TCP/IP
Teil 1: Theoretische Grundlagen

Johannes Franken
<jfranken@jfranken.de>

Kursinhalt „Theoretische Grundlagen“

Kapitel 1: Der TCP/IP Protocol Stack

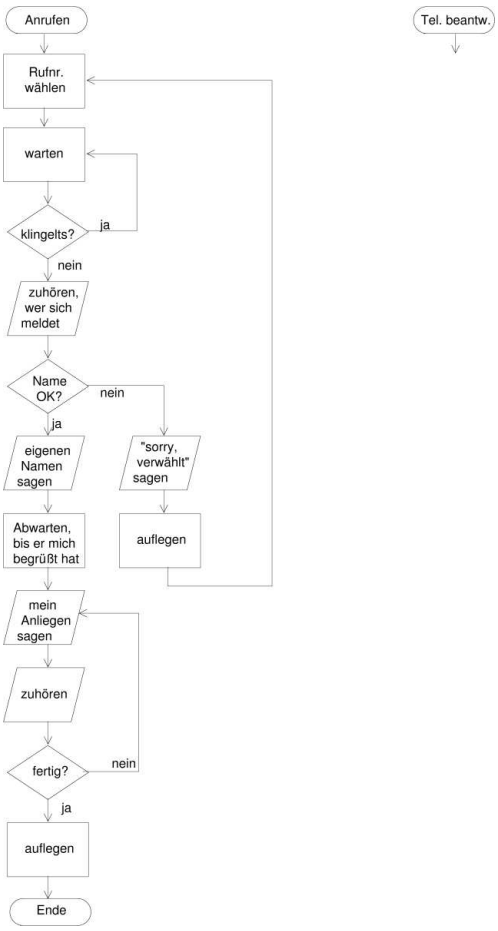
Wer oder was ist TCP/IP

TCP/IP bezeichnet einen *Protocol Stack*, der die *Protokolle* TCP* und IP* verwendet. Er

- entstand etwa 1968 aus dem ARPA* net-Projekt des US Verteidigungsministeriums.
- wurde zum Aufbau des heutigen Internet verwendet.
- wird heute in vielen Firmen eingesetzt, z.B. anstelle von IPX, Netbeui oder SNA.
  - um eigene Dienste im Internet anzubieten
  - um fremde Dienste aus dem Internet im Firmennetz anzuwenden
  - weil es gut dokumentiert ist
  - weil es lizenzfrei eingesetzt werden darf
  - weil es offensichtlich hervorragend funktioniert

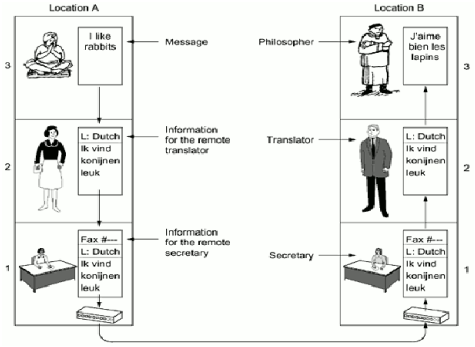
Beispiel Protokolle

Ein Protkoll ist die exakte Beschreibung eines Vorgangs.



Protocol Stacks

Ein Protocol Stack ordnet Protokolle in Layer.



(Beispiel aus Tanenbaum, Computer Networks)

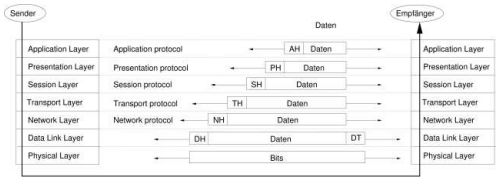
Ziel ist die Austauschbarkeit der Protokolle innerhalb eines Layer ohne Beeinflussung der übrigen Layer.

