

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Band: 81 (1990)

Heft: 17

Artikel: Kommunikation im Rechnerverbund : OSI-Standard und Netzwerkarchitekturen

Autor: Lubich, Hannes P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-903151>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kommunikation im Rechnerverbund

OSI-Standard und Netzwerkarchitekturen

Hannes P. Lubich

Verteilte Intelligenz ist ein Schlagwort, das dem Informatik-Interessierten immer wieder ins Auge springt. Verteilte Intelligenz setzt Kommunikation voraus, und diese standardisierte Kommunikationsprotokolle. Dank seinem streng hierarchischen, logischen Aufbau ist der aus der Telekommunikation stammende Open System Interconnection-Standard (OSI-Standard) auch bei der Verknüpfung von Informatik-Ressourcen von grosser Bedeutung.

L'intelligence répartie est un slogan qui saute de plus en plus aux yeux de celui qui est intéressé par l'informatique. L'intelligence répartie présume une communication, et celle-ci des protocoles de communication standardisés. Grâce à sa structure rigoureusement hiérarchique et logique, le Open System Interconnection-Standard (Standard OSI) provenant de la télécommunication revêt aussi une grande importance pour l'enchaînement de ressources informatiques.

Adresse des Autors:

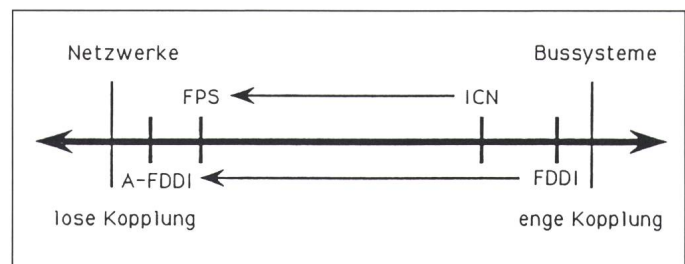
Dr. Hannes P. Lubich, Institut für Technische Informatik und Kommunikationsnetze, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, ETH Zentrum, IFW, 8092 Zürich.

Rechnernetze haben in den 80er Jahren eine besondere Bedeutung für die Implementation von modularen, geografisch verteilten Rechnersystemen erhalten. Deutlich erkennbar ist der Trend, spezialisierte Subsysteme (Fileserver, Kommunikationsserver, Arbeitsstationen) mittels Rechnernetzen zu einem funktionsfähigen, den Anforderungen des Anwenders angepassten Gesamtsystem zu vereinen. Allerdings ist die Grenze zwischen verteilten Systemen und zentral organisierten, über Bussysteme gekoppelten modularen Systemen fließend. Wir beschreiben die relevanten Architekturen,

trachtet man diese abstrakte Definition eines Bussystems, so fällt auf, dass diese Definition auch für Rechnernetze und die daran angeschalteten Komponenten Gültigkeit hat. Ein Rechnernetz hat – unter anderem – auch die Aufgabe, gesicherte und geordnete Kommunikation zwischen den Komponenten an diesem Netz zu ermöglichen.

Stellt man die Enge der Kopplung der miteinander verbundenen Komponenten auf einer Achse graphisch dar, so bilden Bussysteme und Netzwerke sicher die beiden Endpunkte dieser Achse (Bild 1). Auf der Seite der

Bild 1
Migration von Busarchitekturen zu Netzwerkarchitekturen



ren, insbesondere das OSI-Referenzmodell und diskutieren die Gemeinsamkeiten und die Unterschiede zwischen Rechnernetzen und Bussystemen.

Bussystem und Netzwerk – Ein intuitiver Vergleich

Prinzipiell ist es die Aufgabe eines Bussystems, die geordnete Verbindung und – in Zusammenarbeit mit anderen Komponenten – Verwaltung von modularen, spezialisierten Subsystemen wie z.B. Plattenspeicher-, Verarbeitungs- oder Kommunikations-Subsystemen zur Verfügung zu stellen. Be-

Bussysteme liegt eine enge Kopplung der Komponenten vor, die beispielsweise durch einen gemeinsamen Taktempuls gekennzeichnet ist. Das zugrundeliegende Modell ist vergleichsweise einfach und basiert im wesentlichen auf Speicher- bzw. I/O-Zyklen. Auf der gegenüberliegenden Seite ist die Kopplung der verbundenen Komponenten lose, es existiert kein gemeinsamer Takt, die Kooperation erfolgt über komplexe Protokolle wie TCP/IP und NFS und die Komponenten verwalten das Netz oft gemeinsam, d.h. ohne zentrale koordinierende Komponente. Trägt man auf dieser Achse nun zwei weitere Verbindungs-

architekturen auf, so wird sichtbar, wie fließend die Grenze zwischen eng und lose gekoppelten Systemen inzwischen geworden ist. Betrachten wir zunächst die sogenannten *Interconnection Networks* (ICN), die ursprünglich als Verbindungsmittel in Mehrprozessorsystemen konzipiert wurden und heute unter dem Stichwort *Fast Packet Switching Networks* (FPS) ihren Einzug in die weiträumigen, lose gekoppelten Netzwerke gefunden haben. Noch deutlicher wird dieser Trend zur losen Kopplung bei der Betrachtung von FDDI, also dem *Fiber Distributed Data Interface*, welches ursprünglich als Übermittlungssystem in Systembussen definiert wurde und heute ebenfalls häufiger als Übertragungsmedium in lokalen und *Metropolitan Area* Netzwerken verwendet wird. Die ANSI-Definition von FDDI (A-FDDI) definiert beispielsweise eine Architektur, die auf einem 100 Mbit/s-Ring von bis zu 100 km Durchmesser bis zu 500 Stationen zulässt. Der Trend zum «Abwandern» ehemaliger Bussystem-Architekturen zur losen Kopplung in Netzwerken ist also eindeutig sichtbar. Welche Konsequenzen hat dies nun für die Architektur von Netzwerkkonstruktionen?

