# Lustiges Implementieren von RFCs

## Domain Name System (DNS)

UnFUG | Sascha | 20.12.21 | https://github.com/Techassi/talks

# Inhalt

#1 WAS SIND RFCS?

Ein kurzer Überblick von RFCs

#2 WAS IST DNS?

High-Level Übersicht und Historie von DNS

#3 LESEN (UND VERSTEHEN) DER RFCS

Theoretische Grundlagen von DNS mit Hilfe von RFCs verstehen

#4 RAN ANS WERK

Implemetierung eines DNS Servers

#5 FRAGERÜNDCHEN

All eure Fragen :)

# Was sind RFCs?

# RFCs

- RFC is die Kurzschreibweise für 'Request for Comments', also 'Bitte um Kommentare'
- Eine Reihe technischer Dokumente zum Internet
- RFCs werden in 3 Kategorien eingeteilt: STD, BCP und (FYI) `Eingestellt`

Einige RFCs, aber nicht alle, definieren Internetstandards, wie zum Bsp.:

- IP `RFC 791`
- UDP `RFC 768`
- und DNS `RFC 1035`

# RFCs

EDITORS / VERFASSER

- Internet Engineering Task Force (IETF)
- Internet Architecture Board (IAB)
- Internet Research Task Force (IRTF)
- Unabhängige Beitragende

STATUS

- Proposed Standard, Draft Standard, Internet Standard
- Best Current Practice
- Historic / Obsolete
- Informational
- Experimental
- Unknown
- Draft

# Was ist DNS?

"The Domain Name System (DNS) is the hierarchical and decentralized naming system used to identify computers, services, and other resources reachable through the internet"

Wikipedia, Domain Name System

# Geschichtsstunde

## DIE LAGE VOR DNS `RFC 1034 (SECTION 2.1)`

- Alle Verknüpfungen von Host Namen zu IPs wurden von dem NIC in EINER! `HOSTS.TXT` Datei verwaltet, welche von ALLEN Hosts über FTP abgerufen wurde.
- Durch den großen Wachstum an Hosts geriet dieses System schnell an seine Grenzen

## HOST TABLE FORMAT `RFC 952`

```
NET : 10.0.0.0 : ARPANET :
NET : 128.10.0.0 : PURDUE-CS-NET :
GATEWAY : 10.0.0.77, 18.10.0.4 : MIT-GW.ARPA,MIT-GATEWAY :
          PDP-11 : MOS : IP/GW,EGP :
HOST : 26.0.0.73, 10.0.0.51 : SRI-NIC.ARPA :
       DEC-2060 : TOPS20 : TCP/TELNET,TCP/ECHO,ICMP :
```

TOPS-20 ist ein proprietäres Betriebssystem für DEC 36bit Mainframes auf Basis von TENEX und ist in Assembly geschrieben. (Erstveröffentlichung: 1976)

# Geschichtsstunde

PROTOKOLL

TCP Verbindung über Port 101 auf Host `SRI-NIC.ARPA` (26.0.0.73 oder 10.0.0.51)

REQUESTS RFC 953

```
<command key> <argument(s)> [<options>]

HNAME SRI-NIC.ARPA <CRLF>
```

- Text Query Requests (in Plain Text)
- Verschiedene Command Keys, wie `HNAME`, `ALL` oder `DOMAINS`

RESPONSE RFC 953

```
<response key> : <rest of response>

HOST : 26.0.0.73, 10.0.0.51 : SRI-NIC.ARPA,SRI-NIC,NIC :
       DEC-2060 : TOPS20 : TCP/TELNET,TCP/SMTP,TCP/TIME,
       TCP/FTP,TCP/ECHO,ICMP :
```

- Antworten in Plain Text
- Verschiedene Response Keys, wie `NET`, `HOST` oder `ERR`
- Error Codes: `NAMNFD`, `ADRNFD`, `ILLCOM` und `TMPSYS`

# Vergleich

## DNS RFC 1035

- Primär über UDP (aber auch TCP)
- Baumartige Namesstruktur
- Jedes Blatt kann 0 - n Dateneinträge beinhalten,
  sog. Resource Records, kurz RRs
- Client- / Serverarchitektur
- Verteilt

## DOD INTERNET HOST TABLE SPECIFICATION RFC 952

<- Nur TCP
<- Tabellen Struktur
<- Jeder "Record" ist eine Zeile

<- Auch Client- / Serverarchitektur
<- Zentral

# Lesen (und verstehen) der RFCs

# DNS RFCs

Es gibt zwei grundlegende RFCs, welche das Protkoll DNS definieren:

- Domain Names - Concepts and Facilities `RFC 1034`
- Domain Names - Implementation and Specification `RFC 1035`

Mit der Zeit (und den wachsenden Ansprüchen an DNS) sind
weitere ergänzende RFCs hinzu gekommen:

- A Means for Expressing Location Information in the Domain Name System (LOC RR) `RFC 1876`
- Incremental Zone Transfer in DNS `RFC 1995`
- Extension Mechanisms for DNS (EDNS(0)) `RFC 6891`
- und weitere …

# Ziele von DNS

`RFC 1034` beschreibt diverse Ziele:

Verteilte Infrastruktur und lokales Caching

> The sheer size of the database and frequency of updates suggest that it must be maintained in a distributed manner, with local caching to improve performance. [...]

Abrufen von diversen Daten, welche nicht nur einen Anwendungsfall abdecken

> [...] that it be generally useful, and not restricted to a single application. We should be able to use names to retrieve host addresses, mailbox data, and other as yet undetermined information. [...]

Nutzung von UDP und TCP

> We want name server transactions to be independent of the communications system that carries them. [...]

# Resource Records (RRs)

## DEFINITION RFC 1034 (SECTION 3.6)

> A domain name identifies a node. Each node has a set of resource information, which may be empty. The set of resource information associated with a particular name is composed of separate resource records (RRs). [...]

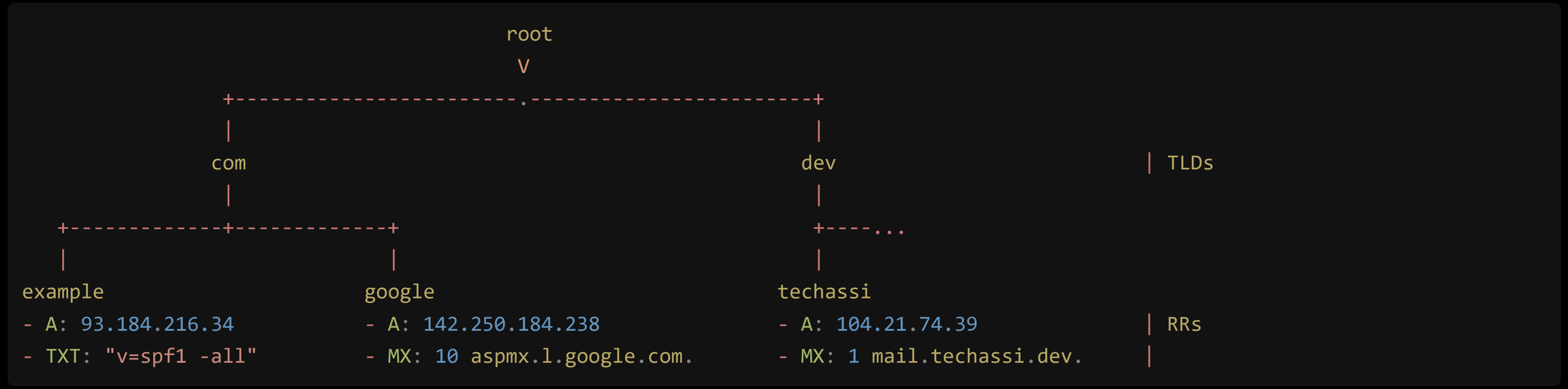
Resource Records beschreiben Daten, welche zu einer Node in einem Baum gehören.

## AUFBAU EINES RRS RFC 1034 (SECTION 3.6)

| | |
|---|---|
| OWNER | which is the domain name where the RR is found. |
| TYPE | which is an encoded 16 bit value that specifies the type of the resource in this resource record. |
| CLASS | which is an encoded 16 bit value which identifies a protocol family or instance of a protocol. |
| TTL | which is the time to live of the RR. [...] |
| RDATA | which is the type and sometimes class dependent data which describes the resource [...] |

# Baumstruktur der Domain Names

RFC 1034 empfiehlt die Implementierung von Zonen und Caches als Baumstruktur.



