



IPv6

Eine ganz kurze Einführung

Benedikt Stockebrand

`<contact@benedikt-stockebrand.de>`



Das Internet an seinen Grenzen



Übersicht: Das Internet an seinen Grenzen

- ▶ Adressknappheit
- ▶ AS-Knappheit und das Routing-Problem
- ▶ Appliances
- ▶ Mobile Geräte
- ▶ User
- ▶ Historische Altlasten und zunehmende Komplexität



Adressknappheit

- ▶ Weniger Adressen als Menschen weltweit
- ▶ Historisch und politisch bedingte Ungleichverteilung
- ▶ Seit mindestens 15 Jahren ein Problem
- ▶ Wird inzwischen aus Gewöhnung oft nicht mehr als Problem wahrgenommen



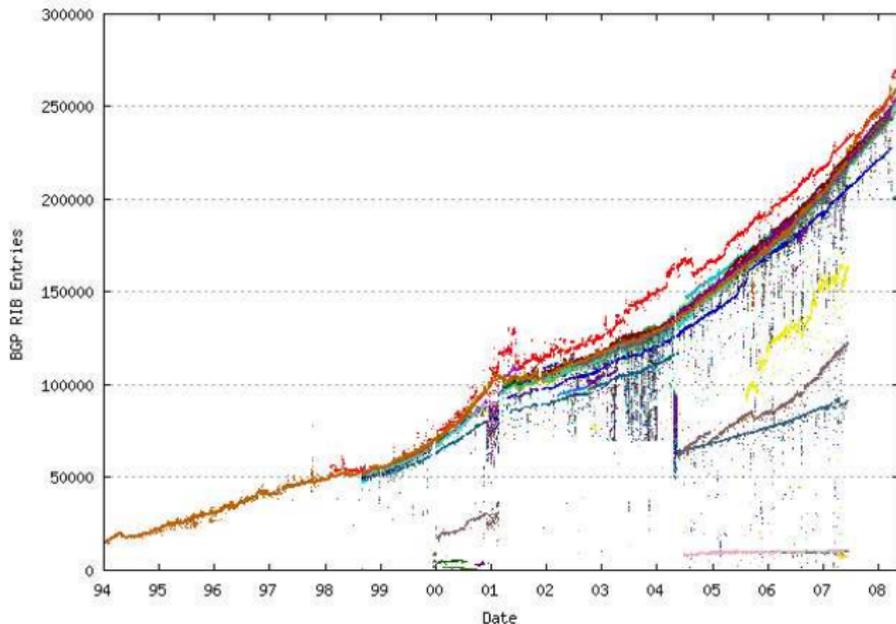
AS-Knappheit und das Routing-Problem I

- ▶ Adressknappheit führt zu Flick-Lösungen, die die Routing-Tabellen aufblähen
- ▶ Bedarf an redundanten Anbindungen verschärft das Problem und verknappt AS-Nummern



AS-Knappheit und das Routing-Problem II

Die Größe der FIB in Core-Routern



(Quelle: <http://bgp.potaroo.net/>, Stand 28.04.2008)



Mobile Geräte und Appliances I



Eine DEC VAX 780 (1977)
(Quelle: Wikipedia)



Mobile Geräte und Appliances II



Ein IBM PC 5150 (1981)
(Quelle: Wikipedia)



Mobile Geräte und Appliances III



Ein Asus Eee PC
(Quelle: Wikipedia)



Mobile Geräte und Appliances IV



Ein Apple iPhone
(Quelle: Wikipedia)



Mobile Geräte und Appliances V



Ein Apple iPod Nano und ein
Gumstix Audiostix Embedded Computer
(Quelle: Wikipedia)



Mobile Geräte und Appliances V

Hardware wird immer

- ▶ kleiner
- ▶ billiger
- ▶ leistungsfähiger
- ▶ weiter verbreitet.



User

User werden

- ▶ immer weniger qualifiziert
- ▶ immer leichtsinniger
- ▶ zunehmend überfordert
- ▶ immer mehr.



Historische Altlasten

- ▶ Neue Forschungsergebnisse nicht nachträglich integrierbar
- ▶ Altlasten sammeln sich immer weiter an
- ▶ Workarounds führen zu immer mehr Komplexität
- ▶ ... ohne die Probleme wirklich zu lösen



Zusammenfassung: Das Internet an seinen Grenzen

- ▶ Es geht so nicht mehr lange weiter
- ▶ Wir brauchen *erheblich* mehr Adressen
- ▶ Altlasten müssen entsorgt werden



Zusammenfassung: Das Internet an seinen Grenzen

- ▶ Es geht so nicht mehr lange weiter
- ▶ Wir brauchen *erheblich* mehr Adressen
- ▶ Altlasten müssen entsorgt werden

- ▶ *Es ist eine riesige Leistung, dass wir überhaupt bis hierhin gekommen sind.*



IPv6 als Lösungsansatz



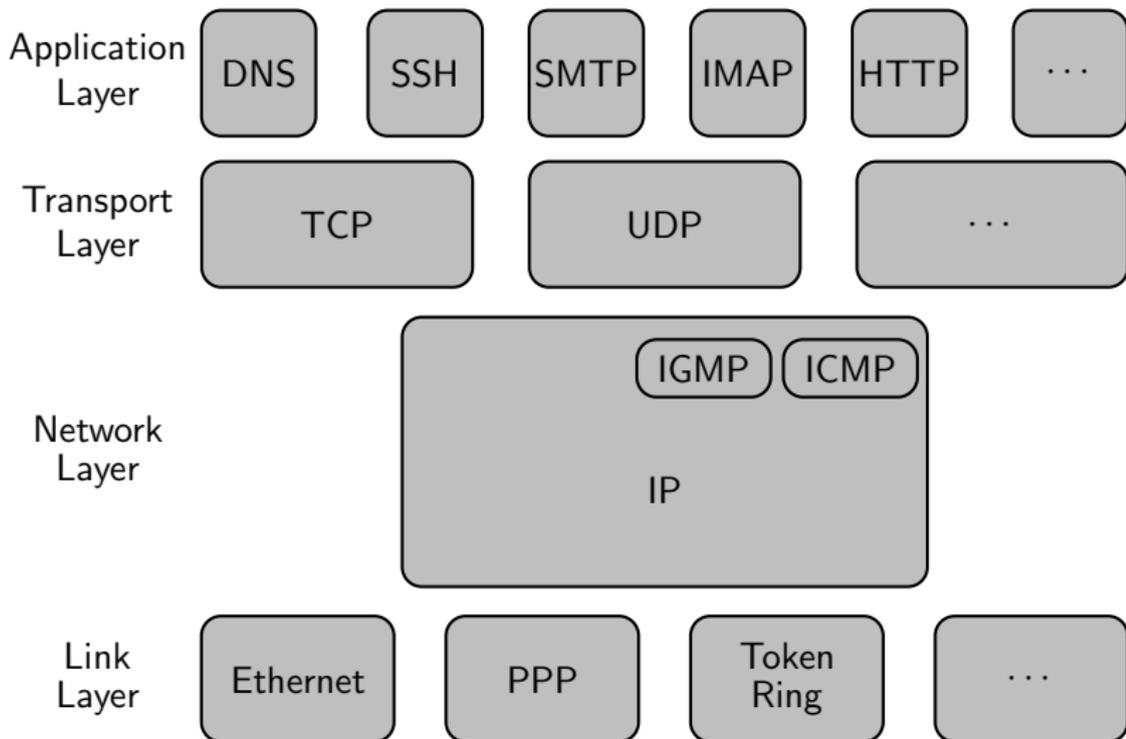
Übersicht: IPv6 als Lösungsansatz

IPv6 bietet

- ▶ einen größeren Adressraum
- ▶ einen einfacheren Adressaufbau
- ▶ vereinfachte Adresskonfiguration
- ▶ praktisch benutzbares Multicast-Routing
- ▶ viele interne Verbesserungen
- ▶ einige Fehlentwicklungen.

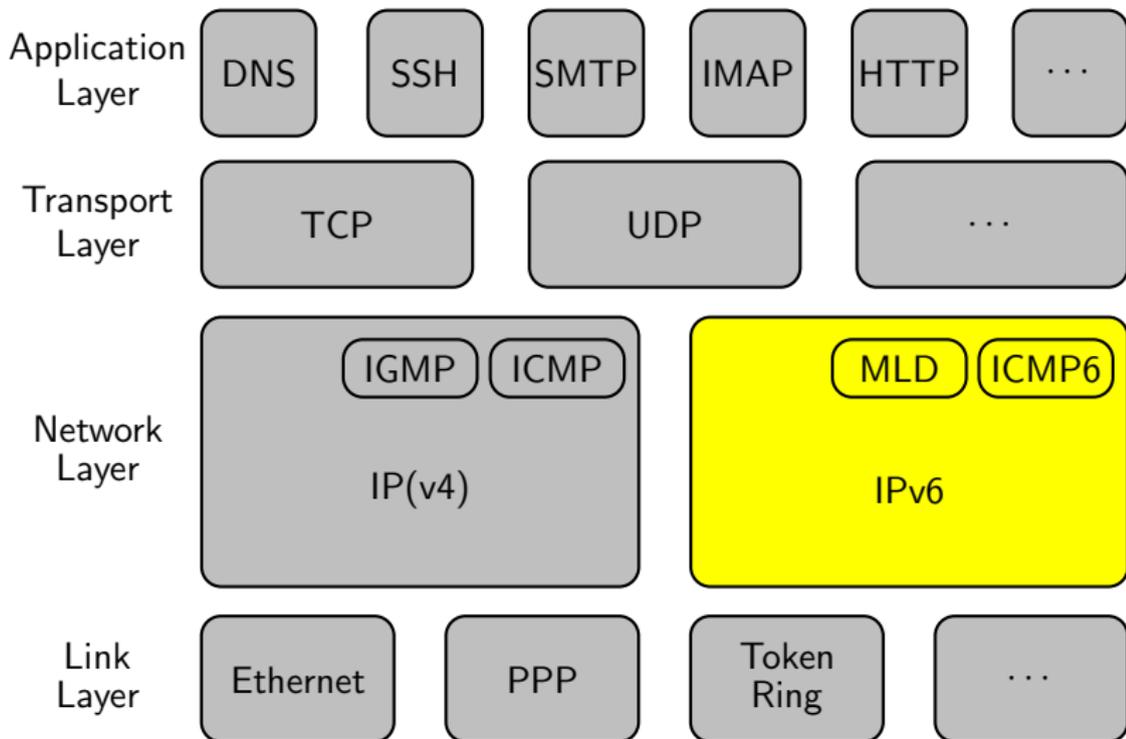


Der TCP/IP-Stack I





Der TCP/IP-Stack II



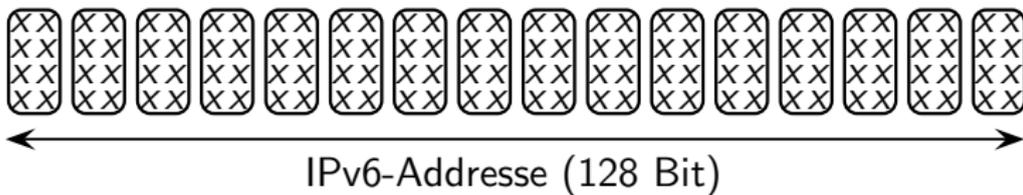


Der TCP/IP-Stack III

- ▶ Anwendungen müssen „kaum“ angepasst werden
- ▶ IPv4 und IPv6 funktionieren parallel
- ▶ Es gibt kein „großes Umschalten“
- ▶ Eine „sanfte“ Migration ist möglich – und sinnvoll



IPv6-Adressen I





IPv6-Adressen II

Anzahl Adressen:

$$2^{128} = 340\ 282\ 366\ 920\ 938\ 463\ 463\ 374\ 607\ 431\ 768\ 211\ 456$$

$$\approx 3.4 \times 10^{38}$$



IPv6-Adressen II

Anzahl Adressen:

$$2^{128} = 340\,282\,366\,920\,938\,463\,463\,374\,607\,431\,768\,211\,456$$

$$\approx 3.4 \times 10^{38}$$

Verhältnis von IPv6- zu IPv4-Adressen:

$$2^{96} = 79\,228\,162\,514\,264\,337\,593\,543\,950\,336 \approx 8 \times 10^{29}$$



IPv6-Adressen II

Anzahl Adressen:

$$2^{128} = 340\,282\,366\,920\,938\,463\,463\,374\,607\,431\,768\,211\,456$$
$$\approx 3.4 \times 10^{38}$$

Verhältnis von IPv6- zu IPv4-Adressen:

$$2^{96} = 79\,228\,162\,514\,264\,337\,593\,543\,950\,336 \approx 8 \times 10^{29}$$

Verhältnis von IPv6-Site-Prefixen (/48) zu
IPv4-/24-Prefixen:

$$2^{24} = 16\,777\,216 \approx 1.7 \times 10^7$$



IPv6-Adressen II

Anzahl Adressen:

$$2^{128} = 340\,282\,366\,920\,938\,463\,463\,374\,607\,431\,768\,211\,456$$
$$\approx 3.4 \times 10^{38}$$

Verhältnis von IPv6- zu IPv4-Adressen:

$$2^{96} = 79\,228\,162\,514\,264\,337\,593\,543\,950\,336 \approx 8 \times 10^{29}$$

Verhältnis von IPv6-Site-Prefixen (/48) zu
IPv4-/24-Prefixen:

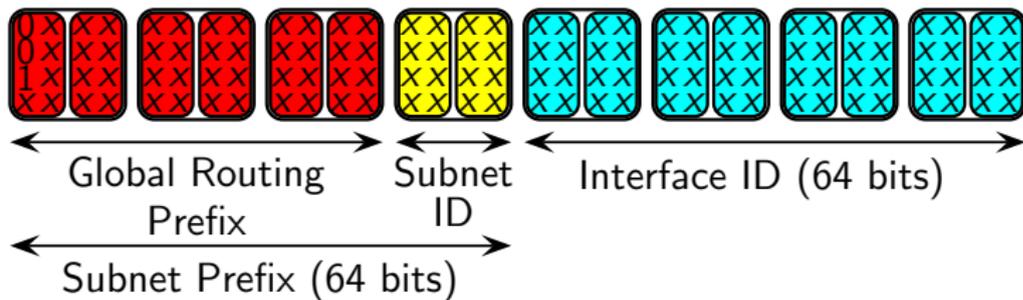
$$2^{24} = 16\,777\,216 \approx 1.7 \times 10^7$$

Es gibt genug Adressen für alles und jeden!



IPv6-Adressen III

Der Aufbau global gerouteter Unicast-Adressen:





Autoconfiguration statt DHCP

(Stateless Address) Autoconfiguration (SAC) löst Probleme bei Adressvergabe mit heutigem DHCP:

- ▶ Inhärente Redundanz der Server (bzw. Router)
- ▶ Keine Lease-Datenbank
- ▶ Deutlich weniger Störungen durch „Rogue DHCP Server“
- ▶ Wesentlich einfacheres und robusteres Verfahren
- ▶ Funktioniert nur durch großen Adressraum
- ▶ Massiv vereinfachtes DHCP für „andere“ Aufgaben



Multicast

- ▶ Von Anfang an vorgesehen
- ▶ Ersetzt Broadcasts
- ▶ Routing funktioniert
- ▶ Es gibt auch genug Multicast-Adressen



Interne Optimierungen

Weitgehend unsichtbare interne Optimierungen

- ▶ Performance-Optimierungen
- ▶ Verbesserte Fehlererkennung und -behandlung
- ▶ Vereinfachung von fehlerredundanten Installationen



Fehlentwicklungen

Neue Funktionalitäten, die man im Network Layer umsetzen wollte, obwohl sie dort nicht hingehören:

- ▶ Mobile IPv6
- ▶ Bandbreitenreservierung
- ▶ Verschlüsselung und Authentisierung



Konsequenzen

- ▶ Portierung ist prinzipiell einfach
- ▶ ... aber alles muss mindestens überprüft werden
- ▶ Sanfte Migration ist möglich und sinnvoll
- ▶ Nur Probleme im Network Layer sind gelöst worden
- ▶ Strukturelle Beschränkungen des TCP/IP-Stacks bleiben erhalten
- ▶ Es gibt keine fundamental neuen Funktionalitäten



Zusammenfassung: IPv6 als Lösungsansatz

- ▶ Großer Adressraum
- ▶ Vereinfachte Handhabung
- ▶ Multicasts sind praktisch verwendbar
- ▶ Viele interne Verbesserungen
- ▶ Sanfte Migration möglich



Weinberg's "Second Law of Consulting"



Übersicht: Weinberg's "Second Law of Consulting"

No matter how it looks at first,



Übersicht: Weinberg's "Second Law of Consulting"

No matter how it looks at first,
it's always a people problem.

Gerald Weinberg, "The Secrets of Consulting"



Übersicht: Weinberg's "Second Law of Consulting"

No matter how it looks at first,
it's always a people problem.

Gerald Weinberg, "The Secrets of Consulting"

- ▶ Irrationalitäten
- ▶ Der Wissens-Engpass
- ▶ Wann „kommt“ IPv6?



Irrationalitäten

Grundlegende Irrationalitäten

- ▶ Angst vor Neuem
- ▶ Angst vor unvorhersehbaren Risiken
- ▶ Unberechenbarer „Herdentrieb“



Irrationalitäten

Grundlegende Irrationalitäten

- ▶ Angst vor Neuem
- ▶ Angst vor unvorhersehbaren Risiken
- ▶ Unberechenbarer „Herdentrieb“

... und ihre Folgen

- ▶ Verschleppen des Unvermeidbaren
- ▶ ... gefolgt von “Crunch Projects”
- ▶ ... mit teuren „Management-Entscheidungen“



Der Wissens-Engpass

Know-How fehlt bei

- ▶ Benutzern
- ▶ Hotlinern
- ▶ Administratoren
- ▶ Entwicklern
- ▶ Netzwerk-Designern
- ▶ technischen Managern
- ▶ nicht-technischen Managern
- ▶ ...



Wann „kommt“ IPv6?

- ▶ Es ist schon längst da.
- ▶ Der „Herdentrieb“ ist nicht vorhersagbar.
- ▶ Die Provider arbeiten an IPv6-Unterstützung.
- ▶ Der Wissens-Engpass wird die wesentliche Bremse werden.



Zusammenfassung: Weinberg's "Second Law of Consulting"

IPv6 wird hauptsächlich durch "People Problems" ausgebremst:

- ▶ Irrationalitäten
- ▶ Persönliche Interessen
- ▶ Wissens-Engpässe bei allen Gruppen



Literatur



Literatur I

Silvia Hagen

IPv6 – Grundlagen – Funktionalität – Integration

Sunny Edition, 2004

ISBN 3-9522942-0-9

Vertiefende Beschreibung der Protokolle

Silvia Hagen

IPv6 Essentials (2nd edition)

O'Reilly, 2006

ISBN 0-596-10058-2

Englisch, vertiefende Beschreibung der Protokolle



Literatur II

Marc Blanchet

Migrating to IPv6 – A practical guide to implementing IPv6
in mobile and fixed networks

Wiley, 2006

ISBN 0-471-49892-0

Englisch; irreführender Titel

Niall Richard Murphy & David Malone

IPv6 Network Administration

O'Reilly, 2005

ISBN 0-596-00934-8

Englisch, hauptsächlich über Konfiguration von IPv6



Literatur III

Benedikt Stockebrand

IPv6-Tutorial

iX 2–4/2005 (3 Teile)

Heise-Verlag, Hannover

Grundlagen und Einrichtung mit Unix

Benedikt Stockebrand

IPv6 in Practice—A Unixer's Guide to the Next Generation
Internet

Springer, 2006

ISBN 3-540-24524-3

Einrichtung in Unix (einschliesslich der ekligeren Aspekte)



Literatur IV

Benedikt Stockebrand
IPv6-Programmierung mit der erweiterten Socket-API
iX 6/07
Heise-Verlag, Hannover



Literatur V

IETF: Requests for Comments (RFCs)

<http://www.ietf.org/>

Die offiziellen Spezifikationen der Internet Engineering Task Force



Contact Information



Benedikt Stockebrand

contact@benedikt-stockebrand.de

[http://www.benedikt-
stockebrand.de/](http://www.benedikt-stockebrand.de/)