

REGIONALES RECHENZENTRUM ERLANGEN [RRZE]



IP-FAU-6

Teil 1

RRZE-Netzwerkausbildung, 07.12.2016

Helmut Wunsch, RRZE

Dieser Vortrag wird aufgezeichnet.

**Die ersten beiden Sitzreihen
befinden sich im Kameraradius.**

Aus dem Inhalt

Wieso IPv6?

Wie funktioniert IPv6?

Wie bekomme ich IPv6?

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“

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 ~2012: Rapide Verbreitung, vor allem bei Endkundenprovidern
- „sanfte“ Migration durch Parallelbetrieb (nie harte Umschaltung)

IPv6 in der Medienberichterstattung



n:

n RIRs

...

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, dass sich in seinem Aufbau von jenem unterscheidet, dass wir heute umgangssprachlich als IPv4 bezeichnen (siehe DoD Standard Internet Protocol).“

Zur Namensgebung (3)

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.

Zur Namensgebung (4)

Was war eigtl. mit „IPv5“?

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

Grundsätzliches

→ IPv6 ist eine Technologie, die nach 30 Jahren Internet-Betrieb

- das IP-Protokoll komplett von Grund auf neu verfasst
- Kein Update, sondern eine Art „major release“ darstellt
- vom bisherigen IPv4 technisch komplett unabhängig ist
- parallel zum bisherigen IPv4 betrieben werden kann (praktisch: muss)
- komplett neue Adressierungsarten verwendet

- Bsp.: www.fau.de sowohl im IPv4 als auch IPv6 Internet erreichbar
 - › im IPv4-Internet: 131.188.16.209
 - › Im IPv6-Internet: 2001:638:a000:f101::2000

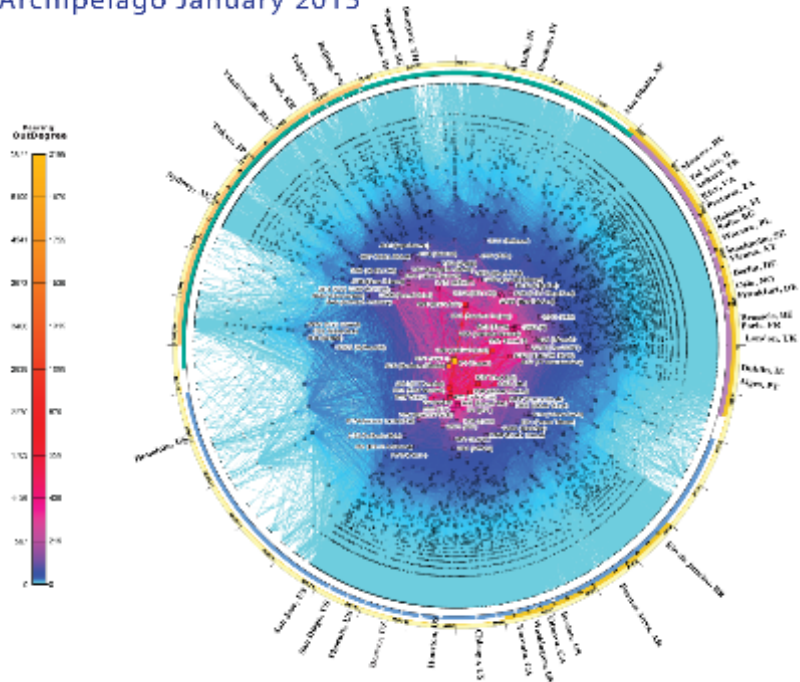
Grundsätzliches (2)

- Rein technisch ist das IPv6-Internet ein „Parallel-Internet“
- Es läuft getrennt zum bisherigen IPv4-Internet
- Auch wenn es in den meisten Fällen von der gleichen Routern betrieben wird (Dualstack-Betrieb)

Grundsätzliches (3)

CAIDA's IPv4 AS Core AS-level INTERNET GRAPH

Archipelago January 2015



Das bisherige (IPv4) Internet, wie wir es heute kennen:

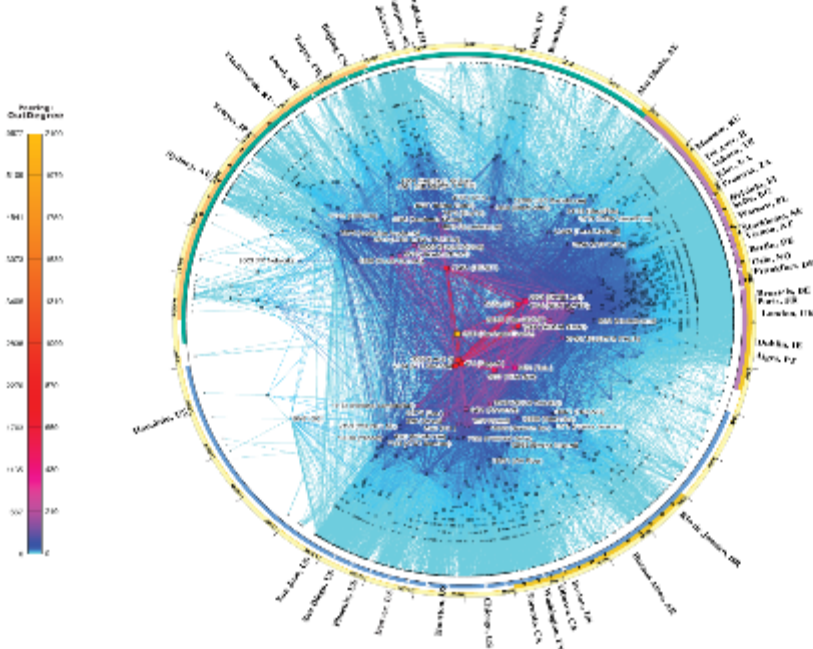
Kenndaten 2015 (caida.org)

- ~ 33.000.000 Router-Verbindungen
- ~ 40.000 Autonome Einzelnetze (AS)

Grundsätzliches (4)

CAIDA's IPv6 AS Core AS-level INTERNET GRAPH

Archipelago January 2015



copyright © 2015 UC Regents. All rights reserved.

