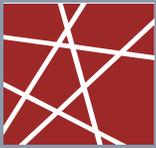




Motivierende Fragen

- ❑ Welcher Netzmanagement-Standard wurde für das Internet entwickelt?
- ❑ In welcher Darstellung werden dabei Daten übermittelt?
- ❑ Wie funktioniert e-mail?
- ❑ Wie funktioniert das Web?
- ❑ Wie funktioniert die Abbildung von Namen auf Adressen im Internet?



Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme

Kapitel 8: Anwendungen

Netzmanagement, SNMP,
SMTP, HTTP, DNS

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Technische Universität München
carle@net.in.tum.de
<http://www.net.in.tum.de>





1. Einführung und Motivation
 - Bedeutung, Beispiele
2. Begriffswelt und Standards
 - Dienst, Protokoll, Standardisierung
3. Direktverbindungsnetze
 - Fehlererkennung, Protokolle
 - Ethernet
4. Vermittlung
 - Vermittlungsprinzipien
 - Wegwahlverfahren
5. Internet-Protokolle
 - IP, ARP, DHCP, ICMP
 - Routing-Protokolle
6. Transportprotokolle
 - UDP, TCP
7. Verkehrssteuerung
 - Kriterien, Mechanismen
 - Verkehrssteuerung im Internet
8. **Anwendungsorientierte Protokolle und Mechanismen**
 - **Netzmanagement**
 - **DNS, SMTP, HTTP**
9. Verteilte Systeme
 - Middleware
 - RPC, RMI
 - Web Services
10. Netzsicherheit
 - Kryptographische Mechanismen und Dienste
 - Protokolle mit sicheren Diensten: IPSec etc.
 - Firewalls, Intrusion Detection
11. Nachrichtentechnik
 - Daten, Signal, Medien, Physik
12. Bitübertragungsschicht
 - Codierung
 - Modems



8. Anwendungen - Kapitelgliederung

8.1 Netzmanagement:

8.1.1 Arten und Ursachen von Netzwerkproblemen

8.1.2 Aufgaben und Ziele für das Netzwerkmanagement

8.1.3 SNMP (Simple Network Management Protocol)

8.1.4 Managementobjekte

8.1.5 Management Information Base (MIB)

8.1.6 Structure of Management Information (SMI)

8.1.7 ASN.1

8.1.8 Basic Encoding Rules, BER (Übertragungssyntax)

8.2 E-Mail

8.2.1 SMTP, UA, MTA

8.2.2 Beispielablauf

8.2.3 MIME

8.3 FTP

8.4 WWW

8.4.1 Uniform Resource Locator (URL)

8.4.2 HTTP (HyperText Transport Protocol)

8.5 DNS



Netzmanagement: Arten und Ursachen von Netzwerkproblemen

- ❑ **Ausfall** von Zwischen- oder Endsystemen, phys. Medien
 - Ursache: Totalausfall, Technischer Defekt

- ❑ **Fehlfunktion** von Zwischen- oder Endsystemen, Medien, Medienanschluss
 - Ursache: Teilausfall von Funktionen, intermittierende Fehler

- ❑ **Überlastung** von Zwischensystemen oder (Sub-)Netzen
 - Ursache: Fehldimensionierung, steigendes Datenaufkommen

- ❑ **Fehlkonfiguration** von Zwischen- oder Endsystemen
 - Ursache: mangelnde Erfahrung, Fehleinschätzung, Flüchtigkeitsfehler

- ❑ **Angriffe** auf Netze oder Netzkomponenten
 - Ursache: mutwillig oder fahrlässig

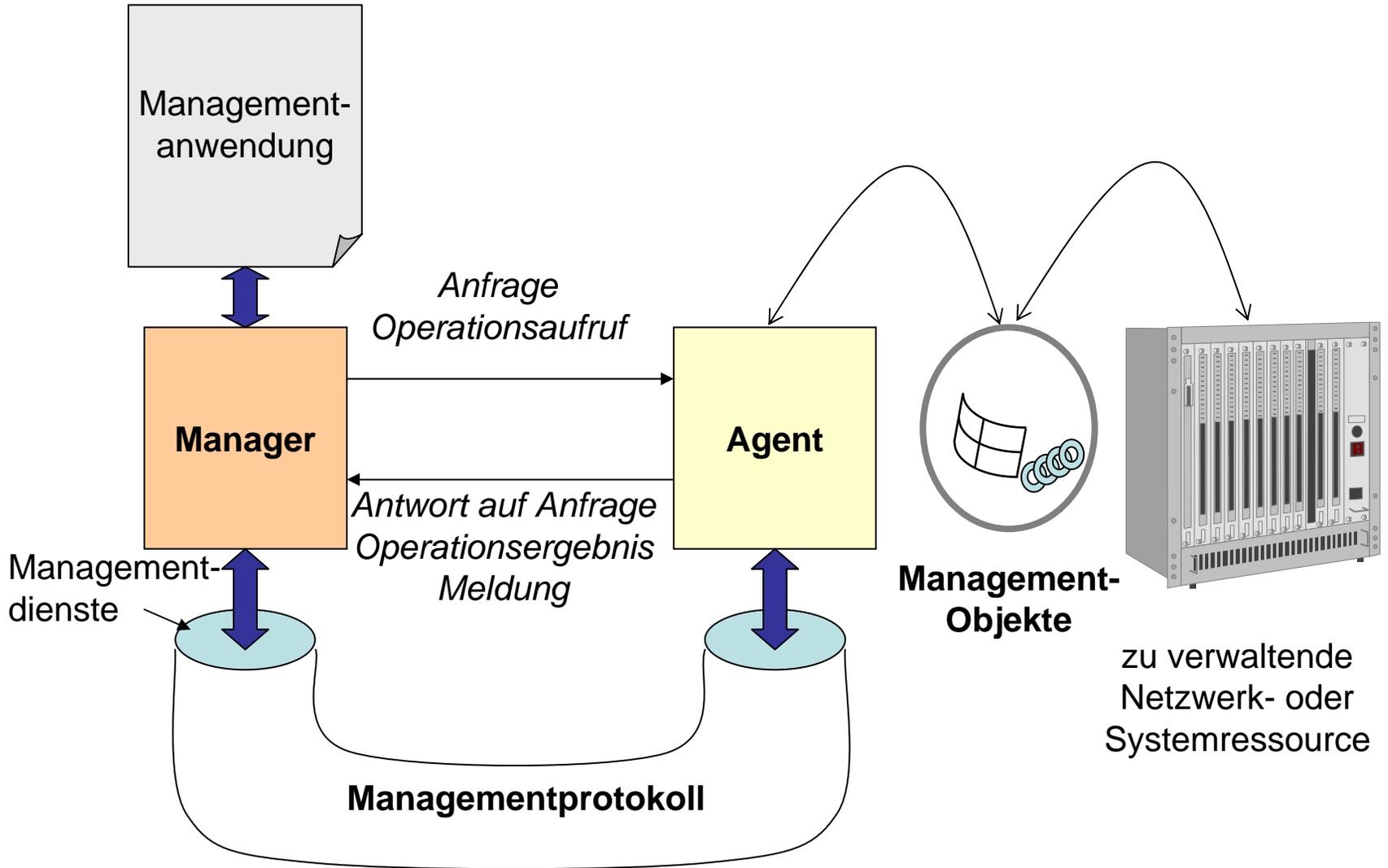


Aufgaben und Ziele für das Netzwerkmanagement

- ❑ Zustandsüberwachung einzelner Netzkomponenten
- ❑ Steuerung des Netzbetriebs
- ❑ Sicherung eines effizienten und effektiven Betriebs
- ❑ Abrechnung der Netzressourcen-Benutzung
- ❑ gesicherter (geschützter) Netzbetrieb
- ❑ einfache Modellierung eines Netzwerks
- ❑ Gewinnung von Planungsdaten für das Netz und Netzwerkmodifikationen
- ❑ Planung „managebarer“ (verwaltbarer) Netze



Netzmanagement in der Übersicht





- ❑ Managementstandard im Internet (OSI-Standards nicht kompatibel)
 - benutzt das *Simple Network Management Protocol* (**SNMP**)
 - verbindungslos, basiert auf UDP
 - definiert eine einfache Struktur zur Modellierung von zu verwaltenden Ressourcen mit Hilfe der *Structure of Management Information* (**SMI**)
 - umfasst mehrere standardisierte Sammlungen von *Managed Objects*, sogenannte *Management Information Bases* (**MIB**)

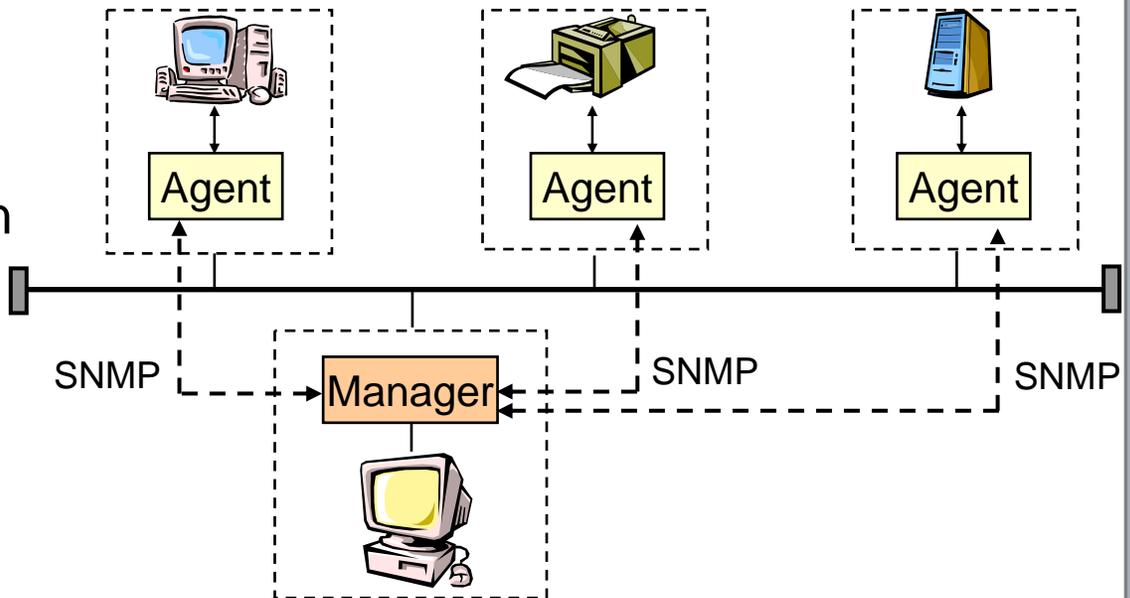
- ❑ SNMP ist insbesondere in lokalen Netzen weit verbreitet

- ❑ Erste Version wurde 1990 erarbeitet, die aktuelle Version ist SNMPv3 nach RFC 2570 (1999). Neu ist hier vor allem die Unterstützung für Sicherheit (viele Produkte basieren noch auf SNMPv1).