Populäre Protocol Stacks

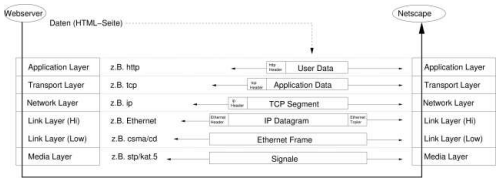
In Reihenfolge ihrer Entstehung:

1. SNA* von IBM: sieben Layer, rechtlich geschützt
2. TCP/IP: etwa vier Layer (Grenzen verschwommen), Protokolle verschiedener Schichten voneinander abhängig, aber erfolgreich
3. IPX/SPX von Novell: vier Layer, Konzept von XNS* übernommen
4. OSI* von ISO*: sieben Layer, frei und perfekt aber zu spät

Layer im ISO/OSI Protocol Stack



Layer im TCP/IP Protocol Stack



Zoom into TCP/IP Protocol Stack

Wichtige Erkenntnisse

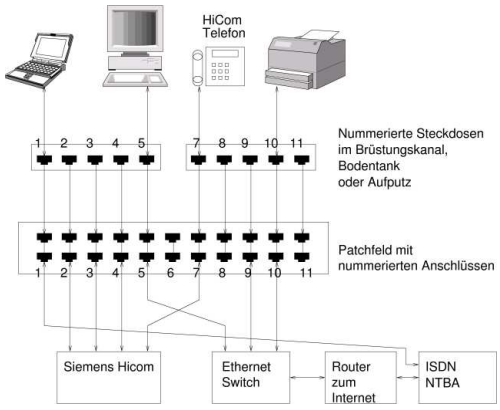
1. Netscape merkt nicht, ob eine 3COM- oder iNTEL-Netzkarte oder ein Modem für die Verbindung sorgt; denn
   - der Unterschied betrifft nur den Link Layer, aber
   - Netscape arbeitet im Application Layer.
2. Protocol Stacks sind praktisch.
3. Der TCP/IP Protocol Stack eignet sich hervorragend für die Kommunikation zwischen gleichen und unterschiedlichen Architekturen.

kurze Pause...

Kapitel 2: Link-, Network- und Transport- Layer

Media Layer

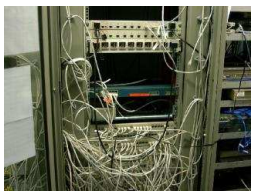
Der Media Layer stellt die physikalische Verbindung zwischen zwei Punkten mittels Kupfer, Glasfaser, Laserstrecke, Infrarotblitz, Richtfunk etc her.



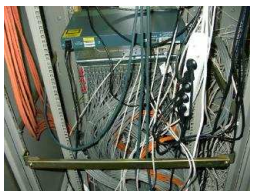
Media Layer: Patchfeld

Das Patchfeld erleichtert Veränderungen an der Verkabelung.

Vorderansicht



Rückansicht

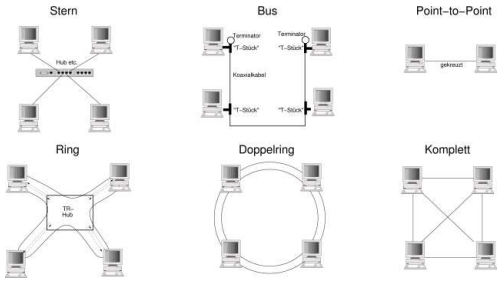


Link Layer

Der Link Layer besteht aus zwei Sub-Layers mit folgenden Aufgaben:

- Low Level: Hardware, die Frames in Signale umsetzt und eine *Topologie* erwartet. (z.B. *Modem**, *NIC**). Erkennt ggf. Leitungsschäden oder Kollisionen.
- Hi Level (am Beispiel *Ethernet*:)
  - alle Sendungen in Frames teilen und CRC* anhängen.
  - eindeutige Empfänger- und Absender-ID mitsenden (MAC*-Adresse)
  - Ein Protokoll zum Aufsetzen des Network Layer anbieten

Low Level Link Layer: Topologie



Low Level Link Layer: NIC, Modem, ISDN Adapter

Hardware, die den Computer mit dem Netz verbindet.

