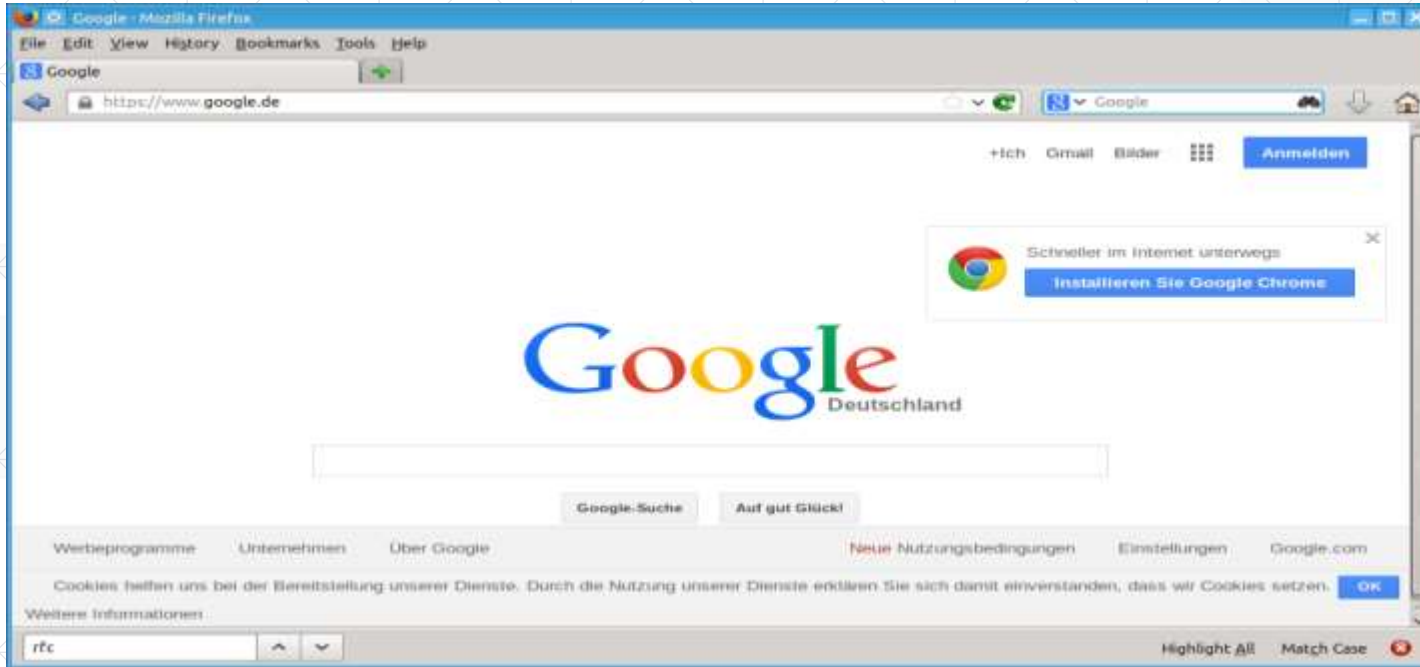
```
helmi : bash - Konsole <2>
File Edit View Bookmarks Settings Help
helmi@knuff:~$ host www.google.de
www.google.de has address 173.194.69.94
www.google.de has IPv6 address 2a00:1450:4008:c01::5e
helmi@knuff:~$
```

# In der Praxis: [www.google.de](https://www.google.de)



## Auf bisherigem (IPv4)-Rechner

# In der Praxis: [www.google.de](http://www.google.de)



## Auf IPv6-Rechner

# In der Praxis: www.wieistmeineip.de

Wie ist meine IP-Adresse? - Mozilla Firefox

Wie ist meine IP-Adresse? x

www.wieistmeineip.de

STARTSEITE SPEEDTEST ANBIETER TARIFRECHNER TIPPS & TOOLS FORUM LOGIN

powered

WIE IST MEINE IP.DE Ihre IP-Adresse lautet: **131.188.78.217**

Ihre IPv6-Adresse lautet: **2001:638:A000:3501:0:19:9951:3652**

Ihre System-Informationen: Linux Firefox 33.0 Deutschland

SPEEDTEST STARTEN PING-TEST STARTEN ANBIETER VERGLEICHEN

**Der verbesserte DSL-Speedtest**  
Das neue Testverfahren im DSL-Geschwindigkeitstest analysiert Ihre Internet-Verbindung noch genauer.  
[Zum kostenlosen Speedtest](#)

**IPv6: Ist Ihr Anschluss startklar?**  
Ob Ihr Anschluss schon bereit für das neue Internet

www.wieistmeineip.de/speedtest/



# WIE FUNKTIONIERT IPV6?



Ein Blick unter die Haube

# IPv6-Adresse

Wir wagen einen ersten Blick:

```
2001:0638:a000:3501:0230:0000:0000:d76e
```

Typische IPv6-Adresse eines RRZE-Arbeitsplatzrechners

# Adressformat

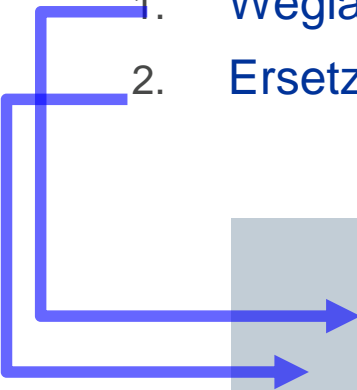
```
2001:0638:a000:3501:0230:0000:0000:d76e
```