SNMP (Simple Network Management Protocol)

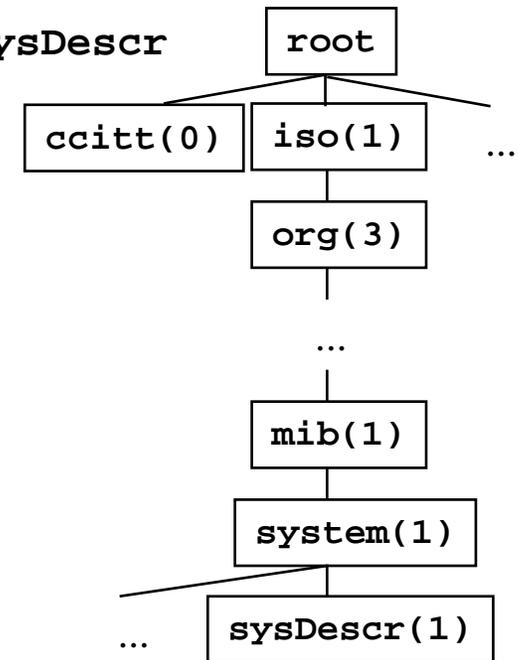
- ❑ SNMP dient der Verwaltung (dem Management) beliebiger Netzwerk-Ressourcen
 - z.B. Drucker, Brücken, Router, Endsysteme usw.
- ❑ Verwaltete Ressourcen integrieren SNMP-Agenten (Software-Prozess)
 - Die Agenten verwalten die Managementinformationen der Komponente
 - z.B. Anzahl eingegangener/verlorener Pakete
- ❑ Der Manager (Software-Prozess) dient der Kommunikation mit den Agenten
 - Protokoll: SNMP (verwendet UDP)
- ❑ Basis der Kommunikation zwischen Manager und Agent: Managementobjekte





Managementobjekte (Managed Objects)

- Managementobjekt (Managed Object):
 - Modell (Abbild) einer/mehrerer Eigenschaft(en) einer Netzwerkressource
 - Ein Agent verwaltet die Managementobjekte „seiner“ Ressource
 - Bestandteile eines Managementobjekts im Internet:
 - Eindeutiger Name, z.B.
`iso.org.dod.internet.mgmt.mib.system.sysDescr`
 - Syntax: verschiedene einfache Datentypen, z.B. Integer, String, Array
 - Zugriffsrechte, z.B. read-only, read-write
 - Status, z.B. verpflichtend (mandatory), optional



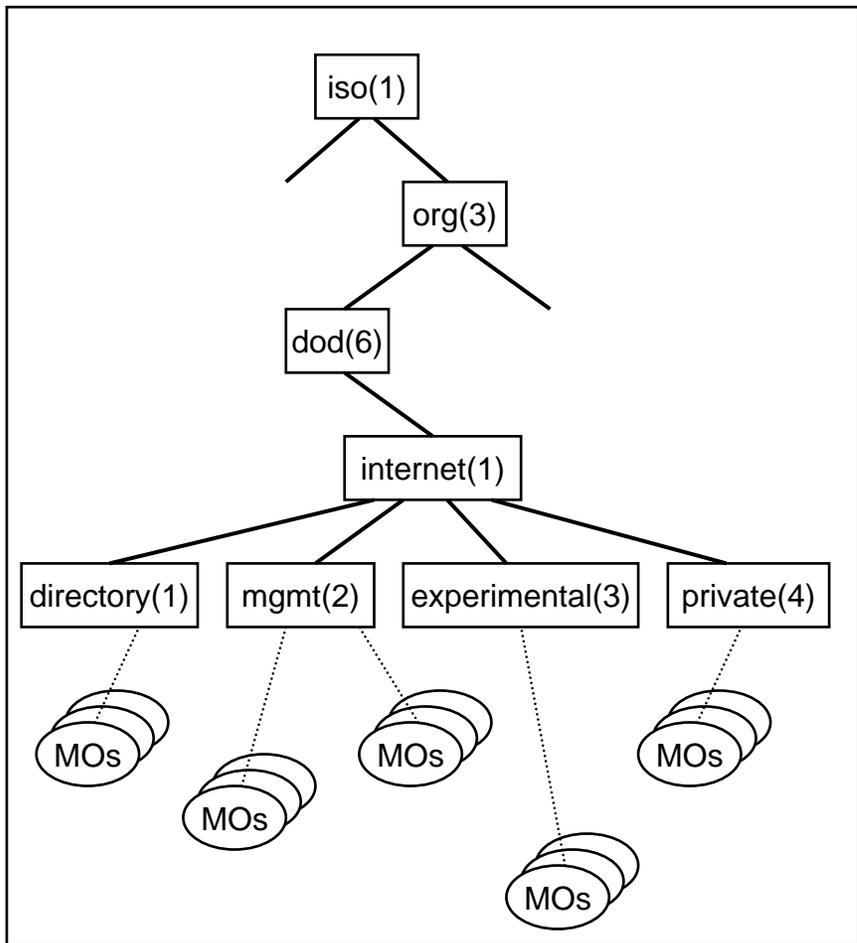
- Management Information Base (MIB):
 - Gesamtheit aller Managementobjekte
 - verteilte, virtuelle Datenbank
- Management Information Tree (MIT):
 - Jedes Managementobjekt hat eindeutige Position im MIT
 - Somit eindeutige Bezugnahme möglich



Modellierung von Managementinformation: MIB und SMI

Management Information Base (MIB)

Structure of Management Information (SMI)



Beispiel: Object sysDescr

sysDescr OBJECT-TYPE

SYNTAX DisplayString (SIZE (0..255))

ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"A textual description of the entity. This value should include the full name and version identification of the system's hardware type, software operating-system, and networking software. It is mandatory that this only contains printable ASCII characters."

::= { system 1 }

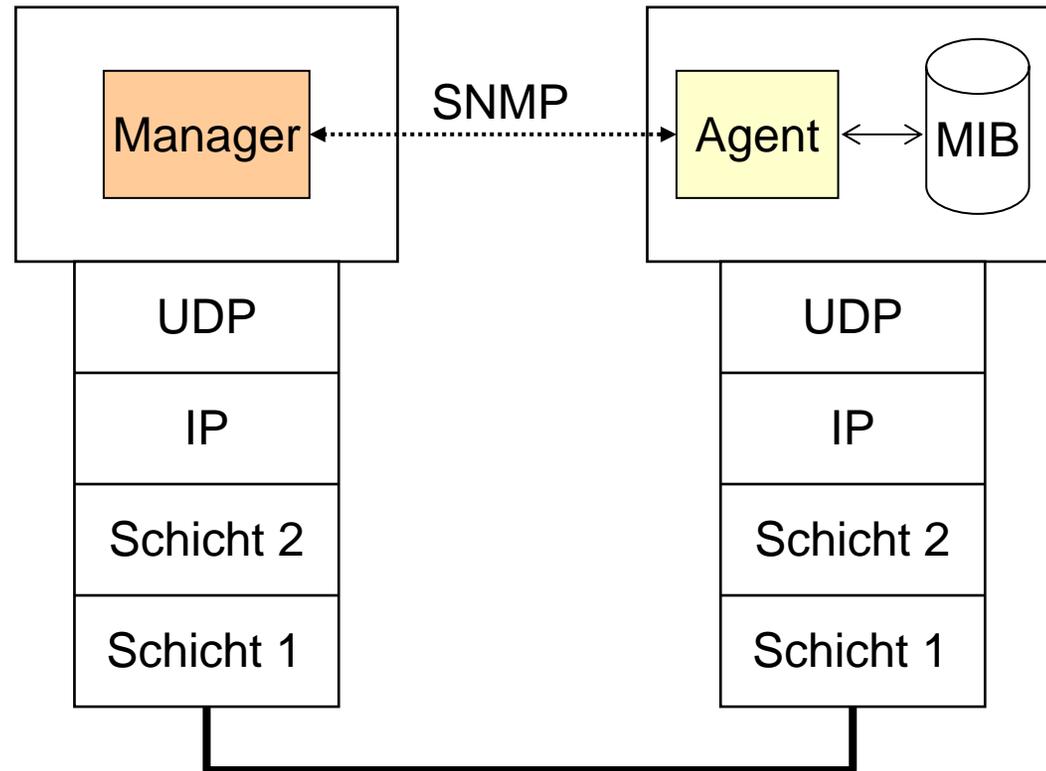


RMON – Remote Monitoring

- MIB mit speziellen Fähigkeiten (RFC 1757 u.a.)
 - Sammeln von Statistiken, Alarmen, Ereignissen
 - Teilweise Auswertung, Filtern, Packet-Capture, ...
 - ➔ Verlagerung von „Intelligenz“ von der Managementplattform weg zum Agent

- Beispiel SMI:

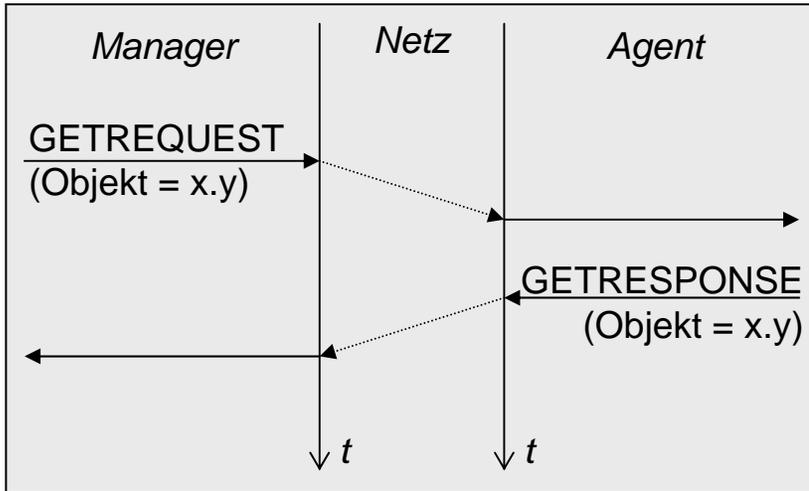
```
etherStatsOversizePkts OBJECT-TYPE
    SYNTAX Counter
    ACCESS read-only
    STATUS mandatory
    DESCRIPTION "The total number of packets received that were longer
        than 1518 octets (excluding framing bits, but including FCS
        octets) and were otherwise well formed."
    ::= { etherStatsEntry 10 }
```



