

Proseminar Rechnernetze SS 1999

Thema: OSI Die Standardarchitektur der ISO und die Architektur des Internet
Referent: Jan Dittberner
Datum: 12. Mai 1999

Zusammenfassung

Ein Referat zum Thema OSI-Referenzmodell und Internet. Anfangs werden das OSI-Referenzmodell und die Architektur des Internet vorgestellt, im Anschluß daran werden beide Architekturen verglichen. Steuerung und Verwaltung des Internet werden erläutert und es wird ein Ausblick auf zukünftige Internettechnologien gegeben.

Inhaltsverzeichnis

1 Das OSI Referenzmodell	3
1.1 Einleitung	3
1.2 Aufgaben der einzelnen Schichten	3
1.3 Datenübertragung im OSI RM	5
1.4 Kritik am OSI RM	5
2 Die TCP/IP Architektur	7
2.1 Aufgaben der TCP/IP Schichten	7
2.2 Kritik an der TCP/IP Architektur	8
3 Vergleich von OSI RM und TCP/IP RM	8
4 Das Internet – Hauptanwendung des TCP/IP-Referenzmodells	9
4.1 Die Geschichte des Internet	9
4.2 Die Protokolle der Internet Schicht	10
4.2.1 Das IP	10
4.3 Steuerung und Verwaltung	11
4.3.1 IP Adressen	11
4.3.2 Transport von Daten	13
5 Weiterentwicklungen, Trends	13
5.1 Gigabit Netze	13
5.2 CIDR – Classless Internet Domain Routing	14
5.3 IPv6, IPnG	14
5.3.1 IP Adressen bei IPv6	15
5.3.2 der Header von IPv6	15
A Kontaktinformation	16
Literaturverzeichnis	16

Abbildungsverzeichnis

1	Die sieben Schichten des OSI Referenzmodells (deutsche und englische Bezeichnungen)	4
2	Die Schichten der TCP/IP Architektur	7
3	Gegenüberstellung von OSI RM und TCP/IP RM	9
4	Aufbau eines IPv4-Datagramms	11
5	Die Internet Adreßklassen	12
6	Aufteilung von IP Adressen in Subnetze	12
7	Kapselung von Nutzdaten	13
8	Der Aufbau einer IPv6 Adresse (oben mit MAC, mitte mit Anbieterbasierten Unicast Adressen, unten mit nationalen Registern)	15
9	Der Aufbau des IPv6 Hauptheaders	16

1 Das OSI Referenzmodell

1.1 Einleitung

Es gibt eine ganze Reihe von verschiedenen Netzwerkarchitekturen. Dazu gehören DECNet (Digital Equipment), IPX/SPX (Novell), SNA (IBM) und TCP/IP. Es gab Bestrebungen eine einheitliche Netzwerkarchitektur zu definieren, diese Standardarchitektur ist das OSI Referenzmodell. Es basiert auf einem Vorschlag der ISO¹ und wurde 1984 zum Standard erhoben.

Dieses Modell trägt den Namen ISO OSI Referenzmodell (OSI – Open Systems Interconnection), weil es sich damit beschäftigt, offene Systeme miteinander zu verbinden, d.h. Systeme, die für die Kommunikation mit anderen Systemen offen sind. [1]

Das OSI RM ist aus sieben Schichten, wie in Abbildung 1 dargestellt, zusammengesetzt. Bei der Definition der Schichten wurden folgende Gesichtspunkte beachtet:

- Eine neue Schicht, für einen neuen Abstraktionsgrad
- Je Schicht eine genau bestimmte Funktion
- International genormte Protokolle sollten berücksichtigt werden
- Es sollte möglichst wenig Information zwischen den Schichten verkehren
- Anzahl der Schichten sollte so groß sein, dass es nicht nötig ist verschiedene Funktionen in eine Schicht zu packen.

1.2 Aufgaben der einzelnen Schichten

1. Die Bitübertragungsschicht²

... hat die Aufgabe der physischen Datenübertragung. In der Definition dieser Schicht werden die technischen Parameter der Übertragung (Signalpegel, Lichtfrequenzen, Bitströme, Verkabelung) festgelegt.

2. Die Sicherungsschicht³

... verarbeitet die sequentiell von der Bitübertragungsschicht kommenden Rohbits zu Datenrahmen (Data Frames). Dabei stellt sie sicher, daß sich der Vermittlungsschicht ein fehlerfreier Datenstrom präsentiert. Dazu prüft sie die Checksummen (CRC - Cyclic Redundancy Check). Die Sicherungsschicht wurde von der IEEE⁴ in zwei Teilschichten aufgeteilt:

- LLC Teilschicht (Logic Link Control), sie verwaltet die Datenverbindung und definiert logische Schnittstellenpunkte, sogenannte SAPs⁵.

¹International Standards Organization, eine Abteilung der UNO

²Physical Layer

³Data Link Layer

⁴Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.

⁵Service Access Points

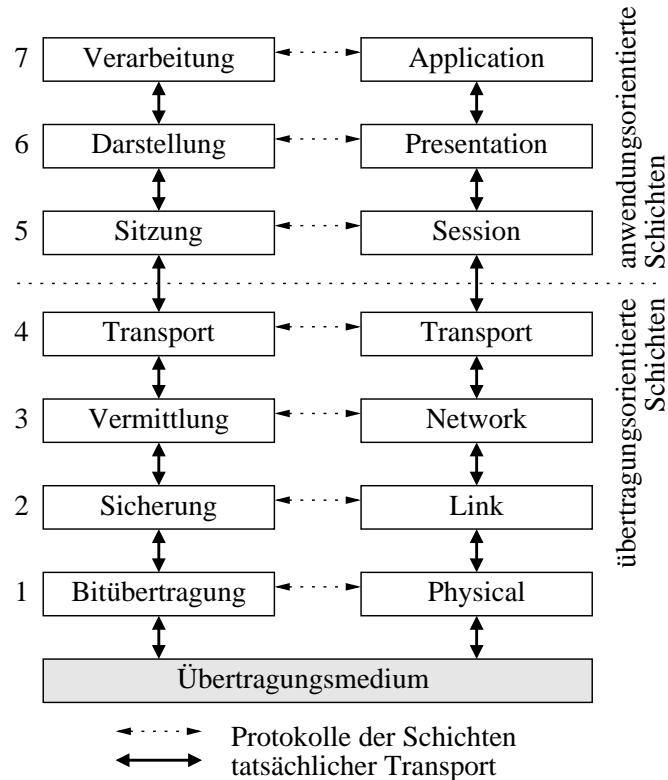


Abbildung 1: Die sieben Schichten des OSI Referenzmodells (deutsche und englische Bezeichnungen)

- MAC Teilschicht (Media Access Control), sie ist die untere Teilschicht, sie beschreibt den Zugriff auf die Bitübertragungsschicht und definiert die Übertragungsverfahren. Beispiele für solche Übertragungsverfahren sind Ethernet, Token Ring, ATM und FDDI. In der MAC Teilschicht werden die Zugriffsverfahren auf das Netzkabel definiert. (näheres dazu z.B. in [7])

3. Die Vermittlungsschicht⁶

... ist vor allem für die Adressierung und das Routing zuständig, d.h. hier wird der Weg bestimmt, den ein Paket vom Sender zum Empfänger zurücklegen soll. In der Vermittlungsschicht werden häufig auch Abrechnungsfunktionen (Accounting) implementiert, um so anfallende Kosten oder Datentransfermengen erfassen zu können. Sie muss ausserdem Probleme mit unterschiedlichen Netzen (Paketgrößen, Adressierung u.ä.) bewältigen.

4. Die Transportschicht⁷

... „versteckt“ die unterliegende Hardware vor der Sitzungsschicht und

⁶Network Layer

⁷Transport Layer

kümmert sich um den Aufbau von Transportverbindungen. Es gibt grundsätzlich zwei Arten von solchen Transportverbindungen:

- verbindungsorientierte, bei denen die fehlerfreie Übertragung sichergestellt ist (Punkt zu Punkt Kanal)
- verbindungslose, ohne garantierten Erfolg der Übertragung (z.B. Senden einer Meldung an mehrere Hosts mittels Broadcast (Rundsendung))

Diese Schicht ist, anders als die bisher besprochenen Schichten eine sogenannte Ende zu Ende Schicht, d.h. ein Programm auf der Quellmaschine führt ein „Gespräch“ mit einem ähnlichen Programm auf der Zielmaschine. In den niedrigeren Schichten sprechen nicht zwangsläufig Quell- und Zielmaschine miteinander, da sich zwischen beiden auch noch Router befinden können. Die Transportschicht muss ausserdem Pakete verschiedener paralleler Verbindungen managen können (multiplexen).

5. Die Sitzungsschicht⁸

... bietet Dienste an, mit denen Benutzer (Programme oder Personen) an verschiedenen Verbindungen miteinander aufbauen können, um z.B. Dateien zu übertragen oder Dialoge zu führen. Dabei übernimmt sie Aufgaben der Synchronisation und ggf. des Token-Managements.

6. Die Darstellungsschicht⁹

... übernimmt häufig vorkommende Aufgaben, beispielsweise Codierung (z.B. ASCII nach Unicode). Dabei achtet sie insbesondere auf Syntax und Semantik der Daten.

7. Die Verarbeitungsschicht¹⁰ (manchmal auch Anwendungsschicht)

... stellt Anwendungen eine transparente Schnittstelle zur Verfügung und kümmert sich z.B. um die Umsetzung von Terminalfunktionen oder Dateinamen für Netzwerkanwendungen. In die Anwendungsschicht kann man ausserdem E-Mail, Remote-Job-Entry, Verzeichnisabfragen und ähnlich geartete Dienste einordnen.

1.3 Datenübertragung im OSI RM

Bei der Datenübertragung wird beim OSI RM folgendermaßen vorgegangen: auf der Senderseite, wird in jeder Schicht ein Header an die Transporteinheit (siehe Abbildung 1) angehängt. Auf Empfängerseite werden diese Header in der korrespondierenden Schicht ausgewertet und abgeschnitten. Jede Schicht „spricht“ nur mit der entsprechenden Schicht auf der anderen Seite die gleiche Sprache (Das gleiche Protokoll). Der Transport in vertikaler Ebene ist für die einzelnen Schichten völlig transparent.

1.4 Kritik am OSI RM

Es gibt folgende Kritikpunkte am OSI RM (nach Tanenbaum [1]):

⁸Session Layer

⁹Presentation Layer

¹⁰Application Layer

- *Schlechtes Timing*: Daß OSI RM wurde vor dem Bestehen von Netzwerkprotokollen entwickelt und konnte deshalb Probleme von realen Anwendungen nicht im ausreichenden Umfang berücksichtigen. Bei der Einführung des OSI RM gab es bereits umfangreiche Installationen von TCP/IP im wissenschaftlichen Bereich und Unternehmen, die für TCP/IP entwickelten, waren kaum bereit OSI zu unterstützen.
- *Schlechte Technologie*: Die Beschreibung des ISO RM ist zu komplex (mehrere tausend Seiten) und nicht ausreichend durchdacht, so wird zum Beispiel nicht vorgesehen, verbindungslose und verbindungsorientierte Protokolle zu berücksichtigen. Das ISO RM berücksichtigt zu wenig die Computerarchitektur und wird von einer reinen Kommunikationsmentalität beherrscht.
- *Schlechte Implementierungen*: Aufgrund seiner Komplexität waren die ersten Implementierungen des OSI RM riesig, unhandlich und langsam, was die Assoziation von „OSI“ mit „schlechter Qualität“ prägte.
Die ersten TCP/IP Implementierungen (Berkeley Unix) waren dagegen bereits schnell und robust und erfreuten sich wachsender Beliebtheit.
- *Schlechte Strategien*: Während sich TCP/IP insbesondere im akademischen Bereich als Teil der beliebten Unix-Architektur großer Beliebtheit erfreute, wurde das OSI RM als bürokratisches Ungetüm verschrien, welches den Programmieren trotz unterlegener Technologie aufdiktieren werden sollte. Heute wird das OSI RM fast ausschließlich von europäischen Unternehmen (insbesondere aus dem Kommunikationsbereich) gefördert, diese hatten auch die Entwicklung angeregt.

2 Die TCP/IP Architektur

Das TCP/IP Referenzmodell ist anders als das OSI RM aus Zwecken der praktischen Anwendung entstanden (siehe 4.1). Die TCP/IP Architektur wurde aus folgenden Erwägungen heraus entwickelt:

- Das Netz sollte in der Lage sein, auch bei Ausfall einzelner Hosts oder Router weiterzufunktionieren (z.B. bei deren Zerstörung).
- Es sollte außerdem die Möglichkeit bestehen viele verschiedenen Verbindungen und Netzwerktypen zu nutzen (Mietleitungen, Wählverbindungen, Satellitenlinks, Funknetze ...).
- Es mußte mehrere Dienstklassen mit unterschiedlichen Prioritäten geben, um einen Transport sowohl von langsamen Anwendungen als auch von Anwendungen mit Echtzeitanforderungen (Sprache, Video) zu ermöglichen.

Das TCP/IP Modell ist wie das OSI RM als Protokollstapel aufgebaut, wie aus Abbildung 2 ersichtlich.

Schicht	Protokolle				
Anwendung Vordergrund	Telnet	FTP	HTTP	SMTP	Finger
Anwendung Hintergrund	MIME	RPC	DNS	BOOTP	SNMP
Transport	TCP		UDP		
Internet	ICMP		IGMP		
	----- IP -----				
Link	X.25	Ethernet	HDLC	IEEE 802.x	PPP

Abbildung 2: Die Schichten der TCP/IP Architektur

2.1 Aufgaben der TCP/IP Schichten

1. Die Host an Netz-Schicht

... ist im TCP/IP RM nicht klar definiert. Es gibt in der Definition von TCP/IP nur einen Hinweis, daß sich ein Host über ein bestimmtes Protokoll (das von Host zu Host und von Netz zu Netz abweichen kann) am Netz anschließen muß, um IP Pakete versenden zu können.

2. Die Internet Schicht¹¹

... definiert ein offizielles Paketformat und Protokoll namens IP (Internet Protocol), dabei handelt es sich um ein verbindungsloses Protokoll, daß analog zur gelben Post funktioniert, d.h. der Sender gibt ein Paket auf das Netz und „hofft“, daß es beim Empfänger ankommt. Die Sicherung dieses Transports kommt einer höheren Schicht zu. Derzeit wird im Internet das IP in der Version 4 verwendet (IPv4), mehr dazu in Abschnitt 4.

3. Die Transportschicht

... enthält zwei Transportprotokolle, das verbindungsorientierte TCP (Transmission Control Protocol) und das verbindungslose UDP (User Datagram Protocol). TCP enthält eine Reihe von Möglichkeiten um den Transport von Paketen abzusichern. Pakete die in der falschen Reihenfolge von den unteren Schichten kommen, kann TCP wieder zu einem zusammenhängenden Datenstrom zusammensetzen. Beim UDP Protokoll müssen sich die Anwendungen selbst um die Flußkontrolle selbst kümmern, dieses Protokoll ist für einfache Frage Antwort Anwendungen (NTP), oder für Anwendungen, bei denen Geschwindigkeit vor Qualität geht (Echtzeit Audio/Video) prädestiniert.

4. Die Verarbeitungsschicht

... liegt direkt über der Transportschicht, weil die praktische Erfahrung gezeigt hat, daß die Darstellungs- und Sitzungsschicht des OSI RM in den meisten Fällen überflüssig sind. Aller höherschichtigen Protokolle befinden sich hier (z.B. FTP, SMTP, HTTP, TELNET ...).

