

Software zur Bildung von Computer-Netzwerken, die auf dem „Transmission Control Protocol/Internet Protocol“ *TCP/IP* beruht, ist bisher die einzige Netzwerk-Software, die für jede relevante Computerplattform verfügbar ist. Insbesondere für heterogene Netzwerke – bestehend aus unterschiedlichen Computern – ist heute das *TCP/IP*-Protokoll am weitesten verbreitet.

Dem neueren, in ISO genormten *OSI*-Protokoll, der Open Systems Interconnection wird – wenn überhaupt – erst dann eine größere praktische Bedeutung zukommen, wenn für alle Computer-Plattformen die entsprechende Netzwerk-Software erhältlich sein wird.

Beim *TCP/IP*-Protokoll handelt es sich um eine ganze Protokoll-Familie (*TCP*, *IP*, *UDP*, *SMTP*, *TFTP*, *SNMP*, ...), deren

Komponenten genau auseinandergelassen werden müssen. In diesem Merkblatt wird ein kurzer Überblick gegeben.

Außerdem wird auf die wichtigsten *TCP/IP*-Anwendungen hingewiesen (*FTP*, *TELNET*, *SMTP*, *HTTP*), die alle nach dem Client/Server-Prinzip arbeiten (siehe Punkt 8–11).

**1. TCP/IP:**

Das *TCP/IP*-Protokoll wurde ab 1968 vom Verteidigungsministerium der USA definiert (ARPA-Net). Es ist ein allgemeines Netzwerk-Protokoll, d. h. es wurde nicht für ein spezielles Informations-Transportsystem konzipiert, sondern für den herstellerunabhängigen Einsatz auf unterschiedlichen Transportmedien und Computern.

Mit *TCP/IP* lassen sich z. B. Computer vernetzen, die als Betriebssystem Unix, VMS (DEC), OSF/1, MacOS (Apple), OS/2 (IBM), SunOS (Sun), NeXTstep (NeXT), Windows (Personal Computer), Windows NT, RSX-11 (DEC), RT-11 (DEC) einsetzen. Da *TCP/IP*-Software bereits seit Jahren für (fast) alle Computerplattformen erhältlich ist (weit über 300 verschiedene Anbieter), sind die Software und die Anwendungen äußerst stabil.

Das *TCP/IP* ist durch ein 4-Schichtenmodell (Abb. 1) mit zwischen den Schichten genormten Schnittstellen definiert. In der Abb. 2 ist zum Vergleich das in ISO genormte 7-Schichtenmodell des *OSI*-Protokolls dargestellt.

TELNET	NFS
FTP	TFTP
SMTP	
rlogin	
TCP	UDP
IP	
Netzwerk-Hardware	

Abb. 1: Die 4 Schichten des *TCP/IP* Netzwerk-Protokolls.

Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data Link
Physical

Abb. 2: Die 7 Schichten des *ISO/OSI* Netzwerk-Protokolls.

**2. IP:**

Das „Internet Protocol“ *IP* entspricht ungefähr der Schicht „Network“ (Vermittlungsschicht) des *OSI*-Modells, in der die Adressierung und Verbreitung der Datenpakete (Datagramme) in einem Netzwerk gesteuert werden. Die Hauptaufgabe des *IP* ist die Bereitstellung einer garantiert eindeutigen und einmaligen Adresse für jeden Computer im Netzwerk (Internet-Adresse), so daß jedes verschickte Datagramm ein eindeutiges Ziel hat (siehe auch Punkt 1 in [2]).

Das *IP* ist außerdem in der Lage, die Anzahl der Sprünge (hops) zwischen den Computern des Netzwerks festzustellen, die ein Datagramm seit dem Abschicken gemacht hat. Dadurch können Datagramme, die schon zu lange im Netzwerk unterwegs sind, erkannt und entfernt werden.

Ein *IP*-Datagramm besteht aus dem Header und den eigentlichen Daten. Im Header stehen u. a. die *IP*-Adresse des Absenders und *IP*-Adresse des Empfängers und die maximal erlaubte Anzahl von Hops. Die Daten werden vom *IP*-Protokoll nicht verändert.



Das *IP* ist ein ungesichertes, verbindungsloses Transport-Protokoll. Ungesichert bedeutet hierbei, daß der Absender nicht davon ausgehen kann, daß ein Datagramm auch tatsächlich den Empfänger erreicht. Dieses wird erst dadurch sichergestellt, daß der Empfänger eine Bestätigung nach Erhalt des Datagramms zurückschickt. Da das *IP*-Protokoll jedes Datagramm als selbstständige Einheit betrachtet, wird es verbindungslos genannt. Gehören mehrere Datagramme zu einem Übertragungsjob, dann müssen die übergeordneten Protokoll-Ebenen dieses entsprechend organisieren.

