Rechnernetze

LAN und Internet in der Gebäude- und Automatisierungstechnik

H. Möbus, Groß Düben

Fortschritte in der Gebäude- und Automatisierungstechnik werden derzeit vor allem durch die Informations- und Kommunikationstechnik geprägt. Kennzeichnend dafür ist die Nutzung von Modellvorstellungen, Konzepten und Produkten aus diesen Bereichen. Dabei sind die bewährten Lösungen zur Vernetzung von Rechnern im Bürobereich von besonderer Bedeutung.

1 OSI-Modell und TCP/IP

Die Entwicklung von Rechnernetzen begann zunächst auf der Basis diverser herstellerspezifischer Konzepte. Typisch für diese ersten Schritte war das Bemühen, komplette und geschlossene Lösungen aus einer Hand anzubieten – bestehend aus Hard- und Software. Doch der entscheidende Nachteil dieser Systeme war ihre weitestgehende Inkompatibilität untereinander. Um die daraus resultierenden Schwierigkeiten bei der weiteren Entwicklung von Rechnernetzen zu umgehen, wurden von der internationalen Standardisierungsorganisation Aktivitäten zur Schaffung von Standards für die Rechnerkommunikation unternommen. Das Ergebnis dieser Bemühungen wird allgemein als OSI-Modell (Open System Interconnection) bezeichnet und ist in Deutschland in die DIN ISO 7 498 eingegangen.

1.1 OSI-Modellstruktur

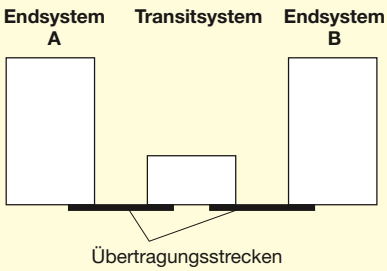
Das OSI-Modell zerlegt ein Kommunikationssystem zunächst formal in die Endsysteme A und B sowie in Transitsysteme und die verbindenden Übertragungsstrecken (Bild ❶). Um die Teilsysteme (End- und Transitsysteme) besser beschreiben zu können, werden sie weiter zerlegt. Dabei bedient man sich eines Schichtenmodells (Bild ❷). Im OSI-Modell ist konkret festgelegt, welche Aufgaben die einzelnen Schichten zu erfüllen haben (Tafel ❶). In die Modellvorstellung sind die zum Zeitpunkt der Entstehung vorliegenden Erkenntnisse und Erfahrungen eingeflossen. Gleichzeitig stellt dieses Modell auch den Versuch dar, nicht nur offen im Sinne von herstellerneutral, sondern auch offen für künftige Entwicklungen zu sein. Doch für eine praktische Umsetzung war die dadurch bedingte Komplexität zuweilen auch hinderlich.

Die aktuelle Bedeutung des OSI-Modells besteht vor allem in der Vereinbarung von Begriffen, Modellstrukturen und Darstellungshilfsmitteln. Zudem hat es in der Ausbildung weite Verbreitung gefunden. Andere Lösungen werden in der Regel mit Bezug auf diese Modellvorstellung erklärt. Daher ist es auch üblich, vom OSI-Referenzmodell zu sprechen.

1.2 TCP/IP-Protokollstapel

Trotz der unübersehbaren Bedeutung für die Entwicklung offener Kommunikationssysteme hat das OSI-Modell nur mittelbar praktische

Autor
Dr. Ing. *Horst Möbus,* Groß Düben, ist freiberuflich als IT-Berater, Fachautor und Honorardozent tätig.



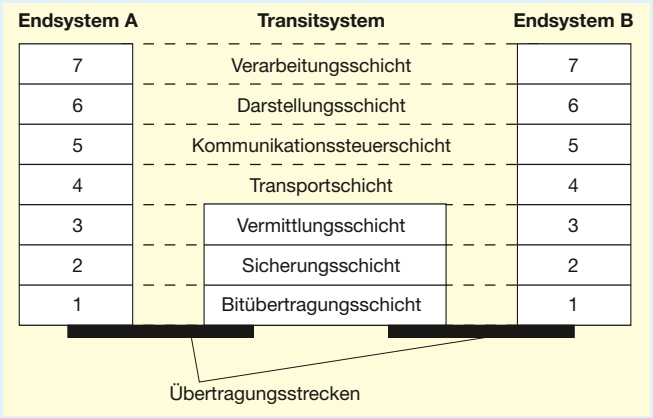
❶ **Grundstruktur eines Kommunikationssystems**