Es wird an dieser Stelle auf eine ausführliche Diskussion der Funktionsweise von Bussystemen verzichtet. Konzentrieren wir uns stattdessen auf die Netzwerkkonstruktionen:

Betrachtet man die Hardware-Entwicklung der letzten 10 Jahre, so wird mehr und mehr ein Trend zu sogenannten Netzwerklösungen sichtbar, manifestiert durch die nicht mehr wegzudenkende einschlägige Werbung sowie durch die tatsächlichen Verkaufserfolge von Firmen wie Sun oder Apollo, deren Produkte nicht nur Netzwerkfähigkeit aufweisen, sondern für ihr Funktionieren auf das Vorhandensein von Netzwerken angewiesen sind. Betrachten wir einmal die Produkte dieser Linie etwas genauer:

Das gesamte System bildet einen Netzverbund (Cluster), d.h. eine Ansammlung von spezialisierten, modularen Subsystemen, die über ein Netzwerk miteinander kommunizieren. Diese Subsysteme sind in den meisten Fällen:

a. Workstations, die über Bildschirm, Tastatur, Maus und ein Einprozessor-Board mit einigen MB Hauptspeicher und Netzwerkanschlüssen inklusive der zugehörigen Firmware, jedoch meist nicht über eigenen Sekundärspeicher, verfügen. Verfügt der Ar-

beitsplatzrechner über ein eigenes Disk-Subsystem, so wird dieses meist zum Aufstarten, Paging¹ und Swapping² verwendet, während die Benutzerdaten in Disk-Subsystemen des Servers gehalten werden.

b. Server, die – je nach Aufgabe – über einen grossen Hauptspeicher, eine leistungsfähige CPU (oder mehrere) und sehr viel Sekundärspeicher (oft mehrere GByte), Bandlaufwerke und natürlich auch über einen Netzwerkanschluss verfügen. Diese Systeme sind von ihrem Aufbau her besonders geeignet, Arbeitsplatzrechner ohne eigenen Sekundärspeicher zu versorgen.

c. Das eigentliche Netzwerk, z.B. ein Ethernet oder eine Glasfaserleitung mit CSMA/CD, Token Ring, Token Bus o.ä. mit einer Übertragungsleistung von 10 Mbit/s und mehr.

Greifen wir nun einmal ein spezialisiertes Subsystem – nämlich ein Disk-Subsystem – heraus und betrachten die Arbeitsweise in einem Netzverbund gegenüber einem Bussystem.

In einem *traditionellen Bussystem* ist die Festplatte über eine Controller-Karte mit dem Systembus verbunden und steht an einer bekannten Adresse im System zur Verfügung. Zugriffe auf das Disk-Subsystem bedingen eine Kommunikation des Initiators des Lese- oder Schreibvorgangs mit dem Disk-Controller. Da dieser Vorgang den exklusiven Zugriff auf den Bus des Systems erfordert, wird diese Kommunikation meist durch einen zentralen Bus-Scheduler gesteuert. Während dieser Kommunikation ist das Bussystem für andere Vorgänge blockiert. Müssen Vorgänge mit höherer Priorität als der des Disk-Zugriffs bearbeitet werden, muss der Scheduler dafür sorgen, dass der Disk-Zugriff suspendiert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgesetzt wird.

In einem *Netzverbund* (Cluster) müssen für den Disk-Zugriff ähnliche Probleme gelöst werden. Ein Arbeitsplatzrechner ohne eigenen Sekundärspeicher (Diskless Workstation) muss für jede Form von Datentransfer (aus-

ser bei Datenbewegungen im eigenen Hauptspeicher), also auch zum Pagen und Swappen, Daten zwischen dem Disk-Subsystem des Servers und dem eigenen Hauptspeicher transferieren. Hierbei muss zwar der Zugriff auf das Übertragungsmedium, das Netzwerk, ebenfalls exklusiv erfolgen, jedoch ist es möglich, das Medium zu multiplexieren und so eine Quasi-Parallelität zu erreichen. Die Verwaltung des Übertragungsmediums, d.h. die Exklusivität des Zugriffs, die Fehlerkontrolle usw., wird dabei von allen – gleichberechtigten – Stationen z.B. durch *Collision Detection* oder das explizite Weitergeben von Berechtigungsmarken ausgeübt.

Beiden Ansätzen ist gemeinsam, dass für die *Benutzer*, d.h. die hierarchisch darüberliegenden Komponenten, kein Unterschied in der Benutzung sichtbar ist. Die Implementierung eines Filesystems als *Benutzer* von Disk-Subsystemen wird, je nach der Identifikation des entsprechenden Filesystems, einen Lese- oder Schreibauftrag dem entsprechenden Gerätetreiber übergeben, der dann entweder lokal mit einem Controller oder mit einem entfernten Prozess kommuniziert, um den Datentransfer abzuwickeln. Der Endbenutzer wird, sofern sein Arbeitsplatzrechner sowohl über ein lokales Disk-Subsystem als auch über einen Zugang zum Disk-Subsystem eines Servers verfügt, im Normalfall keinen Unterschied in der Benutzung des Filesystems spüren. Die Aufteilung von Daten auf lokale oder zentrale Disk-Subsysteme ist in heutigen Netzverbunden eine rein administrative Angelegenheit, die kaum noch technisch implizierten Zwängen unterliegt. Selbst komplexe, zeitkritische Zugriffe wie das Aufstarten, Paging, Swapping oder Zugriff auf Bandstationen sind in solchen Verbunden – je nach Wahl des Benutzers – meist sowohl lokal als auch mittels eines oder mehrerer Server möglich. Die Grenzen zwischen Bussystemen und Netzwerken sind bei der Erledigung der obengenannten Aufgaben also fließend geworden und hybride Systeme, die beide Zugriffsmethoden umfassen, sind häufig anzutreffen.

So schön diese Vereinigung des Besten aus zwei Welten auch ist, es ist Zeit, auch die Schattenseiten einmal näher zu beleuchten, denn wenn die Grenze zwischen Bussystemen und Netzwerken fließend geworden ist, ist auch anzunehmen, dass ähnliche Probleme beim Einsatz vorhanden sind.

¹ Paging bedeutet das Nachladen von Programmteilen (pages) in den Hauptspeicher bei seitenorientierten Systemen mit virtueller Speicherverwaltung

² Swapping bedeutet das Ein- und Auslagern ganzer Prozesse zwischen Haupt- und Sekundärspeicher.

Die Qual der Wahl

Jeder, der sich heute mit Bussystemen beschäftigt, wird sich der Tatsache schmerzlich bewusst sein, dass es eine Vielzahl verschiedener Bussysteme gibt und dass nicht jedes Subsystem für die Verwendung in jedem Bussystem vorgesehen ist. Die Wahl eines Bussystems in einem Rechner ist eine einmalige Angelegenheit, die den Anwender fest an das gewählte Bussystem bindet. Zwar sind die meisten kommerziell erhältlichen Subsysteme für alle gängigen Bussystemen erhältlich, es genügt jedoch die Ankündigung eines führenden Hardwareherstellers, ein neues Bussystem auf den Markt zu bringen, um denselben in Aufregung und die Kunden in Unsicherheit zu versetzen.