Das „neue“ IPv6-Internet

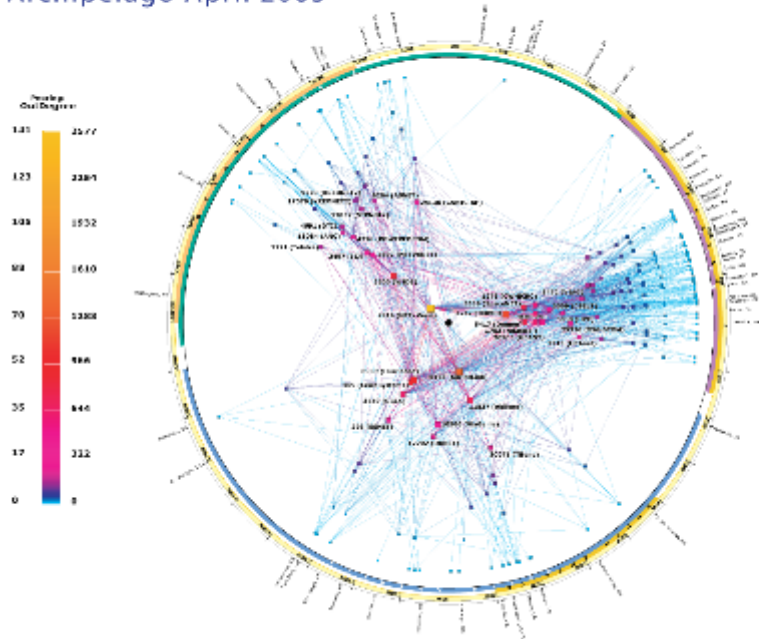
Kenndaten 2015 (caida.org)

- ~ 190.000 Router-Verbindungen
- ~ 5.300 Autonome Einzelnetze (AS)

Grundsätzliches (5)

CAIDA's IPv6 AS Core AS-level INTERNET GRAPH

Archipelago April 2005



copyright © 2005 UC Regents. all rights reserved.

Rückblick: IPv6 vor 10 Jahren

Kenndaten 2005 (caida.org)

- ~ 8000 Router-Verbindungen
- ~ 300 Autonome Einzelnetze (AS)

Grundsätzliches (6)

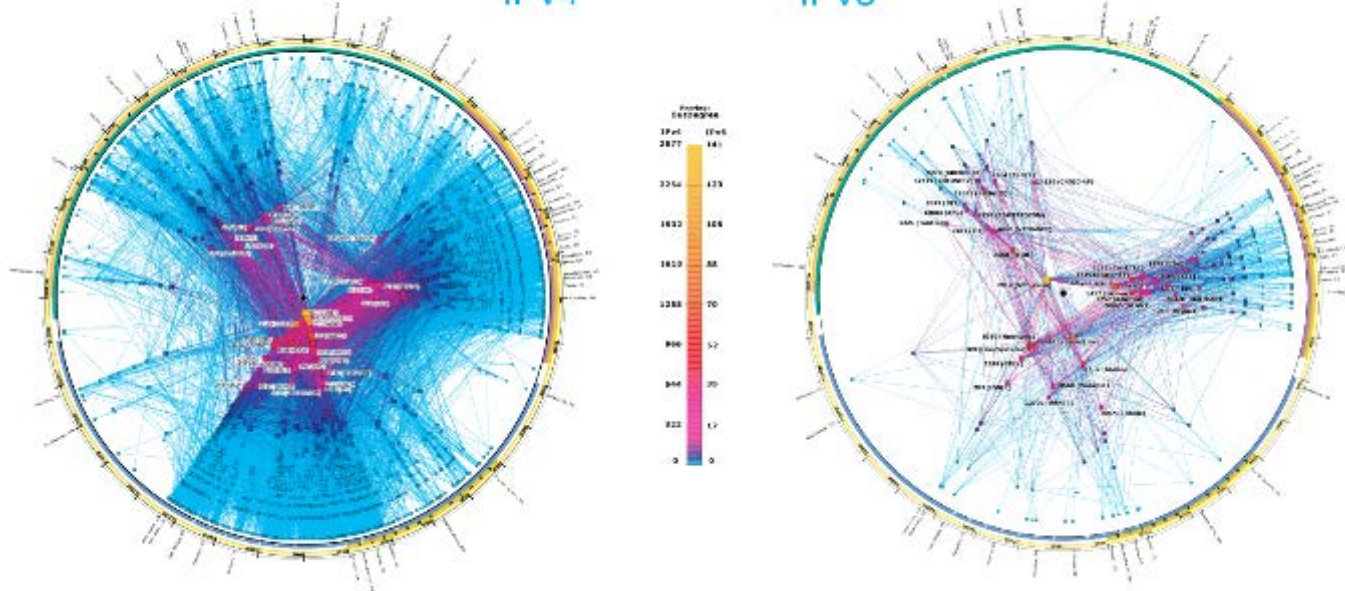
Gegenüberstellung Internetausbau IPv4-IPv6: Stand 2005

CAIDA's IPv4 & IPv6 AS Core
AS-level INTERNET GRAPH

Archipelago & Community Collected April 2005

IPv4

IPv6



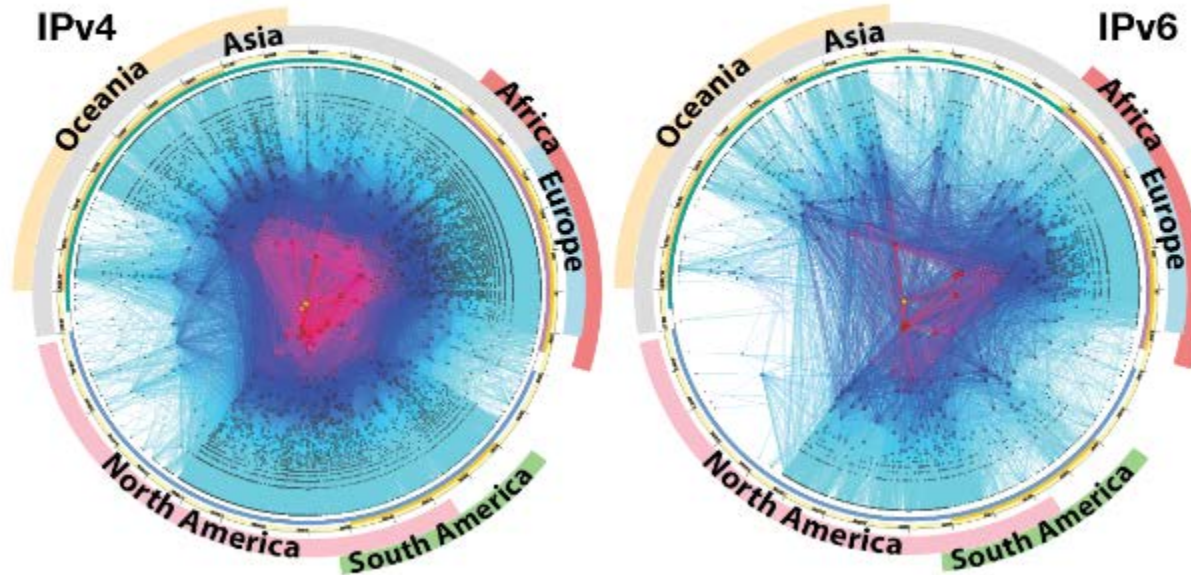
copyright © 2005 UC Regents. all rights reserved.