Tafel ❶ Aufgaben der Schichten im OSI-Modell

Schicht	Funktion
7	Bereitstellung einer Schnittstelle für Anwendungen
6	Datendarstellung unabhängig von Hersteller und Betriebssystem
5	Eröffnung, Durchführung und Beendigung von Sitzungen
4	Bereitstellung von Teilnehmerverbindungen
3	Austausch von Datenpaketen über Transitsysteme (Routing)
2	Sicherung der Übertragung gegen Fehler
1	Ungesicherte Übertragung von Bitströmen gemäß Reihenfolge

Tafel ❷ Adressierung und Schichtenmodell

Schicht	Adressierung von
4	Prozessen (bei TCP/IP mittels Port-Nr.)
3	Endsystemen mittels logischer Adressen
2	benachbarten Systemen durch Hardwareadressen gemäß Reihenfolge



❷ Schichten des OSI-Modells

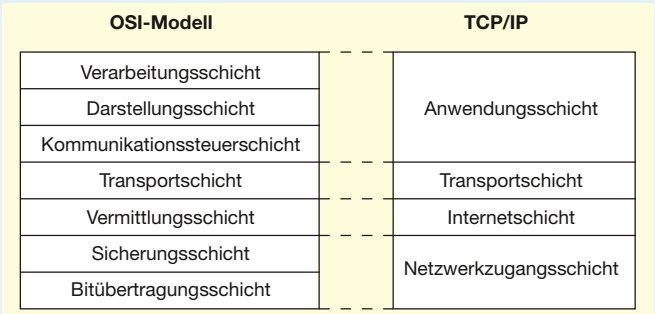
Umsetzung erfahren. In der Praxis hat sich eine Modellvorstellung durchgesetzt, die zwar bezüglich der grundlegenden Struktur an das OSI-Modell angelehnt ist, aber Endsysteme statt in 7 lediglich in 4 Schichten zerlegt (Bild ❸). Diese Modellvorstellung wird als TCP/IP-Protokollstapel oder kurz als TCP/IP bezeichnet. Die für Transport- und Internetschicht getroffenen Festlegungen zum Format von Dateneinheiten sowie deren Übermittlungsprozeduren werden hier als Namensgeber genutzt. Während es beim OSI-Modell durchaus üblich ist, die Ziffern 1 bis 7 zur Benennung der Schichten zu verwenden, wird bei TCP/IP nur mit den Bezeichnungen gearbeitet. Um Missverständnisse zu vermeiden, sollte deshalb hinzugefügt werden, worauf Bezug genommen wird.

Der TCP/IP-Protokollstapel ist über verschiedene Etappen im Zuge der Entwicklung des Internets entstanden und erfährt permanente Weiterentwicklung. Er hat unter anderem auch deshalb eine so weite Verbreitung erreicht, weil sich US-Regierungsbehörden in ihren Ausschreibungen darauf bezogen haben. Im Unterschied zum OSI-Modell werden die „Normen" für diesen Protokollstapel nicht durch dazu berufene Gremien erarbeitet und auf der Basis eines Übereinstimmungsentscheides in Kraft gesetzt. Stattdessen werden die Festlegungen zu TCP/IP über so genannte RFC (Request for Comment) erarbeitet, an denen sich praktisch jeder durch eigene Vorschläge beteiligen kann. Standardstatus erlangen die Vorschläge dann über ein Auswahlverfahren. Alle RFC stehen in englischer Sprache unter www.rfc.org zur Verfügung.

