HANSER

Leseprobe

zu

„Rechnernetze“

von Wolfgang Riggert und Ralf Lübben

Print-ISBN: 978-3-446-46309-7
E-Book-ISBN: 978-3-446-46369-1
Epub-ISBN: 978-3-446-46673-9

Weitere Informationen und Bestellungen unter
http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-46309-7
sowie im Buchhandel

Vorwort zur 6. Auflage

Trends wie die zunehmende Globalisierung, der digitale Wandel oder die Nachhaltigkeit in allen Bereichen der Wirtschaftstätigkeit betreffen auch immer die Netzwerke als Basisinfrastruktur. So zeigt die Globalisierung, dass die Verbindungen zwischen Systemen, Menschen, Geschäftsprozessen und Orten nicht nur verteilter, sondern auch zunehmend komplexer werden und dadurch die Bedeutung der Netzwerke steigen, sowie ihre Architektur und Sicherheit herausfordern. Die Digitalisierung setzt Netzwerke voraus, die flexibel auf neue Herausforderungen reagieren und sich innovativen Dienstleistungen und Prozessen anpassen. Begleitet wird die steigende Automatisierung durch zeitsensitive und ausführungskritische Aspekte, die eine zuverlässige und zeitgerechte Zustellung der übertragenen Daten sicherstellen müssen. Aus diesen Erkenntnissen resultiert die Einschätzung, dass bis 2023 mehr als 60 % der Unternehmen Netzwerke als den Kern ihrer digitalen Strategie einschätzen [PiSK19]. Die technologischen Trends, die diese Entwicklung unterstützen, konzentrieren sich auf fünf Bereiche:

- **IoT (Internet of Things):** Anwendungen nutzen zunehmend die Daten von Sensoren, die als Microservices nahe an den erfassenden Devices entstehen. Damit ergeben sich nicht nur Anforderungen an die Sicherheit, sondern auch Fragen des Datentransports.
- **Künstliche Intelligenz:** Um das Potenzial zu erschließen, bedarf es Rechenleistung zur Entscheidungsunterstützung vor Ort. Dies bringt neue Gesichtspunkte der Verteilung automatisierter Systeme mit sich.
- **Mobilität:** Nutzer sind es heutzutage gewohnt, alle benötigten Dienste und Applikationen auf jedem Gerät unabhängig vom Ort zu nutzen. Hierzu sind Wireless-Verbindungen notwendig, die Skalierbarkeit, Sicherheit und ausreichende Kapazität zur Verfügung stellen.
- **Sicherheit:** Durch die zunehmende Digitalisierung der Wirtschaft erhöhen sich die Angriffsflächen für Hacker. Das Netzwerk muss daher Bedrohungen frühzeitig erkennen und darauf angemessen reagieren.

- **Datenverkehr:** Durch die weiter wachsende Nutzung von Videodaten und das Auftauchen von Virtual und Augmented Reality steigt der Austausch von Daten, die besondere Anforderungen an die Qualität der Übertragung stellen.

Vor diesem Hintergrund greift die neue Auflage Gesichtspunkte wie Sicherheit, QoS (Quality of Service) und aktuelle Wireless-Technologien auf. Damit sollen aktuelle Entwicklungen antizipiert und dem Lehrenden/Lernenden ein zukunftsorientiertes Lehrbuch angeboten werden. Wir – das Autorenteam – hoffen, dass uns dieser Anspruch gelingt.

Ergänzendes Material zum Buch steht unter dem Link *plus.hanser-fachbuch.de* zur Verfügung. Online ist auf HanserPlus umfangreiches Zusatzmaterial erhältlich: Quizzes, Linksammlungen und die Lösungen zu den Aufgaben.

Inhalt

- die Erfolgsabhängigkeit von der Komplexität des Soft- und Hardwareangebots – insbesondere Anwendungssysteme wie ERP-Software erfordern spezialisiertes Know-how durch die Komplexität der Optionen,
- die Einhaltung der vereinbarten Service-Level-Agreements mit den Kunden.

Die Idee der Verlagerung von Anwendungen und Infrastrukturkomponenten überzeugt nicht nur durch die technische Machbarkeit, sondern auch durch ihre handfesten Vorteile. Diese Vorteile beurteilen kleinere und mittlere Unternehmen mit wenig IT-Know-how naturgemäß anders als große Unternehmen. Letztlich ergibt sich aber eine weitere Option zur Gestaltung der IT-Landschaft.

