Kapitel 3: Anwendungsschicht

MNM TEAM

Inhalt von Kapitel 3

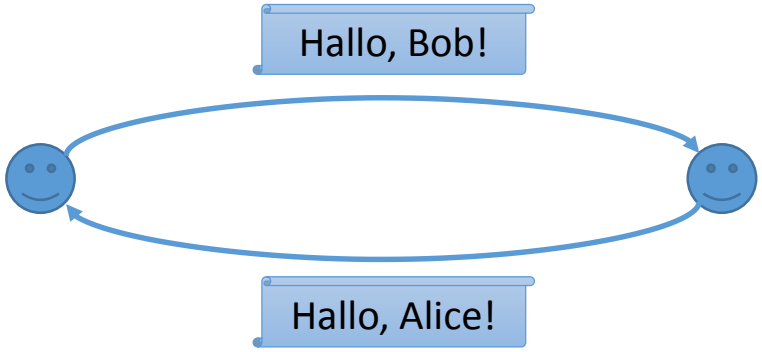
Namen bzw. Adressen kommen in allen Schichten und Protokollen zum Einsatz.

- Anwendungsschicht

1. Namen und IP-Adressen
2. DNS – Domain Name System
3. Client-Server-Anwendungen

Chat-Beispiel: Adressierung

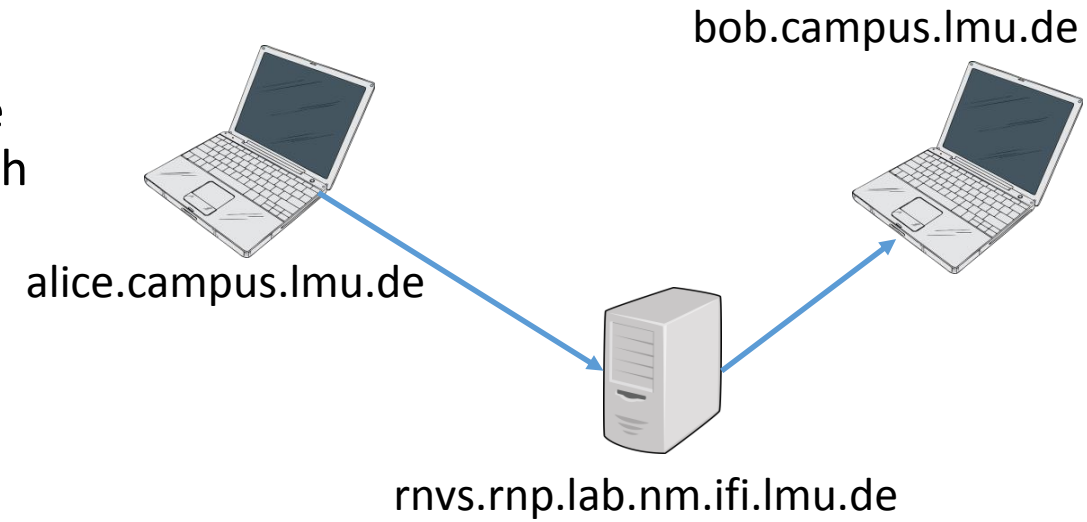
Adressierung des **Empfängers** einer Nachricht anhand von *mnemonischen* **Benutzernamens**



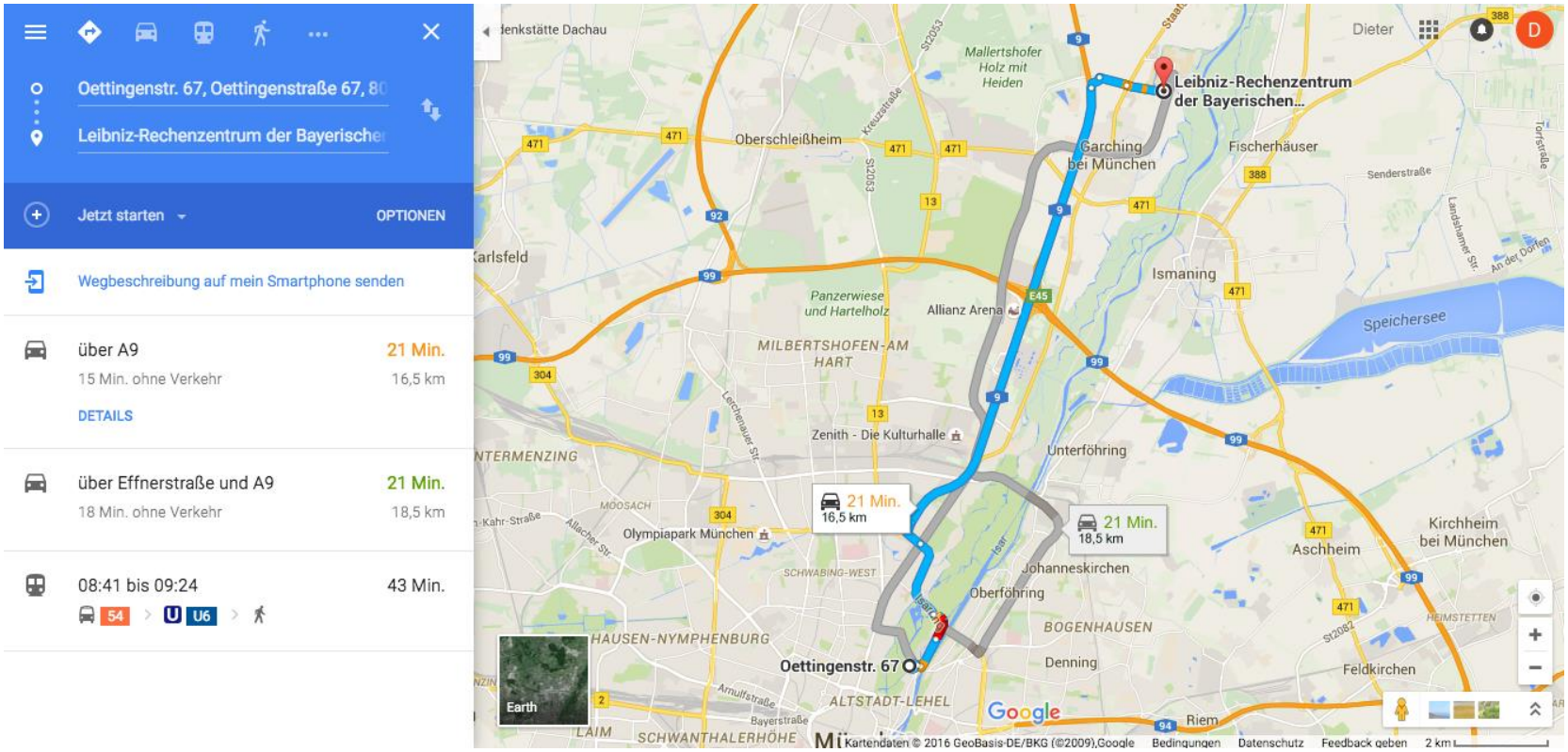
Adressierung der Hosts anhand eines mnemonischen **Hostnamens**

Aber: Hostnamen geben keine Informationen darüber, wo sich ein Host im Internet befindet.

