

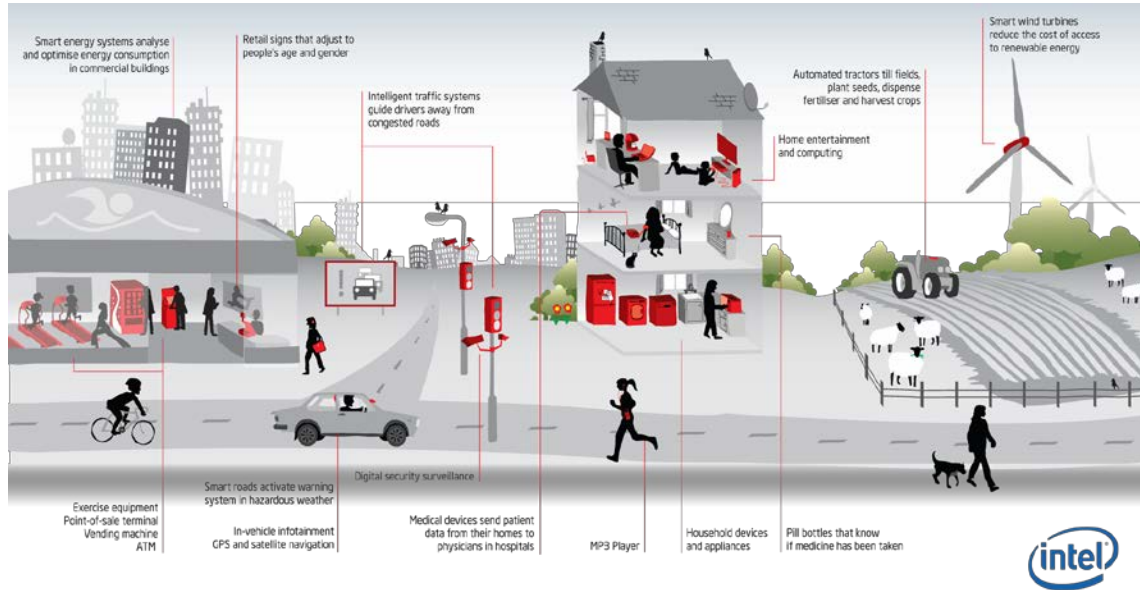
Internetworking (Interconnected Networks) Internet of Things (IoT) und IPv6



STUDIEREN
AUF HÖCHSTEM
NIVEAU

Prof. Dr. Jürgen Anders, Hochschule Furtwangen
Fakultät Digitale Medien

Internet of Things – Vision einer smarten Welt

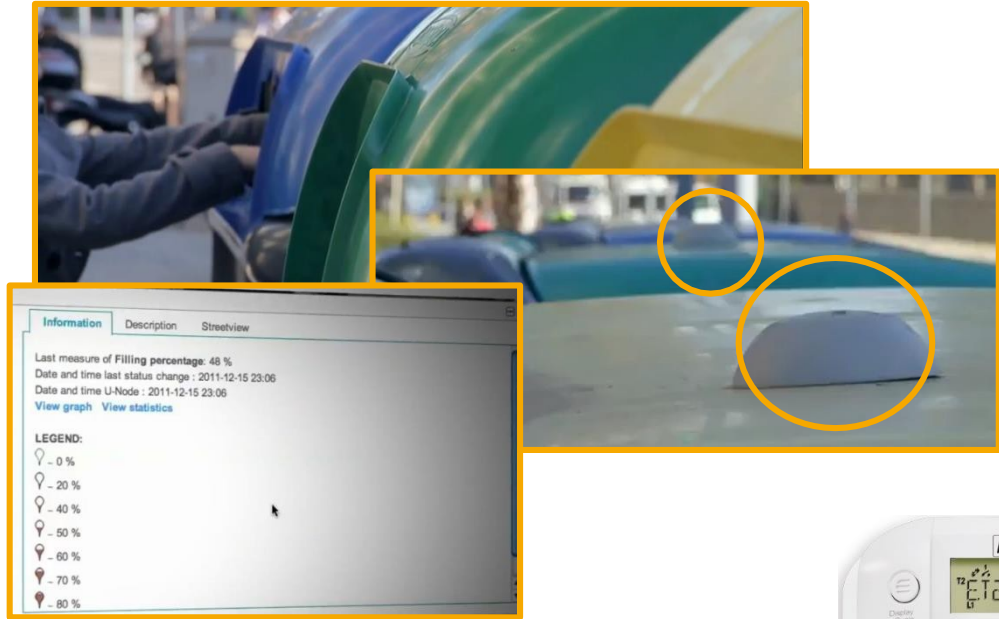


Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig

- Hausautomation (Licht, Heizung, Audio, ...) → Smart Home
- Vernetzte Stromzähler, Gaszähler, ... → Smart Metering
- Haushaltsgeräte-Automation (Kühlschrank)
- Vernetzte Unterhaltungselektronik
- Sicherheit / Peace of Mind (Zutrittskontrolle)
- Weitere Projekte (Autosteuerung per Smartphone App, Car Sharing, Fahrradausleihe, Fitnesstracking)