1.4 Netzzugang und Pakettransport

Eine Kernfrage ist die Regelung des Zugangs der einzelnen Stationen zum Übertragungsmedium. Für die Ankopplung eines Rechners sind zwei Verfahren denkbar:

- **Aktive Ankopplung:** Der Netzteilnehmer nimmt das gesamte Paket vom Medium, prüft es daraufhin, ob es an ihn gerichtet ist, und generiert es für die Nachfolgestationen vollständig neu. Der Netzknoten fungiert als Paketregenerator, ein Konzept, das bei Einsatz von Glasfaserkabeln geboten ist, da optische Signale nicht aufspaltbar sind.
- **Passive Ankopplung:** Jede Station auf dem Weg zum Ziel prüft das Paket. Damit wird das Ursprungssignal des Paketes im Zeitverlauf immer schwächer, sodass nach einer bestimmten Anzahl passierter Teilnehmer, die Qualität nicht mehr ausreicht, um die Wertigkeit des Signals eindeutig zu erkennen.

Auf die Art der Ankopplung hat die einzelne Station jedoch keinen Einfluss. Sie wird von der zugrunde liegenden Technologie bestimmt. Ebenso verhält es sich mit der Steuerung der Konkurrenzsituation der einzelnen Teilnehmer, die sich um das Senderecht und die Übertragungskapazität bewerben. Auch für die Koordination des Zugriffs kommen zwei Strategien in Frage:

- **Wahlfreier Zugriff:** Alle Stationen arbeiten unabhängig voneinander und versuchen autonom einen Zugriff, sobald das Medium nicht belegt ist. Für diesen Vorschlag sind keine Kontroll- und Steuerinformationen notwendig.
- **Verteilt gesteuerter Zugriff:** Alle Stationen erhalten einen Zugriff, sobald sie im Besitz einer Sendeberechtigung sind, die sie zuvor beantragen und erhalten müssen. Die Existenz dieser Sendeberechtigung macht ein Management für die Vergabe und ihren Fehler- und Verlustfall notwendig.

Die grundlegende Idee des Informationstransportes in Netzwerken besteht darin, Nachrichten in kleine Einheiten, sog. Pakete oder Frames, zu zerlegen, diese mit Adress- und Steuerdaten zu versehen und sie dann zuzustellen. Vor einer Übertragung der Daten erfolgt ihre logische Gruppierung in Pakete. Diese Fragmente der Ursprungsdaten sind leichter zu handhaben und für den Nutzer besser zu interpretieren. Darüber hinaus besitzen Pakete mehrere Vorteile:

- Die Paketeinteilung hindert Rechner daran, die Netzwerkbandbreite zu monopolisieren.
- Gehen Pakete auf dem Übertragungsweg verloren, muss nicht die gesamte Information neu gesendet werden, sondern nur Teile.
- Abhängig von der Auslastung können Pakete unterschiedliche Wege zum Ziel nehmen.

Das Konzept erinnert an die Versendung von Postpaketen. Auch dort wird eine Sendung zunächst in mehrere Einzelteile gestückelt, die den Größen- und Gewichtsanforderungen der Post entsprechen. Anschließend werden sie verpackt und mit den Empfängerdaten beschriftet. Als letzter Schritt erfolgt dann die Übergabe an das Verteilsystem der Post. Damit wird die Übertragung beliebig großer Informationsblöcke möglich, d. h. das Volumen unterliegt keinerlei Größenbeschränkungen. Allerdings können die einzelnen Pakete verschiedene Wege durch das Netz nehmen (Wegewahl) und müssen – abhängig von der Technologie – möglicherweise häufiger fragmentiert werden.

Je nach Distanz zwischen den kommunizierenden Rechnern unterscheiden sich die für die Paketzustellung verwendeten Verfahren:

- **Teilstrecken- oder Store-and-Forward-Netze** übertragen die einzelnen Pakete als eigenständige Einheiten vollständig getrennt voneinander. Für das Auffinden des optimalen Weges durch den Netzdschungel nutzen sie spezielle Algorithmen. Die Folge dieser Art des Paketversands ist, dass die einzelnen Pakete ihren Empfänger in beliebiger Reihenfolge erreichen und dort erst wieder zu einer einheitlichen Sendung zusammengesetzt werden müssen. Allerdings können die einzelnen Pakete auf ihrem Weg zum Ziel auch Staus umgehen und trotz längerer Strecke ihr Ziel schneller erreichen als Pakete, die auf den kürzesten aber verstopften Weg warten. Voraussetzung für eine erfolgreiche Paketvermittlung ist eine ausreichende Zwischenspeicherkapazität der Vermittlungsstellen, denn erst nach genauer Kenntnis des Ziels und der Informationen über die Strecke dorthin kann der Knoten eine verlässliche Entscheidung über den weiteren Weg in Richtung Ziel treffen.
- **Diffusions- oder Broadcast-Netze** sind auf kleine Entfernungen ausgerichtet. Die Nachricht erreicht alle angeschlossenen, aktiven Knoten und der Empfänger wählt das an ihn gerichtete Paket aus. Dieses Verfahren verlangt keine aufwendige Wegewahl und keine Zwischenspeichermöglichkeit. Wohl aber

müssen alle potenziellen Empfänger das Paket daraufhin prüfen, ob es an sie adressiert ist. Hierfür sind einerseits CPU-Ressourcen der einzelnen Netzknoten notwendig, andererseits verlangt die Prüfung eine gewisse Zeitdauer.

Der Kommunikationsfluss zwischen den Netzteilnehmern verläuft abhängig von der Technologie in drei Formen:

Kommunikationsrichtungen

Simplex: In dieser Variante läuft der Nachrichtenfluss nur in eine Richtung, nämlich vom Sender zum Empfänger – Kabelfernsehen oder Rundfunk.

Halbduplex: Hier kann zwar jeder Knoten senden und empfangen, aber nicht beides gleichzeitig – Ampelregelung zur Verkehrsführung auf einer normalen Straße mit halbseitiger Baustelle.

Vollduplex: Jeder Knoten kann sowohl Nachrichten senden als auch gleichzeitig empfangen. Für den Netzbetrieb ist dieses Verfahren charakteristisch, da kein Netzteilnehmer ausschließen kann, dass er während einer Sendung Kontrollinformationen empfangen muss, um seine Übertragung einzustellen. Gleiches gilt für einen Server, der Anforderungen von vielen Clients erhält und diese simultan verarbeitet.

Das ursprüngliche Ethernet wird im Halbduplex-Modus betrieben, das heutzutage verbreitete, modernere Switched-Ethernet nutzt einen Vollduplex-Modus. Beim WLAN spielt allerdings der Halbduplex-Gedanke weiterhin eine entscheidende Rolle.

Die unterschiedlichen Formen können als Gradmesser der Übertragungskapazität gelten. Dabei lassen Vollduplex-Verbindungen, da sie in beide Richtungen simultan übertragen, als die ausgereifteste Variante die doppelte Datenübertragungsrate zu. Aber auch die Zahl der involvierten Netzteilnehmer kann Rückschlüsse auf die Netzleistung geben.

Anzahl der Kommunikationsteilnehmer

Unicast: Hierbei handelt es sich um die klassische Form des Datenaustausches in Form einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung, bei der einem Sender genau ein Empfänger zugeordnet ist.

Anycast: Stellt eine Unicast-Verbindung zu der nächstgelegenen Station einer Gruppe her.

Multicast: Eine ausgewählte Gruppe ist das Ziel der Nachricht. Daraus ergeben sich mehrere Einsatzfelder:

- **Content-Push-Distribution:** Informationsdienste wie Wetter, Nachrichten, Börsenkurse, Software-Updates.

- **Verteilung zentraler Datenbestände:** Informationskioske, Produktdatenblätter, Service- und Schulungsunterlagen, Videokonferenzen.

Broadcast: Eine Sendung wird allen erreichbaren Stationen des Netzes zugestellt. Dieser Mechanismus findet z. B. bei der Ermittlung der logischen Adresse eines Rechners oder im Netzwerkmanagement Anwendung.

Das Anycast-Konzept wird insbesondere durch die neue Internet Protocol Version 6 (IPv6) unterstützt.