NIC

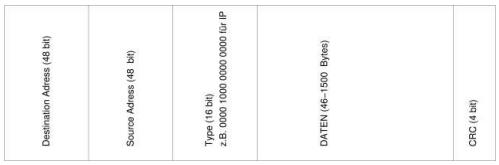
MODEM

Low Level Link Layer: Hub, Concentrator, Repeater

Der Hub leitet alle Frames an die jeweils anderen Ports weiter.
Es gibt zwei Arten von Hubs:

- Passive Hub = Concentrator: Luxus Lüsterklemme.
- Active Hub = Repeater: verstärkt die Signale entweder analog oder digital.

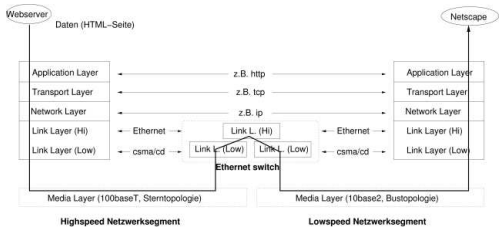
Hi Level Link Layer: Spezifikation Ethernet-Frame



Weitere mögliche Protokolle: z.B. PPP*, SLIP*, IEEE* 802.2 und 802.3, je nach verwendeter Hardware.

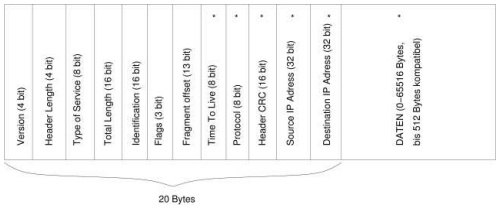
Hi Level Link Layer: Switch, Bridge

Bestimmen den Ausgangsport anhand der MAC-Adressen.
Im Gegensatz zum Switch wandelt die Bridge zusätzlich verschiedene Low Level-Protokolle ineinander um. (z.B. von 100baseT auf Token Ring).



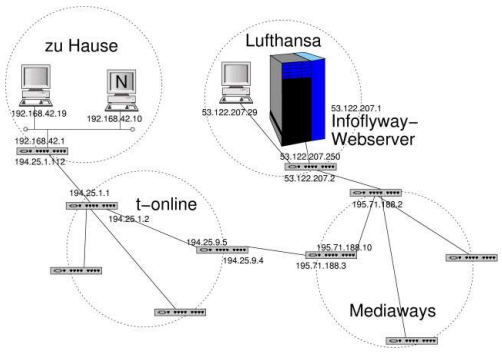
Network Layer

Das typische Network-Layer Protokoll des TCP/IP Stack ist das IP in Version 4.



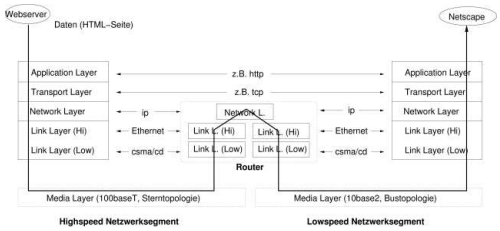
Network Layer: Routing

Der Network Layer implementiert das Routing.



IP-Router

Network Layer: Router



,,Na und, das können Hubs oder Switches auf Link Ebene doch auch...?“

Network Layer: Hubs und Switches sind keine Router

,,Das können Hubs oder Switches auf Link Ebene doch auch...?“
Theoretisch: ja.
Aber in der Praxis: kaum möglich.
Der ausschließliche Einsatz von Hubs oder Switches hätte in einem großen Netz wie z.B. dem Internet, folgende Nachteile:

- alle Switches müssten vorher lernen, wo welche MAC-Adresse erreichbar ist.
- Hubs würden das Netz mit unnötigen Frames fluten und Kapazität verschwenden

Network Layer: IP-Adresse

Jede Netzschnittstelle erhält

- eine eindeutige 32bit IP-Adresse (zusätzlich zur 48 bit MAC-Adresse),
- eine *Routing Tabelle*

Zur besseren Lesbarkeit notiert man die IP-Adresse als dezimale Bytes.
Bytes können Werte zwischen 0 und 255 annehmen.
Beispiel: aus `11000000101010000010101000001100` wird `192.168.42.12`
Wie lautet die Dezimaldarstellung der IP-Adresse `10001101000000100000000100000001`?