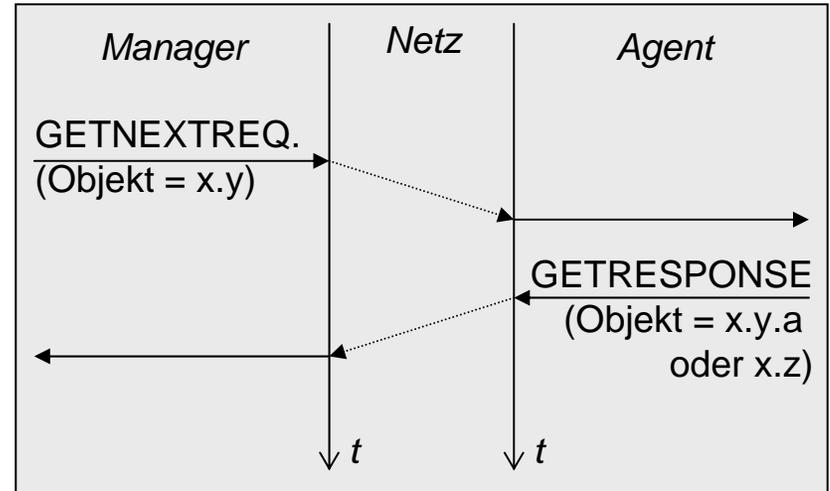


SNMP: Client-Server-Prinzip

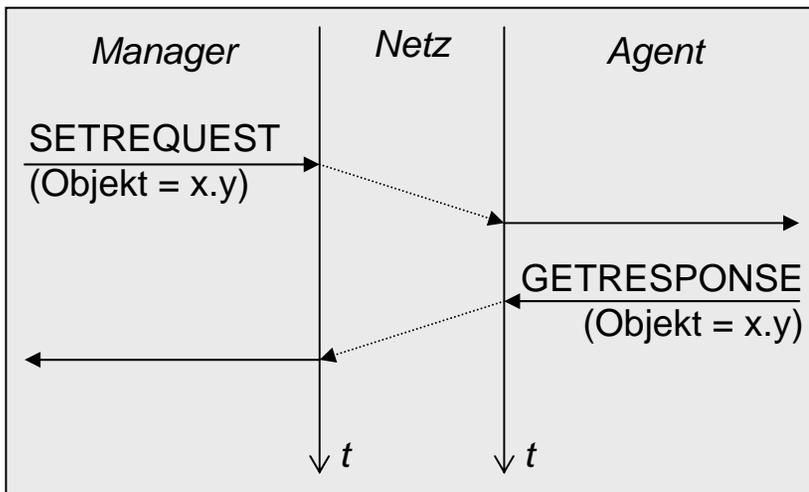
GET



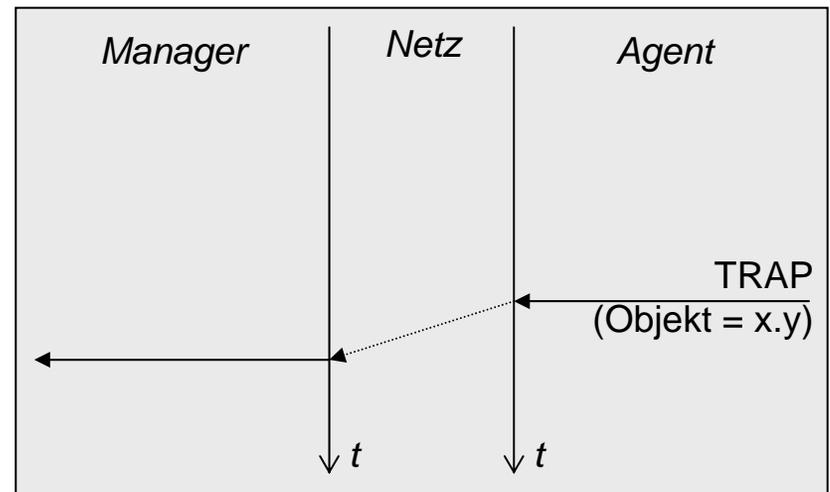
GETNEXT



SET



TRAP





Managementanwendungen: Kommandozeilen-Tools

- Public Domain Tools (diverse Versionen):
 - Befehle: *snmpget*, *snmpnext*, *snmpwalk*, *snmpset*, evtl. weitere
 - Erzeugung und Dekodierung von SNMP-Dateneinheiten
 - teilweise auch mit Unterstützung für MIB-Dateien

```
snmpget -v 1 129.13.35.239 public .1.3.6.1.2.1.1.1.0  
system.sysDescr.0 = "GIGAswitch Network Platform"
```

```
snmpwalk -v 1 129.13.35.239 public .1.3.6.1.2.1.1  
system.sysDescr.0 = "GIGAswitch Network Platform"  
system.sysObjectID.0 = OID: enterprises.DEC.2.15.3.3  
system.sysUpTime.0 = Timeticks: (456990767) 52 days, 21:25:07  
system.sysContact.0 = "wiltfang@telematik.informatik.uni-karlsruhe.de"  
system.sysName.0 = ""  
system.sysLocation.0 = ""  
system.sysServices.0 = 10
```



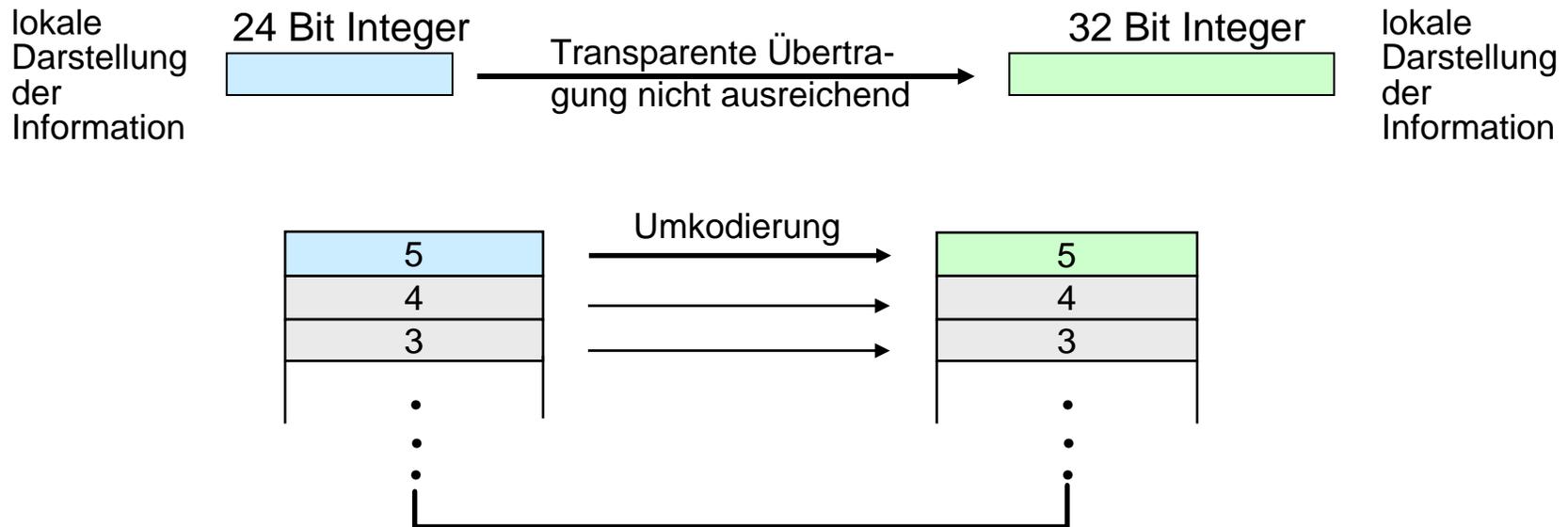
Heterogene Darstellungen

□ Problem:

- Unterschiedliche Rechnersysteme besitzen verschiedene interne Darstellungen (Little/Big Endian, 16-/24-/32-Bit usw.)
- Konsequenz: Umkodieren der zu übermittelnden Daten ist erforderlich
⇒ Austauschstandards notwendig

□ Aufgaben:

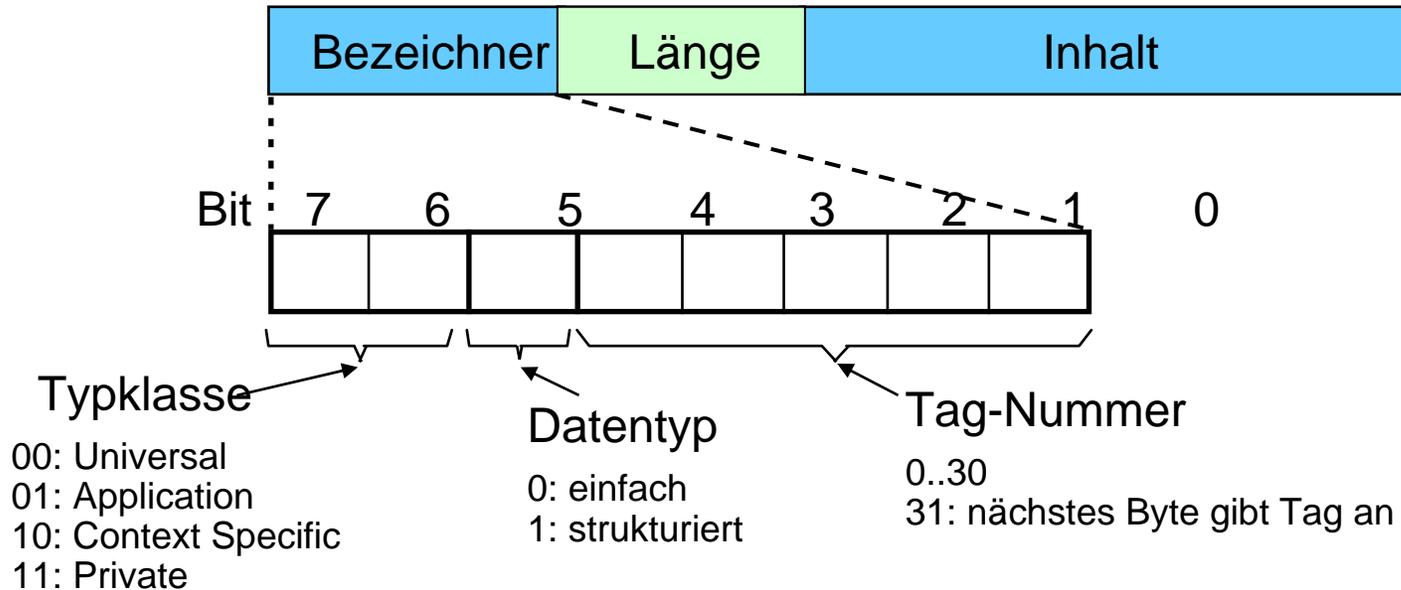
- Behandeln der Darstellung (Syntax) von Informationen
- Bewahren der Bedeutung (Semantik) der Informationen



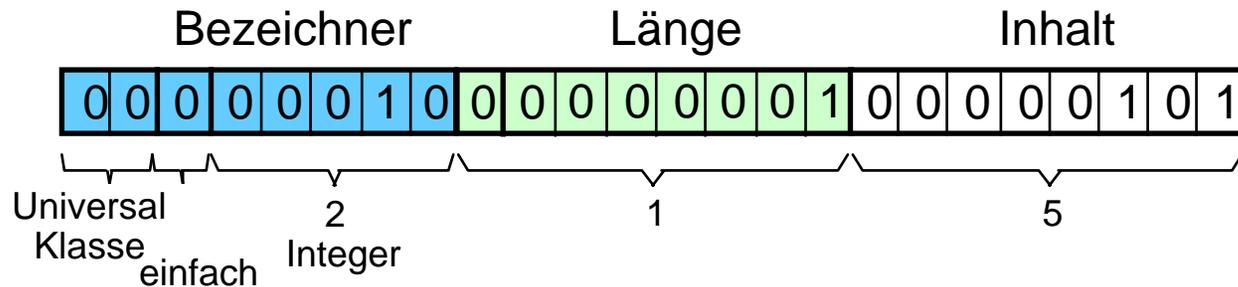


ASN.1: Übertragungssyntax

Basic Encoding Rules, BER (Übertragungssyntax):



Beispiel: Integer Wert 5





Elektronische Post (E-Mail)

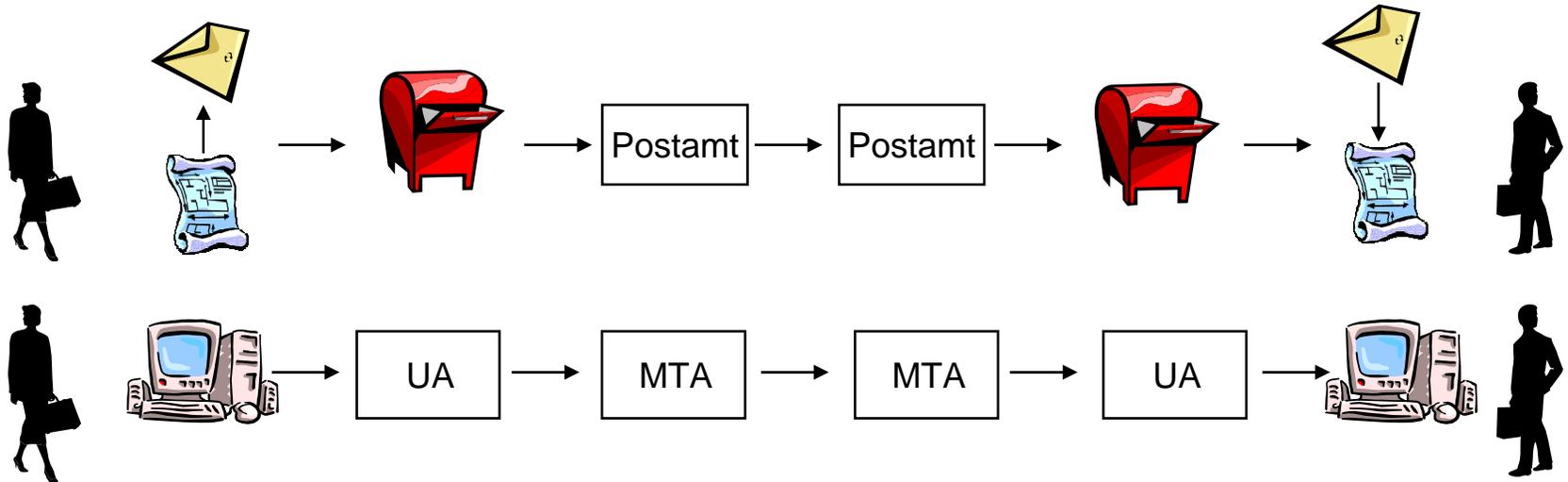
- Hauptziel:
 - Internationaler Austausch elektronischer Mitteilungen zwischen Personen
- Wesentliche Charakteristik:
 - Unterstützung eines asynchronen Verhaltens von Sender und Empfänger
 - Speichervermittlung
- Allgemeine Basisfunktionen:
 - Erstellen von E-Mails
 - Übertragung zum Ziel
 - Benachrichtigung im Erfolgs-/Fehlerfall
 - Anzeige erhaltener Nachrichten
 - Speicherung von Nachrichten
- Realisierung:
 - Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) im Internet
 - Ehemals X.400 bei OSI
X.400: C=DE, A=DBP, P=BWL, O=BWLMWK,
S=Wissenschaftsministerium





E-Mail: Allgemeines Modell

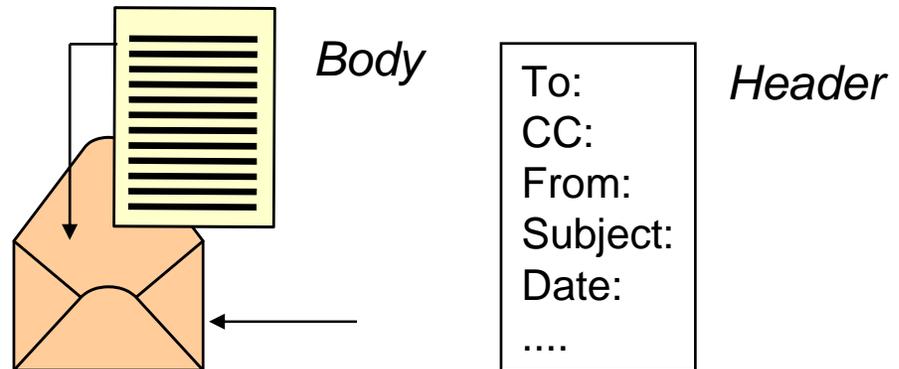
- User Agent (UA)
 - Lokales, grafik-/textorientiertes Programm
 - Ermöglicht Lesen und Versenden von E-Mail vom lokalen Rechner
 - z.B. Elm, Mail, Outlook, Thunderbird
- Message Transfer Agent (MTA)
 - Hintergrundprozess
 - Zuständig für das Weiterleiten von E-Mails zum Zielrechner





SMTP: Format einer E-Mail

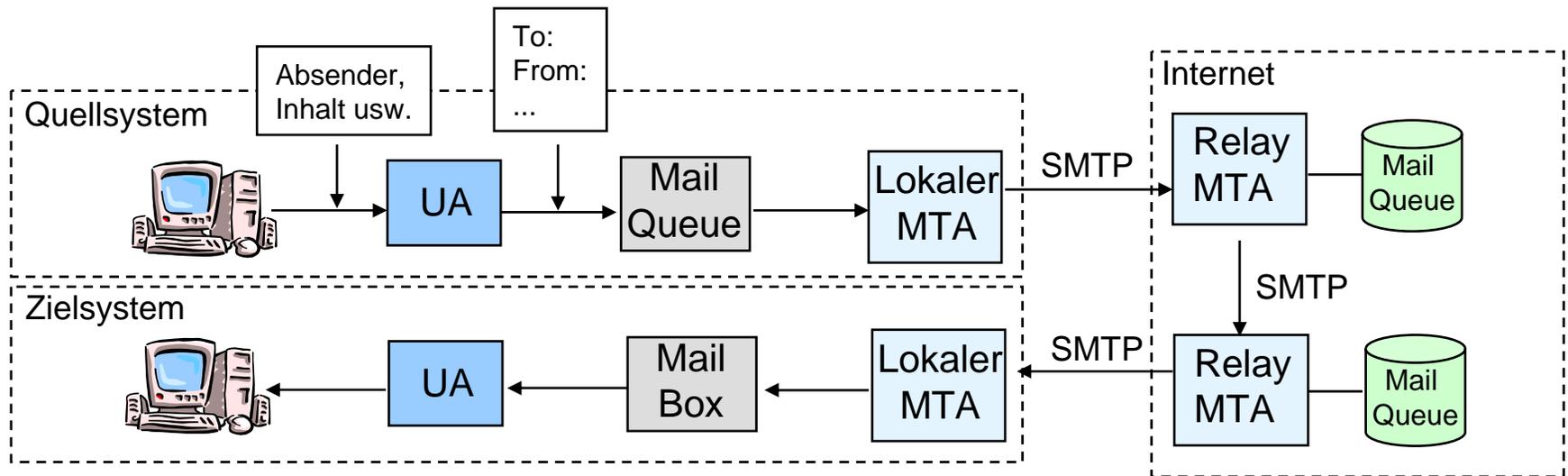
- ❑ Umschlag (Envelope)
 - Enthält alle Informationen für den Transport der Mitteilung zum Empfänger
 - Adressierung erfolgt mithilfe von DNS, z.B. g.carle@[ieee.org](http://www.ieee.org)
 - Wird interpretiert von den MTAs
- ❑ Kopfteil (Header)
 - Optional, aber meist vorhanden
 - Enthält Informationen zu Absender und Empfänger („From:“, „To:“) sowie zusätzliche Felder wie z.B. Betreff, Kopie an („Subject:“, „CC:“)
 - Zusätzliche Informationen, die von den MTAs hinzugefügt werden
 - Interpretiert von den UAs
- ❑ Hauptteil (Body)
 - Enthält den eigentlichen Inhalt der Mitteilung (ursprünglich nur ASCII)





Internet Mail: Das SMTP-Modell

- SMTP dient der E-Mail-Übermittlung
 - zeichenorientiertes Protokoll, basierend auf 7-Bit-ASCII
 - nur wenige Kommandos, z.B. HELO, MAIL, RCPT, DATA, QUIT
- UA erhält alle notwendigen Angaben vom Benutzer
 - Mitteilung wird über Mail-Queue zum lokalen MTA übertragen
- MTAs übertragen die Mitteilung zum Zielrechner
 - Auslieferung einer E-Mail erfolgt über eine TCP-Verbindung (Port 25) zum Ziel-MTA (MTA unter UNIX: sendmail)
 - Relay-MTAs dienen als zentrale E-MAIL-Verteiler (z.B. Informatik-Institut)