# Zusammenfassung

In *RFC 1034* werden theoretische Grundlagen von DNS definiert und erklärt. Im Gegensatz dazu beinhaltet *RFC 1035* Details zur technischen Implementierung. In der nächsten Sektion werden wir fast nur noch mit diesem arbeiten.

- Domain Namen sind in einer Baumstruktur organisiert
- Jedes Blatt (Node) kann 0-n Resource Records beinhalten
- RRs beschreiben Daten zu dieser Node
- RRs haben verschiedene Typen, Klassen und Inhalte

# Ran ans Werk

# Server / Client Architektur

SERVER

Ein DNS Server übernimmt folgende Aufgaben:

- Bearbeitung von einkommenden DNS Anfragen (Queries / Questions)
- Anfragen können auf Grund von diversen Gründen abgelehnt werden
- Anfragen nach unbekannten Domain Names können auf diverse Arten behandelt werden
- Server-seitiges Caching
- Logging von Anfragen
- noch mehr? Bestimmt…

CLIENT

Ein DNS Client ist für folgende Aufgaben zuständig:

- Aufkommende DNS Anfragen (von User Space Programmen) bearbeiten
- DNS Query erstellen und an Server senden
- Antworten interpretieren
- Lokales Client-seitiges Caching

# Fachjargon

### BIT

Kleinste binäre Einheit: Kann Wert *0* oder *1* annehmen

### OCTET

8 Bit: `00 00 00 00` oder `10 00 00 01`

Warum nicht Byte? Früher war ein Byte nicht unbedingt 8 Bit. Bytes haben früher Werte zwischen 4 und 10 Bits angenommen. Aufgrunddessen hat man sich entschieden die Einheit *Octets* zu nehmen (Octo => Acht in Griechisch und Latein).

### ENDIANNESS

Endianness oder *Most significant bit (MSB)* gibt an, welches Bit das höchste ist:

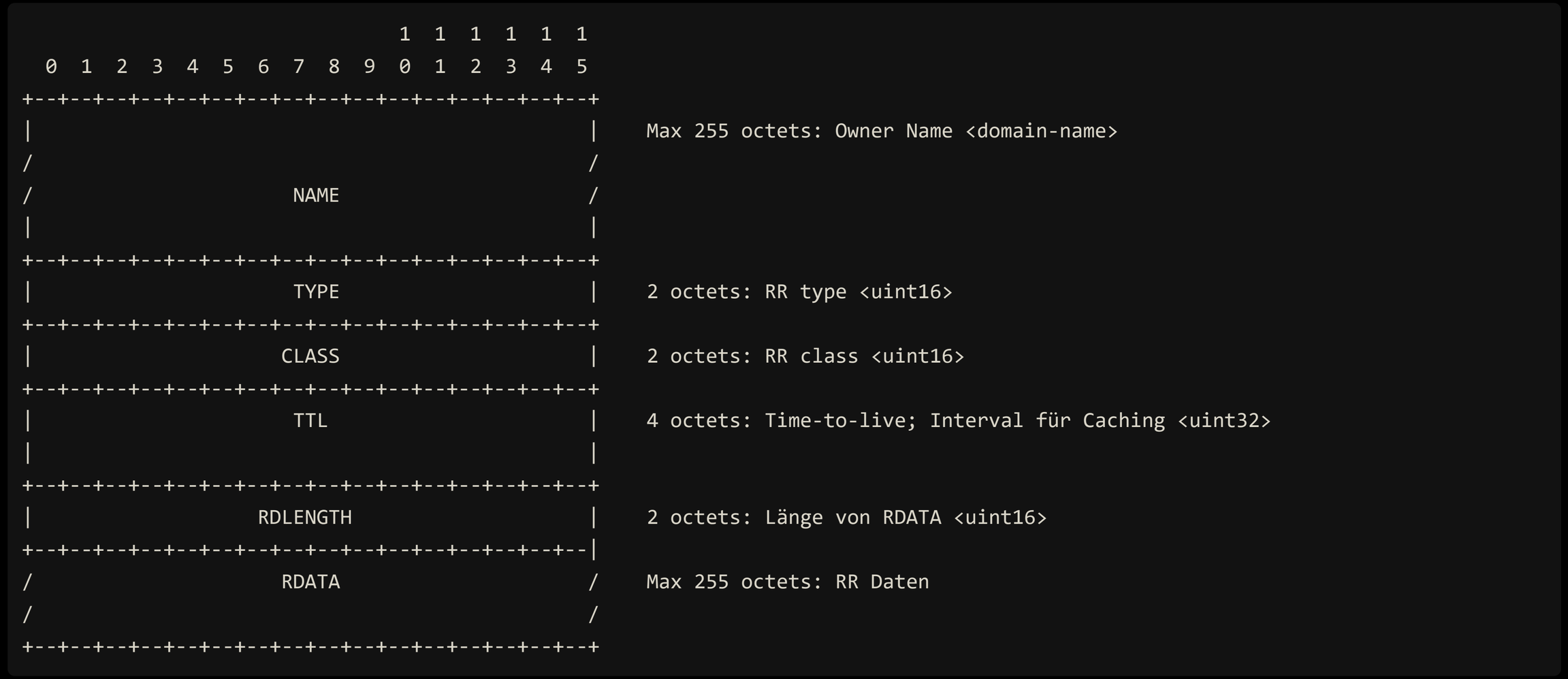
- Big Endian: Das höchste Bit ist links. `10 00 00 00` => 128
- Little Endian: Das höchste Bit ist rechts. `10 00 00 00` => 1