Grundsätzliches (7)

Gegenüberstellung Internetausbau IPv4-IPv6: Stand 2015

CAIDA's IPv4 vs IPv6 AS Core AS-level Internet Graph

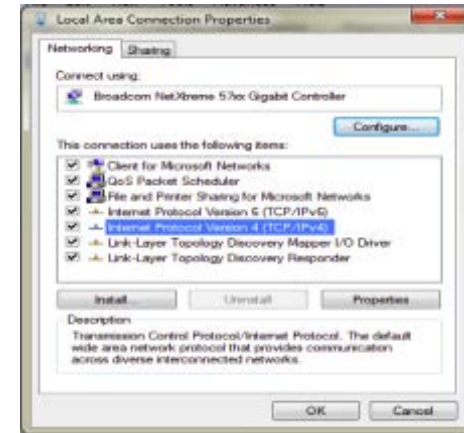
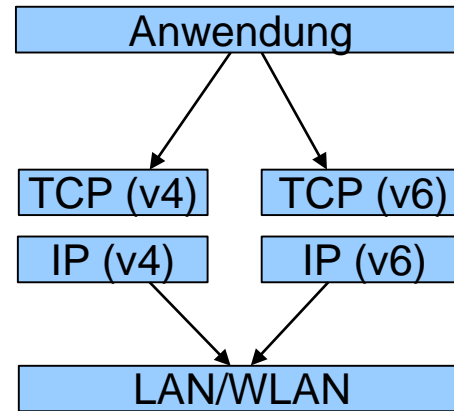
Archipelago July 2015



Copyright © 2015 UC Regents. All rights reserved.

„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

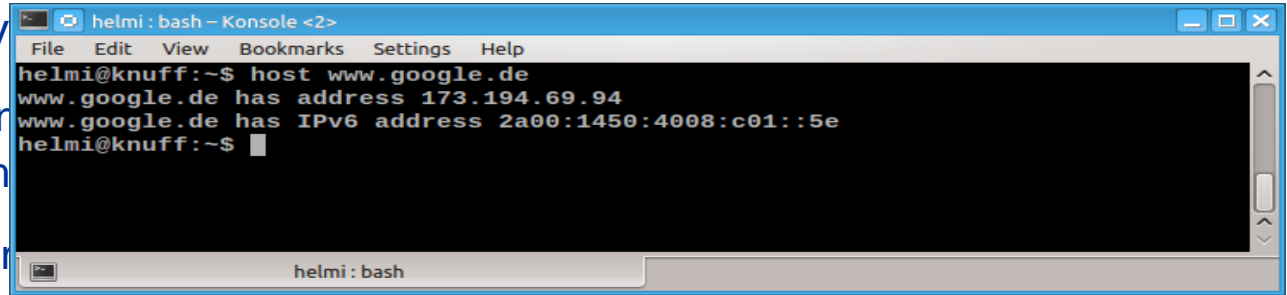
- Dank Dual-Stack kann ein Rechner je nach Bedarf sowohl die neuen IPv6-Zielsysteme, als auch alle bisherigen IPv4-Zielsysteme erreichen!

DNS als Bindeglied im Dualstackbetrieb

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

- Ein normaler Er verwendet Dom

- Ein Domain-Nar



```
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:~$
```

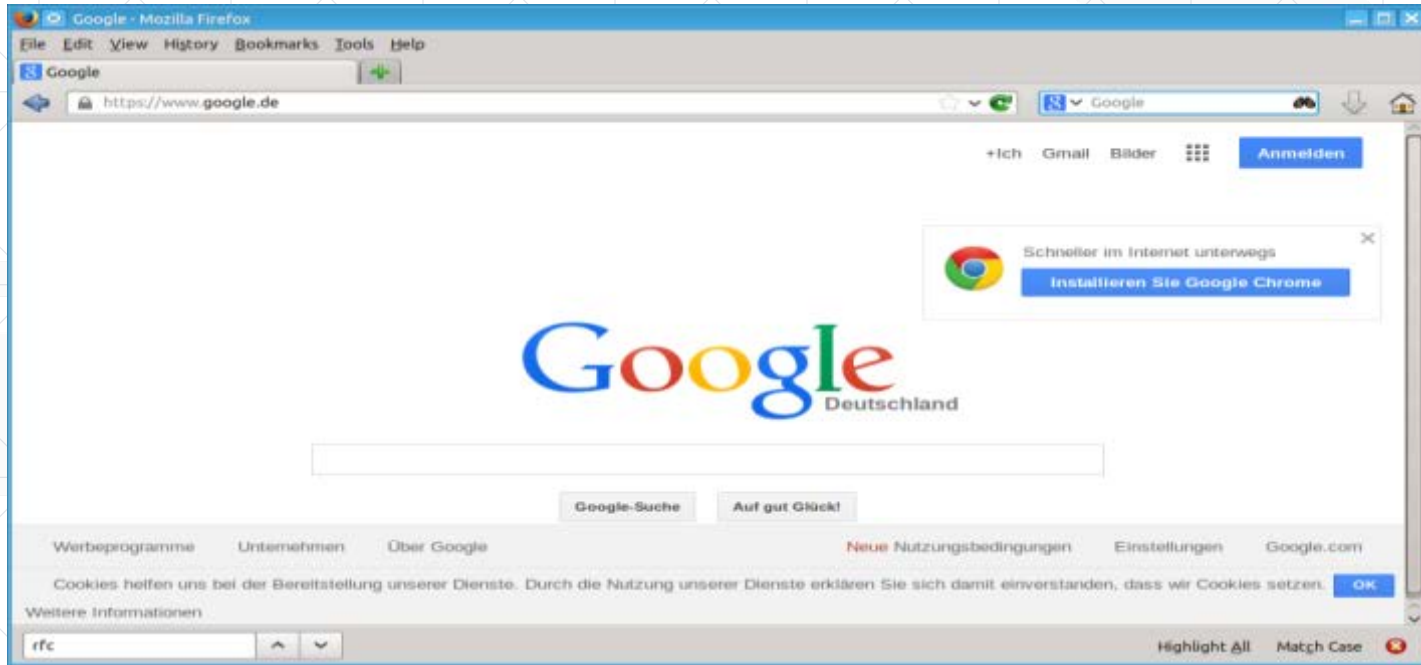
Bsp: www.google.de

→ 173.194.69.94 (IPv4)

→ 2a00:1450:400c:c09::5e (IPv6)