SMTP: Beispielablauf

```
> telnet smtpserv.uni-tuebingen.de 25
Trying 134.2.3.3...
Connected to smtpserv.rr.uni-tuebingen.de.
Escape character is '^]'.
220 mx06.uni-tuebingen.de ESMTP Sendmail 8.13.6/8.13.6; Fri, 2 Feb 2007 10:58:49 +0100
HELO metz.informatik.uni-tuebingen.de
250 mx06.uni-tuebingen.de Hello rouen.informatik.uni-tuebingen.de [134.2.11.152], pleased
to meet you
MAIL FROM carle@informatik.uni-tuebingen.de
501 5.5.2 Syntax error in parameters scanning "FROM"
MAIL FROM: carle@informatik.uni-tuebingen.de
250 2.1.0 carle@informatik.uni-tuebingen.de... Sender ok
RCTP TO: g.carle@ieee.org
500 5.5.1 Command unrecognized: "RCTP TO: g.carle@ieee.org"
RCPT TO: g.carle@ieee.org
250 2.1.5 g.carle@ieee.org... Recipient ok
DATA
354 Enter mail, end with "." on a line by itself
From: carle@informatik.uni-tuebingen.de
To: g.carle@ieee.org
Subject: Test

Hallo, dies ist eine Testmail.

.
250 2.0.0 1129wnPo027024 Message accepted for delivery
QUIT
221 2.0.0 mx06.uni-tuebingen.de closing connection
Connection closed by foreign host.
```

Angabe des (falschen) Rechnernamens wird ignoriert und stattdessen DNS-Name verwendet.

Fehlermeldungen nach falscher Eingabe

Optional Mail-Header.

- Falls „From:...“ fehlt, wird die Absenderangabe aus „MAIL FROM:...“ verwendet.
- Falls „To:...“ fehlt, bleibt das Feld leer.

Wie kommen Blind Copies (BCC:) zustande?



MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions)

- SMTP sieht nur einfache ASCII-Texte als Nachrichten vor (im Hauptteil)

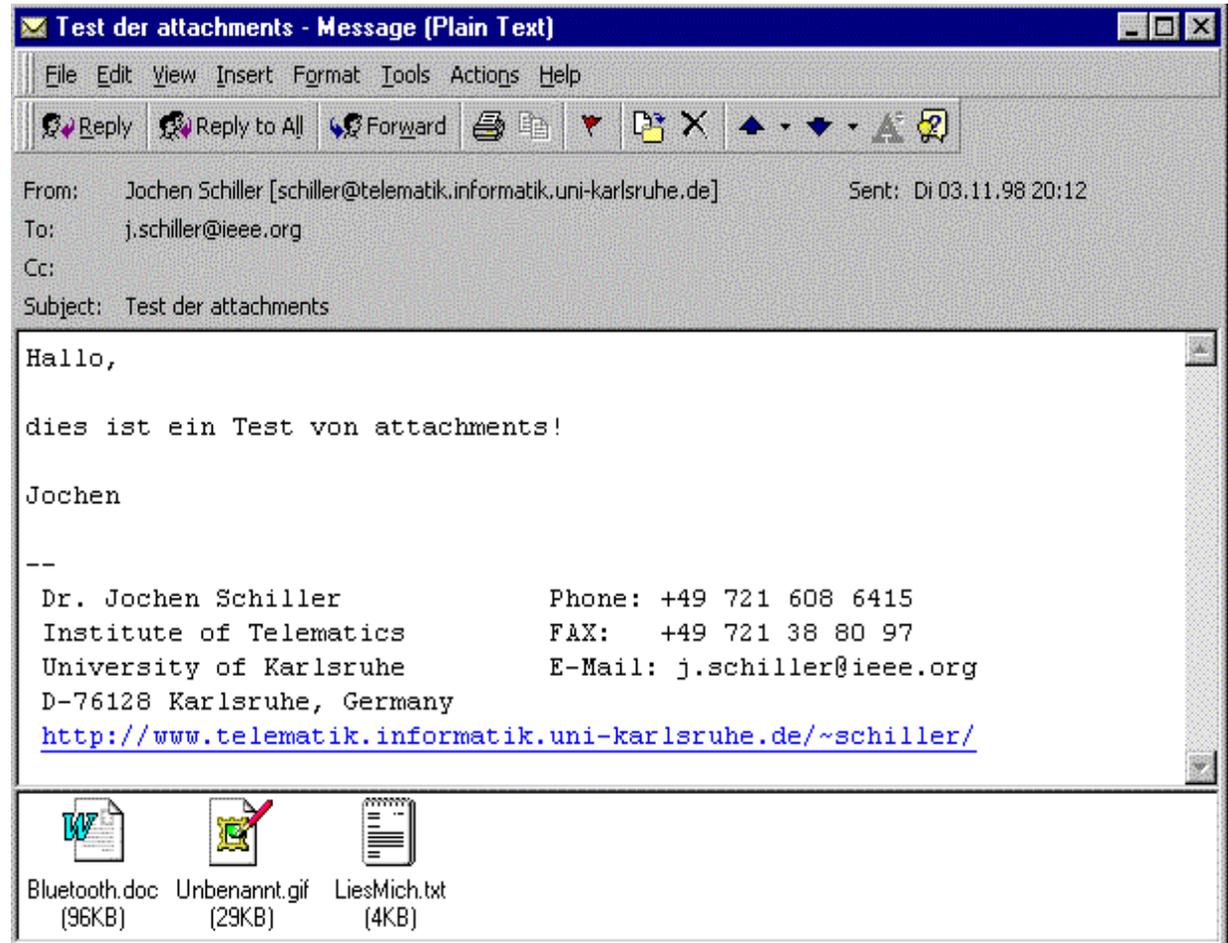
- MIME erweitert den Hauptteil einer Nachricht um Formatinformationen. Hierzu werden neue Datenfelder für den Kopfteil einer Nachricht definiert:
 - Content-Type: definiert den Typ des Hauptteils.
 - Text, Multipart, Message, Application (Binary), Image, Audio, Video und X-private
 - Content-Transfer-Encoding: definiert die Transfer-Syntax, in der die Daten des Hauptteils übertragen werden.
 - Base 64, Quoted Printable, 7 Bit, 8 Bit und Binary

- Weitgehende Kompatibilität zur herkömmlichen Internet-Mail:
 - Mit der Transfersyntax Base 64 ist es möglich, Binärdaten durch Subnetze zu leiten, die nur die Übertragung von 7-Bit-ASCII-Texten erlauben.
 - Die Transfersyntax Quoted Printable erlaubt nationale Sonderzeichen. Wird eine solche Mail von einem „normalen“ Mail User Agent (Mail-Client-Programm) angezeigt, so werden nur diese Erweiterungen verstümmelt.



MIME - Beispiel

- Email mit Text, Word-Dokument, Bild und Text-Anhang
- Ansicht in MS-Outlook:





MIME - Standard Email-Kopf: Adressen & Co

From: "Jochen Schiller" <schiller@telematik.informatik.uni-karlsruhe.de>

To: <j.schiller@ieee.org>

Subject: Test der attachments

Date: Tue, 3 Nov 1998 20:11:41 +0100

Message-ID:

<001701be075d\$ca257d00\$732a0d81@tpc15.telematik.informatik.uni-karlsruhe.de>

MIME-Version: 1.0

Content-Type: multipart/mixed;

boundary="-----=_NextPart_000_0018_01BE0766.2BE9E500"

X-Priority: 3 (Normal)

X-MSMail-Priority: Normal

X-Mailer: Microsoft Outlook 8.5, Build 4.71.2377.0

X-MimeOLE: Produced By Microsoft MimeOLE V4.72.2120.0

Importance: Normal

This is a multi-part message in MIME format.

MIME

proprietär



MIME - 1. Teil: Textnachricht

```
-----=_NextPart_000_0018_01BE0766.2BE9E500  
Content-Type: text/plain;  
    charset="iso-8859-1"  
Content-Transfer-Encoding: 7bit
```

Hallo,

dies ist ein Test von attachments!

Jochen

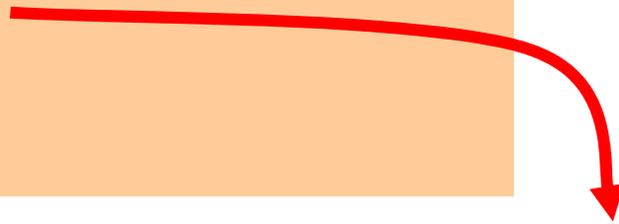
--

Dr. Jochen Schiller	Phone: +49 721 608 6415
Institute of Telematics	FAX: +49 721 38 80 97
University of Karlsruhe	E-Mail: j.schiller@ieee.org
D-76128 Karlsruhe, Germany	
http://www.telematik.informatik.uni-karlsruhe.de/~schiller/	



MIME - 2. Teil: Word-Anhang

```
-----=_NextPart_000_0018_01BE0766.2BE9E500  
Content-Type: application/msword;  
    name="Bluetooth.doc"  
Content-Transfer-Encoding: base64  
Content-Disposition: attachment;  
    filename="Bluetooth.doc"
```

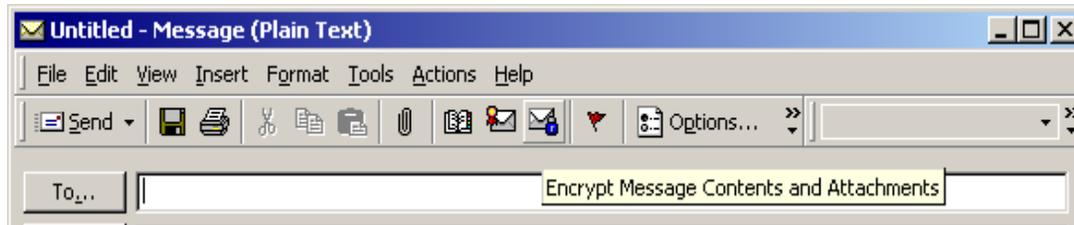


```
0M8R4KGxGuEAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAPgADAP7/CQAGAAAAAAAAAAAAAAAAACAAAAtgAAAA  
AAAAA  
pcEAWQAHBAAACBK/AAAAAAAAEAAAAAAAAABAAAP2sAAA4AYmpIavNX81cAAAAAAAAAAAAAAAAA  
AAAAA  
...  
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA  
AAAAA  
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA=
```



S/MIME – Sichere und signierte E-Mail

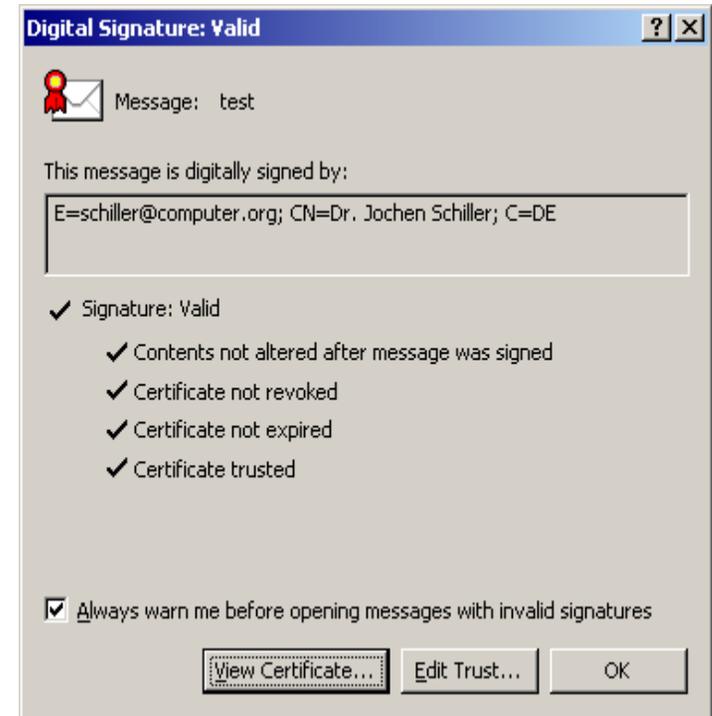
- Integration von Signatur und Verschlüsselung in E-Mail-Clients



- Neue Content-Types, z.B. Signatur:

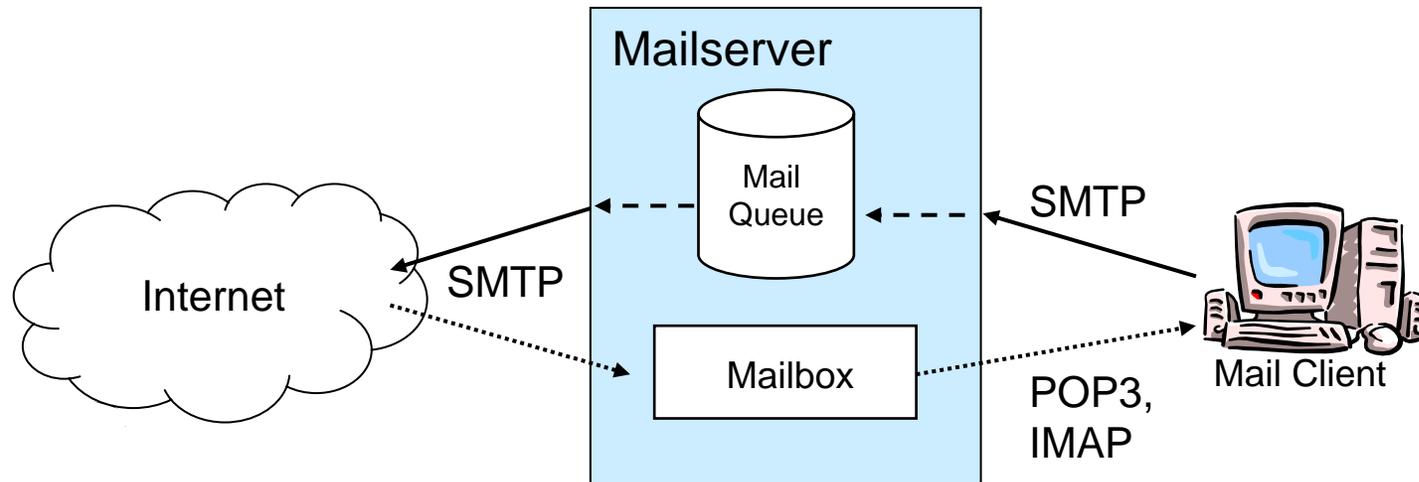
```
Content-Type: multipart/signed; micalg=SHA1;  
protocol="application/x-pkcs7-signature";  
boundary="-----_NextPart_000_0017_01C01BD5.  
D86ED4E0"
```

- Einfache Überprüfung von
 - Gültigkeit
 - Aussteller des Zertifikats
 - Besitzer des Zertifikats





Internet-Mail: Verwaltung durch Mailserver



- ❑ E-Mail wird meist zentral über einen Mailserver abgewickelt (Relay-MTA)
- ❑ Mittels **POP3** (Post Office Protocol 3) holt der Client die vom Mailserver empfangenen und in der Mailbox gespeicherten Meldungen ab
 - einfache Funktionalität
- ❑ **IMAP** (Internet Message Access Protocol) dient dazu, die Nachrichten zentral auf einem Mailserver zu verwalten
 - IMAP erlaubt erweiterte Kommandos (z.B. Filterung)
- ❑ Beispiele für Mail-Client-Programme
 - Outlook Express (Microsoft)
 - Messenger (Netscape)



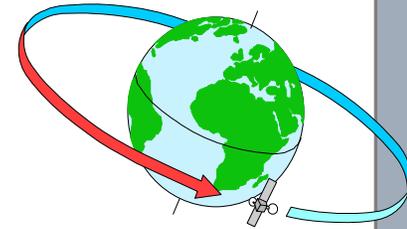
FTP (File Transfer Protocol)

- Aufgabe: Dateiübertragung zwischen entfernten Rechnern
 - Ziel: Datenaustausch zwischen heterogenen Rechnerarchitekturen
 - FTP-Protokoll erlaubt, dass sich die Rechner auf einen geeigneten Übertragungsmodus einigen
 - Dateizugriff wird NICHT unterstützt (Attribute ändern, löschen, etc.)
 - FTP-Instanz auf TCP-Port 21
 - Dateiübertragung über kurzzeitig zugewiesene Ports
 - ASCII-Kommandos zur Ablaufsteuerung (z.B. GET, PUT)
- FTP-Optionen:
 - Datentyp (7-Bit-ASCII, EBCDIC, Image/Binary (Bitstrom), Local)
 - Dateistrukturen (File (Bytestrom), Record, Page)
 - Übertragungsmodus (Stream, Block, Compressed)
- FTP-Dienste:
 - Verbindungsaufbau mit Authentifizierung (Passworteingabe)
 - Dateiübertragung (z.B. put, get)
 - Operationen auf Dateisystem (z.B. cd, dir)
 - Hilfsfunktionen (z.B. Kommando-Auflistung inkl. Parameter)
 - Weitere implementierungsabhängige Dienste möglich



Zur Entwicklung des World Wide Web (WWW)

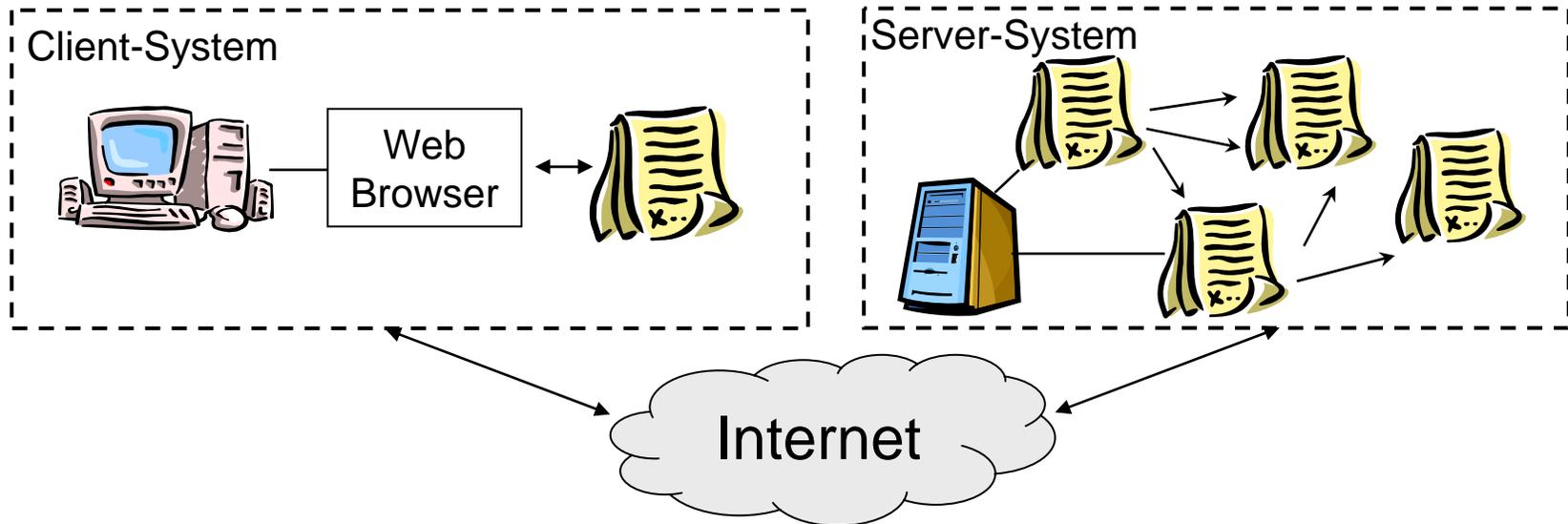
- Hervorgegangen aus Arbeiten des britischen Informatikers Tim Berners-Lee am europäischen Forschungszentrum CERN (Genf)
 - Ziel: Einfacher weltweiter Austausch von Dokumenten zwischen Wissenschaftlern
- Erster Prototyp Ende 1990
 - grafisch (auf NEXTStep) und zeilenorientiert
- Durchbruch des WWW durch den WWW-Client Mosaic
 - entwickelt von Marc Andreessen und Eric Bina (NCSA at UIUC: National Center for Supercomputer Applications at Univ. of Illinois Urbana-Champaign)
 - ursprünglich für X-Windows-Systeme
 - als Quellcode per FTP kostenlos verfügbar ⇒ schnelle Verbreitung
 - Marc Andreessen gründete 1995 die Firma Netscape
- Gründung des W3-Konsortiums im Juli 1994
 - vorrangiges Ziel: Weiterentwicklung des WWW, z.B. durch Standardisierung von HTML
 - Vorsitzender: Tim Berners-Lee
 - Infos unter <http://www.w3.org>





Client/Server-Architektur des WWW

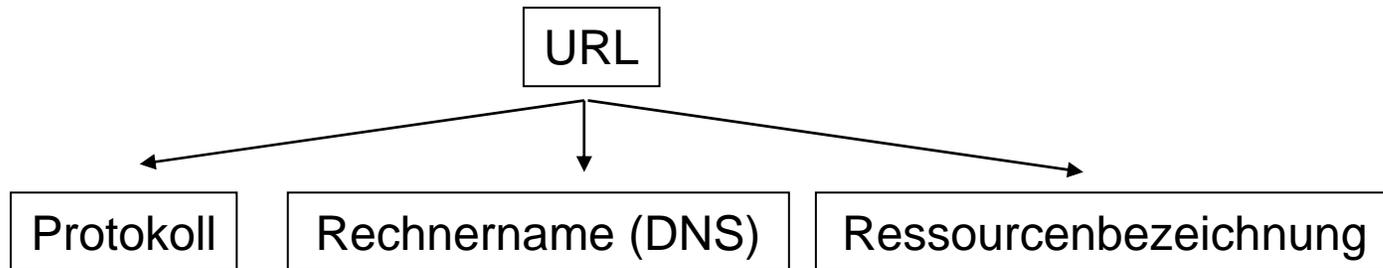
- Client-Server-Architektur
 - Web-Browser zur Anzeige von Hypertext-Dokumenten/Hypermedia-Objekten
 - Hyperlinks erlauben Navigation
- Lösungen zu folgenden Fragestellungen erforderlich:
 - Eindeutige Adressierung einer Web-Seite
 - Transport einer Web-Seite
 - Beschreibung des Inhalts (insbes. der Hyperlinks) einer Web-Seite





Adressierung eines Web-Dokuments

- Uniform Resource Locator (URL)
 - weist der Client-Software den Weg zu einer bestimmten Ressource
 - auch für Inhalte anderer Server (USENET, FTP, E-Mail) verwendbar
 - z.B. `http://www.informatik.uni-tuebingen.de/index.html`



- Durch die Ressourcenbezeichnung wird das Objekt, auf das im jeweiligen Server zugegriffen werden soll, identifiziert
 - bei WWW: abgerufene Web-Seite
 - bei FTP: zu übertragene Datei
 - bei Mail: Empfänger der Mail
- Web-Browser unterstützen eine Vielzahl von Protokollen
 - z.B. `http://`, `ftp://`, `mailto://`, `telnet://`, `soap://`



Das WWW-Anwendungsprotokoll: HTTP

- HTTP (HyperText Transport Protocol)
 - Version 0.9 und 1.0 im RFC1945 beschrieben
 - seit Januar 1997 existiert eine Version 1.1 (RFC2068)
 - dient im Wesentlichen der Übertragung von Web-Seiten

- Wesentliche Eigenschaften
 - ASCII-Anwendungsprotokoll
 - setzt auf eine (sichere) TCP-Verbindung auf
 - Default-Port: 80
 - kurzlebige Verbindung, da der HTTP-Server nach Beantwortung einer Anfrage durch den HTTP-Client die Verbindung sofort schließt

- Beispiele von Befehlen:
 - **GET:** Anfordern eines bestimmten Dokuments
 - **HEAD:** Anfordern von Informationen im Kopfteil eines Dokuments
 - **POST:** Anhängen von Daten an ein existierendes Dokument
 - **PUT:** Anlegen eines Dokuments



Beispiel einer HTTP-Anfrage und HTTP-Antwort

HTTP-Client → HTTP-Server:

```
GET /index.html HTTP/1.1
Host:www.informatik.uni-tuebingen.de
Pragma: no-cache
....
```

HTTP-Server → HTTP-Client

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Fri, 24 Sep 1999 09:45:51 GMT
Server: Apache/1.3.6 (Unix)
Transfer-Encoding: chunked
Content-Type: text/html

<HTML>
Gemäß HTML-Konventionen
strukturiertes Dokument
</HTML>
```

- Befehlszeile:
<Befehl> <URL> <Version>
- Client wünscht nicht zwischengespeicherte, d.h. aktuelle Version des Dokuments

Hinweis: Verbindung zwischen Client und Server wurde bereits zuvor aufgebaut

- Antwort-Zeile
 - Datum
 - Server
 - Angaben zur Kodierung
 - Art des Inhalt
-
- Hauptteil



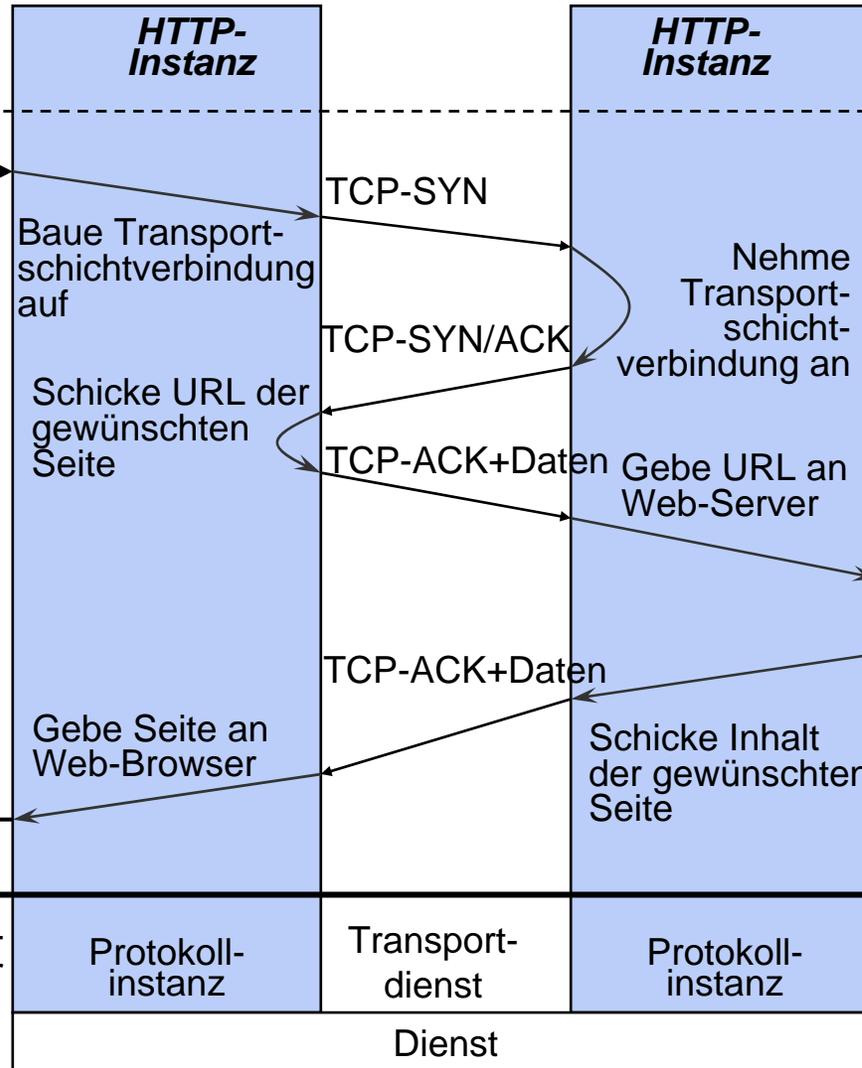
Beispiel: Surfen im Internet

Benutzer eines Web-Browsers



Web-Server

Eingabe
www.ieee.org



Hinweis: Wenn die Adresse des Web-Servers nicht bekannt ist, muss zuvor noch eine Namensauflösung über DNS erfolgen.



DNS (Domain Name System)

- DNS stellt eine weltweit verteilte Namensdatenbank dar
- DNS besitzt eine hierarchische Namenstruktur
- DNS bildet Namen auf Information (z.B. IP-Adressen) ab
 - `www.ietf.org` ⇒ `199.172.136.40`
 - Vorteil: Information/Adresse, auf die abgebildet wird, kann sich ändern
 - Bsp: Mailserver von IETF (z.B. für `g.carle@ietf.org`)

```
$ nslookup -q=mx ietf.org
Server: sioux.telematik.informatik.uni-karlsruhe.de
Address: 129.13.35.73