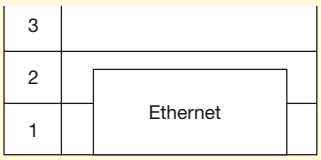
1.3 Adressierung

Die im OSI-Referenzmodell vorgeschlagene und auch bei TCP/IP praktizierte Hierarchie bei der Adressierung von Endsystemen und Prozessen aus Tafel ❷ ist in der Gebäude- und Automatisierungstechnik wiederzufinden – wenn auch zum Teil modifiziert. Die auf der OSI-Schicht 2 verwendete Hardwareadresse ist weltweit eindeutig und wird durch den Hersteller der Netzwerkkarte vergeben. Eine logische Adresse aus OSI-Schicht 3 wird beim Einrichten eines Systems durch den Anwender vergeben. In ähnlicher Weise wird z. B. beim Gebäudebussystem LCN vorgegangen. Hier wird den Busmodulen eine Seriennummer durch den Hersteller vergeben. Die logische Adressierung erfolgt dann durch Zuordnung des Busmoduls zu einem Segment (vergleichbar mit Net-ID bei TCP/IP) und der Vergabe einer Modul-ID (vergleichbar mit Host-ID bei TCP/IP) während der Modulprogrammierung.

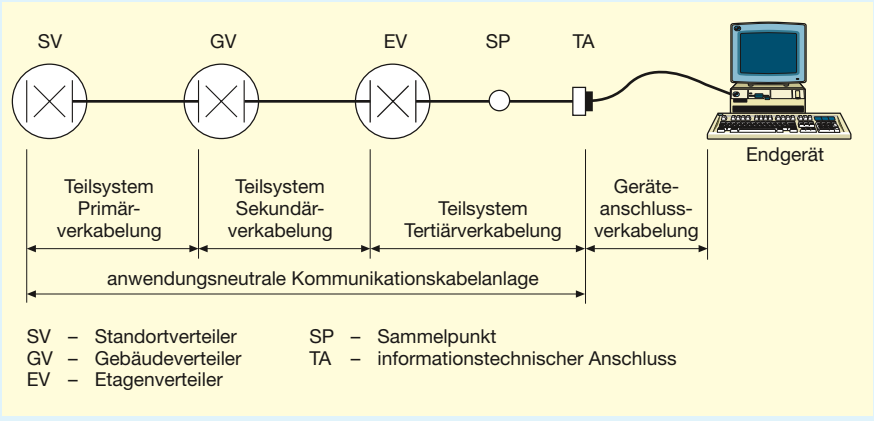
In Rechnernetzen hat die IP-Adressierung des TCP/IP-Protokollstapels die mit Abstand weiteste Verbreitung gefunden. Auch wenn in der Gebäude- und Automatisierungstechnik derzeit auch noch andere logische Adressie-



❸ **OSI-Modell und TCP/IP-Protokollstapel**



❹ **Ethernet im Schichtenmodell**



❺ **Struktur einer anwendungsneutralen Verkabelung (nach DIN EN 50173)**

rungsschemen Verwendung finden, sind jedoch Kenntnisse der IP-Adressierung beim Gestalten von Systemübergängen unverzichtbar.

1.4 Koppelelemente

Eine Bezugnahme auf das OSI-Schichtenmodell ist auch dann hilfreich, wenn es darum geht, die Funktion von Koppelelementen zu beschreiben.

Hub. Dieses Koppelelement arbeitet auf der Schicht 1. Die ankommende Signale werden bitweise empfangen, regeneriert und an alle Ports weitergeleitet. Hubs werden daher auch als Sternverteiler bezeichnet.

Switch. Hier werden die ankommenden Datenpakete empfangen, regeneriert und die Hardwareadresse ausgewertet. Anschließend wird das Datenpaket an den jeweiligen Port weitergeleitet, an dem das adressierte System angeschlossen ist. Es wird also eine Verbindung zwischen dem Port hergestellt, auf dem das Datenpaket ankommt und jenem auf den es weitergeleitet wird. Aus diesem Grund wird auch von durchschalten gesprochen. Es können gleichzeitig mehrere Verbindungen durchgeschaltet werden. Ein Switch übernimmt also die Funktionen der Schichten 1 und 2 des OSI-Modells, weswegen er auch als Schicht 2-Gerät bezeichnet wird.

Router. Bei Routern ist der Funktionsumfang noch größer. Diese Geräte werten zunächst die logischen Adressen der Schicht 3 und treffen darauf basierend eine Entscheidung über die Weiterleitung des Datenpakets. Router werden daher als Schicht 3-Geräte bezeichnet. Mit dieser Zuordnung der Koppelelemente zu den OSI-Schichten wird deutlich, welche Geräte nur angesteckt werden brauchen und welche noch eine Einstellung benötigen.

2 Ethernet – nicht nur im Büro

Lokale Rechnernetze im Bürobereich werden überwiegend als Ethernet-Netzwerke ausgeführt. Die hohen Stückzahlen, in denen die hierfür benötigten Komponenten inzwischen gefertigt werden, haben ein günstiges Preis-Leistungsverhältnis zur Folge. Dieser Umstand sowie die umfangreichen praktischen Erfahrungen mit diesen Netzen und der Wunsch nach durchgängigen Vernetzungslösungen (Interoperabilität) haben in den letzten Jahren schließlich zum vermehrten Einsatz von Ethernet in der Gebäude- und Automatisierungstechnik geführt.

2.1 Ethernet im Schichtenmodell

Ethernet ist für verschiedene Übertragungsraten und Übertragungsmedien innerhalb des Standardkomplexes IEEE 802.x standardisiert worden. Die darin getroffenen Festlegungen beziehen sich auf die OSI-Schichten 1 und 2 (Bild ❹).

Diese Standards beinhalten beispielsweise Festlegungen zur Verbindungstechnik und zur Leitungscodierung, zum Zugriff auf das Übertragungsmedium sowie zum Aufbau der Datenpakete auf der OSI-Schicht 2 und vielem mehr. Jedoch liefern die Standards keine Aussage darüber, wie auf den höheren Schichten zu verfahren ist.

2.2 Industrial Ethernet

Im Bereich der Gebäudetechnik vollzieht sich der Einsatz von Ethernet eher unauffällig. Anders dagegen in der Automatisierungstechnik. Hier ist mit Industrial Ethernet sogar ein eigener Begriff geprägt worden. Dafür gibt es im Wesentlichen zwei Ursachen:

1. Ethernet verwendet mit CSMA/CD ein stochastisches Zugriffsverfahren. Das hat zur Folge, dass selbst bei hohen Übertragungsraten keine zuverlässige Voraussage zum Zeitverhalten des Gesamtsystems möglich ist. In der Automatisierungstechnik wird aber konkret vorhersagbares Zeitverhalten (Echtzeit) verlangt.
2. Die Umgebungsbedingungen für den Einsatz der Betriebsmittel sind in Automatisierungsanlagen grundsätzlich andere als im Bürobereich. Es müssen Erschütterungen, Staub, Wasser sowie aggressive Dämpfe und Flüssigkeiten berücksichtigt werden.

Die erforderlichen Betriebsmittel (z. B. Kabel, Anschlussdosen, Verteilerschränke) zur Realisierung von Ethernet-Vernetzungen unter zum Teil rauhen industriellen Umgebungsbe-

dingungen bieten inzwischen mehrere Herstellern an.
Zur Lösung des Problems der Echtzeitfähigkeit werden momentan verschiedene Wege beschritten. Einerseits versucht man dieses Problem durch den Einsatz von Switches zu lösen und andererseits gibt es verschiedene Lösungsansätze, die das stochastische Zugriffsverfahren durch ein deterministisches Verfahren ersetzen.

3 Verkabelung

Die ersten Rechnernetze waren mit produktspezifischen Verkabelungssystemen ausgerüstet. Bei Ethernet wurden zunächst verschiedene Koaxialkabel verwendet. Doch trotz der offensichtlichen technischen Vorteile haben sich Verkabelungssysteme auf der Basis von Koaxialkabeln nicht durchgesetzt. Ursache dafür ist vor allem die bevorzugte Verwendung verdrillter Zweidrahtleitungen auf dem US-amerikanischen Markt.
Der entscheidende Nachteil der ersten Verkabelungssysteme für Rechnernetze bestand aber auch in der Tatsache, dass sie als anwendungsspezifische Verkabelung ausgeführt wurden. Um die daraus resultierenden Probleme zu umgehen und den Planern und Errichtern eines (Büro-) Gebäudes eindeutige Richtlinien zur Verfügung zu stellen, wurden Normen (DIN EN 50 173) für anwendungsneutrale Verkabelungssysteme erarbeitet. Zwar bezieht sich die DIN EN 50 173-1 hauptsächlich auf Bürogebäude, aber dennoch sind viele der darin getroffenen Festlegungen auch darüber hinaus anwendbar.

3.1 Strukturierte Verkabelung

Normgerechte anwendungsneutrale Verkabelungssysteme sind auf eine Lebensdauer von mehr als 10 Jahren ausgelegt. Um das System besser handhaben zu können, erfolgt die Zerlegung in Teilsysteme (Bild ❺). Das Teilsystem Tertiärverkabelung beginnt im Etagenverteiler und endet in der Anschlussdose am Arbeitsplatz. Welches Endgerät letztlich angeschlossen werden kann, wird nicht durch das verlegte Kabel, sondern lediglich durch die Dose und Rangierung/Durchverbindung im Etagenverteiler bestimmt. Ein Tertiärkabel kann also wahlweise zur Übertragung von Sprache (Telefon) oder Daten (Rechnernetz) eingesetzt werden. Über das Teilsystem Sekundärverkabelung wird der Gebäudeverteiler mit dem Etagenverteiler verbunden. Die Verbindung der Gebäude untereinander erfolgt über die Primärverkabelung. Im Verkabelungssystem vorgesehene Verteiler dienen zum Rangieren der Leitungen und zur Aufnahme der anwendungsspezifischen Geräte. Diese Struktur mit Standort-, Gebäude- und Etagenverteilern entspricht der aus der Gebäudetechnik bekannten Vorgehensweise bei der Planung von Niederspannungsstrahlennetzen.

3.2 Passive und aktive Komponenten

Wie eng das OSI-Modell und die Norm zur anwendungsneutralen Verkabelung miteinander verknüpft sind, zeigt sich bei der Unterscheidung von passiven und aktiven Komponenten. Alle Geräte, deren Funktionen sich zu den Schichten 1-7 des OSI-Modells zuordnen lassen, sind aktive Komponenten und werden in der Norm als anwendungsspezifische Geräte bezeichnet. Alles andere, wie zum Beispiel Anschlussdosen, Kabel und Patchfelder, sind passive Komponenten. Ihre Funktion lässt sich gedanklich unterhalb der OSI-Schicht 1 anordnen.

3.3 Multimediaverkabelung

Während im Bürobereich Sprach- und Datenübertragung im Vordergrund steht, kommt im Wohnbereich noch der TV-Empfang hinzu. Hier stehen verbindliche Standards noch aus, aber es gibt verschiedene Anbieter, die Komplettlösungen für Vernetzungen im Heimbereich liefern. Diese Lösungen bestehen aus Verteilern, Kabeln, Dosen und Zubehör.

4 Multimedia und Gebäudetechnik

Eine weitere Entwicklungsrichtung lässt sich gegenwärtig in der Verschmelzung von PC-Technik und Gebäudeautomation ausmachen. Bei nahezu allen Bussystemen werden schon seit Jahren handelsübliche Windows-PC zur Programmierung, Visualisierung und Realisierung zentraler Steuerungsfunktionen usw. eingesetzt. Gegenwärtig gibt es darüber hinaus Bestrebungen, den PC nicht nur als Multifunktionsgerät für perfektes Entertainment, sondern gleichzeitig für die Anzeige und Bedienung von Gebäudeautomationssystemen zu nutzen. Für alle weit verbreiteten Gebäudebussysteme sind derartige Lösungen bereits verfügbar.

5 Schlussbemerkungen

Die moderne Gebäude- und Automatisierungstechnik basiert im Wesentlichen auf den ursprünglich für Rechnernetze entwickelten Modellvorstellungen, Problemlösungen, Konzepten und Produkten. Die hier aufgezeigten Aspekte stellen diesbezüglich nur eine Auswahl dar. Darüber hinaus wurden wichtige Gesichtspunkte wie beispielsweise die Übertragung von Daten mittels Datenpaketen (bei den Bussystemen Telegramme genannt), die Arbeitsteilung zwischen Systemen auf Basis des Client-Server-Prinzips oder die Nutzung der Web-Technologie nicht besprochen. Alles in allem liegt die Schlussfolgerung auf der Hand, dass umfassende Computer- und Netzwerkkenntnisse für die in der Gebäude- und Automatisierungstechnik tätigen Fachleute heute absolut unverzichtbar sind. ■