Die Entwicklung von Netzwerkarchitekturen, d.h. sowohl der Hardware als auch der Betriebssoftware, verlief ganz ähnlich wie diejenige von Bussystemen und wurde zunächst massgeblich von der interessierten Telekommunikationsindustrie betrieben³. Aus dieser Tatsache ergibt sich fast zwangsläufig eine parallele, an marktwirtschaftlichen (Eigen-)Interessen orientierte Entwicklung, die der Kompatibilität mit potentiellen Konkurrenzprodukten zunächst nur geringe Bedeutung beimisst. Es entstand auf diese Weise eine Vielzahl von verschiedenen Netzwerkarchitekturen, die nicht kompatibel zueinander waren, mit darauf basierenden Protokollen, die zwar ähnliche Dienste realisierten, jedoch ebenfalls nicht kompatibel zueinander waren. Unter den Folgen dieser Entwicklung leiden wir noch heute. Zwar entwickelten sich über die Jahre einige dieser Produkte aufgrund der starken Verbreitung der entsprechenden Systeme zu Quasi-Standards (z.B. SNA, Appletalk, DEC DNA, TCP/IP), so dass auch entsprechende Konverter entwickelt wurden, um die verschiedenen Netzwerkarchitekturen zueinander kompatibel zu machen, jedoch beschränken sich diese Adaptierungen meist auf die Abbildung der einzelnen Protokollelemente ohne Ansehen der eigentlichen dahinterliegenden Architektur. Zudem bergen solche Konverter die Gefahr von hohem Lei-

stungs- und auch oft von Funktionalitätsverlust.

Die Zeit war also mehr als reif für die Bereitstellung eines Kontexts für offene Kommunikation zwischen Rechnersystemen verschiedenen Typs, als in den 80er Jahren die International Organization for Standardization (ISO), eine Reihe von internationalen Standards zu entwickeln begann, die heute das Referenzmodell für die Kommunikation offener Systeme bilden und oft als *OSI-Modell* oder *Schichten-Modell* bezeichnet werden.

Systems liegenden Benutzer einen Gesamtdienst an, der intern durch das hierarchische Zusammenspiel von Teildiensten erbracht wird. Neben den bereits genannten Vorteilen ist ein solches System aufgrund seines modularen Aufbaus leicht erweiterbar; insbesondere sind Erweiterungen einer Schicht lokal und werden «nach oben» unter einer einheitlichen Dienstschnittstelle zur Verfügung gestellt. Vertraute Beispiele sind die Schichtenstruktur eines Rechners bzw. eines Betriebssystems (Bilder 2 und 3).

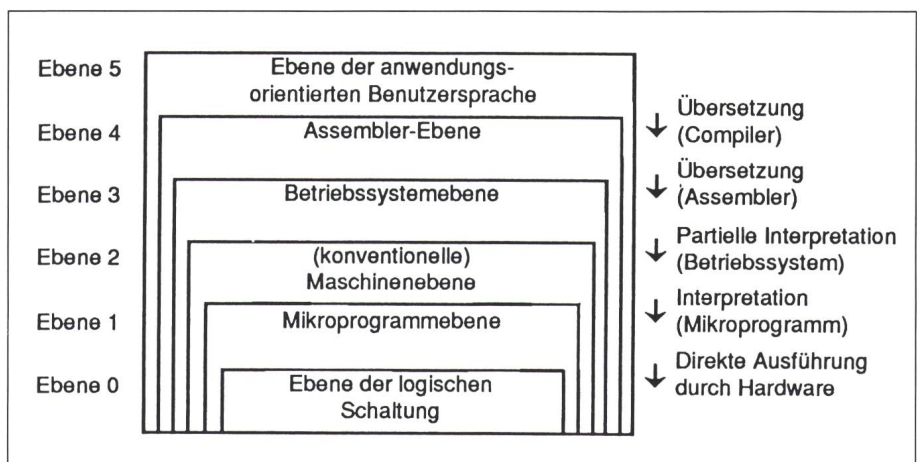


Bild 2 Schichtenstruktur eines Rechners [2]

Im folgenden wird dieses Modell, das 1984 als ISO-Norm 7498 [1] verabschiedet wurde, im Überblick vorgestellt. Der interessierte Leser sei auf entsprechende Publikationen wie z.B. [2] oder [3] verwiesen.

Das OSI-Referenzmodell für offene Kommunikationssysteme

Grundlage des OSI-Modells ist die Vorstellung, dass ein zu erbringender Gesamtdienst durch Aufteilung in mehrere Teildienste leichter verständlich und auch leichter implementierbar und verifizierbar ist. Hierbei wird von einer hierarchischen Schichtung ausgegangen. Jede Schicht erbringt einen bestimmten Dienst, den sie der hierarchisch darüberliegenden Schicht anbietet. Ebenso nutzt jede Schicht (mit Ausnahme der untersten Schicht) die angebotenen Dienste der darunterliegenden Schicht. Das daraus gebildete Gesamtsystem bietet an seiner obersten Schnittstelle einem ausserhalb des

Abstrakt besteht ein Dienst, der von einer Schicht realisiert wird, aus den verschiedenen *Dienstprimitiven* und den zugehörigen *Daten* und *Steuerinformationen* (Parametern der Dienstprimitiven). Diese Daten werden mittels der Dienstprimitiven in beide Richtungen über die Schnittstelle zwischen einer Schicht N und einer Schicht N+1 transportiert. Hierbei spricht man von einem (N)-Dienstanbieter, einem (N)-Dienstzugriffspunkt und einem (N)-Dienstbenutzer (Bilder 4a und 4b).

Ziel ist jedoch nicht die Kommunikation der einzelnen Schichten, sondern die Kommunikation zwischen Schichten der gleichen «Höhe» in verschiedenen Systemen. Die aktiven Elemente einer Schicht werden als Instanzen (Entities) bezeichnet und lassen sich grob mit Prozessen in einem Betriebssystem vergleichen⁴. Instanzen

³ Man beachte, dass viel Pionierarbeit im Bereich der Netzwerkarchitekturen von Hochschulen, vor allem in Nordamerika, geleistet wurde, jedoch die kommerzielle Auswertung dieser Forschungsergebnisse nicht von den Hochschulen selbst vorgenommen wurde.

⁴ Insbesondere können innerhalb einer Schicht auf einem System mehrere Instanzen parallel aktiv sein.