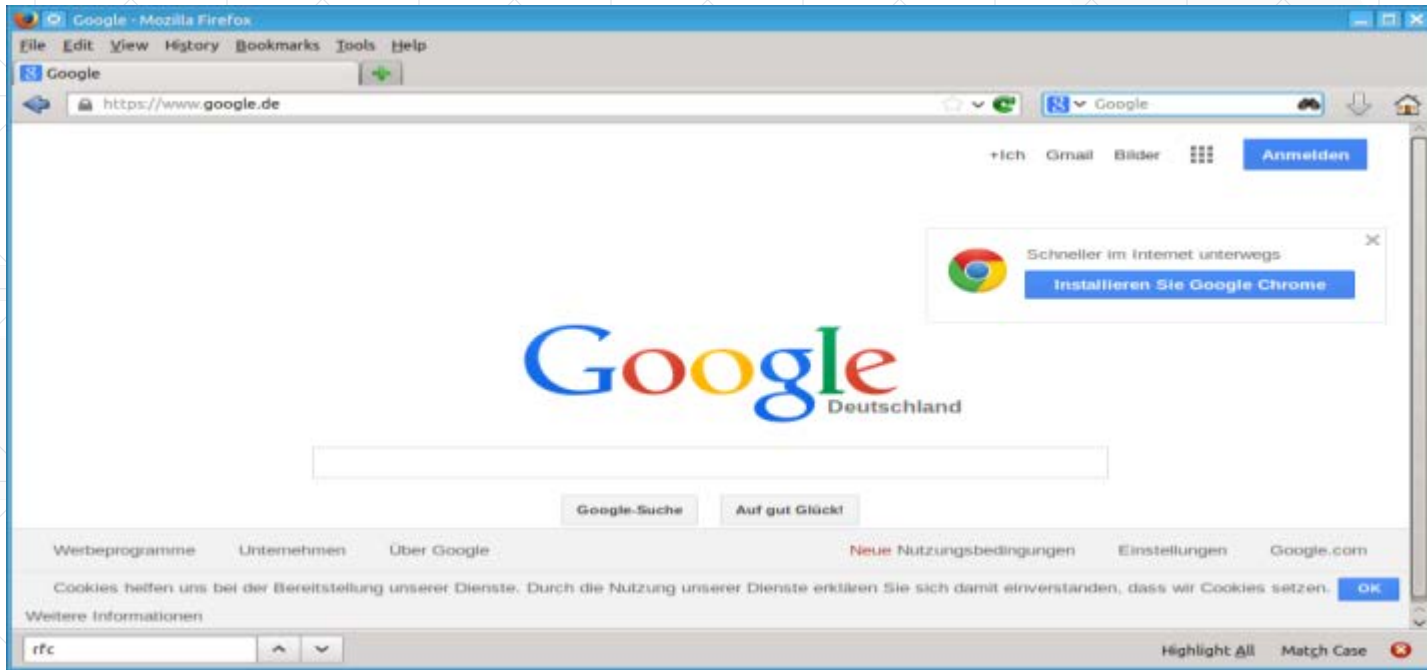
- Die Anwendung (z.B. der Webbrowser) kann sich raussuchen, über welches Protokoll sie mit dem Zielsystem kommuniziert (vorzugsweise IPv6)

In der Praxis: www.google.de



Auf bisherigem (IPv4)-Rechner

In der Praxis: www.google.de



Auf IPv6-Rechner

In der Praxis: www.wieistmeineip.de

Wie ist meine IP-Adresse? - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

Wie ist meine IP-Adresse? x

www.wieistmeineip.de

Google

krz loshintz Cacti NFSEN vm Split Screen | ... Vmprint Telefonnummer CNM aida VMS organi Irzping

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:a000:1022:0230:0000:0000:d76e
```

Typische IPv6-Adresse eines Servers an der FAU

Adressformat

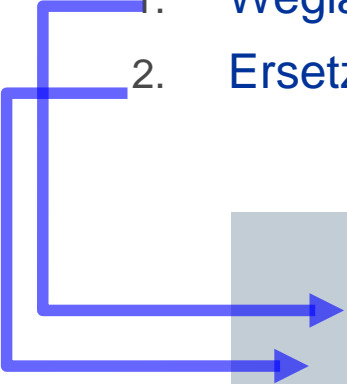
```
2001:0638:a000:1022:0230:0000:0000:d76e
```

- 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
```

IPv6 Adresstypen

IPv6 unterscheidet noch differenzierter als IPv4 zwischen unterschiedlichen Adresstypen (Bereiche):

- Loopback-Adresse (::1/128)
- Link Local Unicast-Adressen (fe80::/10)
- Unique Local Unicast-Adressen (fc00::/7)
- Multicast-Adressen (ff00::/8)
- Anycast-Adressen
- Global unicast Adressen

→ Differenziertere Betrachtung kommende Woche Vortrag 2. Teil

Subnetting: Angabe von Subnetzbereichen

Bei IPv4:

- Entweder per „Slash“-Notation (/0 ... /32), Bsp:
 - › 131.188.78.0 /23
 - › 192.168.10.0 /24
 - › 131.188.207.80 /28
 - › 10.16.0.0 /16
- Oder Angabe der Netzmaske
 - › 131.188.78.0 255.255.254.0
 - › 192.168.10.0 255.255.255.0
 - › 131.188.207.80 255.255.255.240
 - › 10.16.0.0 255.255.0.0

Subnetting: Angabe von Subnetzen

- **Bei IPv6:**
 - **Nur noch Verwendung der “Slash”-Notation (/0 ... /128), Bsp:**
 - 2001:638::**/32**
 - 2001:638:a000:3712::**/64**
 - 2001:638:a000:3712:22f:100::**/88**
 - **IPv6-Subnetzrechnung gerade bei „krummen“ Netzen relativ komplex**
 - In der Praxis oft Nutzung von Tools wie z.B. „sipcalc“
 - **Aber: 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 sog. Präfix
- D.h. der Adressbereich kann mit „wildcards“ dargestellt werden
- Präfixe sind leicht zu handhaben: Subnetzbereich erkennbar ohne Rechnerei
- 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.*.*.*
- Bei IPv6: Theoretisch 32 Präfixbereiche (alle 4 Bits, d.h. nach jedem Hex-symbol)

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
38	4 951 760 157 141 520 000 000 000
36	79 228 162 514 264 300 000 000 000
34	1 267 650 600 228 230 000 000 000 000
32	20 282 409 603 651 700 000 000 000 000
30	324 518 553 658 427 000 000 000 000 000

Gebräuchlichste Präfixe in der Netzwerk-Praxis:

/64 (Endgerätesubnetz)

/48 (Organisationsnetzbereich)

/32 (Providernetzbereich)

Don't Pan

in der Praxis keine Rolle!

/64

/48

/32

(www.ipv6-portal.de)

/64 Als Standard-Subnetzgröße

- Die Standardgröße für Endnutzersubnetze bei IPv6 ist „/64“!
- Bsp: Rechner in einem Servernetz des RRZE Datacenter

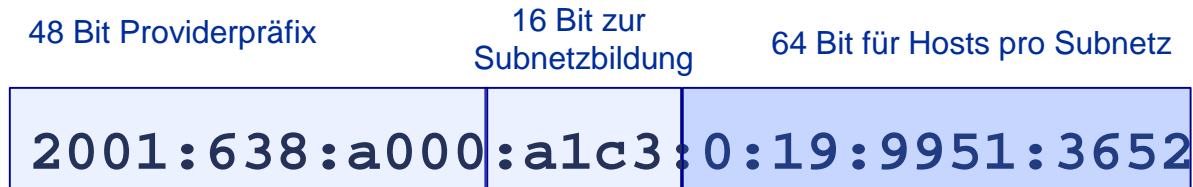
2001:638:a000:1022:0:19:9951:3652 /64

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: $2^{64} = 18446744073709551616$ 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 von Endnutzern mit globalen IPv6-Adressen

- 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 von Endnutzern mit globalen IPv6-Adressen (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

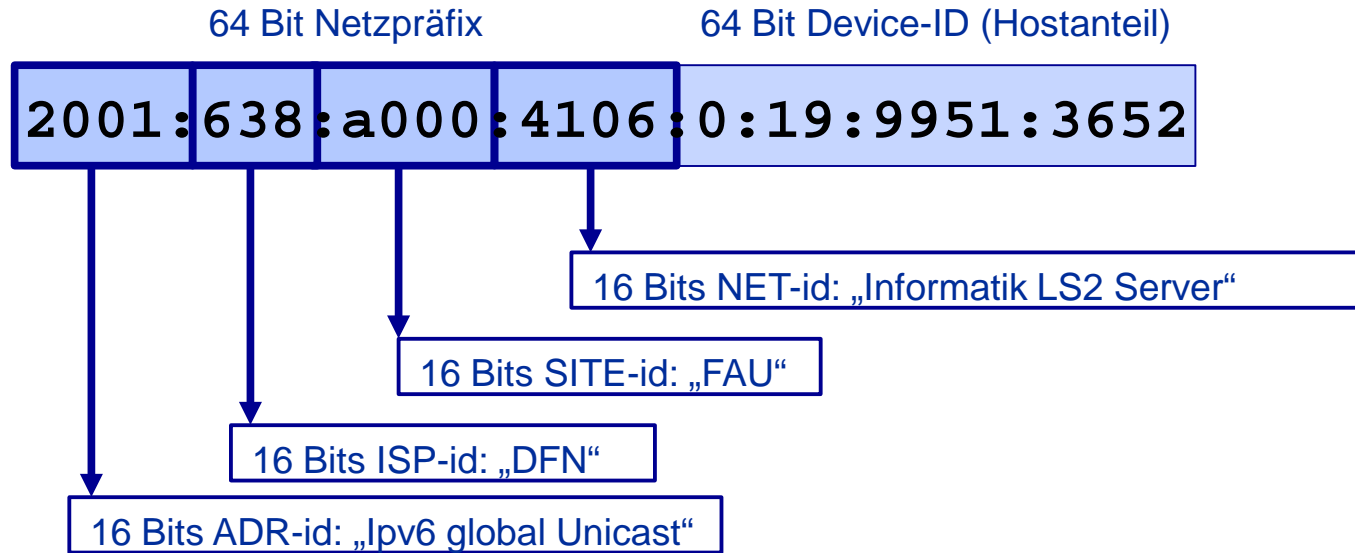
Bezogen auf die FAU bzw. RRZE

- 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 14.12.2016



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-Dienst
(kein „SLAAC“!)

IPv6 am Campus (3): Globale / Lokale Adressen

Je nach Einsatzzweck Zuweisung eines

- Global gültigen IPv6-Adressbereichs (2001::<*) oder
- Lokal gültigen IPv6-Adressbereichs (FD00::<*)

Regelfall Dualstackbetrieb: Gleicher Gültigkeitsbereich von IPv4 und IPv6

Bsp. Öfftl. Netzbereich: **131.188.2.0/23**
2001:638:a000:1001::/64

Bsp. Privater Netzbereich: **10.27.2.0/24**
FD00:638:a000:1000::/64

Wahlweiser Internetbreakout bei lokalen Adressen: Vgl. IPv4 (Proxy, NAT,...)

IPv6 am Campus (4)

Ansprechpartner am RRZE: Analog zu Ipv4

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

IPv6 am Campus (5)

Wie viele IPv6-Netze bekommt ein Institut?

- Regel: 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

IPv6 am Campus (6)

Wichtigste Betriebsparameter:

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

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 / gamber.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“:

- Einige DSL-Site2site-VPN Standorte (Geräteabhängig)
- WLAN: Derzeit Neu-Aufbau mit lokalen IPv6-Adressen
- VPN: Cisco-Anyconnect / OpenVPN
 - Erreichbarkeit per globaler IPv6-Adresse
 - Adressierung der VPN-Klienten per lokaler IPv6-Adressen
 - Derzeit Betatestphase („friendly users“)

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 Block-Delegationsbereich
- 2001:638:a002::/48 reserviert
- 2001:638:a003::/48 reserviert
- 2001:638:a004::/48 FAU EXT (Externe Einrichtungen, WHs, XWiN-Mitnutzer,..)
- 2001:638:a005::/48 reserviert
- 2001:638:a006::/48 FAU EXT_2
- 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-Pand
- E: reserviert
- F: übergreifend / Mgmt

- 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

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)

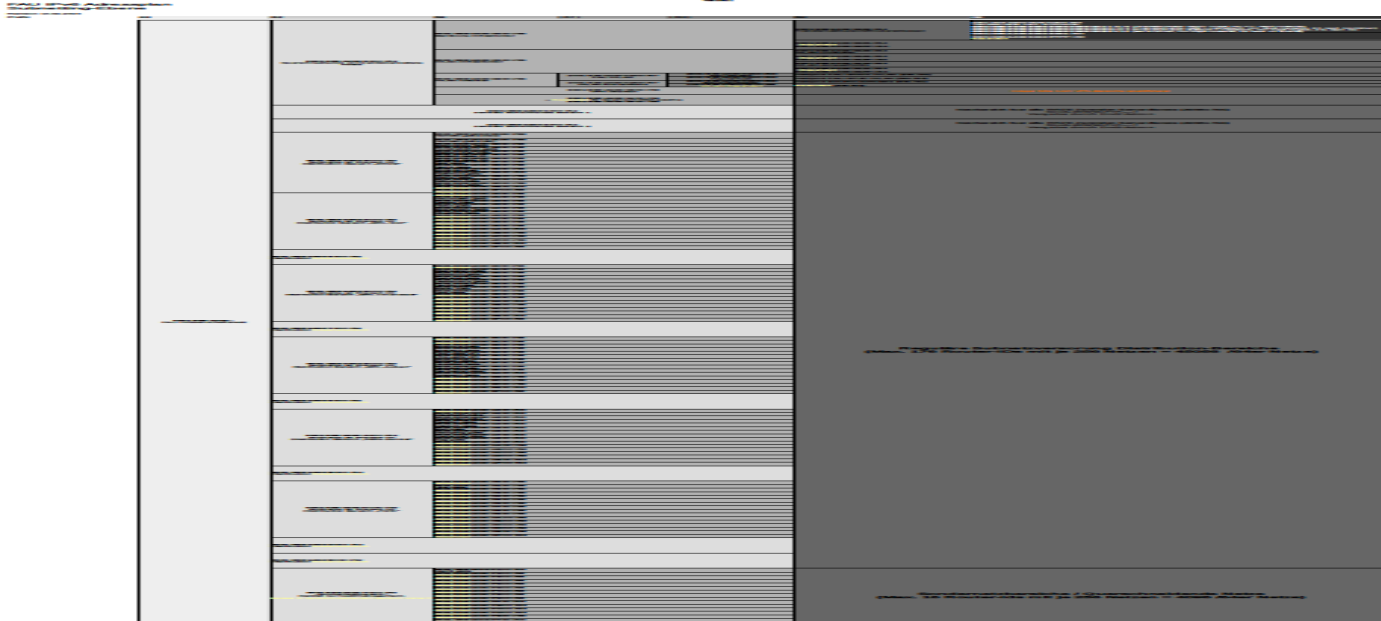
Fiktives Beispiel:

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

- Bisher: Erl-Süd (=4) / informatik-Hochhaus (=1), Subnetz Nr. 30 → IPv6 Net-ID = 4130
- Zukunft: NBG-West (=b) / AEG-Komplex (= 1), Subnetz Nr. 22 → IPv6 Net-ID = b122
- Exemplarische neue IPv6-Adresse:

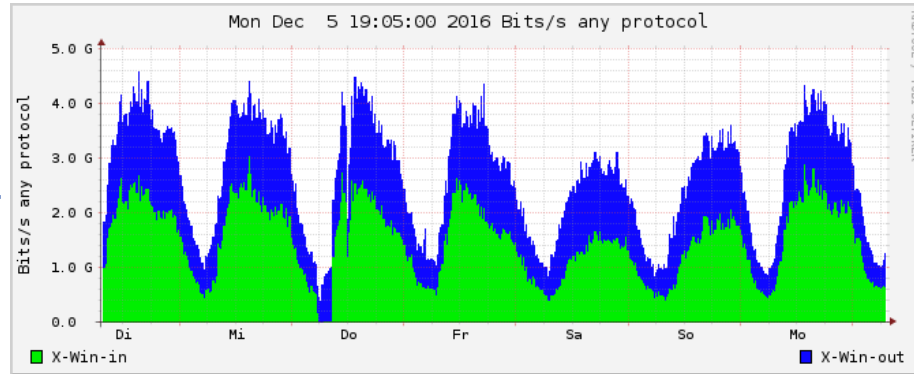
2001:638:a000:4130::83bc:4e1e → 2001:638:a000:b122::83bc:4e1e

IPv6: Subnetz-Struktur des FAU Wissenschaftnetzes, Gesamtbild

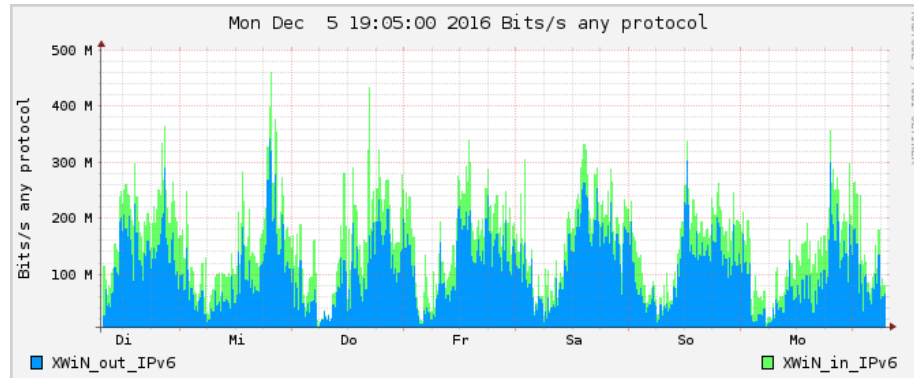


Datenverkehr FAU <-> Internet

IPv4



IPv6

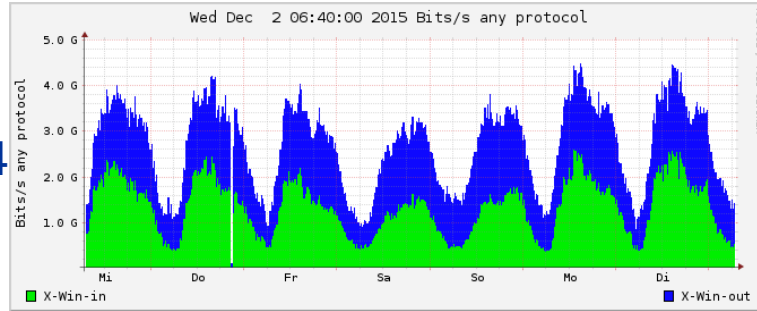


IPv6-Anteil zwischen 5 und 10%,
Tendenz steigend

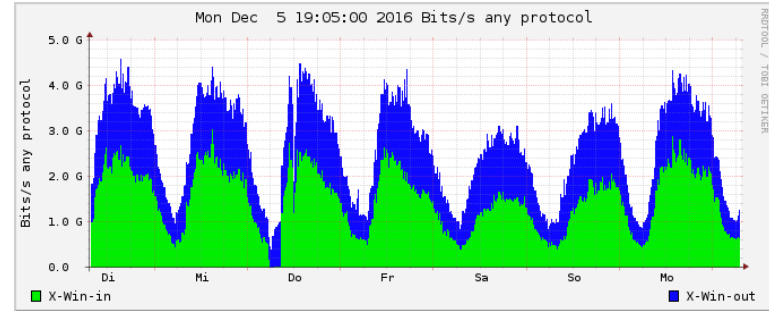
Vergleich zum Vorjahr

12/2015

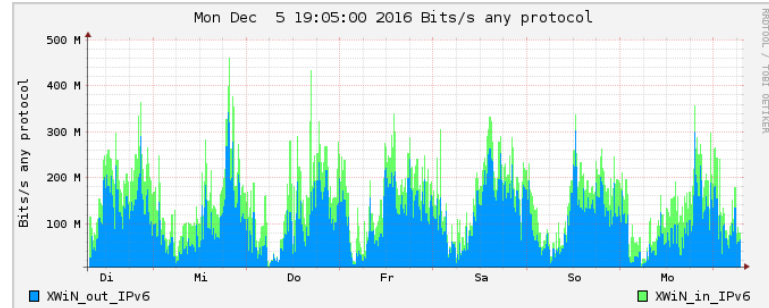
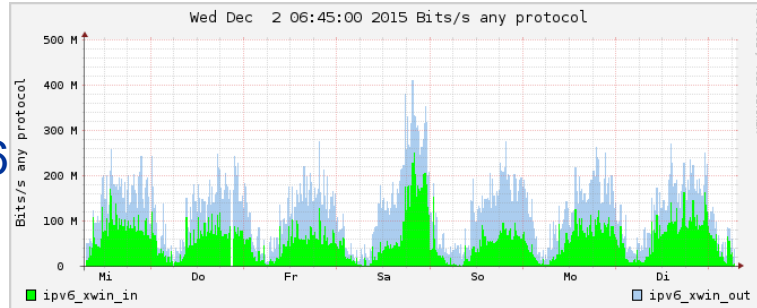
IPv4



12/2016

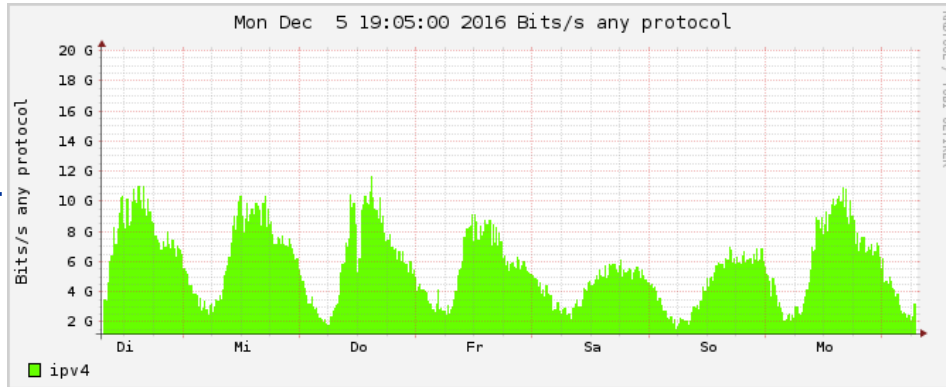


IPv6



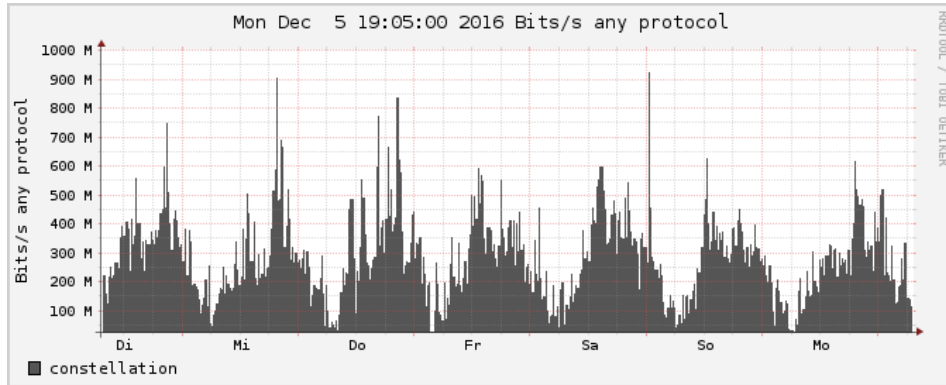
Datenverkehr FAU Intern (Core-Router ER-Süd)

IPv4



IPv6-Anteil zwischen 5 und 10%,
Tendenz steigend

IPv6

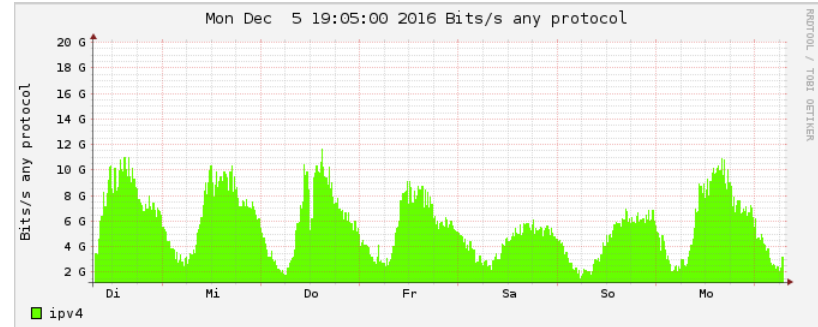
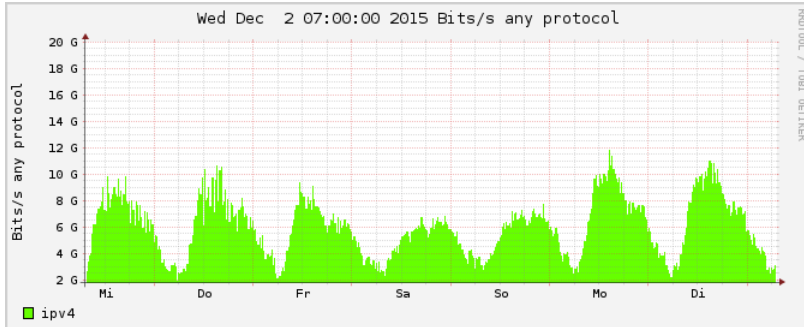


Vergleich zum Vorjahr

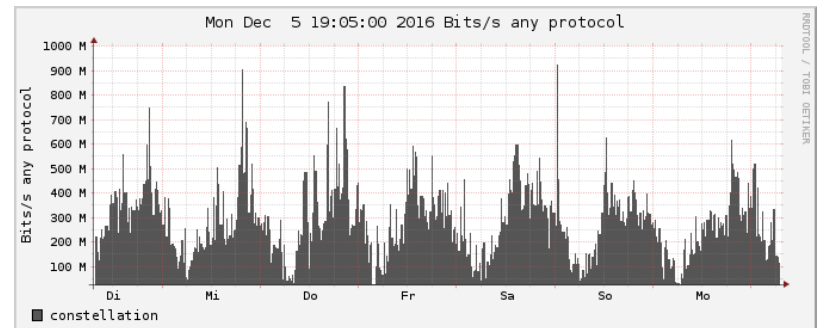
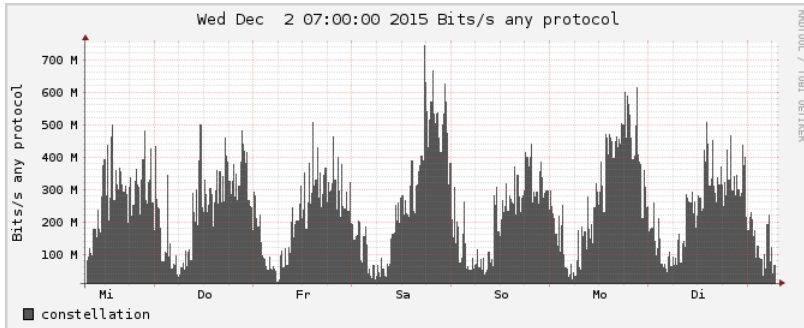
12/2015