2.2 Kritik an der TCP/IP Architektur

Auch das TCP/IP RM bietet einigen Anlaß zur Kritik.

- Es trennt nicht deutlich zwischen Konzepten wie „Dienst“, „Schnittstelle“ und „Protokoll“, wie dies beim OSI RM der Fall ist.
- Es ist sehr speziell auf die TCP/IP Protokolle zugeschnitten und daher kaum für die Beschreibung anderer Architekturen geeignet.
- Eine klare Definition der Host an Netz Schicht fehlt, die Unterschiede zwischen Schnittstelle und Schicht sind hier unklar.
- Beim TCP/IP RM gibt es keine Trennung zwischen den klar verschiedenen Ebenen von Datenrahmen und Bitübertragung über das physikalische Medium.
- Viele Protokolle sind spontan entstanden und haben sich durch ihre weite Verbreitung durchgesetzt, auch wenn sie mittlerweile teilweise technisch überholt sind (beispielsweise TELNET).

3 Vergleich von OSI RM und TCP/IP RM

Beide Modelle basieren auf einem Stapel von Protokollen. Auch der Aufbau der Schichten ist ähnlich. Bei beiden werden der Anwendung netzunabhängige

¹¹mit „Internet“ ist hier nicht das globale Internet, sondern eine allgemeine Netzwerkschicht gemeint.

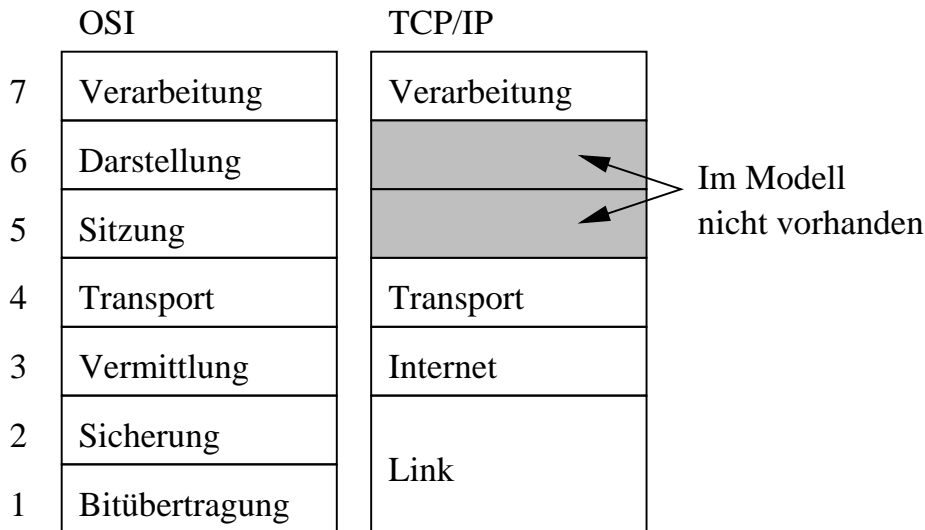


Abbildung 3: Gegenüberstellung von OSI RM und TCP/IP RM

Ende-zu-Ende-Transportdienste zur Verfügung gestellt.

Während das OSI RM klar die Konzepte „Dienst“, „Schnittstelle“ und „Protokoll“ trennt, verwischen diese bei TCP/IP. Das OSI RM paßt gut in die modernen Vorstellungen von Objektorientierter Programmierung (OOP), weil zwischen den einzelnen Schichten nur über klar definierte Schnittstellen ein Datenaustausch stattfindet und die Protokolle „Privatangelegenheit“ der jeweiligen Schicht sind.

Aufgrund des Zeitpunkts seiner Entwicklung und seiner Komplexität, wurde das OSI RM jedoch kaum technisch angewandt. Es fehlten anfangs wichtige Konzepte, so war ein Broadcast Verkehr im anfänglichen OSI Modell nicht vorgesehen und mußte nachträglich eingefügt werden, um mit der Realität mitzuhalten.

Man kann sagen, daß sowohl OSI RM als auch TCP/IP RM ihre Berechtigung haben, während das OSI RM gut für die Beschreibung und Klassifizierung von Computernetzwerken ist, stellt TCP/IP zwar eine gut funktionierende Architektur dar aber ein Modell existiert praktisch nicht.

4 Das Internet – Hauptanwendung des TCP/IP-Referenzmodells

4.1 Die Geschichte des Internet

Vorstufe zum TCP/IP RM war das NCP¹² des ARPANET¹³. Das ARPANET war das erste paketvermittelnde Netz weltweit, es ist jedoch technisch von seinen Nachfolgenetzen überholt worden und wurde bis auf den militärischen Teil

¹²Network Control Protokoll

¹³Advanced Research Agency Network, Die ARPA ist ein Teil der US Behörde DCA (Defense Communication Agency), des US Verteidigungsministeriums (DoD, Department of Defense))

(MILNET) 1990 außer Betrieb genommen.

Das erste echte TCP/IP Netz war das NSFNET¹⁴. Es umfaßte US Forschungseinrichtungen, die aufgrund fehlender Aufträge von der ARPA keine Anbindung an das ARPANET bekamen. Es war jedoch ein Gateway zum ARPANET an der Carnegie Mellon University vorhanden. Aufgrund von Finanzierungsüberlegungen wurde das NSFNET mit Hilfe von MERIT, MCI und IBM von 1,5Mbps auf 45Mbps aufgerüstet und wurde in ANSNET umbenannt. Dieses wurde 1995 an America Online verkauft, weil das Forschungsnetz über ausreichende Kapazitäten bei kommerziellen IP Netzbetreibern verfügte. Die NSF erteilte Aufträge für die Errichtung von Austauschknotten (NAP¹⁵) an denen verschiedene Netze miteinander Daten austauschen können.

In Europa gab es ebenfalls mit dem NSFNET vergleichbare Netze z.B. EBO-NE und EuropaNET, außerdem eine Reihe nationaler Netze.

Der wichtigste Nachfolger des ARPANET ist das globale Internet, das auf dem TCP/IP RM basiert. Es verbindet Tausende verschiedene Teilnetze miteinander und hat eine ständig wachsende Anzahl von Nutzern. Die Entwicklung des WWW Anfang der neunziger Jahre brachte mit einem Schlag Millionen von Leuten auch aus dem Nichtakademischen Bereich ins Internet. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit der Weiterentwicklung (siehe 5).

4.2 Die Protokolle der Internet Schicht

Die Internet Schicht des TCP/IP RM enthält außer dem IP Protokoll noch ein paar kleinere Protokolle, die hier nur kurz zur Sprache kommen sollen, weil sie zum weiteren Verständnis benötigt werden:

- *ARP (Adress Resolution Protocol)*,
liefert Hardware Adressen (MAC) zu IP Adressen.
- *ICMP (Internet Control Message Protocol)*,
sendet Nachrichten und meldet Fehler bezüglich der Paketauslieferung.

weitere Protokolle der Vermittlungsschicht sind
IGMP (Internet Group Management Protocol),
RARP (Reverse Adress Resolution Protocol)
und einige Routing Protokolle (z.B. RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First)).

IGMP und ICMP benutzen das IP, da sie jedoch keine eigentlichen Nutzdaten transportieren, werden sie ebenfalls der Internet Schicht zugeordnet.

4.2.1 Das IP

IP ist das Transportprotokoll des TCP/IP RM, es wirkt auf der Internet Schicht (entspricht der Vermittlungsschicht des OSI RM).

Ein IP Datagramm besteht aus einem Header und den Nutzdaten (Abbildung 4). Wenn ein UDP Datagramm oder TCP Paket von der Transportschicht versandt werden soll, hängt das IP einen Header an den Anfang dieser Nutzdaten. Dieser Header enthält außer der Quell- und Zieladresse auch eine Checksumme (CRC), mit der die Integrität beim Empfänger gesichert werden kann

¹⁴NSF – US National Science Foundation

¹⁵ Network Access Point

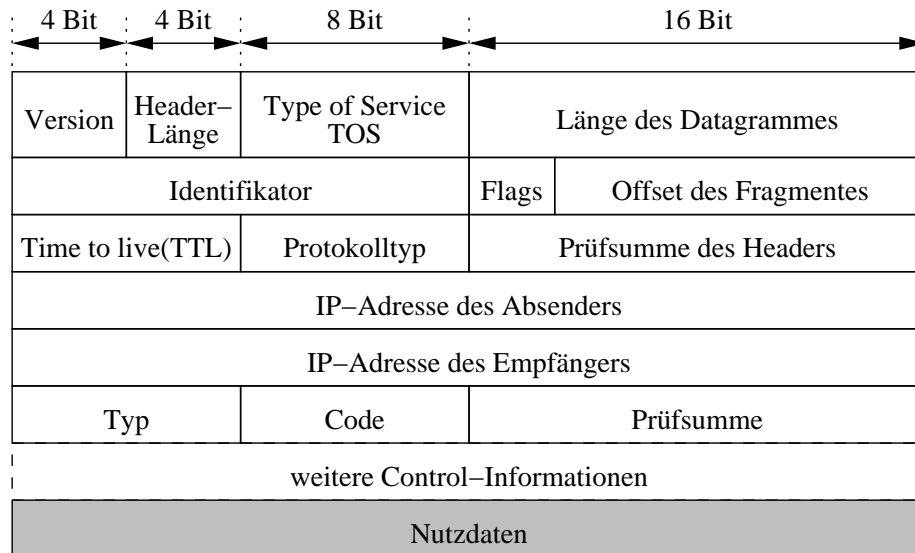


Abbildung 4: Aufbau eines IPv4-Datagramms

(siehe auch 5.3). Die Größe eines IP Datagramms (MTU¹⁶) hängt von dem verwendeten Netzwerktyp ab, typische Größen sind 1500 Byte für Ethernet, 4352 Byte für FDDI, 17914 Byte für Token Ring und 576 Byte für X.25. Wenn ein Datagramm größer als diese MTU ist, muß es fragmentiert, also in mehrere Datagramme geteilt werden. Die theoretische Maximallänge eines IP Datagramms ist 65535 Byte.

IP ist ein verbindungsloses Protokoll, d.h. es kümmert sich nicht darum, ob ein Datagramm ankommt oder nicht, diese Aufgabe liegt bei höheren Schichten (TCP oder Anwendung).

4.3 Steuerung und Verwaltung

4.3.1 IP Adressen

Jeder Host und Router im Internet hat eine eindeutige IP Adresse, die die Netz- und Hostnummer codiert. Die IP Adressen sind 32 Bit lang (siehe 4.2.1 und Abbildung 4) und bestehen aus den zwei Teilen Netzadresse und Hostadresse, die Netzadresse wird der jeweiligen Institution von einer zentralen Stelle zugewiesen. Bisher war das Aufgabe der IANA¹⁷. Seit dem 28. April 1999 gibt es jedoch auch private Unternehmen, die einen bestimmten IP Adressraum verwalten, diese Unternehmen werden von der neu gegründeten ICANN¹⁸ ernannt. Ab September 2000 sollen die Geschäfte der IANA komplett von der ICANN übernommen werden [8].

Es gibt verschiedene Klassen von IP Adressen (Abbildung 5), mit denen unterschiedlich große Netze gebildet werden können..

¹⁶maximum transmission unit

¹⁷Internet Assigned Numbers Authority

¹⁸ Internet Corporation for Assigned Numbers and Names

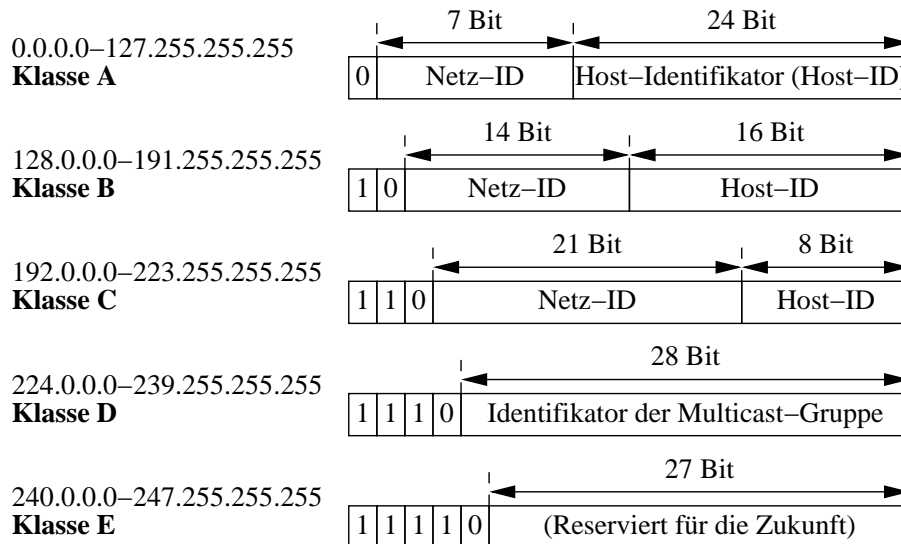


Abbildung 5: Die Internet Adreßklassen

Der Besitzer einer Netzadresse hat die Möglichkeit die Hostadresse mit Hilfe einer Subnetzmaske in mehrere Teilnetze zu unterteilen, so kann das Netz innerhalb einer Organisation strukturiert werden (Abbildung 6). Wieviele Bits für die Subnetzadresse genutzt werden, bleibt dem Administrator des Netzes überlassen.

a. die klassische (und nach außen sichtbare) IP-Adresse



b. Interne Strukturierung der IP-Adresse

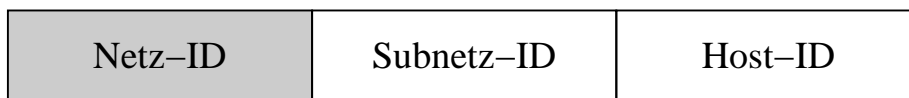


Abbildung 6: Aufteilung von IP Adressen in Subnetze

Dazu hier ein kleines Beispiel:

Die IP Adresse 141.76.9.6 ist eine IP Adresse, da es sich um eine Klasse B Adresse handelt (Abbildung 5) ist der Netzanteil 16 Bit also muß die Subnetzmaske auf die niederwertigen 16 Bit (Host ID) wirken. Eine gültige Subnetzmaske wäre z.B. 255.255.240.0, um die Subnetzadresse von der Hostadresse zu trennen, wird die IP Adresse mit der Subnetzmaske logisch verknüpft. Um die Subnetzadresse zu erhalten wird eine boolesche Multiplikation (AND) ausgeführt und um die Hostadresse zu erhalten, wird eine boolesche Multiplikation mit der invertierten Subnetzmaske ausgeführt (Tabelle 1).

	Dezimal	Binär
IP Adresse	141.76.9.6	10001101 01001100 00001001 00000110
Subnetmaske	255.255.240.0	11111111 11111111 11111100 00000000
Netzadresse	141.76.8.0	10001101 01001100 00001000 00000000
Hostadresse	0.0.1.6	00000000 00000000 00000001 00000110

Tabelle 1: Berechnung von Hostadresse und Subnetzadresse aus der IP Adresse

Außerhalb des LAN der Organisation ist die Subnetzmaske unbekannt und die Adresse wird so behandelt, als ob es keine Unterteilung in Subnetze gäbe.

4.3.2 Transport von Daten

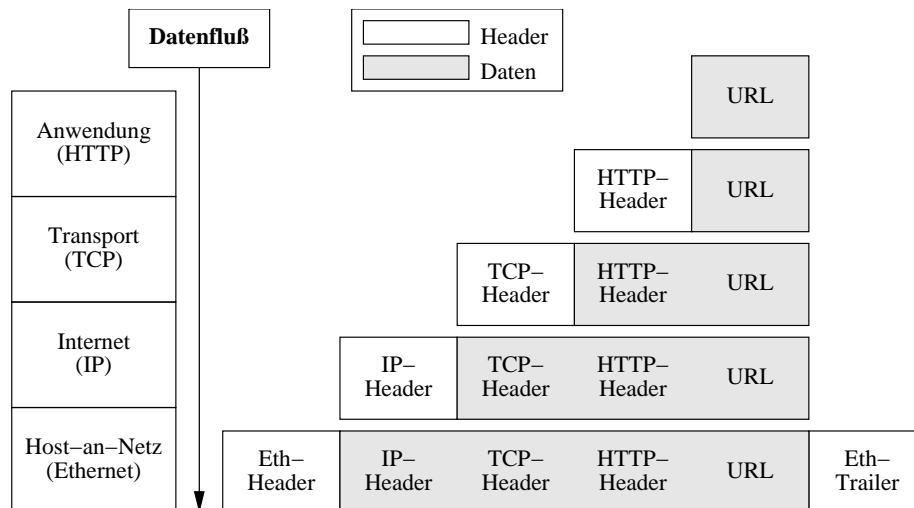


Abbildung 7: Kapselung von Nutzdaten

Beim Transport von Daten hängt jede Schicht des Protokollstapels einen Header und/oder Trailer an die Daten an (Abbildung 7), diese werden auf der Empfängerseite Schicht für Schicht ausgewertet und entfernt, so daß bei der Anwendung auf der Empfängerseite die gleichen Daten vorliegen wie auf der Senderseite.

5 Weiterentwicklungen, Trends

5.1 Gigabit Netze

Es werden intensive Forschungen unternommen um den ständig wachsenden Bedarf an Bandbreite befriedigen zu können, dabei sind insbesondere Anwendungen wie IP-Telefonie, Videoconferencing oder Telemedizin treibende Kraft. Auch hier hat die ARPA bereits einige Pilotprojekte finanziert näheres dazu bei Tanenbaum [1] auf Seite 73.

5.2 CIDR – Classless Internet Domain Routing

Ziel des CIDR ist es, dem Mangel an IP Adressen, der durch die klassenbasierte Adressvergabe auftritt, entgegenzuwirken. Beim CIDR werden, anders als bei der herkömmlichen Adressvergabe, nicht komplette Teilnetze vergeben, sondern nur Subnetze, d.h. Wenn eine Organisation z.B. 4096 IP Adressen braucht, bekommt Sie nicht mehr wie bisher ein komplettes Klasse B-Netz (z.B. 194.24.0.0 = 65536 Adressen), Sondern eine Reihe von IP Adressen z.B. 194.24.16.0 bis 194.24.31.255 und dazu eine Subnetmaske um die Hostadressen aus den IP Adressen zu filtern z.B. 255.255.240.0. Um mit diesen Adressen arbeiten zu können müssen alle Router auf dem Weg zu diesem Subnetz sowohl Netzadresse als auch Subnetmaske und nicht wie bisher nur die Netzadresse kennen.

5.3 IPv6, IPnG

Aufgrund mehrerer Schwächen des aktuellen IP Protokolls (IPv4, siehe 4.2.1):

- keine Möglichkeit zur Authentifizierung von Paketen
- sehr eingeschränkte Möglichkeiten für Dienstklassen
- bald erschöpfter Adressraum

sah sich die IETF¹⁹ 1990 veranlaßt, die Arbeit an einer neuen Version von IP aufzunehmen. Dazu wurde in RFC 1550 eine Anfrage nach Vorschlägen für das neue IP veröffentlicht.

Nach heftiger Diskussion über verschieden Punkte der Vorschläge einigte man sich auf folgende Eigenschaften:

- größerer Adressraum – 16 Byte statt 4 Byte
- Vereinfachung des Headers – sieben Felder statt 13, dadurch können Router Pakete schneller weiterleiten
- Zusätzliche Header für Spezialanwendungen können optional angegeben werden
- Sicherheit - Authentifikation und Datenschutz (Verschlüsselung) kann nun auf IP Ebene realisiert werden
- Dienstarten wurde mehr Gewicht gegeben, es gibt unterschiedliche Prioritäten für verschiedene Dienstklassen.

Das Protokoll heißt IPv6 oder IPnG²⁰ (IPv5 war eine bereits im Einsatz befindliche Testversion).

¹⁹Internet Engineering Task Force

²⁰Internet Protocol New Generation

5.3.1 IP Adressen bei IPv6

Bei IPv6 sind die Adressen nicht mehr wie bisher 32 Bit lang, sondern 128 Bit (Abbildung 8). Sie werden in einer hexadezimalen Schreibweise mit Doppelpunkten angegeben, z.B. 0:0:0:0:0:C1AE:1AA1 (dies ist eine IPv4 kompatible Adresse, da nur die letzten 32 Bit genutzt sind, das IPv4 äquivalent ist 193.174.26.161). Die neuen IP Adressen lassen sich in 3 Klassen einteilen:

- *Unicast*, identifiziert ein bestimmtes Netzwerkinterface.
- *Anycast*, identifiziert eine Gruppe solcher Interfaces, wobei ein Datagramm meist an die Adresse, mit der kürzesten Distanz zugestellt wird (es lassen sich auf mehrere Hosts verteilte Dienste implementieren)
- *Multicast (Rundsenden)*, adressiert eine Gruppe von Interfaces, Datagramme werden an alle Gruppenmitglieder verteilt.

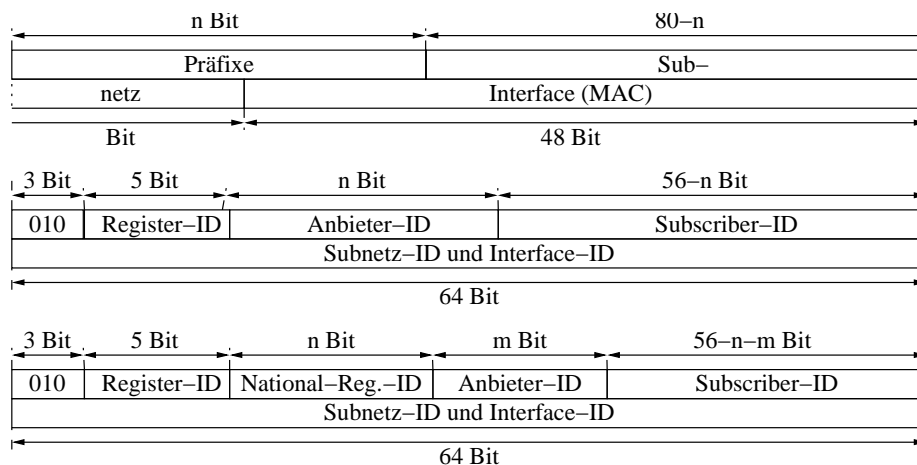


Abbildung 8: Der Aufbau einer IPv6 Adresse (oben mit MAC, mitte mit Anbieterbasierten Unicast Adressen, unten mit nationalen Registern)

5.3.2 der Header von IPv6

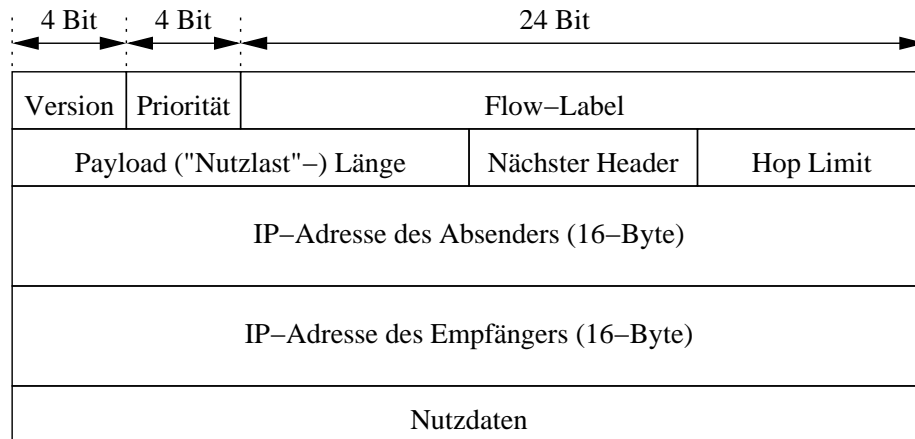


Abbildung 9: Der Aufbau des IPv6 Hauptheaders

A Kontaktinformation

Jan Dittberner
 Technische Universität Dresden
 Fakultät Informatik
 Telefon: +49 351 4412667
 E-Mail: jan@jan-dittberner.de

Literatur

- [1] Andrew S. Tanenbaum
Computernetzwerke,
 Prentice Hall, München, 3. Auflage 1998, ISBN 3-8272-9568-8,
 S. 45-74, S. 467-479
- [2] Stöttinger
Das OSI-Referenzmodell,
 Reihe DATACOM, 1989,
 S. 28-50
- [3] Hegering Heinz-Gerd, Abeck Sebastian
Integriertes Netz- und Systemmanagement,
 Addison-Wesley, Bonn, 1. Auflage 1993, ISBN 3-89319-508-4,
 S. 129-159
- [4] Garbe, K.
Management von Rechnernetzen,
 B. G. Teubner, Stuttgart, 1991,
 S. 257-298
- [5] Stainow, Rumen
IPnG, das Internet-Protokoll der nächsten Generation,

International Thomson Publishing, 1. Auflage 1997, ISBN 3-8266-4018-7,
S. 11-43, S. 83-114

- [6] Microsoft Corporation
Internetworking mit Microsoft TCP/IP und Microsoft Windows NT 4.0
Microsoft Press Deutschland, Unterschleißheim, 1998, ISBN 3-86063-261-2,
S. 2-5, S. 27-58
- [7] Microsoft Corporation
Grundlagen des Netzwerkbetriebs
Microsoft Press Deutschland, Unterschleißheim, 2. Auflage 1998, ISBN 3-
86063-267-1
S. 167-179, S. 209-236
- [8] Richard Sietmann
c't Magazin für Computer Technik Ausgabe 9/99, Nummernspiele,
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover, 1999, ISSN 0724-8679,
S. 180-191