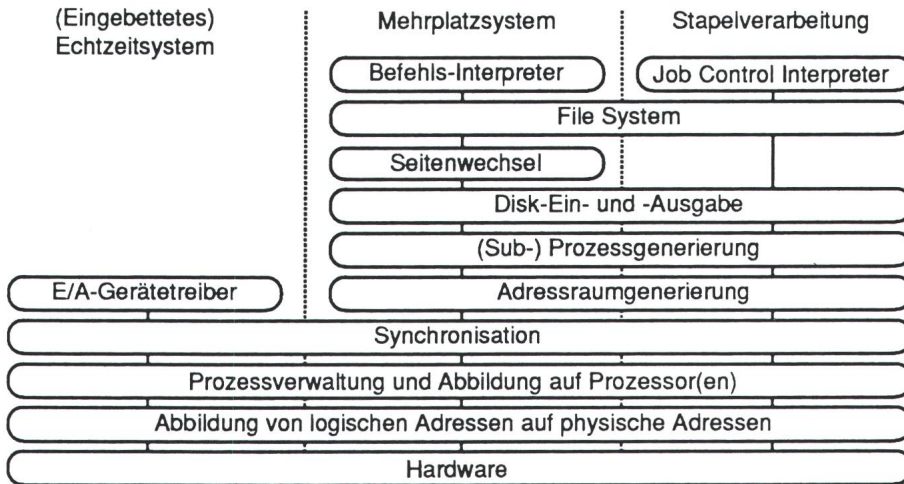


Bild 3 Schichtenstruktur eines Betriebssystems [2]

teneinheit (PDU) an die entsprechende Partnerinstanz geschickt wird. Diese PDU enthält neben den von der nächsthöheren Schicht übergebenen Nutzdaten die notwendige Kontrollinformation der Schicht (N). Eine (N)-PDU wird also von einer (N)-Instanz an die (N-1)-Instanz am entsprechenden Zugriffspunkt als (N-1)-Dienstdateneinheit (SDU) übergeben. Die (N-1)-SDU ist also der Parameter der entsprechenden D.request-Operation. Die Schicht (N-1) fügt der (N-1)-SDU ihre Kontrollinformation (N-1)-PCI hinzu und formt damit eine (N-1)-PDU (Bild 8).

Erst die letzte (unterste) Schicht überträgt schliesslich die Daten zur

innerhalb einer Schicht sind gleichrangig und können mittels eines Protokolls miteinander kommunizieren (Peer Entities, Peer Protocols). Peer Entities kommunizieren also über ein Protokoll miteinander, indem sie Dienste der nächstunteren Schicht in Anspruch nehmen (Bild 5).

Stellt man sich in Bild 5 die beiden Protokollstacks auf verschiedenen Systemen vor (wobei die unterste Schicht die physikalische Übertragung zwischen den Systemen gewährleistet), so wird klar, wie die Kommunikation zwischen offenen Systemen funktioniert, wenn sich beide Seiten an die normierten Protokolle und Dienste halten.

Das OSI-Modell definiert vier verschiedene Dienstprimitive:

- D.request: Anfordern des Dienstes D von der Partnerinstanz
- D.indication: Mitteilung über Anforderung bei der Partnerinstanz
- D.response: Antwort der Partnerinstanz
- D.confirm: Anzeige der Bestätigung der Ausführung des Dienstes D beim Aufrufer

Wie verwendet man diese Dienstprimitive? Betrachten wir die Darstellung auf einer Zeitachse (Bild 6). Die Darstellung der über ein Protokoll zu

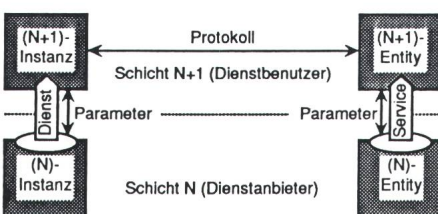
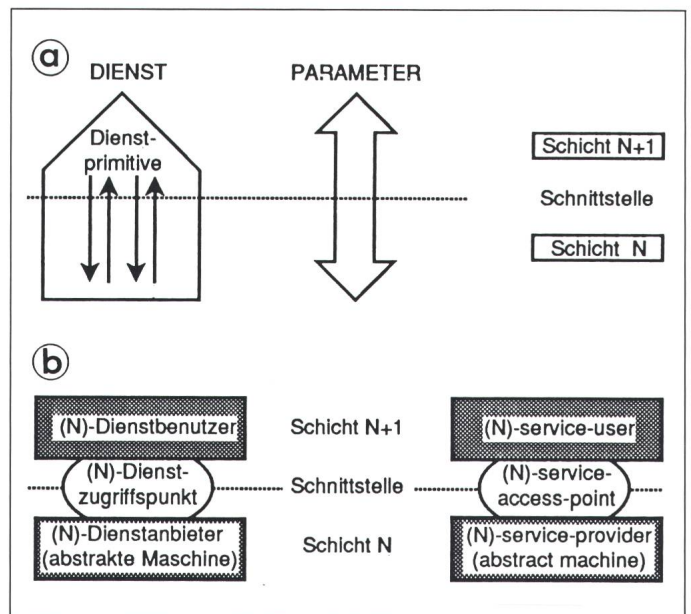


Bild 5 Protokolle und Dienste im Schichtenmodell [2]

Bild 4

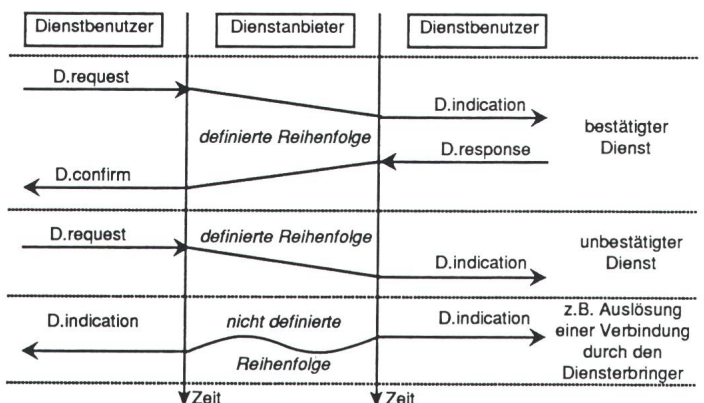


a Abstrakte Beschreibung eines Dienstes I [2]
b Abstrakte Beschreibung eines Dienstes II [2]

übermittelnden Daten folgt ebenfalls einem strukturierten Ansatz (Bild 7). Ein Dienst wird von der Schicht (N) ausgeführt, indem eine Protokollida-

Partnerinstanz, wo die PDU wieder nach oben gereicht und auf diesem Weg die jeweils zu einer Schicht gehörende Kontrollinformation entfernt

Bild 6 Zeitliche Beziehung zwischen Dienstprimiven [2]



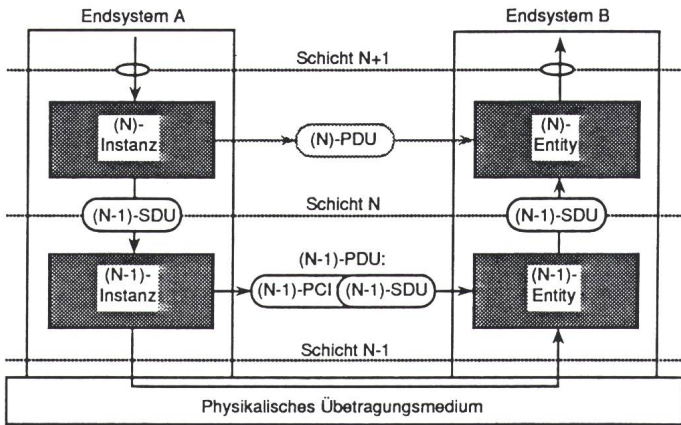


Bild 7
Zusammenstellung
der Dateneinheiten [2]

den. Wird eine dritte Darstellung für die Übertragung gewählt, so muss auf der Darstellungsschicht zusätzlich die Abbildung der Übertragungsdarstellung in die jeweils lokale Darstellung definiert und vorgenommen werden.