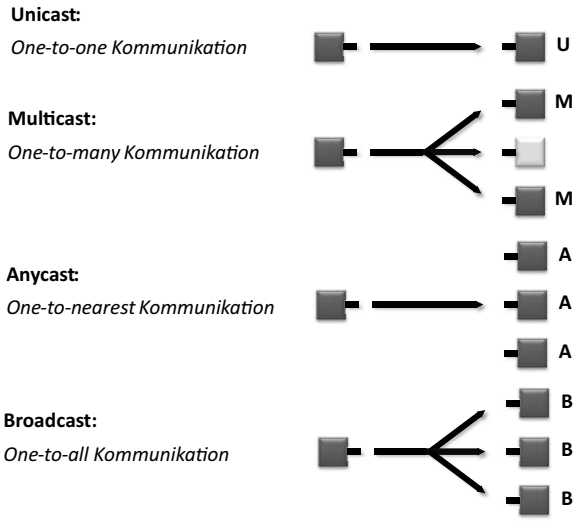

Bild 1.4 Anzahl der Kommunikationsteilnehmer

Die Übertragungsform selbst trennt zwischen **Leitungs- und Paketvermittlung**. In Analogie zum Telefondienst wird bei der Leitungsvermittlung für die Dauer der Sitzung bzw. des Telefongespräches eine exklusive Verbindung zwischen den Kommunikationspartnern aufgebaut. Eine Alternative bietet sich mit der Paketvermittlung an, deren Ablauf dem der Briefpost entspricht. Die zu übermittelnde Nachricht wird zu mehreren Paketen zusammengestellt, mit Absender- und Empfängeradresse versehen und einer bekannten Versandstelle übergeben. Jedes Paket nimmt nun – ähnlich wie ein Brief – einen Weg durch das Beförderungsnetz, ohne dass der Absender den genauen Weg kennen muss. Im Gegensatz zur Leitungsvermittlung besteht zwischen Absender und Adressat keine ständige Verbindung.

Die **Leitungsvermittlung** hat den Vorteil, dass Dienstgüten im Hinblick auf die Übertragungsgeschwindigkeit jederzeit eingehalten werden können und die Sig-

nallaufzeiten konstant sind, d. h. keine variablen Verzögerungen zwischen Sender und Empfänger auftreten. Allerdings ist der Verbindungsaufbau zeitintensiv. Kommunikationsbeziehungen mit mehreren Partnern bedürfen eines wiederholten Aufbaus und beide Teilnehmer müssen mit gleicher Kapazität senden und empfangen. Gleiches gilt, wenn nur kurze Nachrichten übertragen werden. Dann kann die Verbindungsverwaltung mehr Zeit als die eigentliche Übertragung beanspruchen.

Bei der **Paketvermittlung** durchqueren die Pakete das Netz als unabhängige und eigenständige Einheiten und können in den Vermittlungsknoten zwischengespeichert werden. Hierin liegt ein wesentlicher Vorteil, da nun die Übertragungsgeschwindigkeit zwischen einzelnen Teilstrecken keine Begrenzung mehr darstellt. Damit wird das Netzwerk aber zu einem Netzwerk von Warteschlangen. Jeder zu passierende Netzknoten empfängt das Paket und leitet es an seine Ausgangsschnittstelle, die aber Ziel vieler Sendungen sein kann, sodass die Möglichkeit von Überlastsituationen entsteht. Die Existenz der Warteschlangen erzeugt Verzögerungen in der Paketzustellung oder Paketverluste, wenn die Warteschlangen überlaufen. Die Paketverluste verursachen Paketwiederholungen (Retransmission) und haben damit eine weitere Belastung des Übertragungsweges zur Folge. Für den Anwender ist dieser Ablauf transparent. Er benötigt und erhält keinerlei Informationen über den Übertragungsweg, der sich zudem dynamisch ändern kann. Die Paketvermittlung weist insbesondere dann einen großen Vorteil auf, wenn Informationen nur sporadisch übertragen werden (Aufruf einer Webseite, Abrufen/Versenden von E-Mails), da Zeiten, in denen das Übertragungsmedium ungenutzt ist, es durch andere Teilnehmer verwendet werden kann. Hierdurch kann eine Steigerung der Auslastung erreicht werden.

Ein lokales Netz besitzt nur eine begrenzte Ausdehnung. Häufig ist es auf eine Abteilung oder ein Gebäude ausgelegt. Im Zeitalter des Intra-/Internets sind Kommunikationsinseln aber ein Fremdkörper, sodass es nur folgerichtig sein kann, eine unternehmensweite Vernetzung anzustreben. Folgende Sachverhalte sind dabei zu beachten:

- **Gemeinsame Datenbestände sorgen für aktuelle Information:** Die wohl wichtigste Aufgabe eines Netzwerkes ist die zentrale Speicherung von Datenbeständen. Änderungen und Aktualisierungen der Daten finden ihren sofortigen Niederschlag im System, ohne dass es der individuellen Abstimmung und des bidirektionalen Austausches der Anwender bedarf.
- **Transparenz:** Zu den Basiseigenschaften verteilter Systeme gehört es, ihre Komplexität vor dem Benutzer geheim zu halten. Dies geschieht hinsichtlich des Ortes, des Zugriffs, der Namen, der Replikation oder des Ausfalls. Der Zugriff auf Netzressourcen bildet damit keinen gesonderten und schwierigen Vorgang, sondern im Gegenteil, das Netzwerk erweitert die Möglichkeiten des Anwenders, ohne dass dieser seine bisherigen Arbeitsgewohnheiten ändern muss.