ietf.org preference = 0, mail exchanger = gemini.ietf.org
ietf.org nameserver = auth01.ietf.org
ietf.org nameserver = dns.ietf.org
ietf.org nameserver = ns.uu.net
ietf.org nameserver = krypton.ietf.org
ietf.org nameserver = depththought.ietf.org
gemini.ietf.org internet address = 199.172.136.14
auth01.ietf.org internet address = 199.172.136.2
dns.ietf.org internet address = 199.172.136.6
ns.uu.net internet address = 137.39.1.3
krypton.ietf.org internet address = 199.172.136.2
depththought.ietf.org internet address = 199.172.136.6
```

MX-Record →

NS-Records {

A-Records {



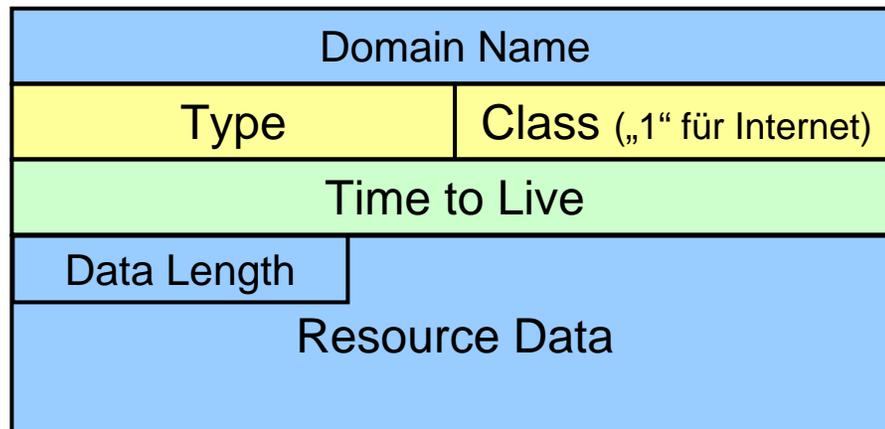


DNS Resource Records

- Das DNS basiert auf dem Austausch sog. *Resource Records*:

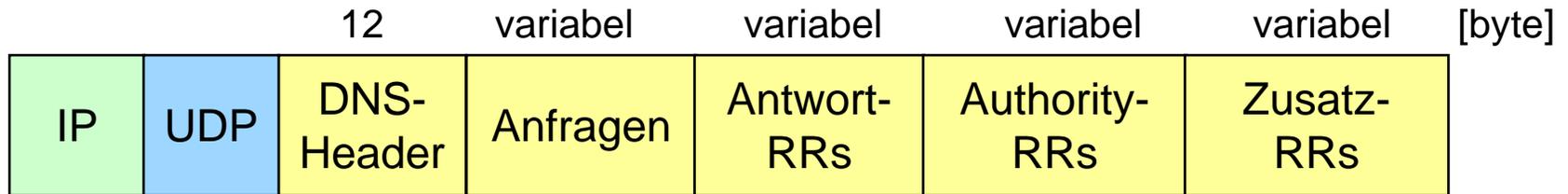
Typ	Beschreibung
A (Address)	Abbildung: Name auf IP-Adresse
MX (Mail Exchange)	E-Mail-Server einer Domäne
NS (Nameserver)	Nameserver einer Domäne
CNAME (Canonical Name)	„Alias“-Namen für Rechner/Domäne
PTR (Pointer)	Abbildung: IP-Adresse auf Name
HINFO (Host Info)	zusätzliche Informationen (CPU,...)

- Format:





DNS: Paketformat

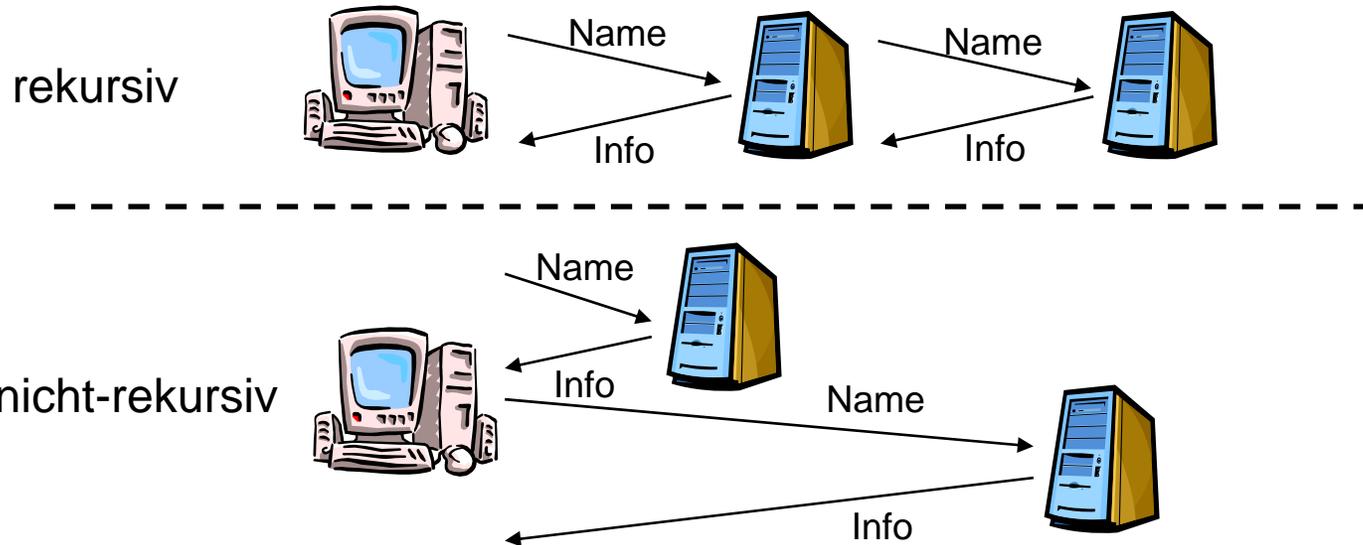


- ❑ DNS verwendet UDP
 - effizient, da kein Verbindungsaufbau/Datensicherung notwendig
- ❑ DNS-Header:
 - enthält Identifikationsnummer der Anfrage, Anzahl der Einträge in den folgenden Feldern, weitere Steuerinformationen (z.B. für Rekursion)
- ❑ Anfragen:
 - bestehend aus DNS-Namen (z.B. `www.amazon.de`) und Typ der Anfrage (z.B. A, MX, PTR)
- ❑ Antwort-/Authority-/Zusatz-RRs
 - ein/mehrere Resource Records mit gewünschten DNS-Informationen
 - Authority-RRs: Name(n) des(r) verantwortlichen (d.h. für diese Anfrage zuständigen) Nameserver(s)



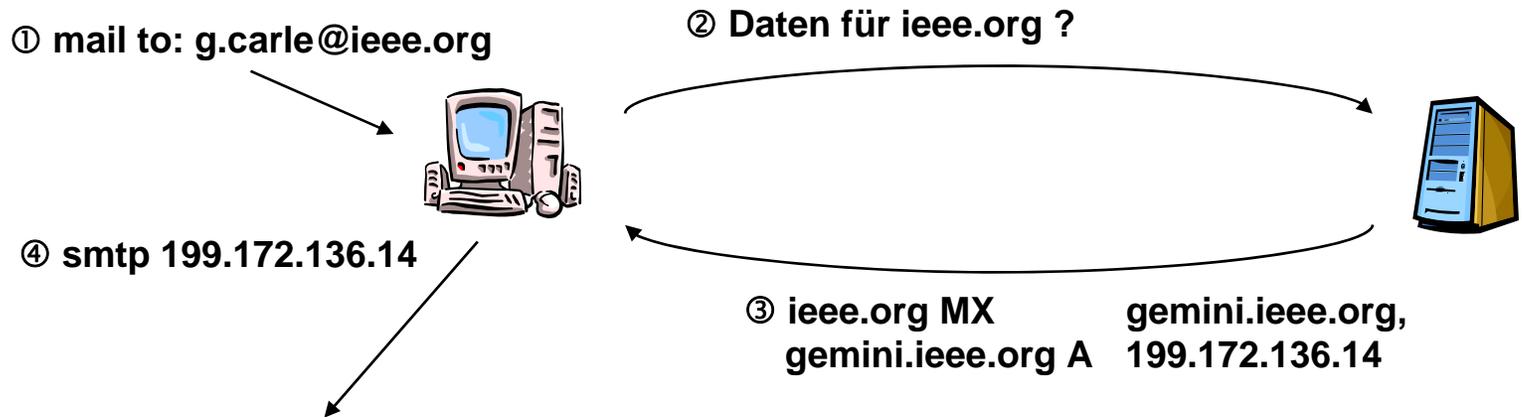
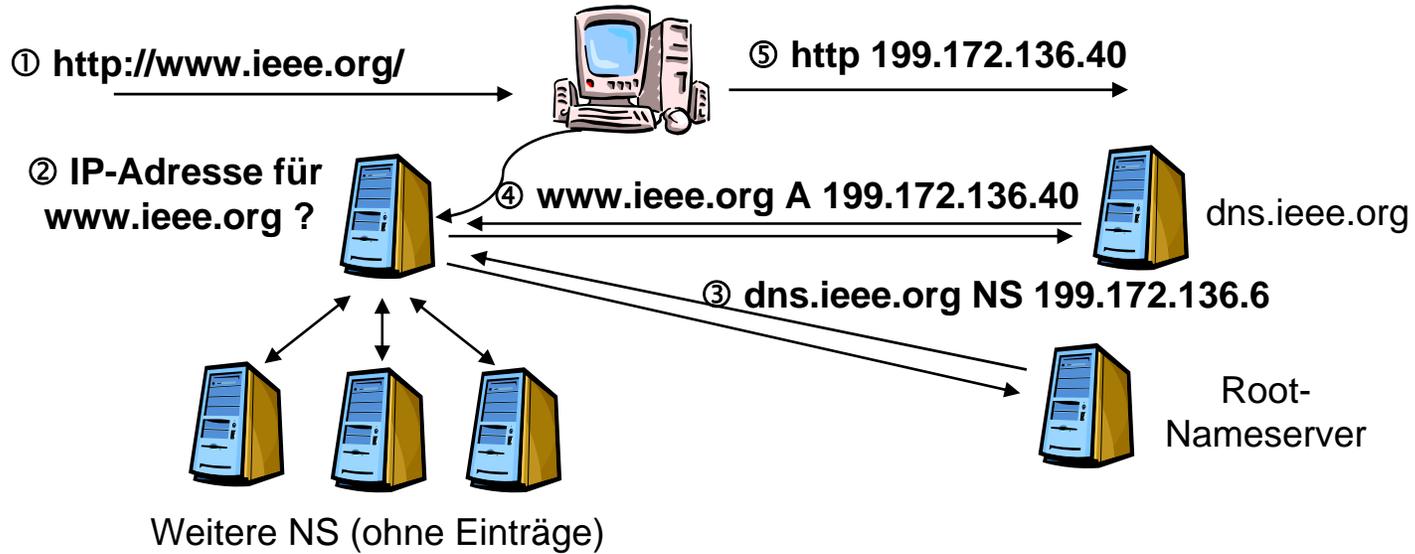
DNS: Nameserver (NS)

- Jede Zone hat einen primären und beliebig viele sekundäre Nameserver
 - Jeder NS kennt nur einen Ausschnitt des gesamten Namensraums
 - Jeder NS kennt die IP-Adressen der NS seiner direkt untergeordneten Sub-Domains
 - Jeder NS führt Caching bereits bekannter Einträge durch
 - Sekundäre NS führen ein periodisches Update („Zonentransfer“) ihrer Datenbasis durch (basierend auf den Daten des primären NS)
- Anfragen können rekursiv oder nicht-rekursiv beantwortet werden:





DNS: Beispiele (A-/MX-Records)





DNS: Reverse Lookup

- ❑ Aufgabe des Reverse Lookup:
 - Bestimmung des logischen Namens zu einer gegebenen IP-Adresse
 - hierzu Verwendung der PTR-Records
- ❑ Vorgehensweise:
 - Spezieller Teilbaum des DNS „**in-addr.arpa**“
 - dient der Zuordnung von IP-Adresse \Rightarrow Name
 - jede IP-Adresse entspricht Eintrag unterhalb **in-addr.arpa**
 - jede Stelle einer Adresse entspricht genau einem Knoten
 - eine Anfrage an das DNS enthält somit die IP-Adresse in „invertierter“ Form \Rightarrow hierarchische Strukturierung
- ❑ Beispiel:
 - IP-Adresse: **207.171.168.16**
 - DNS-Name in Anfrage: **16.168.171.207.in-addr.arpa**
 - Ergebnis (Antwort RR): Resource Data = **www.amazon.de**