Session Layer (S, Schicht 5)

Die Kommunikationssteuerschicht oder Sessionsschicht bietet einen Dienst an, mit dessen Hilfe Daten zwischen kooperierenden Instanzen ausgetauscht werden können. Über die Funktionen dieser Schicht können zwei Kommunikationspartner die Steuerung und die Strukturierung ihres Dialogs vornehmen. Insbesondere können wichtige Daten (sog. Vorrangdaten, expedited data) mit höherer Priorität als normale Daten übermittelt und zur Strukturierung des Dialogs Synchronisationspunkte definiert werden.

Transport Layer (T, Schicht 4): Die Transportschicht sorgt – unabhängig von der Qualität der darunterliegenden Übermittlungsdienste – mittels eines End-zu-End-Protokolls für eine homogene Datentransportinfrastruktur, die einer beim Verbindungsaufbau definierten Mindestqualität entspricht. Es müssen also gegebenenfalls Datensicherungsmaßnahmen getroffen werden können, die über die entsprechenden Massnahmen der Sicherungsschicht hinausgehen. Durch Segmentierung, Multiplexierung oder Aufspalten einer Verbindung auf mehrere Netzwerkverbindungen (Splitting, Recombining) kann eine Transportverbindung optimal auf die zur Verfügung stehenden Netze abgebildet werden.

wird. Das OSI-Modell teilt die Aufgaben, die für die Kommunikation offener Systeme gelöst werden müssen, auf 7 Schichten mit folgenden Aufgaben auf (Bild 9):

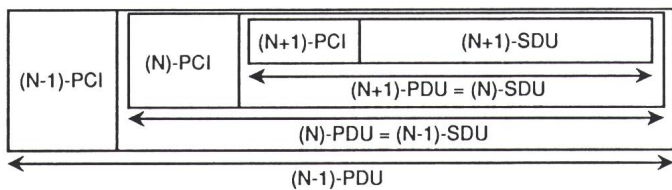
Application Layer (A, Schicht 7)

Die Anwendungsschicht kommuniziert als einzige der sieben Schichten direkt mit dem Endbenutzer, d.h. sie bietet den Anwendungsprozessen eines Rechners ihre Dienste an. Der Name dieser Schicht ist in gewisser Weise irreführend, da diese Schicht nicht die Anwendungen selbst, sondern Kommunikationsfunktionen, welche die Anwendung unterstützen, anbietet. Diese in verschiedenen Diensten zusammengefassten Funktionen können entweder standardisiert oder anwendungs- und benutzerspezifisch sein. Wir werden auf die Struktur der Anwendungsschicht noch einmal zurückkommen.

Presentation Layer (P, Schicht 6)

Wollen Rechner miteinander kommunizieren, die verschiedene Syntax und Codierung der zu übertragenden Daten verwenden, muss eine Einigung über die entsprechenden Parameter ausgehandelt werden. Diese Verhandlung ist Aufgabe der Darstellungsschicht. Diese Schicht enthält also Funktionen zum Aushandeln (Negotiation) einer von verschiedenen möglichen sog. Transfersyntaxen (Vorschriften für die Darstellung von Information während der Übermittlung) sowie für die Transformation zwischen lokal verwendeten Datendarstellungen und der gewählten Transfersyntax. Wird beispielsweise eine Realzahl auf zwei kommunizierenden Systemen verschieden dargestellt, so kann entweder eine der beiden Darstellungen oder eine dritte Darstellung für die Übertragung ausgehandelt wer-

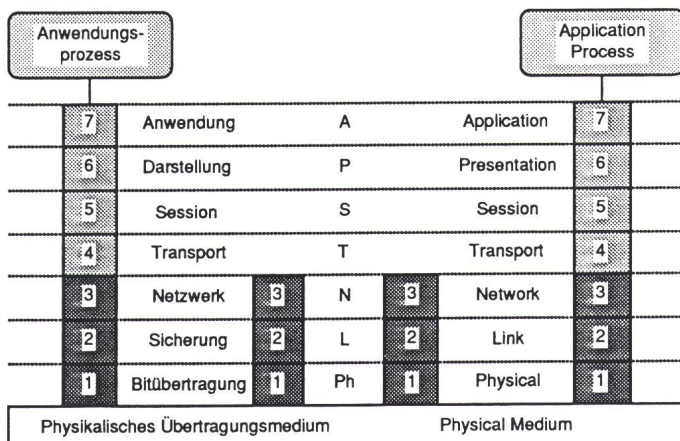
Bild 8
Schachtelung der
Dateneinheiten [2]



Network Layer (N, Schicht 3)

Die Vermittlungsschicht oder Netzwerkschicht; stellt Kommunikationswege durch ein Datennetz für die transparente Übermittlung von Daten zwischen beliebigen Teilnehmern über verschiedene Zwischensysteme zur Verfügung. Der Dienst der Netzwerkschicht soll die übergeordneten Subsysteme von der Aufgabe der Wegewahl (Routing) abschirmen. Verbindungen der Netzwerkschicht haben bei Verwendung von Zwischensystemen, d.h. von Vermittlungsknoten im Datennetz, keine End-zu-End-Signifikanz mehr. Gemäss der Spezifikation der ISO (ISO 8648, Internal Organization of the Network Layer) stellt diese Schicht einen einheitlich verbindungslosen Dienst (Connectionless-mode

Bild 9
Das OSI-Modell im
Überblick [2] mit
Endsystemen
(ausser) und
Zwischensystemen
(innen)



Network Service, CLNS) oder einen einheitlich *verbindungsorientierten* Dienst (Connection Oriented Network Service, CONS) zur Verfügung. Übergänge (Interworking Units) Interworking Unit; für CLNS und CONS sind nicht vorgesehen. Ebenso ist die Verwendung der OSI-Transportprotokolle zwischen Systemen, die unterschiedliche Netzwerkdienste (CONS oder CLNS) verwenden, nicht vorgesehen.

Die Entscheidung für entweder CONS oder CLNS entspricht der Konzeption des OSI-Modells, welches grundsätzlich zwischen Endsystemen (i.End System) und Zwischensystemen (Intermediate System) unterscheidet. Zwischensysteme unterscheiden sich von Endsystemen dadurch, dass sie nur die Funktionen der unteren drei Schichten des OSI-Modells wahrnehmen, während Endsysteme alle sieben Schichten des OSI-Modells umfassen. Es wird also folgerichtig davon ausgegangen, dass aufgrund der Beschränkung eines Zwischensystems auf die Schichten 1 bis 3 die Netzwerkschicht bereits einen - verbindungslosen oder verbindungsorientierten - einheitlichen Dienst erbringt.