- **Teilung teurer Peripherie:** Aufgrund der Ablage von Programmen und Daten auf einer zentralen Station muss auch nur diese mit großen Speichermedien ausgestattet sein. Die einzelnen Rechnerknoten selbst benötigen nur noch eine geringe Speicherkapazität. Darüber hinaus können hochwertige Geräte in das Netzwerk integriert werden, die, einmal angeschafft, allen Anwendern gleichermaßen zur Verfügung stehen.
- **Zentrale Programmverteilung:** Da jeder Rechner über das Netzwerk erreicht werden kann, gibt es die Alternative, ein Anwendungsprogramm nur einmal auf einem zentralen Server zu installieren und von allen Anwendern gleichermaßen nutzen zu lassen oder eine gezielte Verteilung dieses Programms über das Netzwerk auf bestimmte Rechnerknoten vorzunehmen. Auf diese Weise ist es nicht mehr notwendig, jeden einzelnen Arbeitsplatz aufzusuchen, um dort Installation, Wartung oder Aktualisierung auszuführen.
- **Kontrollmöglichkeiten:** Da Netzwerkressourcen nicht im Überfluss existieren, besteht der Bedarf nach einer gerechten Zuteilung. Spätestens hier sind Einsichten in das Nutzungsmuster nötig, um die Erfassung, Abrechnung und Aufbereitung der Leistungen zu ermöglichen. Dass diese Auswertung zuvor erfasste Daten voraussetzt, zeigt, dass eine gewisse Nutzerkontrolle unumgänglich ist.
- **Verschlechterung der Antwortzeiten:** Da ein Wesensmerkmal eines Netzwerkes die gemeinsame Nutzung von Ressourcen ist, besteht auf dem Weg zu zentralen Elementen eine Konkurrenz zwischen allen Teilnehmern. Diese Situation schließt ein, dass jeder Nutzer nur über einen bestimmten Anteil der Übertragungskapazität verfügen kann. Je höher die Nutzerzahl, desto geringer die Kapazität des Einzelnen. Als Folge eines sinkenden Bandbreitenanteils steigt die Antwortzeit. Der Verteilungsaspekt der Software selbst erlangt damit eine bedeutende Rolle. Geleitet von dem Verlangen nach hoher Performance und kurzen Antwortzeiten, ist die Frage nach der optimalen Verteilung keineswegs trivial, sondern hängt im Gegenteil von einer Vielzahl von Rahmenbedingungen wie Lokalität oder Netzdesign ab.
- **Notwendigkeit eines Netzadministrators:** Durch die Verteilung der Daten und Programme auf heterogene, autonome, miteinander kooperierende Rechnersysteme erhöht sich die Komplexität des Gesamtsystems, dessen Pflege, Wartung und Ausbau viel Aufwand und technisches Know-how erfordert.
- **Sicherheit:** Da verteilte Systeme allen Benutzern den gemeinsamen Gebrauch der Ressourcen ermöglichen, treten Sicherheitsanforderungen auf:
  - Autorisierung – ist der Benutzer berechtigt, auf Netzressourcen zuzugreifen?
  - Vertraulichkeit – werden die Daten nur von den Berechtigten verarbeitet?
  - Integrität – erreicht die Nachricht den Empfänger unverändert?

- Authentisierung – ist der Kommunikationspartner derjenige, der er vorgibt zu sein?
- Nichtabstreitbarkeit – ist das Absenden bzw. Empfangen der Nachricht eindeutig beweisbar?

Auf dem Weg zu einem Netzwerk ist es aber nicht nur bedeutsam, die genauen Anforderungen festzulegen, sondern auch deren Umsetzung. Zu den wichtigen Eigenschaften, die heutige Netzwerke umfassen sollten, gehören:

- **Skalierbarkeit:** Einem Netz müssen problemlos weitere Knoten hinzuzufügen sein. Mit dieser Eigenschaft wird dem weiteren Ausbau und der flexiblen Reaktion auf geänderte Rahmenbedingungen sowie der stetigen Zunahme des Vernetzungsgrades Rechnung getragen.
- **Robustheit:** Die Netzinfrastruktur muss durch Stabilität und Fehlertoleranz geprägt sein. Da Netzwerke in Client/Server-Umgebungen zu einer kritischen Komponente für das gesamte Unternehmen geworden sind und der Unternehmenserfolg entscheidend auf einem funktionstüchtigen Netz beruht, bedeuten minimale Ausfallzeiten einen Wettbewerbsverlust.
- **Migration:** Das Netzdesign muss den leichten Übergang auf neue Techniken und Netztopologien zulassen. Der stete Wandel in der Informationsverarbeitung bringt die Notwendigkeit mit sich, einen Übergang auf technologische Änderungen zu ermöglichen, ohne die gesamte Netzinfrastruktur auszutauschen. In diesem Sinne wird Investitionssicherheit für ein Netzdesign großgeschrieben.
- **Autokonfiguration:** Neue Netzkomponenten müssen ohne großen Aufwand integrierbar sein. Nicht nur höhere Bandbreite für Multimedia-Anwendungen steht auf der Wunschliste der Netzbetreiber, sondern auch zunehmend die Möglichkeit, alle Daten von Sprache bis Video über eine Netzinfrastruktur abzuwickeln. Derartig komplexe Anforderungen können nur durch spezielle Kopplungsgeräte erbracht werden. Der einfache Austausch alter gegen neue Geräte, ohne Störung des Netzbetriebs, ist hier die Idealvorstellung.

1.5 ISO/OSI-Referenzmodell

Die Beschreibung der Möglichkeiten, wie eine Station in das Netzwerk integriert wird, zeigt, dass es allgemeiner Verhaltensrichtlinien bedarf, auf deren Grundlage sich Stationen miteinander unterhalten und sich gegenseitig verstehen. Sende- und Empfangsstationen müssen sich an bestimmte Spielregeln halten, damit die Übertragungswünsche der Netzteilnehmer nicht im Chaos enden.

Zur Veranschaulichung der Struktur eines Kommunikationsablaufs zwischen zwei Teilnehmern dient ein logisches Modell. Die Grundidee besteht darin, den Kommunikationsvorgang in eine Hierarchie von Funktionsschichten zu gliedern. Jede Schicht bietet der ihr übergeordneten Schicht Funktionen an und kann Dienste der unter ihr liegenden Schicht in Anspruch nehmen, ohne ihre Funktionsweise zu kennen. Dem Anwender bleibt die Schichtung verborgen. Die Schichten der gleichen Ebene kommunizieren über Protokolle miteinander. Sie beinhalten definierte Regeln, nach denen die beiden Kommunikationspartner zusammenarbeiten und der nächst höheren Ebene ihre Dienstleistung anbieten.

Die Kommunikation zwischen Rechnern in offenen, heterogenen Systemen wird heutzutage durch das ISO/OSI-Referenzmodell beschrieben. Das Referenzmodell ist ein konzeptioneller Rahmen, der Funktionen und Schemata für den Kommunikationsvorgang enthält. Dieser Rahmen teilt den Kommunikationsvorgang in sieben aufeinander aufbauende Schichten ein, denen allgemeine Vereinbarungen und Inhalte zugrunde liegen. Allerdings enthält diese Spezifikation keine Implementierungsvorgaben, sodass eine generelle Umsetzung in Produkte nicht möglich ist. Sie dient lediglich als Leitlinie für den Entwurf und die Implementierung von Standards, Geräten und Kommunikationsverfahren. Der Vorteil dieser Vorgabe beruht in erster Linie auf der offenen allgemein verbindlichen Vorstellung eines Kommunikationsvorganges in Form eines Architekturmodells. Darüber hinaus dient die Beschreibung der Funktionen der einzelnen Schichten als Basis für eine präzise Spezifikation von Protokollen und schafft dadurch letztlich eine weitgehend herstellerneutrale Begriffswelt. Daher ist es theoretisch möglich, das Protokoll einer einzelnen Schicht durch eine Neuentwicklung zu ersetzen, ohne die Funktionen der anderen Schichten zu beeinträchtigen.

Die Protokolle regeln den Kommunikationsablauf, ähnlich wie die Unterhaltung zweier Personen bestimmten Vereinbarungen folgt. Jede Schicht des Senders nutzt ihr eigenes Protokoll, um virtuell mit der entsprechenden Schicht des Empfängers zu kommunizieren. Die ausgetauschten Informationen werden in sog. **PDUs** (Protocol Data Units) übertragen. Diese PDUs enthalten je nach Schicht Prüfdaten, Adressen oder Informationen über übergeordnete Protokolle.

Der Prozess des Durchwanderns der OSI-Schichten macht eine permanente Neuaufteilung der Informationen notwendig, da alle Protokolle nur bestimmte Paketgrößen akzeptieren – **Fragmentierung**. Zur Übertragung selbst werden die PDU-spezifischen Informationen an die zu übertragenen Daten angeheftet – **Encapsulation**. Auf Empfängerseite verläuft der Prozess analog – **De-Encapsulation**:

1. Lesen der schichtspezifischen Information.
2. Abtrennen der PDU-spezifischen Daten.
3. Weiterleiten der verbliebenen Daten an die übergeordnete Schicht.

Den Ablauf auf drei Ebenen verkürzt zeigt folgendes Beispiel:

Verkürztes Philosophenmodell

Der Philosoph Hill in England möchte seinem chinesischen Kollegen Xiu eine wichtige Fachfrage stellen. Ihr Kommunikationsmedium wäre die Fachsprache der Philosophen. Nun spricht Herr Hill nur englisch, Herr Xiu nur chinesisch. Um dennoch eine Verständigung zu ermöglichen, bedienen sich beide der Hilfe von Dolmetschern. Wie gewöhnlich verfasst Herr Hill seine Frage in Englisch und übergibt diese einem Dolmetscher, der sie in eine beliebige Zwischensprache z. B. italienisch übersetzt. Wie kommt nun die Nachricht vom Dolmetscher des Herrn Hill zum Dolmetscher des Herrn Xiu? Da beide Philosophen Computer-Freaks kennen, die ständig über das Internet miteinander Nachrichten austauschen, lassen sie ihre ins Italienische übersetzte Frage einfach von diesen übermitteln. Beide Computernutzer müssen dazu kein Wort italienisch kennen; sie haben lediglich die Aufgabe, die Worte korrekt zu übertragen. Sobald die Nachricht den chinesischen Computer-Freak erreicht, übergibt er diese dem Dolmetscher, der sie ins Chinesische transformiert und Herrn Xiu überreicht. Auf diese Art können zwei Philosophen miteinander sprechen, ohne die Muttersprache ihres Partners zu beherrschen.

Wie Bild 1.5 verdeutlicht, findet die eigentliche Übertragung ausschließlich auf der untersten, der Technikschicht statt. Diese Ebene und die Übersetzungsschicht können ohne Funktionseinbuße ausgetauscht werden. Falls der italienische Dolmetscher ausfällt, könnte Französisch als Zwischensprache dienen bzw. falls die Internetnutzung nach China untersagt ist, kann auf Fax ausgewichen werden. Damit wird deutlich, dass die Protokolle bis auf die Schnittstellen voneinander unabhängig und beliebig ersetzbar sind.

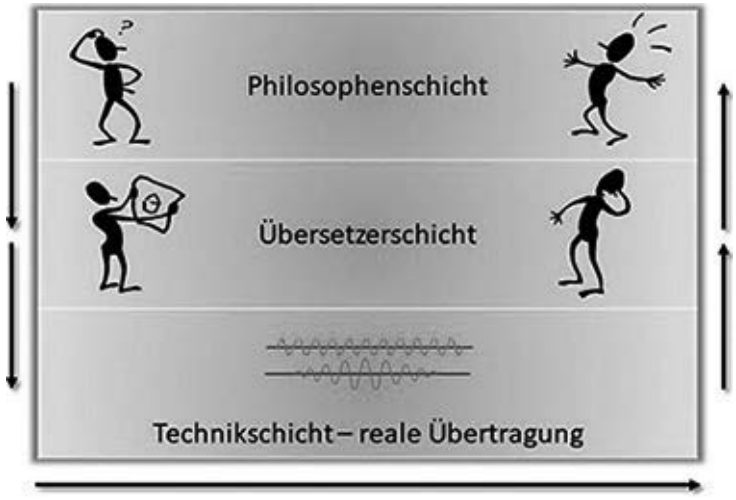

Bild 1.5 Philosophenmodell mit drei Schichten

Im Unterschied zu den Diensten oder Funktionen, die für die vertikale Kommunikation zwischen den Schichten verantwortlich sind, regeln Protokolle die Kommunikation zweier Partner auf gleicher Ebene, also in horizontaler Richtung. In diesem Sinne ist die Einigung auf Italienisch als Übersetzungs- und das Internet als Transportmedium die Verständigung auf Protokolle.