DNS arbeitet mit dem *Big Endian* System (Ist auch die gängigste Schreibweise)

# RRs auf dem 'Wire'

RFC 1035 (3.2.1)

Das 'Wire' Format gibt an, wie Daten in binärer Form über das 'Wire' (Kabel) transportiert werden.



# RR Types

RFC 1035 (3.2.2)

RR Typen definieren die Art von Resource Records. Umgangssprachlich Record. Einige bekannte Typen sind:

### A (1)

Eine IPv4 Host Adresse

```
93.184.216.34
```

### NS (2)

Ein Authoritative **N**ame **S**erver

```
a.iana-servers.net.
```

### CNAME (5)

Canonical Name für ein Alias

```
mail.techassi.dev
```

### MX (15)

Mail Exchange

```
1 mail.techassi.dev.
```

### TXT (16)

Text

```
"v=spf1 mx -all"
```

### AAAA (28)

Eine IPv6 Host Adresse

```
2a00:1450:4001:831::200e
```

# RR Classes

RFC 1035 (3.2.4)

Klassen beschreiben verschiedene Netzwerke. Das bekannteste und heute genutzte Netz ist das Internet auf Basis von IP. DNS erlaubt somit die Bereitstellung von RRs für verschiedene Netze.

IN (1)

The Internet

CS (2)

The CSNET Obsolet

CH (3)

The CHAOS net

HS (4)

Hesiod [Dyer 87]

# RRs in Go `pkg/types/rr/rr.go`

```go
type RR interface {
  // Get header of RR
  Header() *Header

  // Set header of RR
  SetHeader(Header)

  // Set resource record data
  SetData(...interface{}) error

  // String returns the representation of any RR as text
  String() string

  // Len returns the records RDLENGTH
  Len() uint16

  // Unpack unpacks the RDATA
  Unpack([]byte, int) (int, error)

  // Pack packs the RDATA
  Pack([]byte, int) (int, error)
}
```

```go
type Header struct {
  // Name specifies an owner name
  Name string

  // Type specifies a RR type code
  Type uint16

  // Class specifies a RR class code
  Class uint16

  // TTL specifies the time interval in seconds that the
  // RR may be cached before it should be considered
  // outdated
  TTL uint32

  // RDLength specifies the length of RDATA in octets
  RDLength uint16
}
```