Network Layer: Routing Tabelle

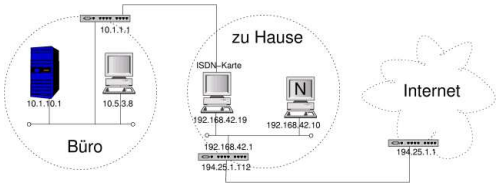
Die Routing Tabelle einer Netzschnittstelle enthält pro Zeile folgende Einträge:

- Ziel-Adresse: Eine fremde IP-Adresse.
- Gateway-Adresse: IP-Adresse eines Routers, über den man zur Zieladresse gelangt.
- *Netzmaske* (32 bits): gibt an, welche Bits eines Empfängers mit der Ziel-Adresse übereinstimmen müssen, damit ein IP Datagram über diesen Gateway geleitet wird.

Beispiel:

Ziel	Gateway	Netzmaske
`192.168.42.0`	`0.0.0.0`	`255.255.255.0`
`10.0.0.0`	`192.168.42.19`	`255.0.0.0`
`0.0.0.0`	`192.168.42.1`	`0.0.0.0`

Network Layer: Routing Tabelle Beispiel



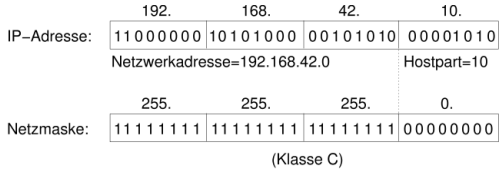
Routing Tabelle von `192.168.42.10`:

Ziel	Gateway	Netzmaske
`192.168.42.0`	`0.0.0.0`	`255.255.255.0`
`10.0.0.0`	`192.168.42.19`	`255.0.0.0`
`0.0.0.0`	`192.168.42.1`	`0.0.0.0`

Network Layer: Routing-Tabelle : Netzmaske

Die Bits der IP-Adresse, an deren Position die Netzmaske 1 ist, bilden die Netzadresse, der Rest den Hostpart. Beispiele:

- 255.255.255.255 für Hostrouting,
- 255.255.255.0 für Routing in Klasse C Netze
- 255.255.0.0 für Routing in Klasse B Netze
- 255.0.0.0 für Klasse A Netze
- 0.0.0.0 für default route



Wenn die Netzmaske andere Werte als 0 und 255 enthält, sagt man Sub-Netz und Subnetzmaske statt Netz und Netzmaske.

Network Layer: Konventionen zu IP-Adressen im Internet

zur Teilnahme von IP-Adressen am Internet gibt es folgende Regeln:

- Klasse A: IP beginnt mit Bit `0` IP-Adressen von `0.0.0.0` bis `127.255.255.255`
- Klasse B: IP beginnt mit Bits `10` IP-Adressen von `128.0.0.0` bis `191.255.255.255`
- Klasse C: IP beginnt mit Bits `110` IP-Adressen von `192.0.0.0` bis `223.255.255.255`

Zusätzlich sind die IP-Adressen `10.*.*.*`, `172.16.*.*-172.31.*.*` und `192.168.*.*` für private Netze reserviert und im Internet verboten. (Quelle: RFC1597*)
Wieso?