Die detaillierte und standardisierte Kommunikation nach dem ISO/OSI-Referenzmodell im Netzwerkumfeld basiert auf sieben Schichten. Die Gesamtheit der sieben OSI-Schichten wird oft als Stack bezeichnet. Die untersten Schichten dieses Modells präsentieren netzorientierte Funktionen, die oberen werden als anwendungsbezogen eingestuft. Der Ablauf erfolgt beim Sender streng von oben (Schicht 7) nach unten (Schicht 1) und beim Empfänger in der umgekehrten Richtung.

Bild 1.6 ISO/OSI-Referenzmodell

Neben dem OSI-Modell existiert die Vorstellung der Internetwelt in Form des DoD (Department-of-Defense)-Modells über eine funktionale Gliederung des Kommunikationsvorganges. Eine Gegenüberstellung beider Konzepte zeigt das nachfolgende Bild 1.7.

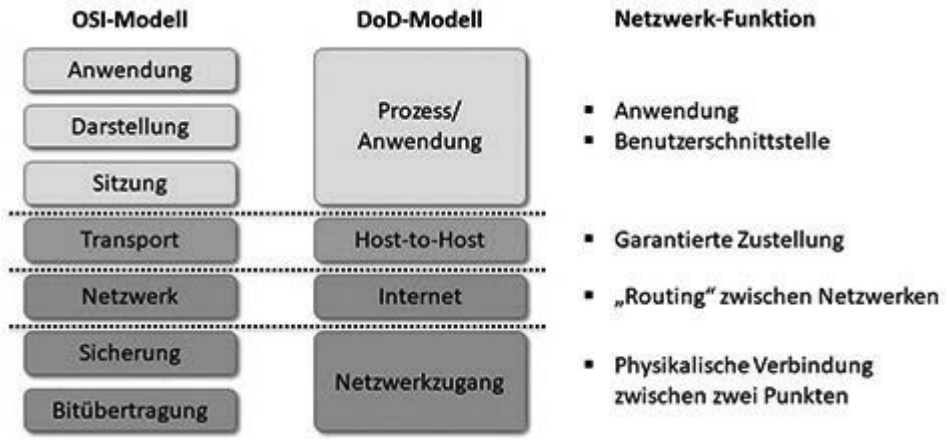

Bild 1.7 Vergleich: ISO/OSI-Referenzmodell – DoD-Modell

Was ist nun der Inhalt der einzelnen Schichten?

- **Bitübertragungsschicht:** Hier werden die elektrischen, mechanischen und funktionalen Parameter zur physikalischen Übertragung festgelegt. Die Grundfunktion besteht in der Bereitstellung der physikalischen Verbindung und deren kontinuierlicher Betriebsbereitschaft. Zur Gewährleistung dieser Anforderungen sind mehrere grundlegende Details zu klären:
  - Wie wird gewährleistet, dass ein Bit der Wertigkeit 1 sowohl vom Sender als auch vom Empfänger als solches erkannt wird?
  - Welcher elektrischen Größe entspricht eine logische Eins, welcher eine logische Null?
  - Wie viele Mikrosekunden soll die Dauer der Übertragung eines Bits dauern?
  - Wie wird eine Verbindung aufgebaut und wie wird sie eingestellt?
  - Kann eine Übertragung in beide Richtungen erfolgen?
    In Netzwerken werden drei Medien genutzt:
    - **Kupfer:** hier beruht die Signalisierung auf elektrischen Impulsen.
    - **Glasfaser:** hier bildet ein optisches Signal die Grundlage der Signalisierung.
    - **Luft:** hier werden Radio- oder Lichtwellen über die Luft übertragen.
      In allen drei Formen ist es notwendig, den Beginn und das Ende einer Übertragung mitzuteilen. Dies geschieht über besondere Bitfolgen. Um die Bitfolgen selbst mit semantischem Inhalt zu versehen, ist ein Codierungsschema erforderlich, das Gruppen von Bits zu logischen Einheiten zusammenfasst. Auf diese Weise gelingt es, Buchstaben, Zei-

Index

I

J

K

L

M