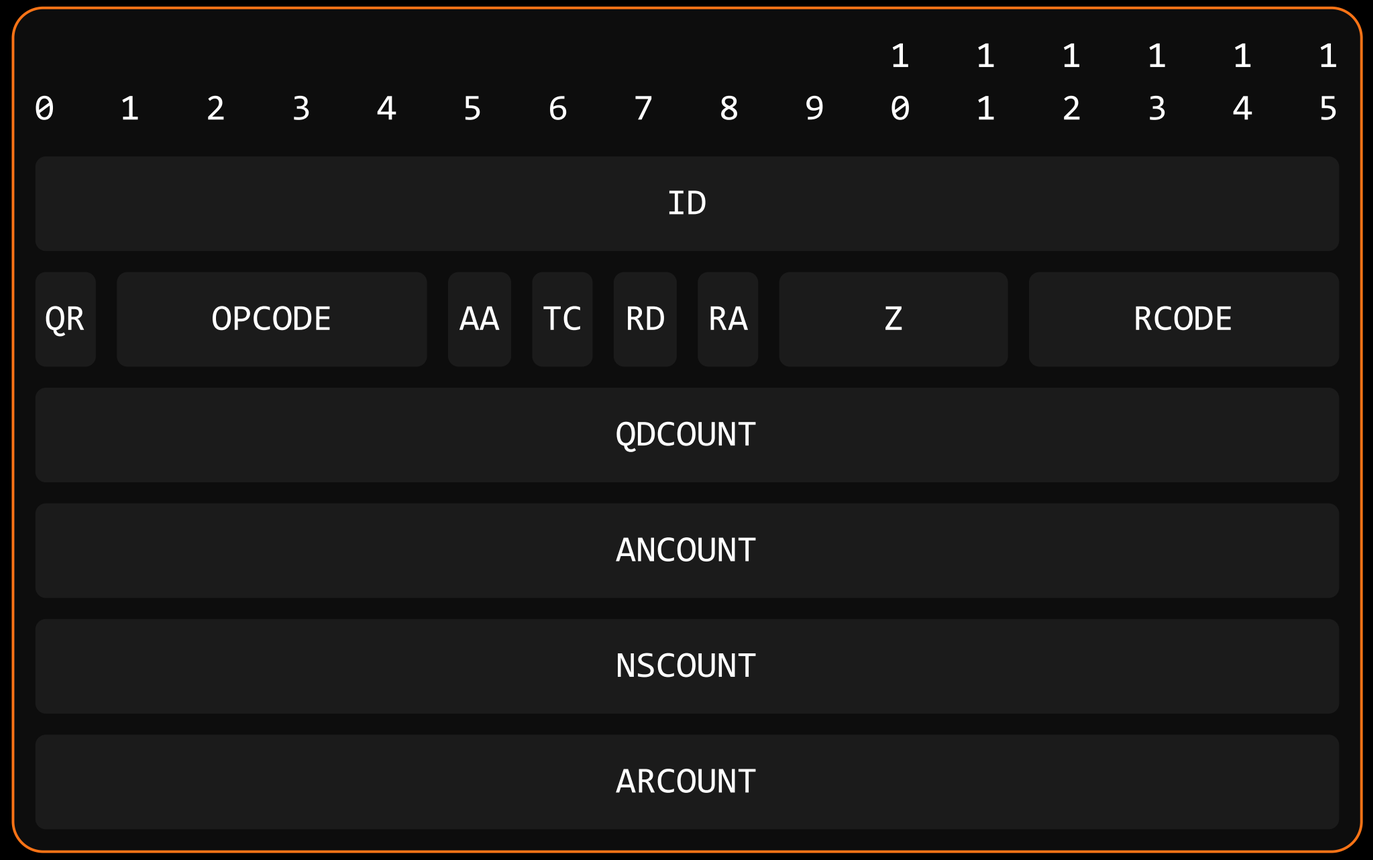
# Message Format

MESSAGE

Eine DNS Nachricht ist in 5 Abschnitte unterteilt.


HEADER

Der Header hat eine feste Größe von 6 * 16 Bits = 96 Bits (12 Octets).



# DNS Message in Go `pkg/types/dns/message.go`

```go
type Message struct {
  Header     Header
  Question   []Question
  Answer     []rr.RR
  Authority  []rr.RR
  Additional []rr.RR

  Compression CompressionMap
}
```

```go
type Code uint16

const (
  NoError Code = iota
  FormatError
  ServerFailure
  NameError
  NotImplemented
  Refused
)
```

```go
type Header struct {
  ID                 uint16      // ID
  IsQuery            bool        // QR
  OpCode             opcode.Code // OPCODE
  Authoritative      bool        // AA
  Truncated          bool        // TC
  RecursionDesired   bool        // RD
  RecursionAvailable bool        // RA
  Zero               bool        // Z
  RCode              rcode.Code  // RCODE
  QDCount            uint16      // Question count
  ANCount            uint16      // Answer count
  NSCount            uint16      // Authority count
  ARCount            uint16      // Additional record count
}
```

```go
type Code uint16

const (
  Query Code = iota
  IQuery
  Status
)
```

# DNS Question in Go `pkg/types/dns/question.go`

```go
type Question struct {
    Name  string
    Type  uint16
    Class uint16
}
```

# (Un)packer `pkg/packers/*`

## UNPACKER `PKG/PACKERS/UNPACKER.GO`

Der Unpacker wandelt den Byte Nuffer von einkommenden DNS Nachrichten in Structs um

```go
type Unpacker interface {
    Unpack(dns.Header, []byte, int) (dns.Message, error)

    UnpackHeader([]byte) (dns.Header, int, error)

    UnpackQuestion([]byte, int) (dns.Question, int)

    UnpackRRList(uint16, []byte, int) ([]rr.RR, int, error)

    UnpackRR([]byte, int) (rr.RR, int, error)

    UnpackRRHeader([]byte, int) (rr.Header, int)
}
```

## PACKER `PKG/PACKERS/PACKER.GO`

Der Packer wandelt Structs in einen Byte Buffer um, welcher zurück an Clients gesendet wird

```go
type Packer interface {
  Pack(dns.Message) ([]byte, error)

  PackHeader(dns.Header, []byte, int) (int, error)

  PackQuestion(dns.Question, []byte, int) (int, error)

  PackRRList([]rr.RR, []byte, int) (int, error)

  PackRR(rr.RR, []byte, int) (int, error)

  PackRRHeader(*rr.Header, []byte, int) (int, error)
}
```

# Eine Ebene tiefer (1) pkg/pack/*

```go
func UnpackUint8(data []byte, offset int) (uint8, int) {
    return data[offset], offset + 1
}
```

```go
func UnpackIPv6Address(data []byte, offset int) (net.IP, int) {
    hi, offset := UnpackUint64(data, offset)
    lo, offset := UnpackUint64(data, offset)

    ip := make(net.IP, net.IPv6len)
    binary.BigEndian.PutUint64(ip, hi)
    binary.BigEndian.PutUint64(ip[8:], lo)

    return ip, offset
}
```

# Eine Ebene tiefer (2) Kein valider Go Code

```
func UnpackDomainName(data []byte, offset int) (string, int) {
  if (data[offset] == 0x00) return "."; offset + 1

  for {
    b := int(data[offset]); offset++

    switch b & 0xC0 {
    case 0x00:
      if b == 0x00 {
        break
      }

      buf = append(buf, data[offset:offset+b]...)
      buf = append(buf, '.'); offset += b
    case 0xC0:
      if (!followed) offsetBeforePtr = offset + 1
      offset = int(b^0xC0)<<8 | int(data[offset])
      followed = true
    }
  }

  if (followed) offset = offsetBeforePtr
  return string(buf), offset
}
```

# Multiplexing `pkg/server/*`

```go
func (s *Server) Run() error {
  if s.isRunning() {
    return ErrServerAlreadyRunning
  }

  switch s.Network {
  case "udp", "udp4", "udp6":
    listener, err := createUDPListener(s.Network, s.Address, s.Port)
    if err != nil {
      return err
    }
    s.UDPListener = listener
    go s.serveUDP()
    return nil
  case "tcp", "tcp4", "tcp6":
    listener, err := createTCPListener(s.Network, s.Address, s.Port)
    if err != nil {
      return err
    }
    s.TCPListener = listener
    go s.serveTCP()
    return nil
  }
```

# Weitere interessante Code Ausschnitte

… welche ich in diesem Vortrag nicht im Detail vorstelle. Dennoch können wir uns diese gerne nach dem Talk gemeinsam anschauen.

- Cache / Store
- Master Zones
- Resolver
- EDNS

# Aktueller Stand / Ausblick

## UNTERSTÜTZTE RFCS

Folgende RFCs sind zum Großteil unterstütz.
Sicherlich mit Bugs und diversen Edge Cases :)

- Concepts and Facilities RFC 1034
- Implementation and Specification RFC 1035
- Serial Number Arithmetic RFC 1982
- Extension Mechanisms for DNS RFC 6891

## AUSBLICK

- RPZs DRAFT Vixie DNS RPZ
- LOC RR RFC 1876
- Incremental Zone Transfer in DNS RFC 1995
- und weitere …

# Frageründchen

All eure Fragen :)

# Quellen

- RFC 952
- RFC 1034
- RFC 1035
- RFC 1876
- RFC 1982
- RFC 1995
- RFC 6891

- Slidev: https://github.com/slidevjs/slidev
- Slidev Theme: https://github.com/slidevjs/themes/tree/main/packages/th
  apple-basic