Die Entscheidung für einen verbindungslosen oder verbindungsorientierten Netzwerkdienst in einer gegebenen Umgebung ist strategisch und hat grosse Bedeutung für das Netzwerkmanagement, da es nicht einfach ist, ein bestehendes Netz und die verwendeten verteilten Anwendungen auf den jeweils anderen Kommunikationsmodus umzustellen.

Entsprechend zu diesen verschiedenen Netzwerkdiensten können grundsätzlich zwei Strategien verwendet werden, um Pakete durch das Netzwerk zu transportieren. Bei der Datentechnik wird jedes Paket unabhängig von anderen Paketen auf dem gerade günstigsten Weg durch das Netz transportiert (verbindungslos, connectionless). Bei dieser Übertragungstechnik sind weder eine sichere Übertragung noch eine bestimmte Reihenfolge der Pakete garantiert. Die entsprechende Wegewahl erfolgt in jedem beteiligten Rechner auf dem Weg vom Start- zum Zielsystem. Infolgedessen muss jedes Datenpaket die gewünschte Zieladresse enthalten. Im Gegensatz dazu wird bei der 'Virtual Circuit'-Technik zwischen Start- und Zielsystem eine Verbindung erstellt, über die alle Pakete einer Verbindung geleitet werden (verbindungsorientiert, connection oriented). Hierbei ist eine sichere Übertragung und Fluss-

steuerung pro virtueller Verbindung gewährleistet.

Link Layer (L, Schicht 2)

Die Sicherungsschicht dient der Übertragung von Datenblöcken über die Kanäle zwischen den Zwischensystemen und auf den Teilnehmerleitungen. Neben dem Aufbau dieser Blöcke sowie der Fehlererkennung und -korrektur können zur Sicherungsschicht auch folgende Funktionen gehören:

- Zugriffsregelung für das Übertragungsmedium, wenn dieses von mehr als einem Benutzer verwendet wird. Dazu gehören z.B. die Verfahren zur Vermeidung von 'call collision' auf den Teilnehmeranschlüssen in verbindungsorientierten Kommunikationssystemen oder die Koordinierung des gleichzeitigen Zugriffs mehrerer Stationen auf das gemeinsame Übertragungsmedium in lokalen Netzen.
- Datenflusssteuerung, da der Pufferspeicherplatz realer Systeme oft beschränkt ist.

Physical Layer (Ph, Schicht 1)

Die Bitübertragungsschicht definiert ein Verfahren für die Übertragung von digitalen Daten auf einem beliebigen Übertragungsmedium (z.B. einem Kabel oder Glasfaser). Der Dienst der Schicht 1 stellt also einen Pfad für die Übertragung eines Bitstroms zur Verfügung; zu diesem Dienst gehört aber normalerweise nicht nur die Übertragung einzelner Bits, sondern auch das Zurverfügungstellen von Synchronisationssignalen.

Zur Veranschaulichung der Funktionsweise dieses Modells kann die hierarchische Aufteilung von Aufgaben bei der Übermittlung eines Vertragstextes zwischen einem deutschen und einem japanischen Manager in einer multinationalen Firma dienen (Bild 10). Wie sehen die entsprechenden Dienste und Protokolle in diesem Fall aus?

In unserem Beispiel sendet der deutsche Manager einen zur Unterschrift bereiten Vertragstext an seinen japanischen Kollegen. Beide Manager erwarten von der unterliegenden abstrakten Maschine einen zur Unterschrift bereiten, bereinigten Vertrag. Da sich das deutsche Vertragsrecht vom japanischen Vertragsrecht unterscheidet, muss die Anwendungsschicht Dienste zur Verfügung stellen, welche zunächst die rechtliche Vorprüfung des vorliegenden Vertrages sowie allfällige Anpassungen vornimmt. Da weder der deutsche Manager japanisch spricht noch sein japanischer Kollege des Deutschen mächtig ist, muss durch Dienste der Darstellungsschicht eine entsprechende Abbildung - in unserem Fall in die englische Sprache als Übermittlungsdarstellung - an beiden Endpunkten der Kommunikation vorgenommen werden. Über Dienste der

Kommunikationssteuerungsschicht sind beide Manager in der Lage, ihren Dialog gewissen Regeln zu unterwerfen, beispielsweise ist es sinnvoll, dass die Sekretärinnen beider Partner den Erhalt des Dokumentes bestätigen. Zudem kann es sinnvoll sein, den Zeitpunkt (bzw. die Tatsache) der Unter-

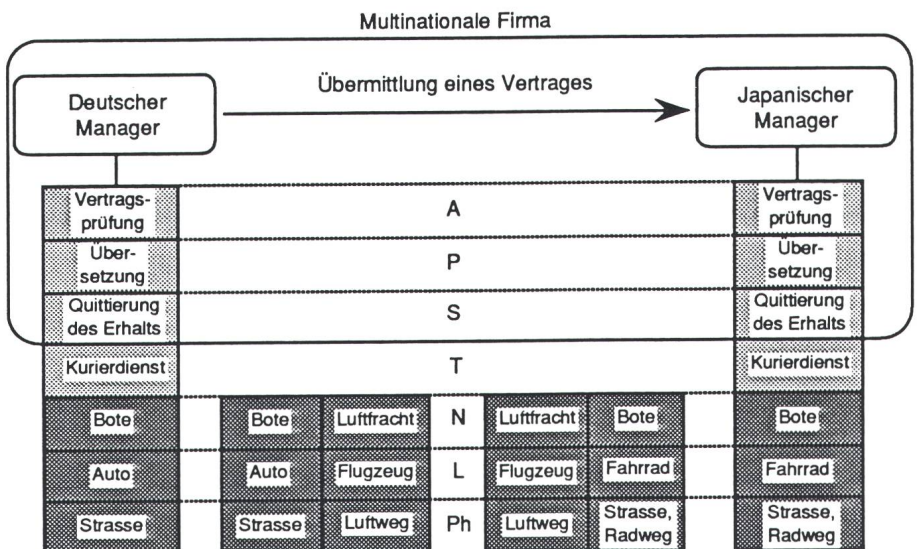


Bild 10 Beispiel für ein hierarchisches Transportmodell

zeichnung des Vertrages dem jeweiligen Partner mitzuteilen. Auf dieser Schicht endet der Wirkungsbereich der multinationalen Firma.