Mögliche Ziele

- Energiesparen
- Komfort
- Sicherheit
- Wartung



Smart Dumpsters in Santander Vernetzte Müllcontainer

Bilder: Seminar 2016 - Security for the Internet of Things -
Konrad-Felix Krentz

Smart Meter Vernetzte Stromzähler

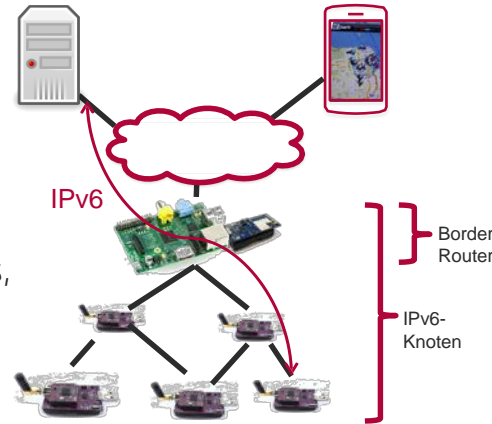
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5308859>



Internet of Things (IoT) – Internet der Dinge

Das Internet der Dinge

- Technologien
 - RFID, QR, Barcode
 - Sensoren, Aktoren
 - Internet- und Webtechnologien: TCP, UDP, IP, IPv6, HTTP, Web Services, 6LoWPAN, ...
 - ...



Aber:

Jedes Gerät im IoT benötigt eigene IP-Adresse

- Zahl der IoT-Systeme wächst rasant

Problem:

- IPv4-Adressen fast ausgeschöpft
 - Regional Internet Registries (RIRs)
 - AfriNIC (Africa)
 - APNIC (Asia-Pacific)
 - ARIN (North America)
 - LACNIC (South America)
 - RIPE NCC (Europe)

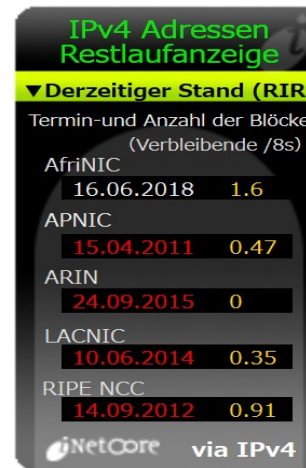


Bild: <http://inetcore.com/>

Visualisierung der IPv6-Einführung

RANK	IPv6 %	COUNTRY
1	100.0%	French Southern Territories
2	42.1%	Belgium
3	24.3%	Greece
4	24.3%	Germany
5	23.9%	Switzerland
6	20.5%	United States of America
7	20.5%	Portugal
8	17.8%	Ecuador
9	17.4%	Luxembourg
10	14.2%	Estonia
11	12.6%	Peru
12	11.8%	Austria
13	11.4%	Japan
14	10.8%	France
15	10.5%	United Kingdom
16	9.4%	Hungary

Bild: <https://www.akamai.com/>

Änderungsbedarf bei IPv4

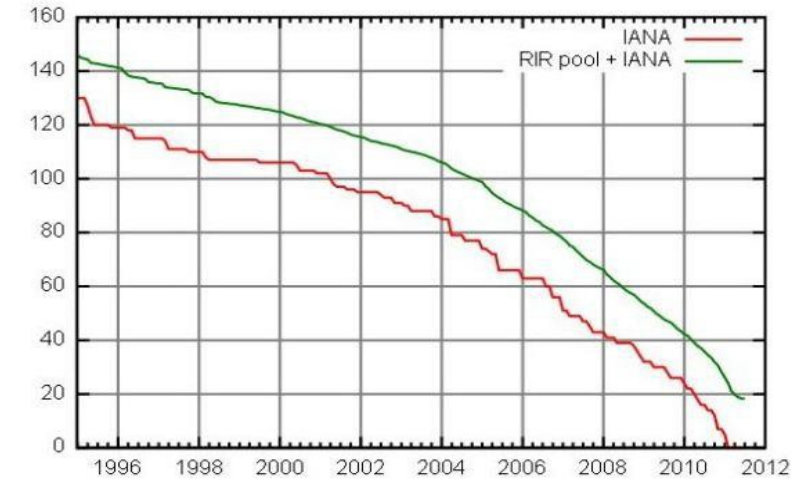
IPv4 – derzeit noch meistgenutzte IP-Version – ist außerordentlich erfolgreich dank des glücklichen Grunddesigns:

- Einsatz war und ist auch unter **neuen Hardware-Technologien** möglich
 - IPv4 entwickelt vor Verbreitung der LAN-Technologie!
- Funktioniert auch in Netzen, die um **Größenordnungen schneller** sind als die, für die es ursprünglich konzipiert war
- Hat enorme Zuwächse im globalen **heterogenen Internet** verkraftet

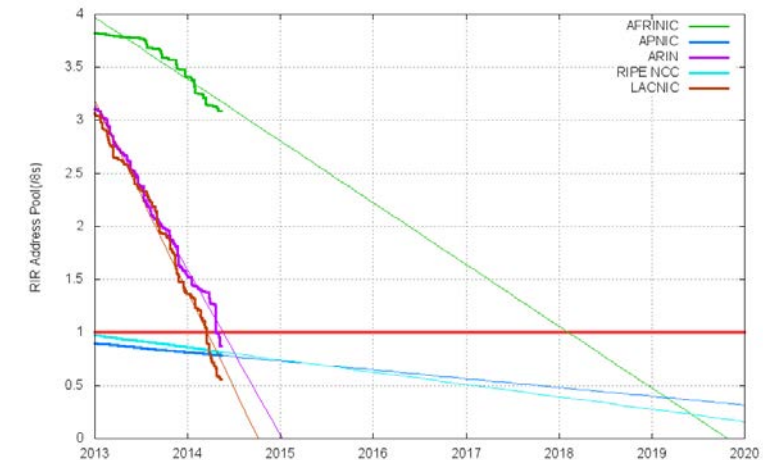
Trotzdem besteht aufgrund folgender Grundprobleme **dringender Änderungsbedarf!**

Grundprobleme bei IPv4:

- **Adressraum viel zu klein** (begrenzt auf ca. eine Million Netze) für Versorgung aller Geräte mit einer IP-Adresse
- Letzte freie IPv4-Adressblöcke wurden von IANA bereits 2011 an die **5 Regional Internet Registries (RIR)** vergeben
- Die verteilen jetzt nur noch ihre **Restbestände** ...
- Zunehmende Anzahl von Internet-Hosts macht das **Routing** immer problematischer
 - Umfang Routingtabellen / Komplexität des Protokolls
- Dienstart für **multimediale Daten** nicht spezifizierbar
 - Keine Möglichkeit zur Festlegung der „Quality of Service“ (Dienstqualität), z.B. für ruckelfreie und synchrone Live-Übertragung von Video- und Audiodaten
- Fehlende Unterstützung **verteilter Gruppenarbeit**
 - CSCW (Computer-Supported Cooperative Work)



Verfügbare IP-Adressen bei IANA und RIRs



Vorhersage für Adress-Pools der RIRs

IETF – Internet Engineering Task Force –

hat bereits 1994 begonnen, eine neue IP-Version – IPnG bzw. IPv6 – als Nachfolger von IPv4 zu entwickeln

- **IPv6 übernimmt die erfolgreichen Basiskonzepte von IPv4, wie z.B.**
 - Verbindungsloser Paketdienst
 - Jedes Datagramm erhält Zieladresse und wird unabhängig übertragen
 - Begrenzung der Zahl passierbarer Hops
- **Neue Adressgröße:**
 - 128 Bit – 16-Bit-Gruppen in hexadezimaler Notation mit Doppelpunkt als Trennzeichen, Nullenkompression
- **Neues Header-Format/mehrere Header:**
 - zwingend ein Basis-Header
 - optional ein oder mehrere Zusatz-Header, z.B. für Authentifikation, Verschlüsselung, Fragmentierung, ...
 - verschiedene Adresstypen für Unicast, Multicast und Cluster
- **Video- und Audiounterstützung:**
 - Echtzeit-Übertragung mittels Mechanismus zur Festlegung vorbestimmter Übertragungspfade
- **Erweiterbares Protokoll**
- **Neue Funktionalitäten aus und vermittelt zusätzlicher Protokolle**
 - Mobile IPv6
 - Neighbor Discovery Protocol
 - basiert auf ICMPv6
 - ersetzt z.B. ARP
- **Host Autoconfiguration („stateless DHCP“)**
- **Unterstützung für Multihoming und Renumeration**

IPv6 Adressierung (1/2)

Wichtigste Designanforderung an neues Internetprotokoll IPv6:

- Drastisch vergrößerte Zahl von Adressen, um Nachfrage insbesondere aus den Bereich Mobile Kommunikation und Internet der Dinge (IoT) befriedigen zu können

Adresslänge bei IPv6: 128 Bit (im Vergleich zu 32 Bit bei IPv4)

- Erinnerung: Adresslänge bei IPv4: 32 Bit
- Dank Adresslänge von 128 Bit sind 2^{128} IP-Adressen möglich
 - mit jedem zusätzlichen Bit verdoppelt sich Zahl der IP-Adressen
 - 2^{128} entspricht 10^{23} IP-Adressen pro m^2 Erdoberfläche, zum Vergleich: Alter unseres Sonnensystems: $< 10^{10}$ Jahre

IPv6-Adressen werden geschrieben in 8 Blöcken zu je 16-Bit, jeweils getrennt durch Doppelpunkt

- 16-Bit-Blöcke werden in hexadezimaler Notation geschrieben
 - Zahlensystem mit 16 verschiedenen Ziffern 0,1,...,9,A,B,C,D,E,F
- Adressverkürzung vermittels Nullenkompression:
 - Unterdrückung führender 0-en
 - Zusammenfassung einer (!) möglichst langen 0en-Blockfolge

Beispiel Adressverkürzung:

000E:0C64:0000:0000:0000:1342:0E3E:00FE

-> E:C64:0000:0000:0000:1342:E3E:FE

-> E:C64::1342:E3E:FE

Format IPv6:

Präfix oder Site-ID beschreibt -> **Typ** der IPv6-Adresse bzw. bezeichnet den **Standort** (z.B. ISP oder Unternehmen)

Subnet-ID beschreibt private Topologie, z.B. innerhalb eines privaten Netzwerks

Interface-ID steht für Netzwerk-Interface und kann z.B. aus dessen MAC-Adresse berechnet werden

2001:08db:3c4d:0015:0000:0000:1a2f:1a2b

Präfix Subnet-ID Interface-ID

IPv6-Adresstypen und Präfixe

- **Unicast-Adressen**
 - kennzeichnen einzelne Netzwerkschnittstellen – geeignet für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
- **Multicast-Adressen**
 - identifizieren Gruppen von zusammenhängenden Netzwerkschnittstellen – Nachricht wird an alle Mitglieder der Gruppe versandt
- **Anycast-Adressen**
 - identifiziert Gruppe von funktional zusammenhängenden Netzwerkschnittstellen (meist mit gleicher Interface-ID), Nachricht wird an ein Mitglied der Gruppe versandt
- **Abwärtskompatibilität** zu IPv4-Adressen, z.B. mit „IPv4-mapped“ 0:0:0:0:ffff::/96, letzte 32 Bit enthalten IPv4-Adresse
- Fast alle anderen IPv6-Adressen sind **Globale Unicast-Adressen**
- Bisher hat IANA vergeben an Regional Internet Registries (z.B. RIPE für Europa) vergeben: **2000:... bis 3fff:...**
 - RIRs geben Netzbereiche an Provider weiter
 - Provider geben Teilnetze (-> Subnet-ID) an Kunden weiter
- Einige **spezielle Adressen** in diesem Bereich dienen
 - automatischem -> 6to4-Tunnelling (2002:...)
 - Dokumentation und Literatur: 2001:db8::/32

Anhand der Präfixe werden verschiedene IPv6-Adresstypen unterschieden, z.B.

::1/128	Loopback-Adresse („localhost“), entspricht 127.0.0.1
fe80::/10	Link-lokale Unicast Adresse, nur Zustellung im lokalen Netzwerk („private IP-Adressen“, entspricht z.B. 192.168.0.0/24)
ff00::/8	Multicast-Adresse, Gruppen von zusammengehörenden Netzwerk-Interfaces können gemeinsam angesprochen werden
ff01::1/128	All Nodes Adresse, entspricht dem Broadcast
ff01::2/128	All Routers Adresse, alle Router in einem Bereich

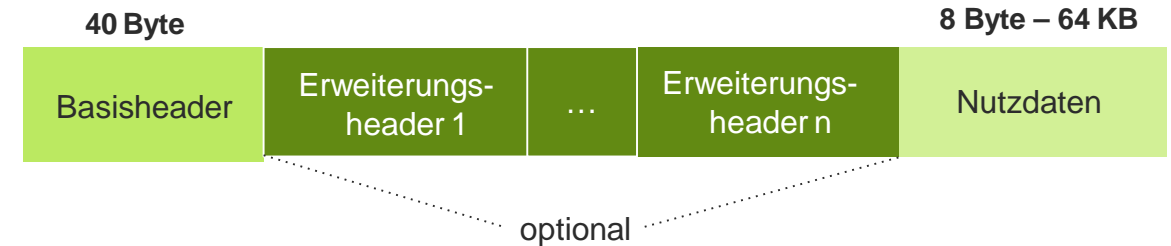
Beobachtung:

- Im alten IPv4-Header sind oft viele Felder leer bzw. nicht relevant
 - Platzverschwendung
 - erhöhte Routerbelastung

Neue Idee beim Entwurf von IPv6:

- Verwendung kleinerer und der jeweiligen Situation besser angepasster Header

IPv6-Datenpaket



IPv6 Basisheader

Version	Transport Class	Flow Label		
Payload Length		Next Header	Hop Limit	64 Bit
Source Address				128 Bit
Destination Address				128 Bit

Transport Class: (0-7)

→ normale Kommunikation, (8-15)

→ Audio/Video

Flow Label:

ID für virtuelle End-to-End-Connection,
Routerentlastung (!)

Next Header:

Typ des nachfolgenden Headers
(Erweiterungsheader/TCP)

Hop-by-Hop Header

- TLV-Angaben (Type-Length-Value) - werden von jedem Router auf dem Weg zum Empfänger interpretiert
- Stets erster Erweiterungsheader nach Basisheader
- Variable Länge (anwendungsspezifisch)

Destination Options Header

- Enthalten TLV-Angaben für Router und/oder Empfängerrechner
- Routerinformationen -> direkt nach Basisheader
- Empfängerinformationen -> direkt vor Nutzdaten

Routing Header

- Geben Liste von Routern vor, die ganz oder teilweise passiert werden müssen (Strict/Loose Source Routing)

Fragment Header

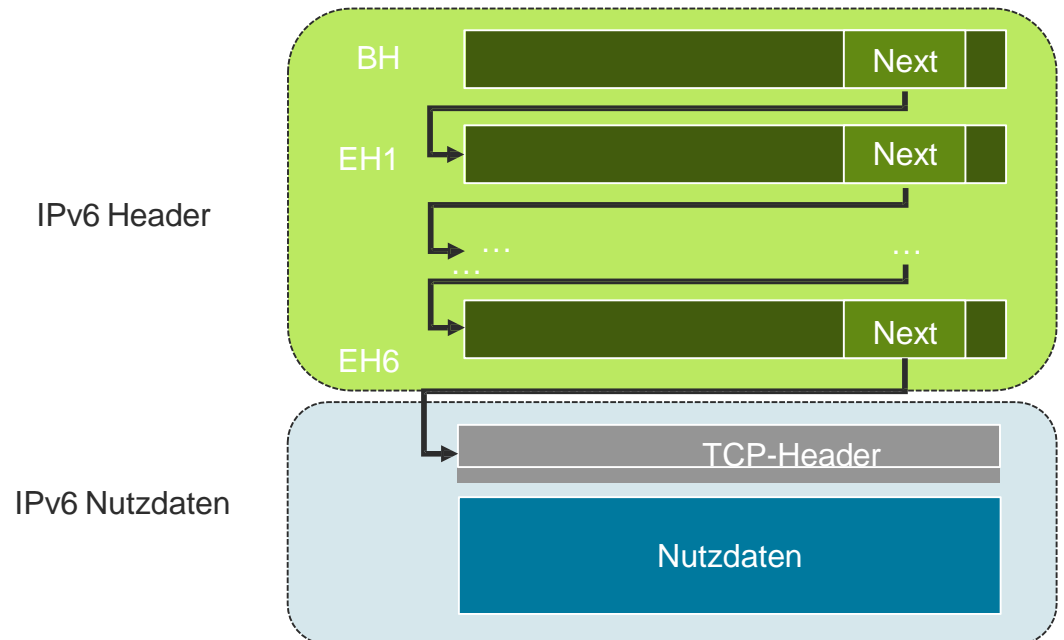
- Information zur Fragmentierung eines Datenpakets bei Überschreitung der MTU eines zu durchquerenden Netzwerks

Authentication Header

- Prüfsumme/Signatur zur Authentifikation des Senders

Encapsulation Security Payload

- Schlüsselnummer zur Verschlüsselung von Nutz-/Headerdaten



Internetworking (Interconnected Networks) Internet of Things (IoT) und IPv6



STUDIERN
AUF HÖCHSTEM
NIVEAU

Prof. Dr. Jürgen Anders, Hochschule Furtwangen
Fakultät Digitale Medien