Network Layer: Diagnosetools `ping` und `traceroute`

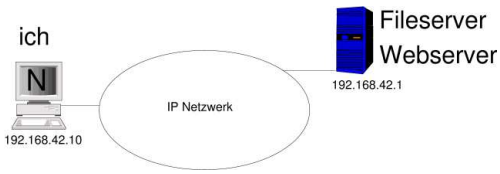
```
xterm
# ping 192.168.42.1
PING 192.168.42.1 (192.168.42.1): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=0 ttl=255 time=0.5 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=0.5 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=2 ttl=255 time=0.5 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=3 ttl=255 time=0.5 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=4 ttl=255 time=0.5 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=5 ttl=255 time=0.5 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=6 ttl=255 time=0.5 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=7 ttl=255 time=0.4 ms
64 bytes from 192.168.42.1: icmp_seq=8 ttl=255 time=0.4 ms
```

```
xterm
# traceroute lnx.pob.de
traceroute to lnx.pob.de (195.185.210.3), 30 hops max, 38 byte packets
 1  gate.jfranken.de (192.168.42.1)  0.583 ms  0.498 ms  0.489 ms
 2  ffm2-d2-2.atm-bb.de (62.104.212.35)  39.691 ms  24.507 ms  24.264 ms
 3  G3-0-4.ffm2-gsr.atm-bb.de (62.104.212.5)  24.275 ms  24.135 ms  24.455 ms
 4  de-cix.frankfurt.nacamar.net (194.31.232.30)  24.359 ms  24.618 ms  24.441 ms
 5  atm6-0-6.hh1.nacamar.net (194.112.25.90)  41.642 ms  41.620 ms  41.642 ms
 6  fe0-0.hh0.nacamar.net (194.162.54.162)  42.016 ms  42.286 ms  41.665 ms
 7  lhsynnet-gw.nacamar.net (62.26.251.2)  44.307 ms  44.951 ms  44.388 ms
 8  if02.pob.de (195.185.126.178)  48.869 ms  48.890 ms  48.665 ms
 9  lnx.pob.de (195.185.210.3)  46.056 ms  45.778 ms  45.620 ms
#
```

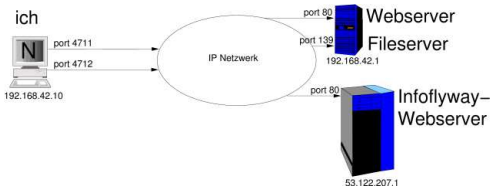
Transport Layer

IP hat zwei Probleme:

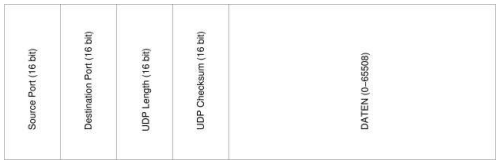
- Die Daten sind nicht geprüft (außer ggf. der 4 bit Ethernet-Frame-CRC).
- `192.168.42.1` weiß nicht, ob er die Daten an das Webserverprogramm oder das Fileserverprogramm leiten soll:



Transport Layer: Ports



Transport Layer: UDP



UDP Datagram

Transport Layer: UDP Nachteile

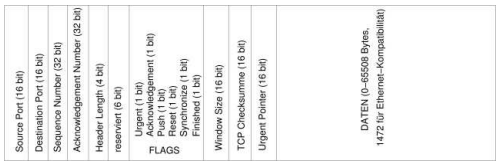
In einigen Anwendungen (z.B. telnet, ftp) hätte UDP gravierende Nachteile, weil

- die Verbindung nach erfolgter Sendung (z.B. eines Tastendrucks) abbricht und
- keine Bestätigung des Erhalts vorgesehen ist.

Ideen zur Lösung?

Transport Layer: TCP

TCP bietet die verlässliche, sitzungsorienterte Übertragung beliebig langer Nachrichten.



Pause...

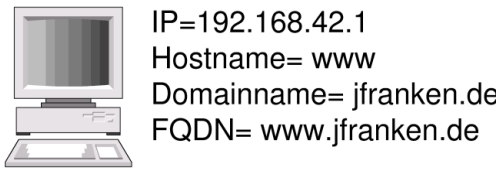
Kapitel 3: Application Layer

Hostnames

Zur Vereinfachung kann man

- jeder IP-Adresse einen oder mehrere Hostnamen zuordnen (z.B. `www`)
- jedem Hostname einen Domainnamen zuordnen (z.B. `lufthansa.de`)

Die Darstellung Hostname.Domainname heißt FQDN*.
Beispiel:



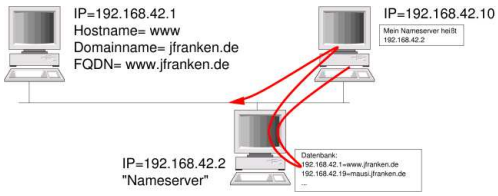
Hosts Resolving

Zur Erstellung eines TCP-Segments oder einer UDP-Message wird die IP-Adresse benötigt.
Daher haben Anwendungen die Aufgabe, die IP-Adresse aus dem Hostname zu ermitteln. Dieser Vorgang heißt Auflösung oder resolving.
Typische Vorgehensweisen hierbei sind die *Hosts*- und die *DNS*-Methode.
Hosts Methode:

DNS Resolving

Der Nameserver ist ein Programm auf einem Netzrechner. Über das DNS*-Protokoll bietet es anderen Netzteilnehmern auf Port 53

- die IP-Adresse zu einem Hostname (forward mapping)
- die Hostnamen zu einer IP-Adresse (reverse mapping, pointer queries)
- die Weiterleitung der Auflösung an andere Nameserver (forwarding)



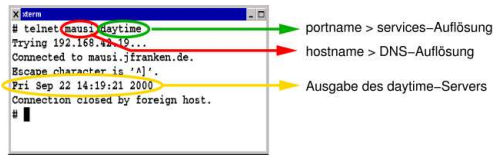
Well known ports

Protokoll	Port
telnet	23
daytime	13
smtp	25
http	80
ftp	21
dns	53
https	443
pop3	110
imap2	143
netbios-ns	137
netbios-ssn	139
snmp	161
printer	515
ircd	6667
oracle	1521

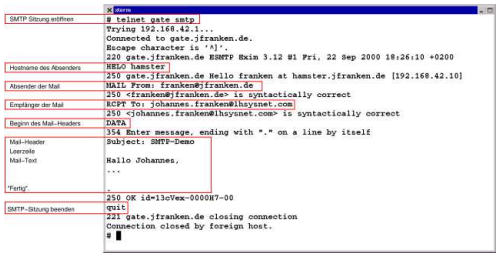
Die Umsetzung von Portnamen in Portnummern erledigt die `services`-Datei.

telnet

daytime

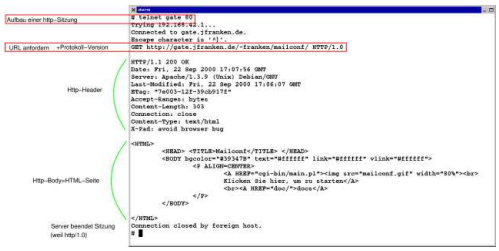


smtp

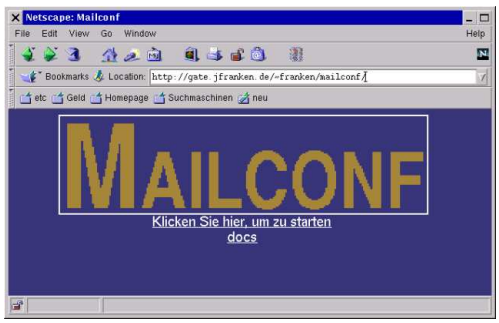


smtp

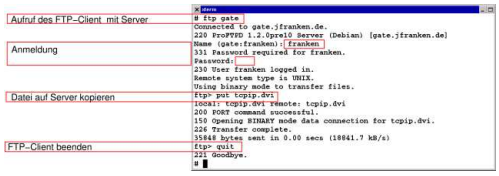
http



http



ftp



Kapitel 4: Fachliteratur

Fachliteratur

- die RFCs (stets aktuell auf `http://www.rfc-editor.org/`)
- Andrew S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Prentice Hall
- W. Richard Stevens, *Unix Network Programming*, Prentice Hall
- W. Richard Stevens, *TCP/IP Illustrated, Volume 1 und 3*, Addison-Wesley
- Paul Albitz & Cricket Liu, *DNS and BIND*, O'Reilly
- Johannes Franken, *DNS & BIND GE-PACKT*, MITP
- Anatol Badach, *Datenkommunikation mit ISDN*, International Thomson Publishing
- Oxford University Press, *Computer Lexikon*, Sybex