- Hexadezimale Schreibweise!
- Aufgetrennt in jeweils acht 16-Bit-Blöcke
- Trennung der Blöcke durch Doppelpunkt („:“)
- Insgesamt 128 Bits lang
- $2^{128} = 340$  Sextillionen theoretisch mögliche Addr.
- Adressraum kann als ausreichend groß erachtet werden

# Notationsregeln

Vereinfachte Schreibweisen für IPv6-Adressen:

1. Weglassen von führenden Nullen innerhalb eines Blocks
2. Ersetzen zusammenhängender Null-Blöcke durch „::“ (einmalig anwendbar!)



```
2001:0638:0a00:0000:0000:0000:0000:0001  
== 2001:638:a00:0:0:0:0:1  
== 2001:638:a00::1
```

```
2001:0638:0000:0000:0000:0000:0000:0000 /32  
== 2001:638:: /32
```



# Subnetting bei IPv6

## Definition von Subnetzbereichen

- Bei IPv4: Altbekannte CIDR „/“-Notation (/0 ... /32), Bsp:
  - › 131.188.78.0 /**23**
  - › 192.168.10.0 /**24**
  - › 131.188.207.80 /**28**
  - › 10.16.0.0 /**16**
- Bei IPv6 gleiche Technik (/0 ... /128):
  - › 2001:638:: /**32**
  - › 2001:638:a000:3712:: /**64**
  - › 2001:638:a000:3712:22f:100:: /**88**
- IPv6-Subnetzrechnung gerade bei „krummen“ Netzen ziemlich fies  
→ „sipcalc“ is your friend
- Don't panic! In der IPv6-Praxis verwendet man i.d.R. nur „Präfixe“

# Präfixe

Die Sache mit den „Präfixen“

Bestimmte Netzmasken bilden bei IPv4 wie auch bei IPv6 ein Präfix

D.h. der Adressbereich kann mit „wildcards“ dargestellt werden

Bei Ipv4 gab es drei Präfixgrößen:

- › „/24“, z.b. 131.188.10.0/**24** == 131.188.10.\*
- › „/16“, z.B. 10.16.0.0/**16** == 10.16.\*.\*
- › „/8“, z.B. 24.0.0.0/**8** == 24.\*.\*.\*

Präfixe sind prima: Subnetzbereich erkennbar ohne Rechnerei

Bei IPv6 bildet die Netzmaske alle 4 Bits (= ein Hex-symbol) ein Präfix!

# IPv6-Präfix-Übersicht

2001:0db8:0128:0000:0000:0000:0000:0000	Anzahl der IP-Adressen
128	1
124	16
120	256
64	927 900
56	850 000
60	18 446 744 073 709 600 000
58	295 147 905 179 353 000 000
48	4 722 366 482 869 650 000 000
46	75 557 863 725 914 300 000 000
44	1 208 925 819 614 630 000 000 000
42	19 342 813 113 834 100 000 000 000
40	309 485 009 821 345 000 000 000 000
38	4 951 760 157 141 520 000 000 000 000
36	79 228 162 514 264 300 000 000 000 000
32	1 267 650 600 228 230 000 000 000 000 000
28	20 282 409 603 651 700 000 000 000 000 000
24	324 518 553 658 427 000 000 000 000 000 000
20	

## Gebräuchlichste Präfixe in der Netzwerk-Praxis:

/64 (Endnutzersubnetz)

/48 (Organisationsnetzbereich)

/32 (Providernetzbereich)

Don't Pan

in der Praxis keine Rolle!

/64

/48

/32

([www.ipv6-portal.de](http://www.ipv6-portal.de))

# IPv6 und Subnetzgrößen

## Derzeitige Vergabepraxis des RRZE bei neuen IPv4-Subnetzen

- › Im Idealfall gibt's ein „volles Netz“. d.h. „/24“er Prefix  
z.B. 131.188.81.0/24
- › Früher gab es auch noch die größeren Netze, z.B. „/23“  
z.B. 131.188.78.0/23
- › Heute gibt es oft nur noch kleine „Netzschnipsel“: „/25“ bis „/30“  
z.B. 131.188.207.80/28 (Bibl. Tennenlohe AREVA)
- › Wenn möglich, wird auf „private“ (RFC1918) Netzbereiche zurückgegriffen  
z.B. 192.168.216.0/24 (Institut für medizinische Physik IMP)

Dagegen bei IPv6: **Jedes** Subnetz soll einheitlich /64 groß sein!

# /64 Als Standard-Subnetzgröße

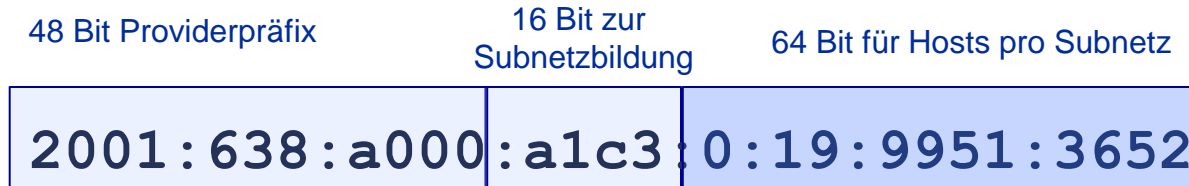
- Die Standardgröße für Endnutzersubnetze bei IPv6 ist „/64“!
- Bsp: Rechner im normalen Subnetz für RRZE Arbeitsplätze

2001 : 638 : a000 : 3501 : 0 : 19 : 9951 : 3652	/64
Netzpräfix	Device-ID bzw. Hostanteil

- „/64“ bedeutet: IPv6-Adresse ist genau in der Mitte geteilt:
  - 64-Bit Präfix bzw. Netzanteil (für alle Rechner im gleichen Netz identisch)
  - 64-Bit „Interface Identifier“ (der eigentliche Rechner innerhalb des Präfixes)
- „/64“ bedeutet: 18446744073709551616 Adressen pro Subnetz!
  - Auch wenn das Netz nur 2-3 Rechner beherbergen soll
  - (→ RFC 3177, RFC 5375)
- Konsequenz: Ein IPv6 Subnetz kann praktisch nicht mehr „voll“ werden

# Versorgung mit IPv6 von Provider an Endkunden

- Ursprünglicher Standard RFC3177: Jeder Kunde (Endkunde / Geschäftskunde / Organisation) erhält von seinem Provider ein 48-Bit-Präfix!
- d.h. Kunde hätte dann ganze 16 Bit zur Subnetzbildung (und könnte somit in Eigenregie 65536 unterschiedliche /64er Subnetze bilden)
- Mit potentiell max.  $2^{64}$  adressierbaren Rechnern pro Netz



# Versorgung mit IPv6 von Provider an Endkunden (2)

- RFC 3177 (2001) (/48 Präfix für **jeden** Kunden) inzwischen obsolet
  - Auch der kleinste Endkunde hätte pro Einwahl ein /48er Netz bekommen
  - Aber: Wozu braucht ein Privatkunde 65536 Subnetze?
- RFC 6177 (2011): Zuteilung auch kleinere Präfixe möglich
  - Geschäftskunden/Unternehmen bekommen i.d.R. /48
  - Endkunden i.d.R. /56 oder /64er
    - › /48: 65536 mögliche Subnetze
    - › /56: 256 mögliche Subnetze
    - › /64: 1 Subnetz

# Bezogen auf die FAU bzw. RRZE

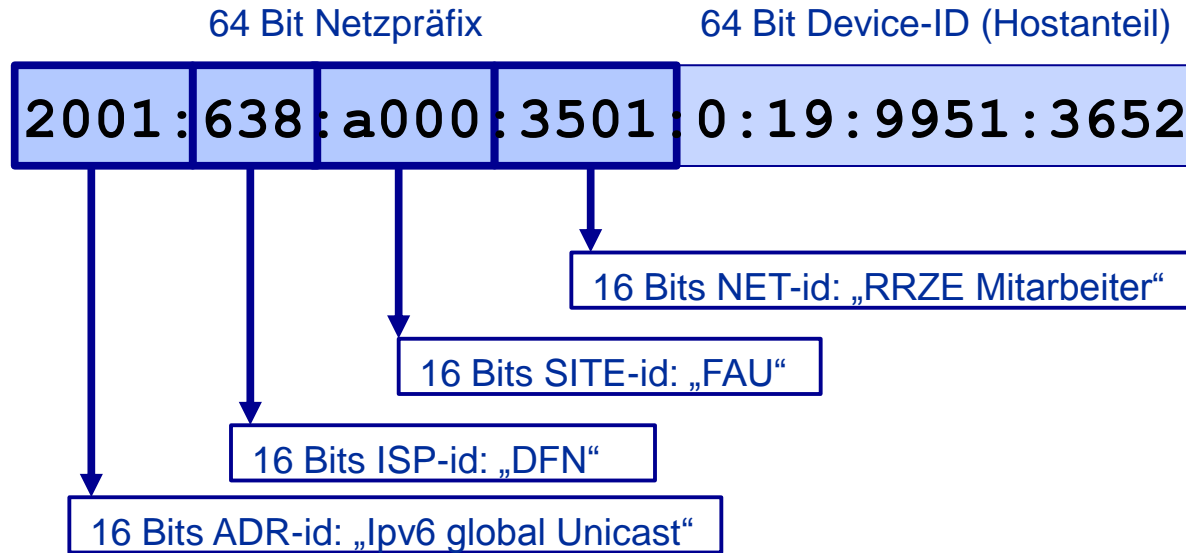
- DFN-Verein ist der „Provider“  
(d.h. vergibt /48er Präfixe an Kunden)
- RRZE / FAU ist „Kunde“  
(d.h. vergibt /64er Subnetze an Anwender)
- Nutzer an Instituten sind Endanwender des Kunden  
(adressieren bis zu  $2^{64}$  Rechner in ihrem Subnetz)

...Dazu später mehr...



# V6-Adressen, Fazit

Eine IPv6-Adresse ist strukturiert aufgebaut:



# ... wer es noch detaillierter haben will ...

Struktur einer IPv6-Adresse eines Arbeitsplatzrechners in der Informatik 4

**2001:0638:0a000:4134::FF10:62**

2001::	/3	Adressblock Global Unicast Address
2001:600::	/23	Adressblock IANA → RIPE-NCC Delegation
2001:638::	/32	Präfix DFN-Verein
2001:638:a000::	/45	Delegation an RRZE
2001:638:a000::	/48	Präfix FAU-Wissenschaftsnetz (WiN)
2001:638:a000:4000:	/52	Präfix FAU-WiN Erl-Sued
2001:638:a000:4100:	/56	Präfix FAU-WiN Erl-Sued-Informatik
2001:638:a000:4134::	/64	Präfix FAU-WiN Erl-Sued-Informatik Vlan 34 (LS 4)
2001:638:a000:4134: 0000:0000:FF10:62	/128	Komplette IPv6-Adresse Letzter Teil vom IT-Betreuer / DNS-Admin vergeben

# Adressverschwendung?

- Ein Oft mit der Präfix-Vergabe geäußerter Vorwurf
  - Warum ein komplettes /64er Netz für ein Netz aus nur 3 Rechnern?
  - Warum ein komplettes /48er Präfix für normale Endkunden?

Bei IPv6 erfordert Umdenken:

- Ein IPv6-Subnetz soll keine verknappte Ressource darstellen, die in irgendeiner Form „verbraucht“ wird.
- Ein IPv6-Subnetz ist ein Adressraum, in welchen beliebig viele Rechner einfach „eingebettet“ werden können



# IPV6 INTERFACETECHNIK



link local Adressen  
multicast Adressen  
Neighbour Discovery Mechanismus  
Adressbezug (SLAAC/DHCP/Static/...)

→ Vortrag Teil 2 am 09.12.2015



# WIE KANN ICH IPV6 NUTZEN?



## IPv6 im Wissenschaftsnetz der FAU

# IPv6 am Campus (1)

## Grundsatz:

- FAU Netz als „IPv6 managed Network“:
  - Gleiche Sorgfalt bzgl. Netzadministration wie bei IPv4!
- ordentlichen Administration aller Rechner!
- Dokumentation!
- DNS-Einträge!
- Nennung von Ansprechpartner / Techn. Kontakte / Verantwortlichkeiten!

# IPv6 am Campus (2)

Wie erhält ein Institut IPv6?

- Gleiche Vorgehensweise wie bei IPv4
- IT-Betreuer wenden sich an RRZE (noc@fau.de)
- DNS-Admin weist jeweiligem Subnetz ein /64 Präfix zu
- i.d.R. Aufschaltung auf vorhandenes v4-Netz (Dualstack)
- statische Adressvergabe oder zentraler DHCPv6

(kein „SLAAC“!)

# IPv6 am Campus (3)

## Ansprechpartner am RRZE: Analog zu Ipv4

- DNS-Einträge: Pflicht für jede benutzte Adresse!
  - [dns@fau.de](mailto:dns@fau.de)
- ACL-Einträge: Perimeterschutz für IPv6-Rechner im Subnetz
  - [acl@fau.de](mailto:acl@fau.de)
- DHCP-Einträge: Verwaltung statischer DHCP-Einträge
  - [dhcp@fau.de](mailto:dhcp@fau.de)



# IPv6 am Campus (4)

Wie viele IPv6-Netze bekommt ein Institut?

- Regelfall: Pro vorhandenem IPv4-Netz gibt es ein IPv6 Netz (/64)
  - IPv6 nutzt die gleiche vorhandene LAN-Struktur wie IPv4
  - i.d.R. Besteht kein Bedarf, die zugr. LAN-Struktur zu ändern
  - Nur die Adressen pro Netz sind unerschöpflich - nicht die Netze!
- Ausnahmen
  - Konsolidierungen bestehender Strukturen
  - „v6-only“ Tests / Forschungsprojekte
  - Wohnheime / Ext. Institute mit eig. IP-Struktur

# IPv6 am Campus (5)

Wichtigste Betriebsparameter:

- Subnetz / „Präfix“: /64, standortbezogen, zugewiesen vom RRZE
- Default Gateway
  - › Netzübergreifend immer `fe80::1`
  - › Beziehen Rechner i.d.R. automatisch vom Router (unabh. von DHCP)
- Diverse Services sind bereits v6-fähig
  - › DNS (`2001:638:a000:1053:53:: [1, 2]`) (für v6-only Betrieb)
  - › Mail („smtp-auth“ / dovecot)
  - › NTP „ntp[0-3].ipv6“
  - › Jabber / IRC (s. DNS)

# IPv6-Ausbaustatus (1)

## IPv6-Ausbau: Inzwischen an fast allen Netzbereichen verfügbar

- › sitak/reliant.gate (RRZE)
- › suedstern.gate (Südgelände)
- › natur.gate (Naturwissenschaften)
- › informatik.gate (Informatik)
- › mathe.gate (NMI-Komplex)
- › hector.gate (Innenstadtbereiche)
- › earth.gate (Innenstadtbereiche)
- › general.gate (Röthelheimpark)
- › halbmond.gate (Innenstadt Halbmondstraße)
- › casino.gate / gambler.gate (Nürnberg WiSo)
- › warum.gate (Nürnberg Findelgasse)
- › ewf.gate (Nürnberg EWF, in Aufbau)
- › schalk.gate (Ulrich-Schalk-Straße)
- › focus.gate (Optik)
- › toptenn.gate (Tennenlohe/immd12)
- › like.gate (Tennenlohe/like)
- › da-gama.gate (Nägelsbachstraße)
- › aeg.gate (AEG-Gelände)
- › ufer.gate (Uferstadt)
- › gossen.gate (Gossengelände)
- › cell.gate (Innenstadt/STW)

# IPv6-Ausbaustatus (2)

„work in progress“:

- WLAN: Aufbau mit neuer WLAN-Infrastruktur
- VPN: Pilottest (transport und tunneling): vpn@fau.de
- Einige DSL-Site2site-VPN Standorte (Geräteabhängig)
- UK-Erlangen → Betreuung durch MIK

(Präfix 2001:638:a006::/48 Q3/2014 zugewiesen)

# Die Adressressourcen des RRZE (1)

Ein Blick „hinter die Kulissen“: RRZE Gesamtadressbereich

2001:638:a000::/45

Gegenwärtige Unterteilung:

- 2001:638:a000::/48 FAU Wissenschaftsnetz
- 2001:638:a001::/48 FAU Delegationsbereich
- 2001:638:a002::/48 reserviert
- 2001:638:a003::/48 reserviert
- 2001:638:a004::/48 FAU EXT (Externe Einrichtungen, DFN Mitnutzer,..)
- 2001:638:a005::/48 reserviert
- 2001:638:a006::/48 UK-Erlangen (Uniklinik)
- 2001:638:a007::/48 reserviert

# Die Adressressourcen des RRZE (2)

## Detailliertere Blick auf das FAU Wissenschaftsnetzpräfix

### 2001:638:a000::/48

- 2001:638:a000:0000::/64 ; Netzinfrastruktur (/112er „Schnipsel“)
- 2001:638:a000:0001::/64 bis 4094 Netze
- 2001:638:a000:0fff::/64 ; reserviert
- 2001:638:a000:1000::/64 bis 8191 Netze
- 2001:638:a000:2fff::/64 ; Subnetzversorgung RRZE zentrale Dienste
- 2001:638:a000:3000::/64 bis 45055 Netze
- 2001:638:a000:dfff::/64 ; Reguläre Subnetzversorgung Institute
- 2001:638:a000:e000::/64 bis 8191 Netze
- 2001:638:a000:ffff::/64 ; reserviert

# Die Adressressourcen des RRZE (3)

Vergabe FAU Institutsnetze 2001:638:a000:[XYZZ]::/64

Aufbau des Net-Identifiers: **XYZZ**

**X**: Areal (4Bit), **Y**: Router innerhalb Areal (4Bit), **ZZ**: Subnetz-Nr. auf Router (8Bit)

- 3: Erlangen RRZE
- 4: Erlangen Süd
- 5: reserviert
- 6: Erlangen Innenstadt
- 7: reserviert
- 8: Erlangen Nord

- 1: informatik.gate
- 2: mathe.gate

- ..
- 03: Inf3 Windowsnetz
- 04: Inf3 Globusnetz

→ **IPv6-Subnetz für Informatik-CIP-Pool im Hochhaus / Südgelände:**  
**2001:638:a000:4130::/64**

- E: reserviert
- F: übergreifend / Mgmt

# Adressumzüge (1)

Was passiert, wenn ein Institut den Standort wechselt?

- → IPv6 „renumbering-Feature“
- Nur das Präfix des Netzes ändert sich (vgl. Telefonvorwahl)
- Der Host-Anteil der Adresse (hinteren 64 Adressbits) kann bleiben
- Endsysteme lernen neues Präfix automatisch über Router-Adv. und/oder DHCP
- DNS, ACL, ... Änderungen reduziert auf „search&replace“ des Präfix
- Adressumzüge in vgl. zu IPv4 stark vereinfacht



# Adressumzüge (2)

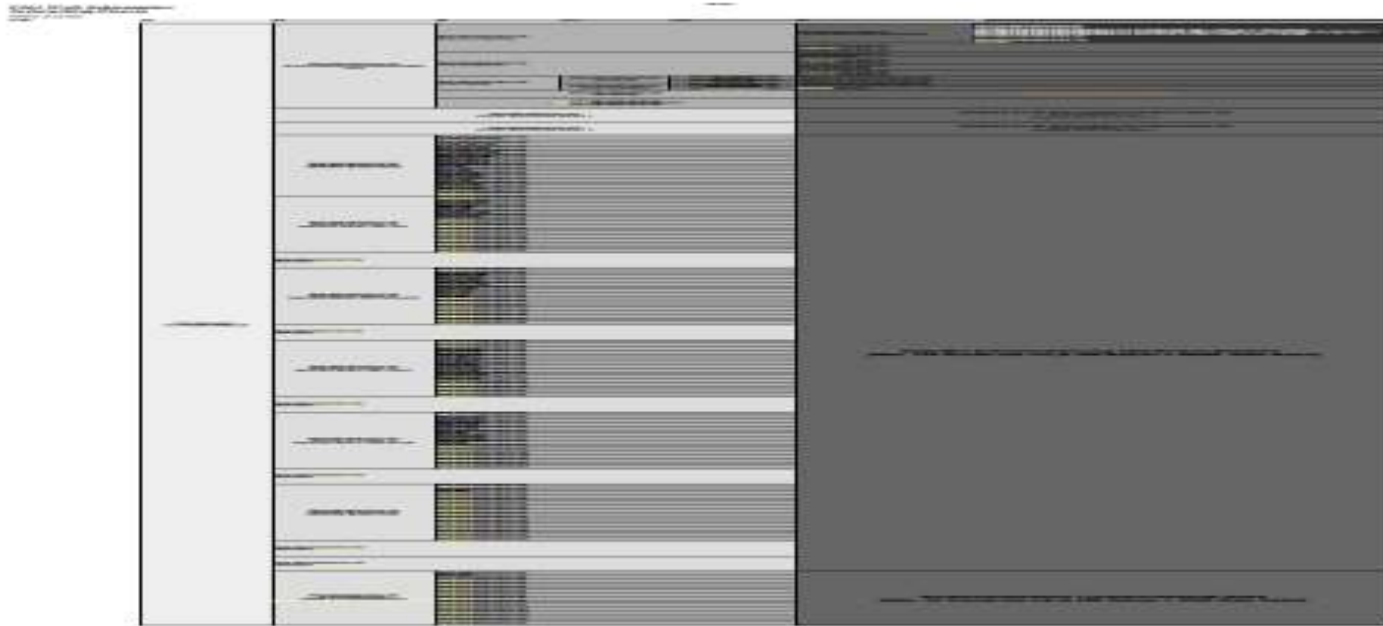
Fiktives Beispiel:

Umzug eines Informatik-Lehrstuhls vom Hochhaus-ErlSüd nach Nürnberg-AEG

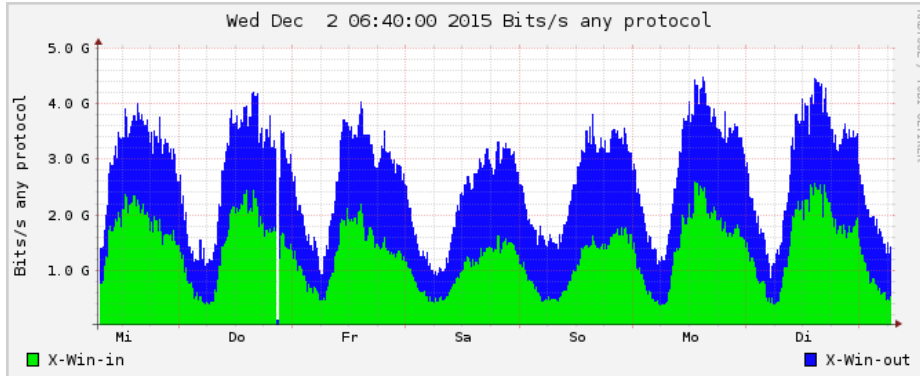
- Bisher: Erl-Süd (=4) / informatik-Hochhaus (=1), Subnetz Nr. 34 → IPv6 Net-ID = 4130
- Zukunft: NBG-West (=b) / AEG-Komplex (= 1), Subnetz Nr. 22 → IPv6 Net-ID = b122
- Exemplarische neue IPv6-Adresse:

2001:638:a000:4130::83bc:4e1e → 2001:638:a000:b122::83bc:4e1e

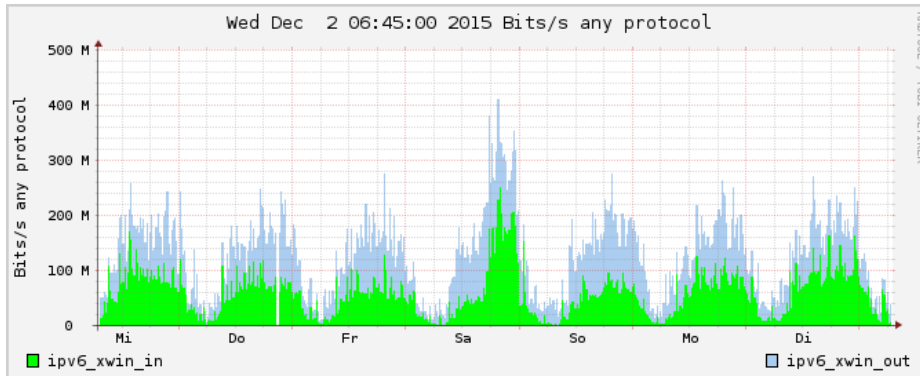
# IPv6: Subnetz-Struktur des FAU Wissenschaftsnetzes, Gesamtbild



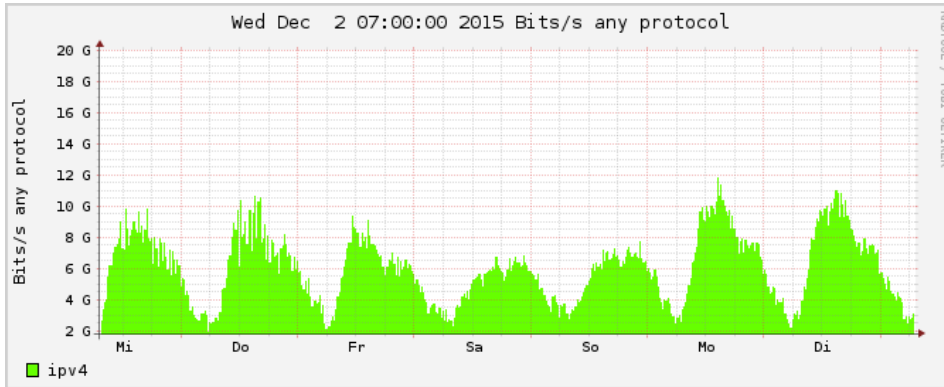
# Datenverkehr FAU Extern(Internet) IPv4 vs IPv6



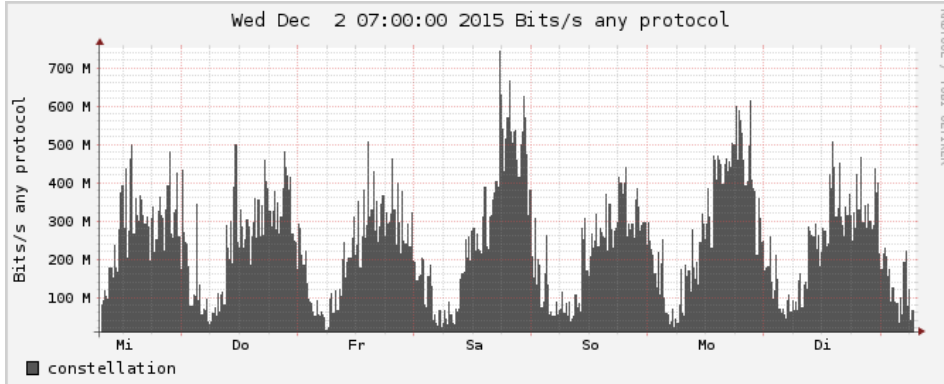
IPv6-Anteil zwischen 5 und 10%,  
Tendenz steigend



# Datenverkehr FAU Intern IPv4 vs IPv6



IPv6-Anteil zwischen 5 und 10%,  
Tendenz steigend





# WIE KANN ICH IPV6 NUTZEN?



IPv6 Zuhause

# IPv6 zuhause

Wie komme ich zuhause an IPv6?

- Passender Internetzugang:
  - IPv6-fähiger Provider (DSL/Kabel/LTE/...)
  - ~~Tunnelbroker~~
  - ~~6-4-gateways (6to4, Teredo,...)~~
- Passende Hardware:
  - IPv6-fähiger Router (v.a. bei nativer Anbindung)
  - IPv6-fähiges Betriebssystem (s. Vortrag nächste Woche)

# IPv6-Provider für zuhause

Inzwischen zunehmende IPv6-Versorgung durch „Mainstream“-Provider (DSL/Kabel):

- **Telekom/T-Online:**
  - IPv6 Dualstack für alle DSL Neuverträge von „IP-Produkten“ (/56er Präfix)
  - Rollout im Mobilfunknetz/LTE: Seit August 2015 Pilot mit 100.000 Kunden
- **1und1:** Seit 2015 Dualstack bei ADSL auf Anfrage, bei VDSL Standard (/56er Präfix)
- **Mnet/Nefkom:** “Dual-Stack Lite” als Standard für Neuverträge
- **Kabel Deutschland:** „Dual-Stack Lite“ als Standard für alle Neu- und Altverträge

# „Dual-Stack-Lite“

→ Beliebte Providertechnik um IPv4-Adressen zu sparen

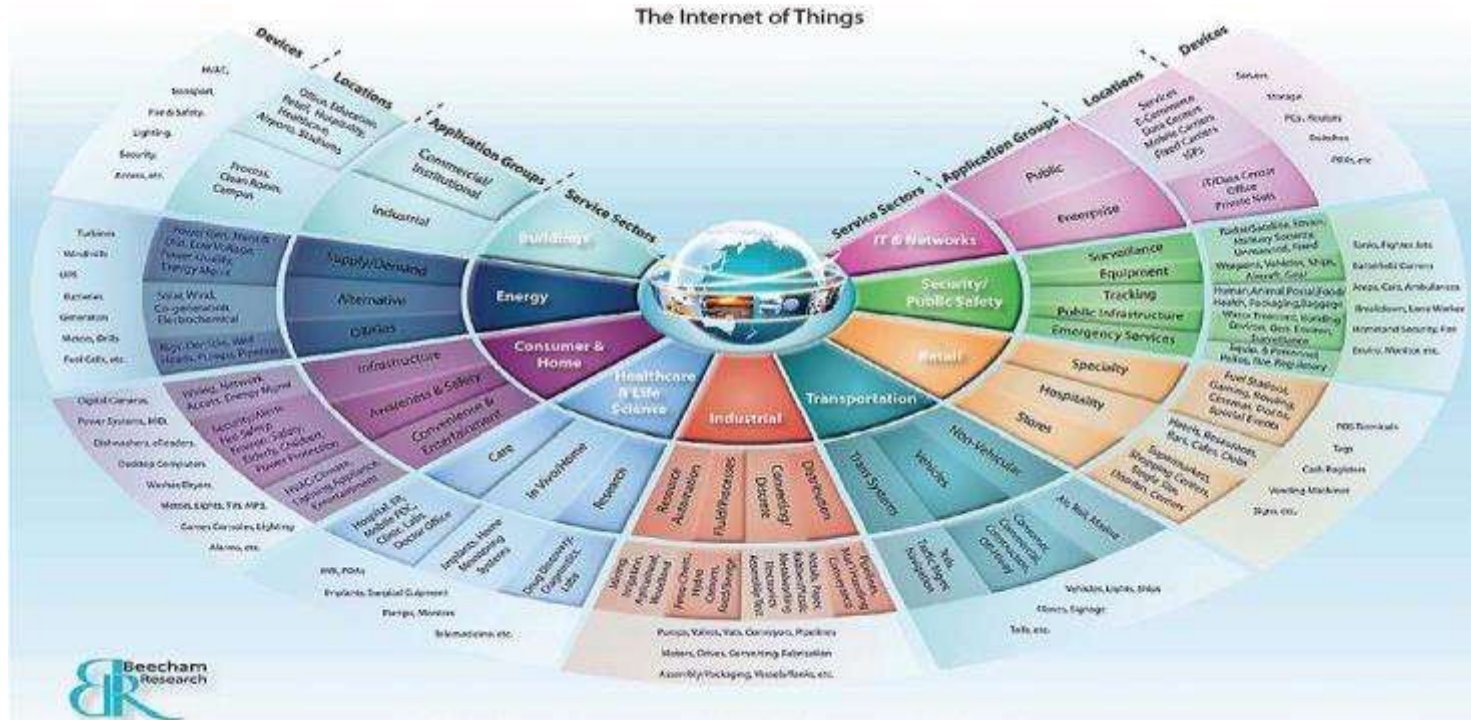
- Kunde bekommt ein normales IPv6 Präfix
- Aber: Kunde bekommt keine globale IPv4-Adresse mehr!
- Im Providernetz (Nicht: auf dem Kundenrouter) wird NAT vom privaten IPv4-Kundennetz auf eine globale IPv4-Adresse
- Kunde teilt sich eine IPv4-Adresse mit tausenden anderen Kunden
  - Prinzip: DSL-Router schickt die privaten IPv4-Pakete in IPv6 getunnelt an ein zentrales IPv4-NAT-Gateway des Providers
  - Zwischen Kunde und Provider wird nur noch IPv6 gesprochen
  - DS-Lite kommt i.d.R. bei Provider-verwalteten Kundenroutern („Zwangsrouter“) zum Einsatz (aber im Prinzip offener Standard)



# IPv6 zuhause, neue Möglichkeiten:

- Bsp. Telekom: Zuweisung eines „/56er“ Präfix bei jeder Einwahl  
Bsp: `2001:4b88:1090:2200:: /56`
- Kunde kann potentiell 256 verschiedene Subnetze (/64) bilden:
  - `2001:4b88:1090:2200::/64`
  - `2001:4b88:1090:2201::/64`
  - ...
  - `2001:4b88:1090:22ff::/64`
- DSL-Router (z.B. Fritzbox) kann Netze nach Belieben verteilen:
  - `2001:4b88:1090:2201::/64` Heimnetz, z.B. LANPort1 / WLAN-home
  - `2001:4b88:1090:2202::/64` Gastnetz, z.B. LANPort2 / WLAN-guest
  - `2001:4b88:1090:2203::/64` „Smarthome“, z.B. LANPort3
- Neues Buzzword: „Internet der Dinge“ („Internet of Things“ / IoT)

# Internet der Dinge



© Cisco / Beecham Research

# IPv6-Praxisaspekte (1)

## IPv6 vs. NAT und Firewalling

- Bei IPv4: NAT als „pseudo-Firewall“
  - Endrechner war i.d.R. nicht direkt dem Internet ausgesetzt
  - Keine Firewall, aber Reduktion der Angriffsfläche
- Bei IPv6: Wiederherstellung der Ende-Zu-Ende Kommunikation
  - IPv6-Rechner global wieder direkt erreichbar
  - Nutzung von default Firewall/ACL-Regeln sehr zu empfehlen! (z.B. Blockieren eingehender Verbindungen)
  - Auf IPv6 Heim-Routern i.d.R. per default aktiviert (RFC 4864: „Local Network Protection“ als NAT-Ersatz)
  - An der FAU: Basisschutz per ACL auf Wunsch

# IPv6-Praxisaspekte (2)

## Datenschutzproblematik

- (Bisherige) Situation bei IPv4:
  - Endkunde bekommt „dynamische“ IP-Adresse
  - Endkunde nutzt NAT
- Bei IPv6:
  - I.d.R. globale Adressen
  - Bei neuer Einwahl zuhause ändert sich – wenn überhaupt – nur das Präfix
  - Neue Mechanismen auf Endgerät (z.B. IPv6 Privacy-Extensions)

→ **Vortrag Teil 2, 09.12.2015**

# Zusammenfassung und Sinnfrage

- IPv6 schon heute 15 Jahre alt
- Die ersten 10 Jahre gefristet als absolute Nischentechnik
- IPv6-Einführung so noch nie dagewesen, d.h. schwer steuerbar
- IPv6 als Technik für Endnutzer uninteressant (will nur Internet)
- Erst seit ca. 2 Jahren startet IPv6 wirklich durch
- Viele ursprünglichen Design-Ideen von der Realität eingeholt (z.B. IPSec)
- Einführung für den Endkunden „schleichend“, i.d.R. ohne Kenntnis

# Fertig!!