Auf den tieferliegenden Schichten geht es nun um den zuverlässigen Transport des Vertragsdokumentes zwischen dem Firmensitz in Deutschland und der entsprechenden Niederlassung in Japan. Hierzu beauftragt die deutsche Firmenniederlassung einen weltweiten Kurierdienst, der das Dokument entgegennimmt, über geeignete Transportmedien nach Japan transportiert und es dem dortigen Firmensitz zustellt. Hierbei ist es den beteiligten Managern gleichgültig, wie das Dokument transportiert wird (z.B. ob es über eine Verkettung verschiedenster Transportdienste weitergeleitet wird). Der Auftraggeber kann aber durchaus Dienstgüteparameter angeben, beispielsweise dass das Dokument innert 24 Stunden seinen Bestimmungsort erreichen muss.

Der beauftragte Kurierdienst holt nun durch einen Boten das Dokument von der deutschen Firmenniederlassung mittels eines Autos ab. Der Bote transportiert zunächst das Dokument zu einer ersten Zwischenstation, einem Flughafen, da die Anforderungen an die Dienstgüte die Auslieferung innert 24 Stunden verlangt und somit nur Lufttransport in Frage kommt. Um den günstigsten Weg zwischen dem Firmensitz und dem Flughafen zu ermitteln, verwendet der Bote eine Strassenkarte. Am Flughafen wird das Dokument aus dem Auto in ein Flugzeug umgepackt, welches nach Japan fliegt. Es wird also eine Umsetzung zwischen zwei Netzwerkdiensten vorgenommen, wobei auf eine möglichst reibungslose Umsetzung mit minimierter Wartezeit und einen optimal auf das zu übermittelnde Transportgut zugeschnittenen Umladevorgang geachtet wird. Das Dokument verlässt nun als Luftfracht Europa und erreicht innert einiger Stunden den japanischen Ziel-Flughafen. Dort wird wiederum ein Bote des Kurierdienstes beauftragt, das Dokument dem japanischen Firmensitz, der sich in der selben Stadt wie der Flughafen befindet, zuzustellen. Es wird also wiederum eine Umsetzung auf einen anderen Netzwerkdienst vorgenommen, diesmal wird aufgrund lokaler Erfahrungen mit Verkehrsstaus ein Fahrrad verwendet. Wie sein deutscher Kollege benutzt der japanische Kurier hauptsächlich das öffentliche Strassennetz, obwohl er ein anderes Fahrzeug verwendet. Er orien-

tiert sich jedoch anhand einer speziellen Strassenkarte, auf der Radwege besonders gekennzeichnet sind und benutzt die für ihn sichereren Radwege, wo immer dies möglich ist. Schliesslich erreicht das Dokument seinen Bestimmungsort, d.h. die Zielfirma, wo es anhand der gegebenen Firmenhierarchie wieder nach oben klettert, bis es schliesslich den japanischen Manager erreicht.

Das vorliegende Beispiel weist alle zuvor skizzierten Eigenschaften der OSI-konformen Kommunikation auf. Der Gesamtdienst setzt sich aus einer Vielzahl von hierarchisch strukturierten Einzeldiensten zusammen. Ein (Teil-) Dienst wird immer zwischen gleichrangigen Partnern erbracht (der Bote läuft z.B. nicht einfach in das Zimmer des Managers, um das Dokument abzugeben) und es besteht eine Pluralität teilweise konkurrenzierender Teildienste. Ein komplexes Regelwerk sowohl auf Seite des Kurierdienstes (Fahr- und Flugpläne, Zwischenlager, Zielidentifikationen usw.) sowie auf Seite der beiden Firmenniederlassungen (Ein- und Ausgangsstempel, Übersetzung usw.) ermöglichen den geordneten und sicheren Austausch des Vertragsdokumentes. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Übermittlung und Prüfung als solches lediglich ein Mittel zum Zweck in einem übergeordneten, weitaus komplexeren Modell – dem internationalen Warenverkehr oder Dienstleistungsangebot in einem multinationalen Konzern – dient und keinesfalls zum Selbstzweck ausarten darf.

Die Bedeutung des OSI-Referenzmodells

Es ist offenkundig, dass das OSI-Modell sehr komplex ist, und dass Realisierungen dieses Modells, also OSI-konforme Protokollstacks der verschiedenen Softwarehersteller, komplexe Softwareprodukte sind. Zudem ist nicht sofort sichtbar, dass die Realisierung dieses komplexen Systems langfristig Vorteile gegenüber der Weiterverwendung der herstellerspezifischen und meist weit verbreiteten Protokolle und Netzwerkarchitekturen bietet. Da zudem die Normierung, besonders der oberen Schichten des OSI-Modells, erst in jüngster Zeit stabil geworden ist, ist es nicht verwunderlich, dass erst einige wenige Hersteller OSI-konforme Produkte unter Verwendung des gesamten oder doch zumindest eines grossen Teils des

OSI-Protokollstacks anbieten. Hier ist insbesondere der Trend sichtbar, beide Protokollwelten, also die herstellerspezifische und die OSI-konforme, gemeinsam anzubieten und Übergänge zwischen den entsprechenden Diensten und Protokollen zu realisieren. Dies ist insbesondere auf der Transport- und Netzwerkschicht (z.B. TCP/IP versus TP 4/ISO IP) sowie auf der Anwendungsschicht (z.B. FTP versus FTAM oder SMTP-Mail versus X.400) der Fall.

Bei der Implementierung von OSI-Protokollen stellt sich insbesondere das Problem der sehr komplexen Konformitätsüberprüfung, insbesondere weil die meisten Dienste im OSI-Modell optionale Teile aufweisen, die – bei wechselseitigem Ausschluss – zu OSI-konformen, aber nicht miteinander verbindbaren Implementationen führen können. Hier ist die Industrie jedoch über verschiedene Normenvereinbarungen bemüht, Profile und Implementierungshilfen zu vereinbaren, die diese Probleme zu lösen helfen werden (z.B. Ewos – European Workshop on Open Systems, Ewics – European Workshop on Industrial Computer Systems, SPAG – Standards Promotion and Application Group, Ecma – European Computer Manufacturers Association). OSI-Protokolle und Dienste werden also in Zukunft an Bedeutung zunehmen und in zunehmendem Masse auch die herstellerspezifischen Dienste durch funktional reichere Dienste ersetzen, die zudem den Vorteil der stark erhöhten Konnektivität untereinander aufweisen.

Die OSI-Netzwerkarchitektur im Vergleich zu Bussystemen

Was bedeutet nun die Einführung des OSI-Modells für diejenigen Dienste, die in lose gekoppelten Systemen ähnliche Dienste erbringen, wie Bussysteme in eng gekoppelten Systemen? Betrachten wir wiederum unser Beispiel des Disk-Zugriffs. Die Frage ist hier, ob im Rahmen des OSI-Modells Dienste und Protokolle zur Verfügung stehen, die den entfernten Disk-Zugriff anbieten.