**3. TCP:**

Im Gegensatz zum *IP*-Protokoll ist *TCP* ein völlig gesichertes Transport-Protokoll zur Übertragung von allgemeinen Byte-Strömen. Dazu besitzt *TCP* Mechanismen, die es sicherstellen, daß die Daten stets korrekt und in der richtigen Reihenfolge beim Empfänger ankommen. Wenn Daten dennoch in der falschen Reihenfolge ankommen oder Teile fehlen, dann rekonstruiert *TCP* die Daten bevor sie (zum nächsten Knoten) weiter transportiert werden.

Die Adressierung beim *TCP* erfolgt auf drei Ebenen. Die erste Adresse wird der Anwendung – dem *TCP* „Process“ – zugeordnet. Diese wird mit der „Node“-Adresse des Computers zur „Port“-Adresse kombiniert. Anschließend wird diese Port-Adresse mit der eigentlichen Internet-Adresse [2] des Computers zur vollständigen, dreiteiligen „Socket“-Adresse verbunden. Damit ist der „Socket“ – z. B. im weltweiten Internet – eindeutig und einmalig, denn er beschreibt ein bestimmte Anwendung auf einem bestimmten Computer in einem bestimmten Netzwerk.

Beim *TCP*-Protokoll ist es nicht erforderlich, daß der Absender auf die Bestätigung eines Datagramms wartet, bevor das nächste abgeschickt wird (sliding window). *TCP* sendet Datagramme weiter, ist aber darauf vorbereitet, das Senden von Datagrammen zu wiederholen. Der Absender setzt jedoch ein Limit (window) für die Datenmenge, die maximal gesendet werden kann, bevor eine Bestätigung für den einwandfreien Empfang der Datagramme eingehen muß.

**4. UDP:**

Das „User Datagram Protocol“ *UDP* ist ebenfalls ein ungesichertes Transport-Protokoll. Es wird für bestimmte Anwendungen anstelle von *TCP* eingesetzt. Beim *UDP* ist es nicht erforder-

lich, daß zunächst eine logische Verbindung mit dem Zielcomputer hergestellt werden muß. Für die richtige Reihenfolge und Integrität der Daten muß das übergeordnete Anwendungsprogramm sorgen, da *UDP* nur ein Datagramm übernimmt und dieses an einen Ziel-Port eines Computers schickt. Gegenüber *TCP* ist damit der Protokoll-„Overhead“ wesentlich geringer. Daher arbeitet *UDP* sehr schnell und effizient.

## 5. NFS:

Das „Network File System“ *NFS* basiert auf dem *UDP*-Protokoll. Es ermöglicht den transparenten, direkten Zugriff auf im Netzwerk verteilte Verzeichnisse (directories) und Dateien (files), als wären diese auf einer lokalen Platte des eigenen Computers [6].

## 6. TFTP:

Das „Trivial File Transfer Protocol“ *TFTP* basiert ebenfalls auf dem *UDP*-Protokoll. *TFTP* ist zum einfachen Transfer von Dateien ohne Prüfung von Zugriffsrechten vorgesehen. Um eine Datei von einem Computer zu kopieren, reicht es dabei aus, den Pfad der Datei sowie die *IP*-Adresse des Computers zu kennen. So wird es z. B. zum Laden der Betriebssoftware für Terminalserver verwendet.

## 7. SNMP:

Für die Entwicklung von Software für das Management von heterogenen Netzwerken steht unter *TCP/IP* das *SNMP*-Protokoll (Simple Network Management Protocol) zur Verfügung. Es definiert u. a. Befehle, Formate von Status- und Fehlermeldungen. Damit ist es auch in einem heterogenen Netzwerk möglich, von einem zentralen Computer aus das Management der unterschiedlichen Computer im gesamten Netzwerk vorzunehmen.

## 8. FTP:

Das „File Transfer Protocol“ *FTP* ist eine Anwendung, die auf *TCP* basiert. *FTP* erlaubt nicht nur den Transfer von Dateien, sondern u. a. auch das Löschen und Umbenennen von Dateien sowie das Auflisten von Verzeichnissen.