12/2016

IPv4



IPv6





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“

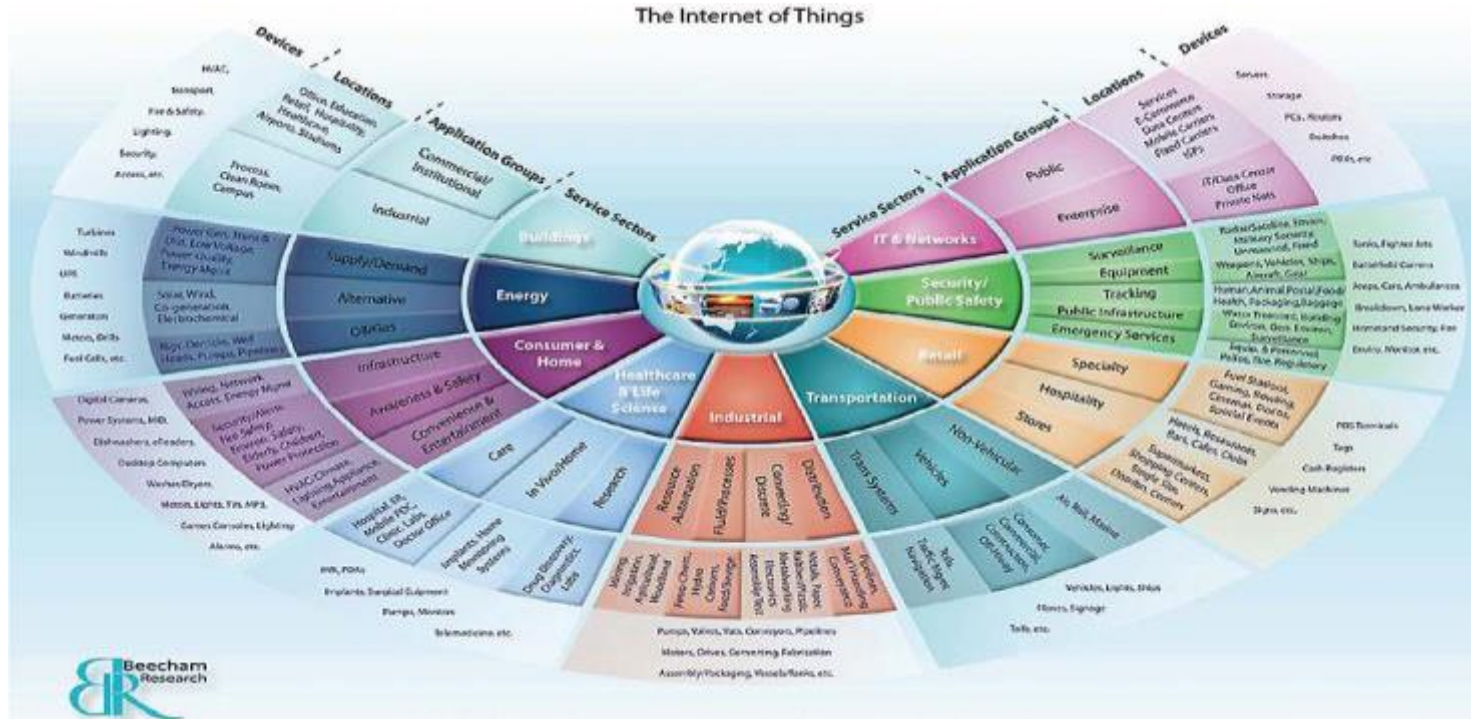
→ Beliebte Providertechnik um IPv4-Adressen zu sparen

- 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 / Becham 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: Einfache Wiederherstellung der Ende-Zu-Ende Kommunikation
 - IPv6-Rechner dann 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, Differenzierung globale/lokale Netze

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, 14.12.2016**

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
- Internet der Dinge (IoT) vom Marketing-Begriff zum Sicherheitsrisiko



ORGANISATORISCHES



- Die Vorträge im Überblick
- Andere Vortragsreihen des RRZE
- Ablageorte Vortragsfolien
- RRZE-Veranstaltungskalender / Mailingliste abonnieren
- Themenvorschläge & Anregungen

Weitere Vorträge im Rahmen der „Netzwerkausbildung“

19.10.2016 – Modelle, Begriffe, Mechanismen

26.10.2016 – Lokale Netze: Switching, Routing, Strukturierung

09.11.2016 – Troubleshooting von WLAN- und VPN-Problemen

23.11.2016 – TCP-/IP-Troubleshooting

30.11.2016 – Handeln mit Adressen – ARP, DHCP, DNS

07.12.2016 – IP-FAU-6 (Teil 1)

14.12.2016 – IP-FAU-6 (Teil 2)

11.01.2017 – Elementare Sicherheitsmaßnahmen: Firewall und Netzzugriff

18.01.2017 – Anschluss von Wohnheimnetzen

25.01.2017 – Traffic Engineering: Proxy, NAT

01.02.2017 – Routingprotokolle

08.02.2017 – E-Mail-Grundlagen

■ immer mittwochs
(ab 14 c.t.) in
Raum 2.049 am
RRZE

Andere Vortragsreihen des RRZE

Campustreffen

- immer donnerstags ab 15 Uhr c.t.
- vermittelt Informationen zu den Dienstleistungen des RRZE
- befasst sich mit neuer Hard- & Software, Update-Verfahren sowie Lizenzfragen
- ermöglicht den Erfahrungsaustausch mit Spezialisten

Systemausbildung „Grundlagen und Aspekte von Betriebssystemen und System-nahen Diensten“

- immer mittwochs ab 14 Uhr c.t. (in den Sommersemestern)
- Ergänzung zur Netzwerkbildung “Praxis der Datenkommunikation”
- führt in den grundsätzlichen Aufbau eines Systems sowie eingesetzte Techniken und Komponenten ein
- richtet sich primär an alle Interessierten (Studierende & Beschäftigte)

Vortragsfolien & Vortragsaufzeichnung

Die Vortragsfolien werden nach der Veranstaltung auf der Webseite des RRZE abgelegt:

<http://www.rrze.fau.de/ausbildung/veranstaltungsreihen/netzwerkausbildung.shtml>

Die meisten Vorträge des RRZE werden aufgezeichnet und können nach der Veranstaltung vom Videoportal der FAU heruntergeladen werden:

www.fau.tv

RRZE-Veranstaltungskalender & Mailinglisten

- Kalender abonnieren oder bookmarken
 - Alle Infos hierzu stehen auf der Webseite des RRZE unter:
<http://www.rrze.fau.de/news/kalender.shtml>
- Mailingliste abonnieren
 - Wöchentliche Terminhinweise werden zusätzlich an die Mailingliste [RRZE-Aktuelles](#) gesendet.
 - Auch diese Liste kann man abonnieren:
<https://lists.fau.de/mailman/listinfo/rrze-aktuelles>

Themenvorschläge & Anregungen

Themenvorschläge und Anregungen nehmen wir gerne entgegen!

Bitte schreiben Sie uns einfach eine E-Mail an:
rrze-zentrale@fau.de (Betreff: Netzwerkausbildung)

REGIONALES RECHENZENTRUM ERLANGEN [RRZE]



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Regionales RechenZentrum Erlangen [RRZE]

Martensstraße 1, 91058 Erlangen

<http://www.rrze.fau.de>