Betrachten wir hierzu anhand von Bild 11 die Dienstelemente der neu strukturierten Anwendungsschicht. Die normierten Dienstelemente dieser Schicht lassen sich in zwei Gruppen einteilen, die allgemein verwendbaren Dienstelemente (Common Applica-

tion Service Elements, CASE) und die spezifischen Dienstelemente (Specific Application Service Elements, SASE). Die *allgemeinen Dienstelemente* stellen Dienste zum Auf- und Abbau von Verbindungen (ACSE, Association Control Service Elements), zum entfernten Ausführen von Operationen (ROSE, Remote Operation Service Elements), zur gesicherten Übertragung von Datenströmen (RTSE, Reliable Transfer Service Elements, RTSE) sowie zur Ausführung von verteilten Transaktionen (CCRSE, Commitment, Concurrency and Recovery Service Elements) allen spezifischen Dienstelementen zur Verfügung. Die *spezifischen Dienstelemente* umfassen normierte Dienste wie Verzeichnisdienste (DS, Directory Service), elektronische Meldungsübermittlung (MHS, Message Handling Service), virtuelle Terminalverbindungen (VT, Virtual Terminal) und Filezugriff (FTAM, File Transfer, Access and Management)⁵.

Tatsächlich ist also in der Schicht 7 mit FTAM (File Transfer, Access and Management) ein entsprechendes Dienstelement vorhanden, welches den Zugriff auf Files nicht nur zum Zweck des Filetransfers, sondern auch zur Verwaltung von Files und Filesystemen, erlaubt. Steht dieser Dienst auf einem Rechner an einem OSI-Netzwerk zur Verfügung, kann der Zugriff auf entfernte Files wie auf lokal vorhandene Files analog zu vorhandenen herstellereigenen Systemen (also FTAM über ROSE anstelle von NFS über Remote Procedure Call) realisiert werden.

Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede lassen sich abschliessend zwischen der OSI-Netzwerkarchitektur und Bussystemen festhalten? Zunächst fällt auf, dass beide Architekturen die Möglichkeit zur Auslagerung von Modulen sowie zur leichten Erweiterbarkeit und Konfigurierbarkeit aufweisen. Netzwerkarchitekturen weisen in der Regel eine komplexere Struktur auf als Bussysteme, so dass Bussysteme oft leichter zu testen und zu validieren sind, als Netzwerkarchitekturen. Hingegen sind OSI-Netzwerke über eine Vielzahl von verschiedenen physikalischen Systemen hinweg verwendbar, während Bussysteme lo-

kal an ihre Hardware-Umgebung gebunden sind. Zudem sind OSI-Netzwerke in der Lage, über Gateways andere Protokollarchitekturen zu integrieren, wobei jedoch Leistungsverluste und auch möglicherweise Funktionalitätsverluste nicht ausgeschlossen werden können.

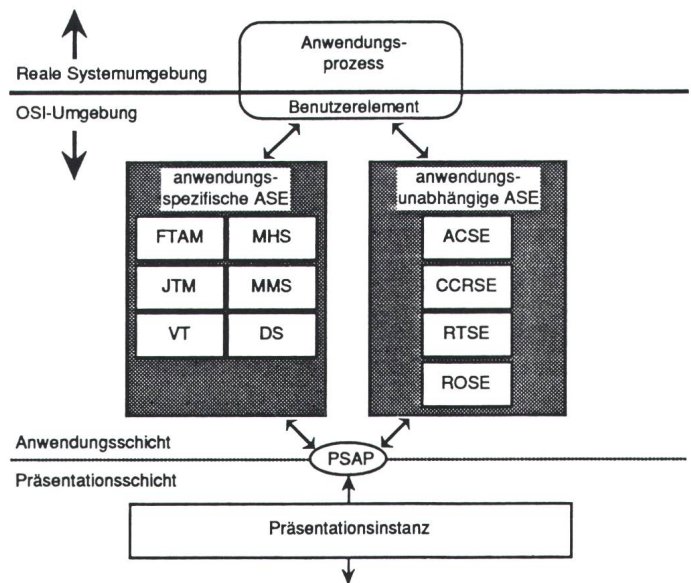
Das Kommunikationsmodell beider Systeme weist einige Ähnlichkeiten auf. In einem Bussystem basiert die Kommunikation zwischen den Kom-

ponenten, sind jedoch komplexer als Bussysteme.

Ausblick

Die Weiterentwicklung sowohl von Bussen als auch von Netzwerken wird mit Sicherheit weitergehen und die Verwischung der Unterschiede – also die Tendenz zu hybriden Systemen – wird immer weiter fortschreiten. Dies ist mit Sicherheit von Vorteil für den

Bild 11
Dienstelemente der Anwendungsschicht [2]



ponenten auf Buszyklen verschiedenen Typs wie z.B. Read, Write, Test and Set. Diese Zyklen verschiedenen Typs haben in Netzwerkarchitekturen ihr Gegenstück in den PDU verschiedenen Typs, die über ein Netzwerk transportiert werden. Da Buszyklen normalerweise unabhängig voneinander sind, entspricht ein Bussystem in der OSI-Terminologie einem verbindungslosen Kommunikationsdienst. Als wichtiger Unterschied muss aber festgehalten werden, dass das OSI-Modell insbesondere in der Transportschicht das Multiplexieren des unterliegenden Dienstes erlaubt, dass also eine 1:n- oder n:m-Beziehung zwischen kommunizierenden Entitäten vorliegen kann, während ein Bussystem den unterliegende Übertragungsdienst exklusiv verwendet, also eine 1:1-Beziehung vorliegt. Netzwerkarchitekturen bilden also insgesamt eine weitaus flexiblere Lösung für den Anschluss von spezialisierten Subsystemen,

Weniger flexibel, bildet jedoch eine potentielle Falle für den Entwickler, die nur durch entsprechende Normierungsanstrengungen entschärft werden kann. Tagungen wie die Frühjahrstagung der ITG, anlässlich der die hier vorgestellten Ideen vorgetragen wurden, können ebenfalls dazu beitragen, Vertreter der beiden Welten – Bussysteme und Netzwerkarchitekturen – zusammenzubringen und das Verständnis für die jeweiligen neuen Entwicklungen zu vertiefen.

Literatur

- [1] Information processing systems. Open Systems Interconnection – Basic Reference Model. ISO-Standard 7498: 1984.
- [2] B. Blatter u.a.: Elektronische Post und Datenkommunikation: X.400. Die Normen und ihre Anwendung. Bonn u.a., Addison Wesley, 1989.
- [3] E. Giese u.a.: Dienste und Protokolle in Kommunikationssystemen. Die Dienst- und Protokollschnitte der ISO-Architektur. Berlin u.a., Springer-Verlag, 1985.

⁵ Eine genauere Beschreibung der einzelnen Dienstelemente und eine Zuordnung zu den jeweiligen ISO-Standards bzw. CCITT-Empfehlungen kann [2] entnommen werden.