→ IP-Adressen



Namen und Adressen



Kapitel 3.1
Grundkonzepte zu Namen und Adressen

Motivation/Grundproblem

- **WH**: In einem verteilten System wird mittels Austausch von Nachrichten kommuniziert.
- **Grundproblem**:
  Für die Kommunikation ist es notwendig, dass die *Adressen* der Kommunikationspartner bekannt sind bzw. diese *adressiert* werden können
- Zusätzlich:
  - Aus *Adressen* müssen *Pfade* bzw. *Wege* ableitbar sein
  - Zwischenstationen sollten Nachrichten mit gegebener Adressierung so weiterreichen, dass diese möglichst effektiv an ihr Ziel gelangen.

Begriffsklärung

- **Adressen** dienen der Identifizierung von Netzkomponenten oder Diensten
- Adressen müssen von von Maschinen (Computern) effizient verarbeitet werden können
- (Mnemonische) **Namen** sind solche, die Menschen sich gut merken können
- *Namens-* oder *Adressraum* ist eine Menge von eindeutigen Namen bzw. Adressen, die uns in einem bestimmen Format zur Kommunikation in einem Kontext zur Verfügung stehen

Eigenschaften

- (Mnemonische) Namen
  - dienen der Bequemlichkeit menschlicher Nutzer
  - mehrere Inkarnationen logisch identischer Objekte
  - Objekten können ortsunabhängig Namen behalten
  - Bedeutung oft kontextabhängig
  - strukturiert oder flach
- Adressen
  - dienen der effizienten maschinellen Verarbeitung
  - werden für Routing/Wegewahl verwendet
  - strukturiert oder flach

Adressbildung

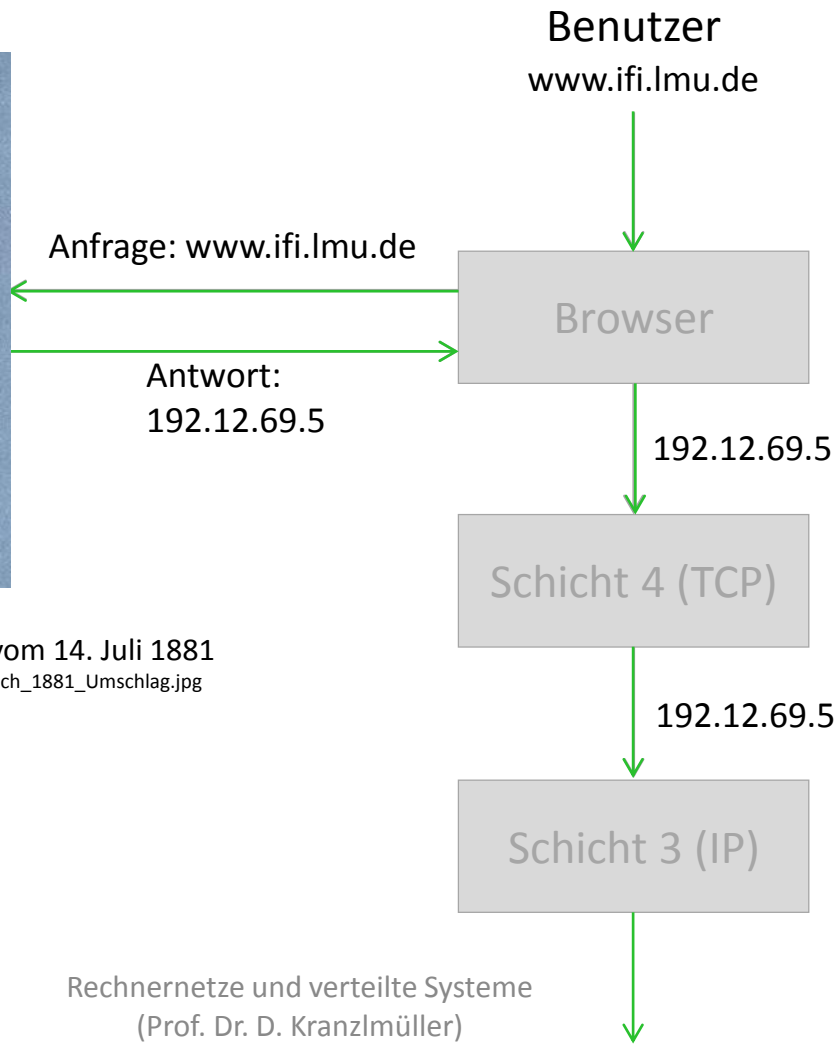
- Struktur
  - uniform global (durchlaufende Nummerierung) (Bsp.: Ethernet-Adressen)
  - hierarchisch (Bsp.: Telefonnummern)
- Umfang des Adressraums
  - groß genug: ermöglicht permanente Zuordnung, erfordert große Header
  - Zu klein: Mehrfachverwendung erfordert dynamische Vergabestrategie (Bsp.: DHCP)
- Codierung
  - variable Namensfelder: erweiterbar
  - feste Namensfelder: effizient/einfach zu implementieren

Lokalisierung von Objekten

- **Namensauflösung**: Adressfindung der Objekte, für die ein Name steht
- Zwei Ansätze:
  - Namen werden durch separaten Dienst z.B. mit Hilfe von Zuordnungstabellen abgebildet
  - Adresse ist aus der Namensstruktur ableitbar: <Prozessname>:=<Netz>.<Subnetz>.<Host>.<ID>
- Im Internet:
  Namensauflösung via DNS ➔ Kapitel 2.3

Beispiel: Namensauflösung Web
(stark vereinfacht)

Umschlagseite des Berliner Telefonbuchs vom 14. Juli 1881
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berliner_Telefonbuch_1881_Umschlag.jpg



Kapitel 3.2
IP-Adressen

Adressen im Internet

Einordnung

- Internet Protokoll (IP) ist zentrales Protokoll des Internets
- **IP-Adressen** sind Bestandteil des Internet Protokolls.
- IP spezifiziert 2 Protokollversionen
  - IPv4 (32 bit)
  - IPv6 (128 bit)

Grundidee und Vergabe (1/2)

- Jeder Host bekommt eindeutige IP-Adresse
  - Strikt genommen bekommen nicht Hosts, sondern Netzschnittstellen IP-Adressen.
  - Ein Host hat oft mehrere Netzschnittstellen hat (z.B. bei Routern der Fall)
  - Im Heimnetz: Hinter einer Netzschnittstelle verbergen sich mehrere Hosts (➔ NAT).

- Jeder Host (mit IP-Adresse) kann jederzeit an jeden anderen Host (mit IP-Adresse) ein IP-Paket verschicken

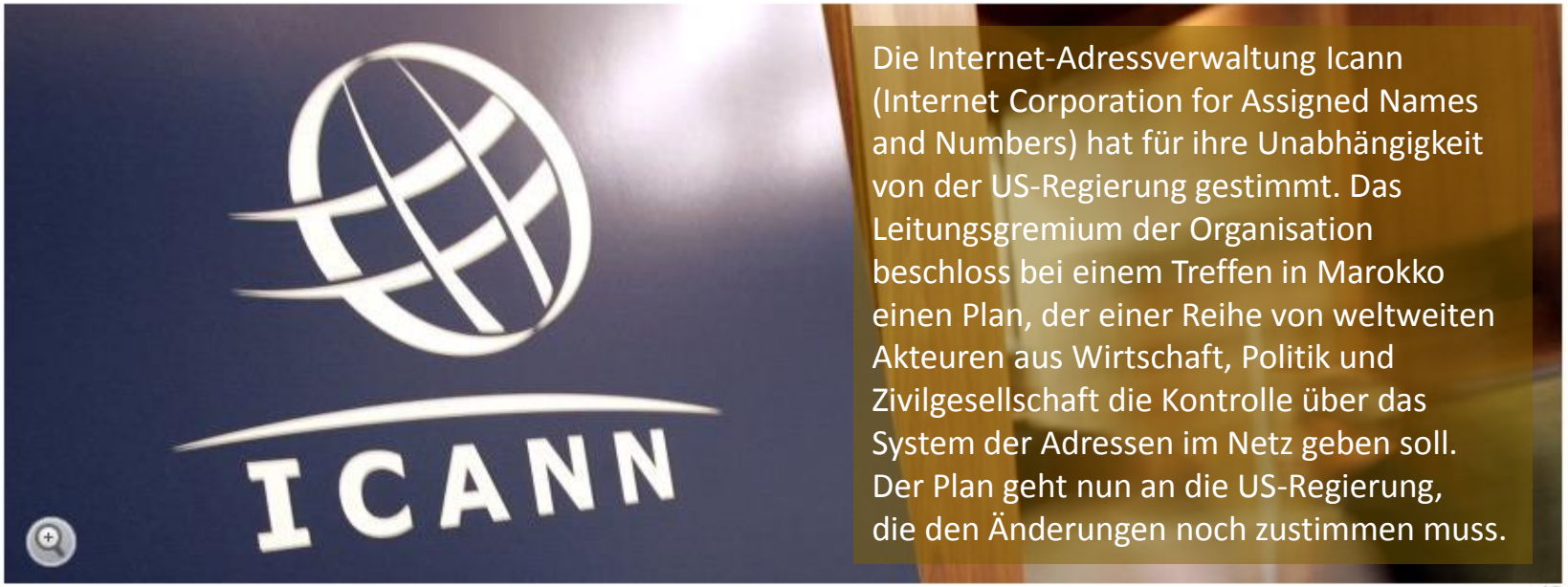
Grundidee und Vergabe

- IPv4-Adressen werden hierarchisch verwendet.
  - IPv4-Adressen bestehen aus Netzteil (Netz ID), der das Netz adressiert, und Hostteil (Host ID), der den Host adressiert
- Einzelne IP-Adressen haben Sonderbedeutungen.

- Internationale Vergabe durch die IANA (Internet Assigned Numbers Authority)
  - Delegiert an nationale Organisationen.
  - Abteilung der ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
  - Buchhalter für die Registrierungen

Politik und ICANN

Internet-Adressen: Icann sagt sich von US-Abhängigkeit los



Die Internet-Adressverwaltung Icann (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) hat für ihre Unabhängigkeit von der US-Regierung gestimmt. Das Leitungsgremium der Organisation beschloss bei einem Treffen in Marokko einen Plan, der einer Reihe von weltweiten Akteuren aus Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft die Kontrolle über das System der Adressen im Netz geben soll. Der Plan geht nun an die US-Regierung, die den Änderungen noch zustimmen muss.

AP

Icann-Logo

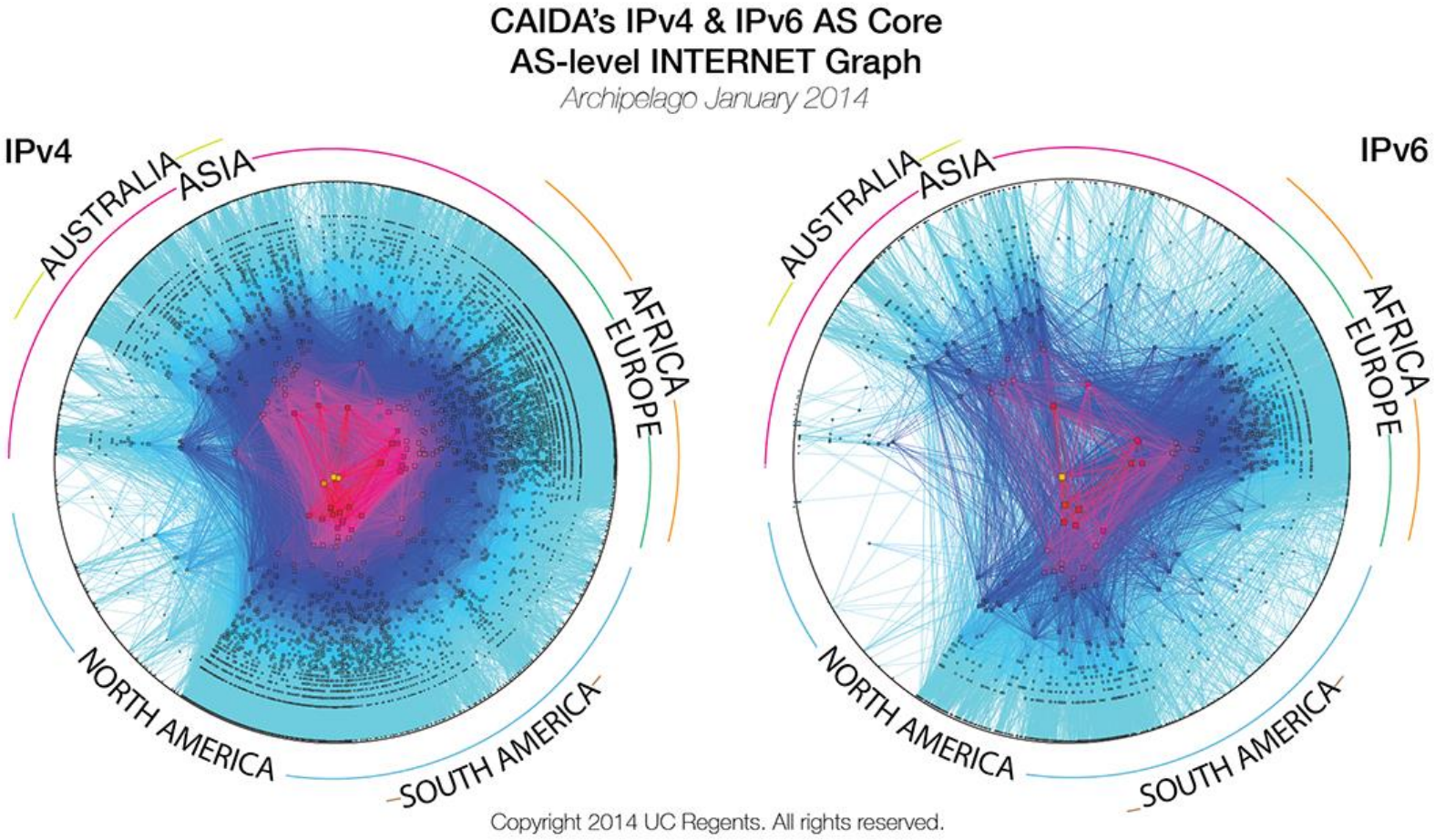
Die Icann ist die Hüterin über die Adressen im Internet. Bisher stand die Adressverwaltung unter der Aufsicht des US-Handelsministeriums. Jetzt stimmte das Gremium für neue Kontrollmechanismen.

http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/icann-sagt-sich-von-us-abhaengigkeit-los-a-1081731.html

Historischer Hintergrund

- **Ursprünglich**: hauptsächlich Universitäten und Forschungseinrichtungen brauchen Internetzugang
- **Wandel**: Internet als Massenkommunikationsnetz
  ➔ 2^{32} IP-Adressen werden nicht (lange) reichen
- **Kurzfristig**: Entwicklungen und Maßnahmen, um mit den bestehenden IPv4-Adressen auszukommen (NAT, CIDR, ...)
- **Langfristig**: Migration zu IPv6 (128-bit Adressen)

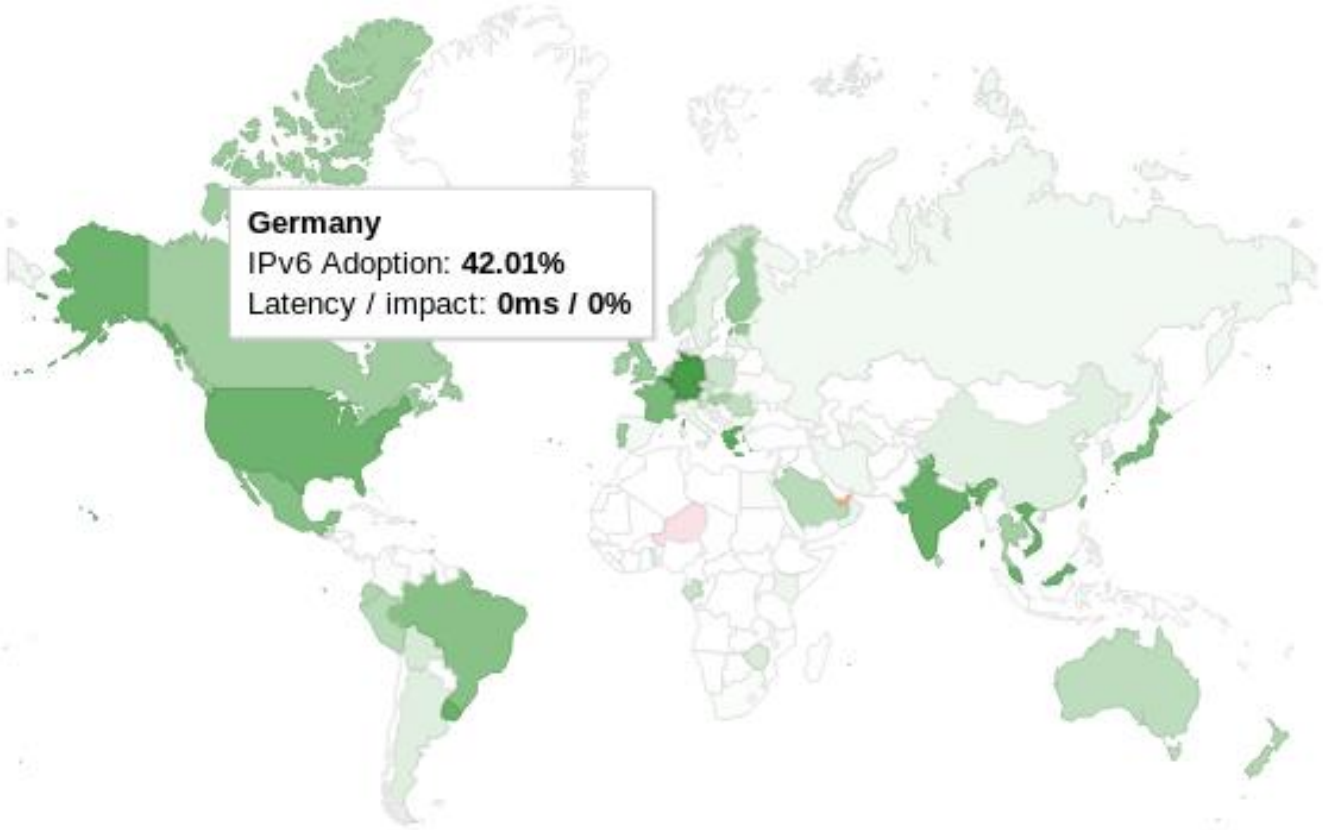
Karte des Internet (2014)



https://www.caida.org/research/topology/as_core_network/2015/

IPv6 Einführung pro Land

https://www.google.de/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption



Notation von IPv4-Adressen

- Durch Punkte getrennte, byteweise Dezimalschreibweise: p.q.r.s
- wobei p,q,r,s Dezimalzahlen zwischen 0 und 255 sind.
- Beispiel: „208.77.255.0“

Kapitel 3.3
DNS – Domain Name System

Namen im Internet

Einordnung

- IPv4-Adressen für (menschliche) Endnutzer „*ungünstig*“
- IP-Adressen sind (wegen hierarchischem Routing) an die Netztopologie gebunden. Wenn ein Host (oder Inhalt) also von einer Stelle im Internet an eine andere verlegt wird, ändert sich (in der Regel) die IP-Adresse.
- Gesucht: ein System um Hosts Namen zu geben, und diese Namen auf IP-Adressen abzubilden.

  ➔DNS (Domain Name System)
- Andere Ansätze: Aliasing, X.500, LDAP

Rahmenbedingungen

- Im LAN einer einzigen Organisation wäre es möglich eine zentrale Liste von Hostnamen mit zugehörigen IP-Adressen zu führen
- Im Internet widerspricht ein zentralverwalteter Ansatz der Grundidee (und ist technisch problematisch)

- 1.012.695.272 Hosts im DNS (Stand Januar 2019)

https://ftp.isc.org/www/survey/reports/current/

Herausforderungen bei der Namensvergabe

- Unabhängigkeit der Akteure
  - Kein globaler einheitlicher Zustand
  - Umziehen eines einzelnen Hosts muss allen mitgeteilt werden
- Skalierbarkeit
  - Abbildung von Namen auf Adressen muss für alle 2^{32} IPv4-Adressen bzw. 2^{128} IPv6-Adressen skalieren
  - Portierbarkeit auf nachfolgende größere Adressräume

Lösungsansätze

- Viele unabhängige Akteure:
  DNS-Namensraum als Baumstruktur ➔ hierarchischer Namensraum
  - Einzelne Äste/Bereiche des Baums werden einzelnen Akteuren zugesprochen.
- Skalierbarkeit (große und wachsende absolute Zahl an Teilnehmern):
  Implementierung als verteilte Datenbank.
  - Bei Wachstum des Systems (bzw. Last) können einfach weitere DNS Server hinzugefügt werden.

Überblick DNS

DNS ...

- ist ein Dienst der Anwendungsschicht
- ist als verteilte Datenbank mit einer Hierarchie von Nameservern implementiert.
- bietet einen als Baum strukturierten (hierarchischen) Namensraum für Hosts im Internet.
- ist kritischer Bestandteil des Internets!

DNS als Dienst

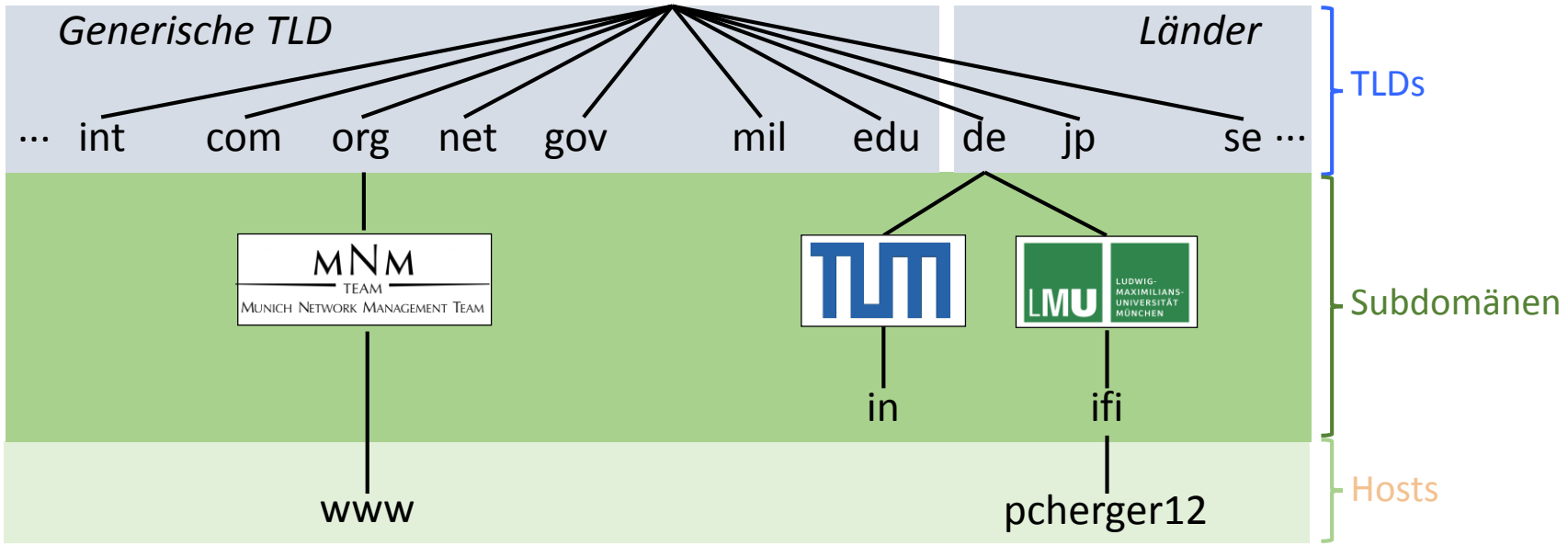
- Dienste und Dienstmerkmale:
  - Namensauflösung (Abbildung Host-Namen auf IP-Adressen
    - *Fully Qualified Domain-Name (FQDN)*
    - *Resource Records = <name> [<ttl>] [<class>] <type> <rdata>*
  - Aliasing (insbesondere für Hosts, Mail Server)
  - Redundanz
  - Lastverteilung zwischen replizierten Servern
- Grundfunktionen eines DNS-Servers:
  - Beantworten von Client-Anfragen
  - Austausch mit anderen DNS-Servern

Der DNS Namensraum (1)

- Unterscheidung: Generische und Länder-Domänen
- Top Level Domains (TLD) von der ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) verwaltet
- Für jeden TLD gibt es einen Registrar, der (gegen Gebühr) second level Domains in diesem TLD an verschiedenste Organisationen (z.B.: LMU) sowie Privatleute vergibt (➔ First Come, First Served)

Der DNS Namensraum (2)

- Second Level Domains (und tiefer) können von den Organisationen, denen sie zugesprochen wurden, beliebig in weitere Subdomänen eingeteilt werden. (z.B.: „ifi“ als Subdomäne von „lmu“)
- Blätter des Baums enthalten Hostnamen (In der Praxis kann „Hostname“ mit vielen IP-Adressen /tatsächlichen Hostmaschinen assoziiert werden)
- Der *Fully Qualified Domain Name* (FQDN) ist der volle Pfad von einem Blatt des Baums bis zur Wurzel (durch Punkte getrennt) z.B.: „pcheger12.nm.ifi.lmu.de.“ (Die Wurzel nach dem letztem Punkt ist namenslos)



- Hierarchisch, Baumstruktur
- Top Level Domains (TLD): festgelegt von ICANN
  - generisch, nach Zweck (gTLD)
  - TLD für Länder (ccTLD, ca 240 Stück)
  - seit 2013: „new gTLDs“
- Subdomains: Unterteilung in benannte Teildomänen
  - Second-level domains (z.b. `lmu.de`) von Registraren zugeteilt
  - Unterteilung in Subdomains kann wiederholt werden
- Host-Name: Blätter des Baumes
- Fully Qualified Domain Name (FQDN)
  - vollständiger Name bestehend aus Hostname und Domänennamen
  - in Richtung Baumwurzel zu lesen; endet mit Punkt

Cybersquatting

- Engl. Squatter = Hausbesetzer
  - Domänenbesetzung, Domainsquatting, Namejacking, Brandjacking
- Registrierung von Domain-Namen, die für andere Personen oder Institutionen von Interesse sind
  - Markennamen, Musiker, Sportler, ...
- Verkauf der Namen
- Rechtliche Situation

Ressourcendatensätze (Engl.: Resource Records)

- Die durch DNS implementierte Datenbank enthält als Daten sogenannte Resource Records (RR)
- Jede Domäne kann mit beliebiger Anzahl von RRs assoziiert sein
- Resource Records sind (zur Effizienz) binär codierter Fünftupel mit folgendem Schema: (<Domain Name>,<TTL>,<Klasse>,<Typ>,<Wert>)

Resource Records

- *Resource Records* sind ein (zur Effizienz) binär codierter Fünftupel mit folgendem Schema: (<Domain Name>,<TTL>,<Klasse>,<Typ>,<Wert>)
  - Der **Domain Name** ist normalerweise der primäre Suchschlüssel für die Anforderung von RRs (z.B.: „lmu.de“).
  - **TTL** (engl.: time to live) ist die Zeit in Sekunden für die, die Instanz des RR als gesichert (wahrscheinlich korrekt) gilt.
  - Das **Klasse** Feld enthält in der Praxis fast immer den wert „IN“ für „Internet“.
  - Eine Auswahl von RR **Typen** gibt es auf der nächsten Folie.
  - Der **Wert** sind die eigentlichen Daten des RRs.

Wichtige RR Typen

Typ	**Bedeutung**	**Zugehöriger Wert**
SOA	Start of Authority	Infos zur Zonen Verwaltung
A	IPv4 Address Record	32-bit Integer, IPv4-Adresse
AAAA	IPv6 Address Record	128-bit Integer, IPv6-Adresse
MX	Mail Exchange Record	Zuordnung der zuständigen Mailserver
NS	Nameserver Record	Hostname eines autoritativen Nameservers
CNAME	Canonical Name Record	Kanonischer Name eines Hosts
PTR	Pointer	Für Reverse Mapping: IP-Adressen➔Namen
TXT	Text Record	Ursprünglich frei definiert, heute SPF (Sender Policy Framework), DomainKeys, DMARC, DNS-SD, Google-Site Verificiation

Zonen im DNS Namensraum

- DNS Namensraum wird in **nicht überlappende administrative Zonen** aufgeteilt
- Administratoren einer Zone stellen für Anfragen zu beliebigen FQDNs in ihrer Zone „**autoritative Nameserver**“ bereit

- Anmerkung: Die Administratoren einer Zone sind nicht unbedingt identisch mit den Inhabern der zugehörigen Domänen

Autoritative Nameserver

- Antworten von „*autoritativen Nameserver*“ gelten als richtig
- Allgemein: zur **Lastverteilung/Ausfallsicherheit mehrere autoritative Nameserver** pro Zone bereitgestellt
  - Ein primärer Nameserver (wird aktiv gewartet)
  - Alle anderen sind sekundäre Nameserver (holen regelmäßig aktuelle Informationen vom primären Nameserver per „Zonentransfer“)
  - Primäre und sekundäre Nameserver einer Zone gelten gleichermaßen als autoritativ.

Weitere Nameserver-Typen

- Root Nameserver
  - 13 Root-Nameserver weltweit
  - gut geschützte stark replizierte Hochleistungssysteme (werden per *anycast routing* angesteuert)
  - kennen vor allem die autoritativen Nameserver der top-level Domänen (sowie die populärer second-level Domänen)
- Lokale Nameserver
  - Hosts im Internet müssen mindestens einen Nameserver mit IP-Adresse kennen, um überhaupt eine Anlaufstelle für die Namensauflösung (und damit das Ermitteln weiterer IP-Adressen) zu haben ➔ Lokaler Nameserver des Hosts
  - Werden vor allem von ISPs bereitgestellt.

Anfragen an DNS - Ablauf

1. **Anfrage** an Resolver (lokales Programm des Hosts)
2. Nachschlagen im Cache – Ergebnis? (Ja / Nein)

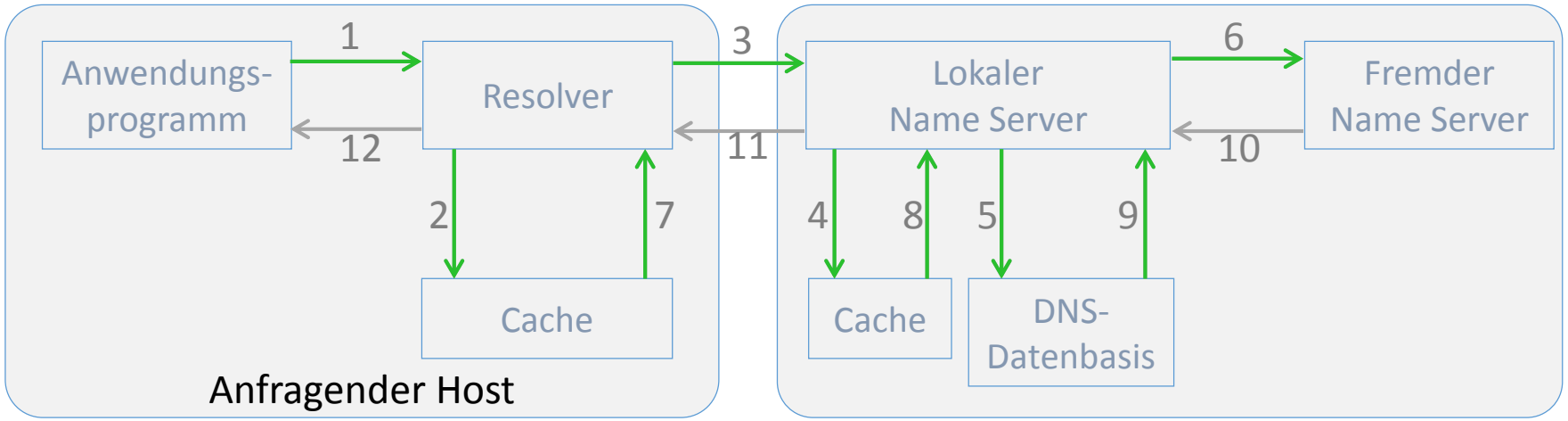
Nein **3. Anfrage** an lokalen Nameserver

4. Nachschlagen im Cache – Ergebnis? (Ja / Nein)

Nein 5. Nachschlagen in RRs des lokalen NS – Ergebnis? (Ja / Nein)

Nein **6. Anfrage** an fremde Nameserver – Ergebnis?

Achtung: RRs in einem Cache sind niemals autoritativ und werden nach Ablauf der *time-to-live* (TTL) verworfen!



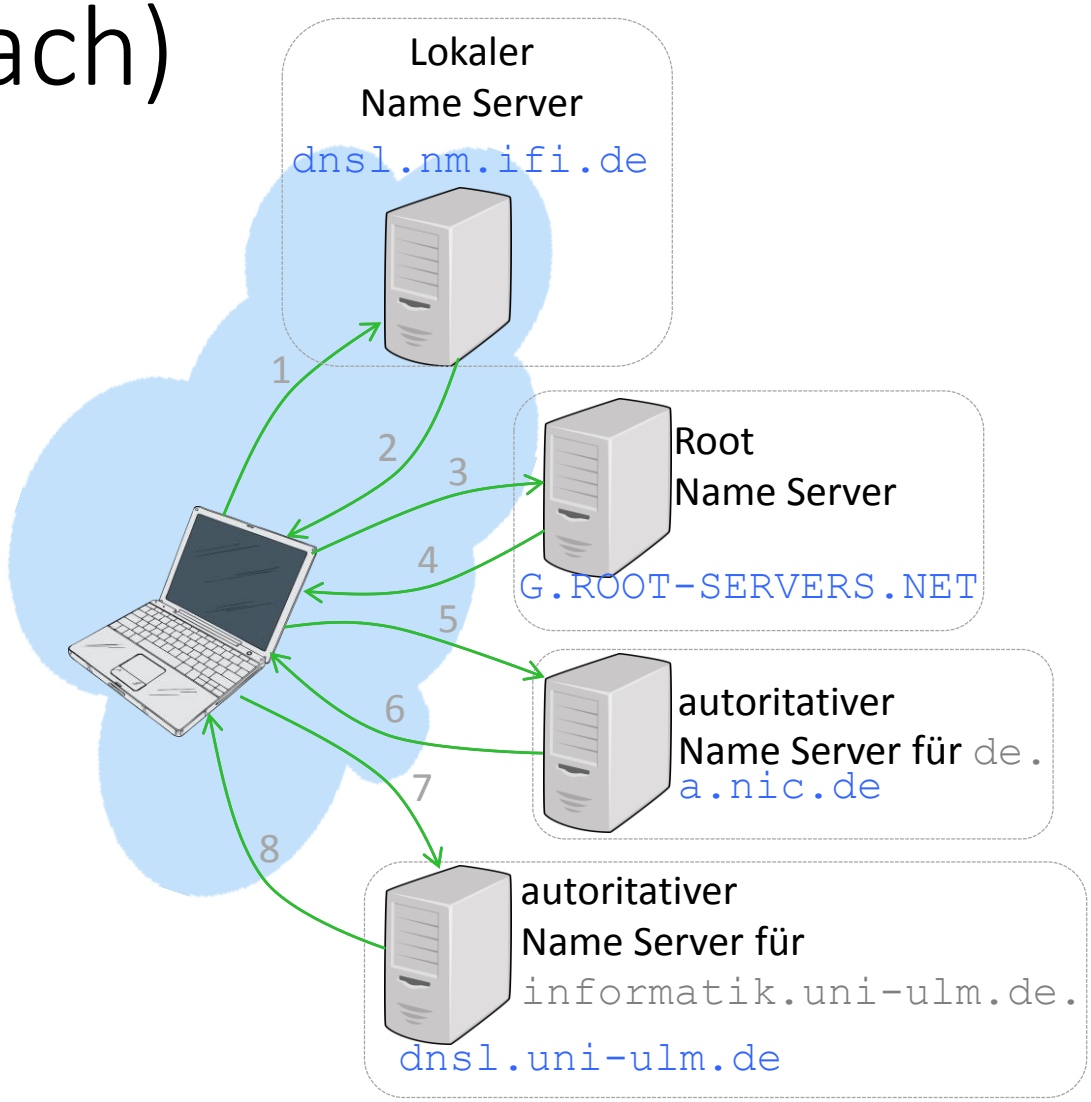
- Schritte
  1. Anfrage an den Resolver (lokal auf Host)
  2. Nachschlagen im Cache.(Bei Erfolg: 7, 12)
  3. Anfragen bei lokalem DNS-Server
  4. Nachschlagen in Datenbasis.(Bei Erfolg: 9, 11, 12)
  5. Nachschalgen im Cache.
  6. Anfrage an fremden DNS-Server. Antwort: 10, 11, 12
- Inhalt der Antwort (Bei Erfolg: 8, 11, 12 + Update Resolver-Cache)
  - gesuchte IP-Adresse, oder
  - Referenz auf DNS-Server, der den Name auflösen kann, oder
  - „gibt es nicht“
- Antwort führt zur Auffrischung der Cache-Information

Abarbeitung der DNS Anfragen

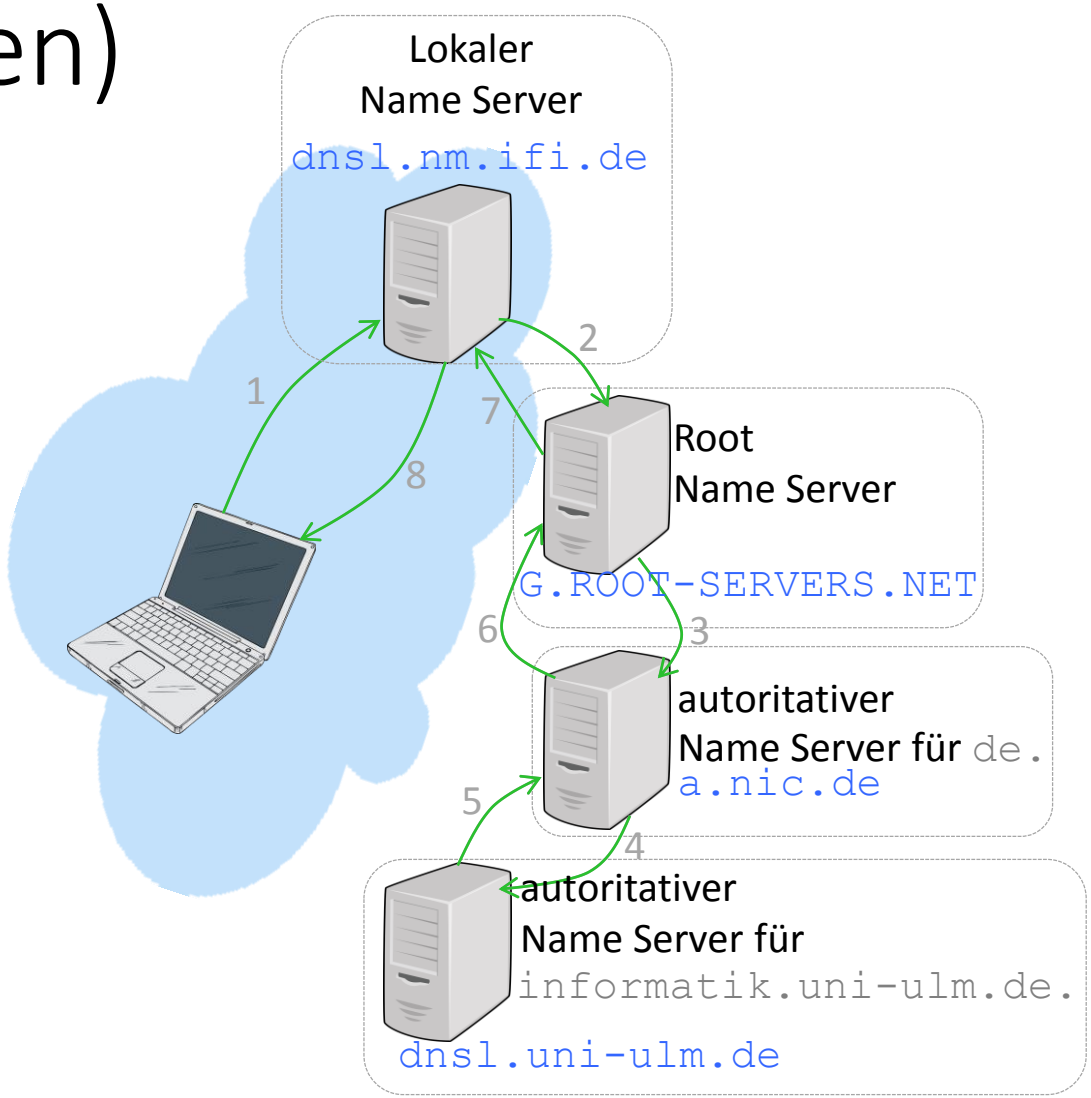
- Man unterscheidet
  - Iterative Anfragen
  - Rekursive Anfragen

- Iterative Anfragen geben jeweils Teilantwort der Anfrage (z.B.: Root Nameserver gibt nur den NS für „.de“ als Antwort zur Anfrage „dns1.nm.ifi.lmu.de“)
- Rekursive Anfragen geben immer vollständige Antwort, erhöhen aber die Last auf beteiligte Nameserver (außerdem Sicherheitsrisiken)

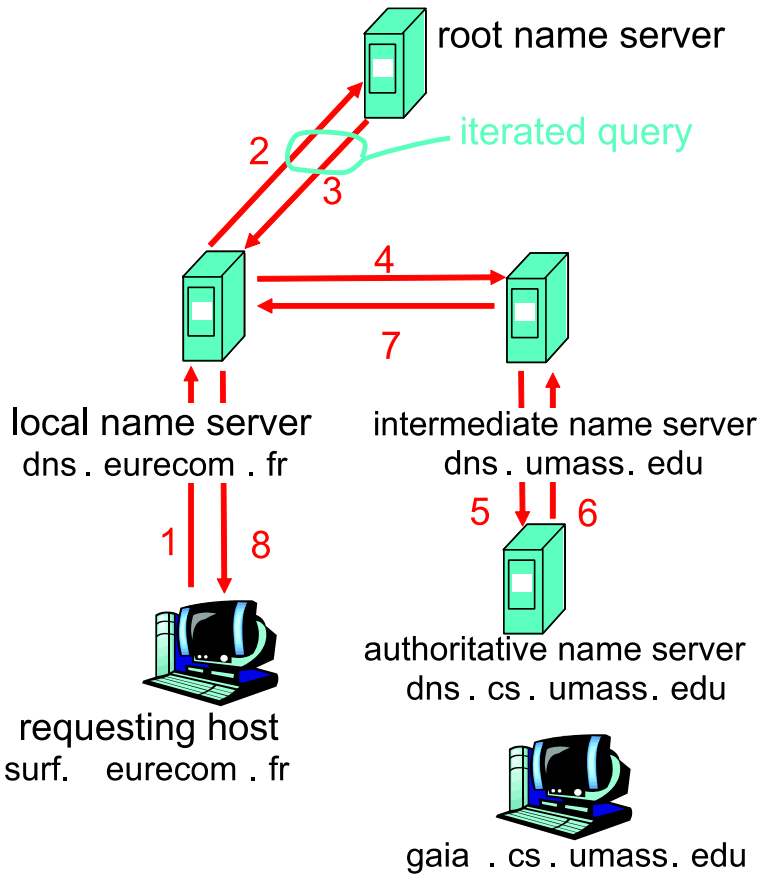
DNS: Iterative Anfrage (Der Reihe nach)



DNS: Rekursive Anfrage: (Durchreichen)



Regelfall: kombinierter Ansatz



- In der Praxis meist Kombination aus rekursiven/iterativen Anfragen. (Sofern die gewünschte Information nicht schon in einem Cache vorhanden ist)
- Root Nameserver beantworten Anfragen im allgemeinen nicht rekursiv.
- Hosts stellen allgemein rekursive Anfragen an ihren lokalen Nameserver. Dieser arbeitet sie iterativ ab.

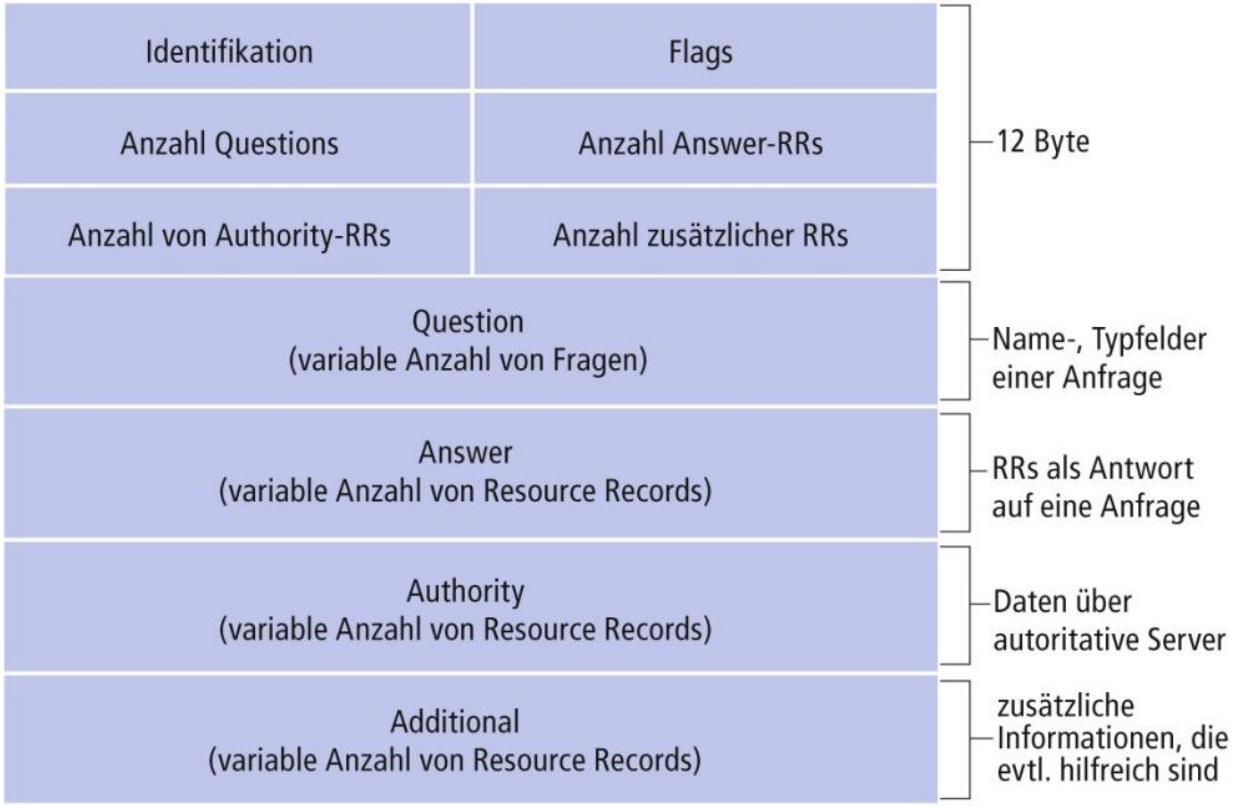
Beispielanfrage: host und dig

```
danciu@pcheger09:~> host www.in.tum.de
www.in.tum.de is an alias for www.informatik.tu-muenchen.de.
www.informatik.tu-muenchen.de is an alias for infoport.informatik.tu-muenchen.de.
infoport.informatik.tu-muenchen.de has address 131.159.74.65
infoport.informatik.tu-muenchen.de mail is handled by 25 mailin.informatik.tu-muenchen.de.
```

```
; <<>> DiG 9.3.4 <<>> www.in.tum.de
;; global options:  printcmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 7702
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 5, ADDITIONAL: 7
;; QUESTION SECTION:
;www.in.tum.de.                 IN      A
;; ANSWER SECTION:
www.in.tum.de.          86400   IN      CNAME   www.informatik.tu-muenchen.de.
www.informatik.tu-muenchen.de. 86400 IN CNAME   infoport.informatik.tu-muenchen.de.
infoport.informatik.tu-muenchen.de.     86400   IN      A       131.159.74.65
[...]
```

Name — TTL — Class — Type — Value

DNS-Nachrichtenformat



- Identification: Anfrage ID
- Flags: Query/Reply, Authoritative Bit, Recursion Desired, Recursion Available

Wahl des Transportprotokolls

- Anfragen: UDP-basiert (Performanz)
  - Verzicht auf Verbindungsaufbau
  - Anfragen zustandslos
  - Wiederholung möglich, falls Frage oder Antwort verloren gehen
- Zonentransfer: TCP-basiert (Zuverlässigkeit)
  - Größeres Datenvolumen als einzelne Anfrage
  - Findet im Vergleich zu Anfragen selten statt
- Details zu TCP/UDP in nachfolgenden Veranstaltungen

Fragen zu DNS

- Wie unterscheiden sich die Rollen eines lokalen und eines autoritativen Nameservers? Kann ein einziger Server beide gleichzeitig erfüllen?
- Was sind die Unterschiede zwischen einer DNS Domäne und einer DNS Zone?
- Was unterscheidet eine iterative von einer rekursiven DNS-Anfrage? Können beide kombiniert werden?