Vor jeder Verwendung prüft *FTP* die Zugangsberechtigung. *FTP* erfordert also jeweils eine Anmeldung (login) mit dem Usernamen und einem Paßwort beim Host-Computer [3].

## 9. TELNET:

Als Anwendung für das direkte Einloggen in einen Computer steht unter *TCP/IP* das *TELNET* zur Verfügung. Unter *TELNET* erfolgt jeweils eine Prüfung der Zugangsberechtigung.

Einer der Vorteile von *TELNET* ist der, daß nicht ein bestimmter Terminaltyp, bzw. eine bestimmte Emulation eines realen Terminals vorausgesetzt wird. *TELNET* bietet eine Basisfunktionalität, die beim Verbindungsaufbau durch Vereinbarung zwischen den beteiligten Computern erweitert werden kann [2].

## 10. SMTP:

Zur Übertragung von Elektronischer Post (E-Mail) ist unter *TCP/IP* das *SMTP*-Protokoll (Simple Mail Transfer Protocol) vereinbart worden. Auf diesem Protokoll basieren eine Vielzahl von kommerziellen und von kostenfreien Softwarepaketen des „Electronic Mailings“.

Ein solches (kostenloses) Paket für die Verwendung unter dem Betriebssystem OpenVMS ist das sehr leistungsfähige „Message Exchange System“ MX [4].

## 11. HTTP:

Anwendungen nach dem *HTTP*-Protokoll (HyperText Transport Protocol) werden in den kommenden Jahren eine ganz besondere Bedeutung erlangen. Denn damit wird das besonders nutzerfreundliche World-Wide-Web (WWW) mit Web-Servern und Clients (Web-Browser) realisiert [11, 12].

## 12. Weitere TCP/IP-Anwendungen:

Neben den in diesem Merkblatt genannten Anwendungen des *TCP/IP*-Protokolls existieren noch eine Vielzahl anderer Anwendungen. Dazu gehören beispielsweise: Archie (spezielle Archiv-Server [10]), BOOTP (Bootstrap-Protokoll zum Booten von Computern ohne eigene Systemplatte übers Netz), DNS (Domain Name Service), Finger [2], Gopher [7], IPNCP [2], IRC (Internet Relay Chat), LPD + LPQ + LPR (zum Einbinden von Druckern im Netz), Mosaic [11–12], News [5], NEWSRDR [5], NNTP [5], NSLOOKUP, Ping, POP, PPP, SLIP, Talk, UseNET [5], Veronica, WAIS, WHOIS, World-Wide-Web [11–12]. Und viele weitere werden sicher folgen.

## 13. Sonstige Hinweise:

■ Die Normung der *TCP/IP*-Komponenten ist in den sogenannten *RFC*-Dokumenten (Request for Comment) verbindlich niedergelegt. Ein großer Teil dieser Norm-Dokumente steht an der Freien Universität auf dem FTP-Server [ftp.fu-berlin.de](ftp://ftp.fu-berlin.de) per Anonymous-FTP zum Abruf bereit: <ftp://ftp.fu-berlin.de/doc/rfc/>.

## 14. Literatur:

- [1] The Joy of CMU/Tek-IP – Version 6.6. Pittsburgh (USA): Carnegie Mellon University 1991.
- [2] Dittberner, K.-H.: Benutzung des Internets: TELNET. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 25, 1991–1994.
- [3] Dittberner, K.-H.: Benutzung des Internets: FTP. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 26, 1991–1993.
- [4] Dittberner, K.-H.: Elektronische Post: MX-Mailing vom HAIIRcluster. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 131, 1992–1995.
- [5] Dittberner, K.-H.: Das UseNET: Die Benutzung vom HAIIR-cluster. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 79, 1991–1994.
- [6] Dittberner, K.-H.: NSF: Das Netzwerk File System auf dem HAIIRcluster. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 133, 1991–1992.

[7] Dittberner, K.-H.: Benutzung des Internets: GOPHER. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 149, 1992–1993.

[8] Dittberner, K.-H.: DIMDI-Literaturrecherche via Internet. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 237, 1993–1994.

[9] Dittberner, K.-H.: Das FUBnet: Der File-Server der Freien Universität. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 137, 1992–1993.

[10] Dittberner, K.-H.: Das Internet: Benutzung der Archiv-Server. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 180, 1991–1993.

[11] Dittberner, K.-H.: Benutzung des Internets: MOSAIC. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 252, 1993–1994.

[12] Dittberner, K.-H.: Ein benutzerfreundlicher Zugang zu Informationssystemen. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 271, 1993–1994.

## Notizen: