

1.2 Das OSI-Modell

1.2.1 Schichtenmodelle

Schichtenmodelle und in anderer, aber gleichwertiger Darstellung auch Schalenmodelle (→ Bild 1.3) spielen in der Kommunikationstechnik und allgemein in der Informatik an verschiedenen Stellen eine wichtige Rolle.

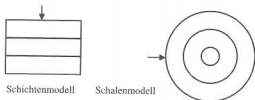


Bild 1.3
Schichten- und
Schalenmodelle

Ihre Bedeutung verdanken sie den folgenden Überlegungen:

- **Teile und herrsche:** Ein komplexes System wird zerlegt, um es für Synthese und Analyse besser beherrschbar zu machen.
- **Unabhängigkeit der Schichten:** Eine Schicht nutzt nur die Schnittstellenspezifikation zur unmittelbar darunter liegenden Schicht. Das heißt, der innere Aufbau der Schichten ist belanglos, solange ihr Verhalten an der Schnittstelle gleichbleibt. Damit kann eine Schicht ausgetauscht oder ihr innerer Aufbau (Hard- oder Software) verändert werden, ohne dass das Gesamtsystem beeinflusst wird. Somit können Schichten modular (baukastenartig) kombiniert werden.
- **Abschirmung tiefer liegender Schichten:** Eine Schicht „sieht“ nur das Verhalten der unmittelbar darunter liegenden Schicht, nicht aber das der anderen Schichten. Damit wird die wahrgenommene Komplexität des Systems reduziert (Kapselung oder Geheimnisprinzip).
- **Standardisierung:** Die Definition einzelner Schichten erleichtert die Standardisierung. Eine Schicht kann wesentlich schneller und leichter standardisiert werden als ein komplexes Gesamtsystem.

1.2.2 Das OSI-Referenzmodell

Die **ISO (International Standardization Organization)** hat ab 1977 das **ISO/OSI-Modell** der Kommunikation in offenen Systemen entwickelt (OSI steht für *Open Systems Interconnection*). Ziel war es, die komplexe Aufgabe der Kommunikation zwischen verschiedenartigen Endsystemen in weniger komplexe Teilaufgaben zu zergliedern, die den einzelnen Schichten des Modells zugeordnet sind, vgl. Bild 1.4. Insgesamt sind 7 Schichten vorhanden. Die unterste Schicht 1 repräsentiert die physikalische Ebene, also die Übertragungstechnik. Die Schichten 2–6 befassen sich mit zunehmend allgemeineren Funktionen der Kommunikation. Schicht 7 ist die Anwendungsschicht, die die Schnittstelle zwischen Kommunikations- und Anwendungssystem bildet. Die Schichten 1–4 werden zusammen als **Transportsystem**, die Schichten 5–7 als **Anwendungssystem** bezeichnet. Dies hat aber nichts mit der eigentlichen Anwendungssoftware (Anwenderprogramm bzw. Anwendungsprozess) zu tun, die im ISO/OSI-Modell nicht betrachtet wird.

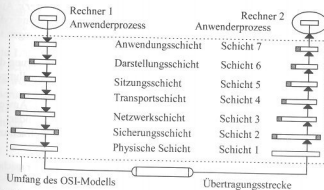


Bild 1.4 Das ISO/OSI-Modell der Kommunikation in offenen Systemen

Offene (Kommunikations-)Systeme bestehen aus (Hard- und Software-) Komponenten verschiedener Hersteller und sind bezüglich ihres Teilnehmerkreises und ihrer Ausdehnung nicht begrenzt. Die Offenheit wird durch einen Satz von offenen, d. h. frei zugänglichen und nutzbaren Standards für den Informationsaustausch gewährleistet. Offene Teilsysteme können mit anderen offenen Teilsystemen, die dieselben Standards verwenden, problemlos kommunizieren.

Die sieben Schichten des OSI-Modells (→ Bild 1.4) haben folgende Aufgaben:

- Schicht 1, **Bitübertragungsschicht** (physische Schicht, *physical layer*): Hier werden die physikalischen und technischen Eigenschaften der Übertragungsmedien definiert.
- Schicht 2, **Sicherungsschicht** (*data link layer*): Stellt sicher, dass auf einer Punkt-zu-Punkt-Übertragungsstrecke trotz gelegentlicher Störungen ein fehlerfreier Bitstrom übertragen wird.
- Schicht 3, **Vermittlungsschicht** (auch Netzwerkschicht, *network layer*): Sie leistet die **Adressierung** des Zielsystems und die Wegesuche durch mehrere **Transitsysteme** (Zwischensysteme) hindurch. Das heißt, sie ermöglicht das **Internetworking** (Vernetzung von Netzwerken). Die Schichten 1–3 stellen zusammen eine Verbindung zwischen Endsystemen (Ende-zu-Ende) her.
- Schicht 4, **Transportschicht** (*transport layer*): stellt sicher, dass Folgen von Datenpaketen fehlerfrei, vollständig und in der richtigen Reihenfolge vom Sender zum Empfänger gelangen. Sie bildet Netzwerkadressen auf logische Namen ab, die für den Anwender aussagekräftig sind.
- Schicht 5, **Kommunikationssteuerungsschicht** (*session layer*): Auf- und Abbau von Kommunikationsbeziehungen (auch als Sitzung oder *session* bezeichnet) sowie deren Wiederherstellung nach Störungen im Transportsystem.
- Schicht 6, **Darstellungsschicht** (*presentation layer*): Vereinbarung der verwendeten Datenformate bzw. -codierungen und Umwandlungen zwischen verschiedenen Darstellungen.
- Schicht 7, **Anwendungsschicht** (*application layer*): Stellt der Anwendungssoftware Dienste zur Verfügung. Aus Sicht des Anwenders ist dies die wichtigste Schicht. Sie ist am leichtesten durch Betrachtung der einzelnen Dienste zu verstehen.
- ▶ Das OSI-Modell lässt sich durch die folgende Analogie verständlicher machen: Ein Manager möchte einem Geschäftspartner, der eine andere Sprache spricht, eine Nachricht zusenden. Der Manager ist mit dem Anwendungsprozess, der die Kommunikation anstößt, gleichzusetzen. Er spricht die Nachricht auf ein Diktiergerät. Seine Sekretärin bringt die Nachricht auf Papier und übersetzt diese in die Fremdsprache. Die Sekretärin wirkt somit als Darstellungsschicht. Danach gibt sie die Nachricht an den Lehrling, der den Versand der Nachricht verwaltungstechnisch abwickelt und damit die Sitzungsschicht repräsentiert. Der Hauspostmitarbeiter (gleich Transportschicht) bringt den Brief auf den Weg. Dazu klärt er mit der Netzwerkschicht (gleich Briefpost), welche Übertragungswege bestehen, und wählt den geeigneten aus. Der Postmitarbeiter bringt die nötigen Vermerke auf dem Briefumschlag an und gibt ihn weiter an die Verteilstelle, die der Sicherungsschicht entspricht. Von dort gelangt der Brief zusammen mit anderen in ein Transporthelfer (LKW, Flugzeug) und nach eventuell mehreren Zwischenschritten zur Verteilstelle, die für den Empfänger

zuständig ist. Auf der Seite des Empfängers wird dieser Vorgang nun in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen, bis der Geschäftspartner den Brief schließlich in seiner Postmappe vorfindet. Diese grobe Analogie zeigt allerdings nicht auf, welche Möglichkeiten der Fehlerüberprüfung und -behebung das OSI-Modell vorsieht, da diese beim Briefversand nicht bestehen.

- In 1.1/1 findet sich eine sehr ausführliche Behandlung des OSI-Modells.

1.2.3 Protokolle und Dienste, OSI-Terminologie

Die Begriffe **Protokoll** (*protocol*) und **Dienst** (*service*) sind grundlegend. Protokolle (einer Schicht) sind präzise Festlegungen aller Regeln, Datenformate und Funktionen, die für den Datenaustausch zwischen gleichrangigen Instanzen zweier Systeme gelten. Eine **Instanz** (*entity*) ist eine bestimmte Schicht *N* in einem System (End- oder Zwischensystem). Die Gesamtheit der Protokolle aller Schichten wird als **Protokollstapel** (*protocol stack*) bezeichnet. **Dienste** (einer Schicht) sind Funktionen der jeweiligen Schicht, die der nächsthöheren Schicht zur Verfügung gestellt werden. Schichten können somit als **Diensterbringer** (*service provider*) bzw. **Dienstnutzer** (*service user*) aufgefasst werden.

Bild 1.5 zeigt zwei Instanzen A, B der Schichten *N*, die über ein Protokoll der Schicht *N* kommunizieren. Die beiden Instanzen sind gleichberechtigt und werden deshalb als **Peers** bezeichnet. Jede Instanz benötigt zur Realisierung der Kommunikation die Dienste ihrer Schicht *N* – 1, die ihrerseits auf die Schicht *N* – 2 zugreift. Der Vorgang wird fortgesetzt, bis Schicht 1 erreicht ist.

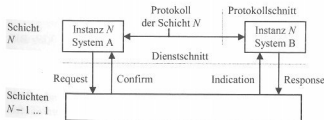


Bild 1.5 Protokolle und Dienste

Dienste werden mittels einer Anzahl von Dienstprimitiven (*service primitives*) realisiert:

- **Request** (Anforderung): Eine Instanz (ein Dienstnutzer) veranlasst einen Diensterbringer zu einer bestimmten Operation, die ein Ereignis auslöst.

- **Indication** (Anzeige): Eine Instanz wird über ein Ereignis informiert.
- **Response** (Antwort): Eine Instanz antwortet auf eine Indication.
- **Confirm** (Bestätigung): Eine Instanz wird über das Ergebnis ihrer Anforderung informiert.

Diese vier Dienstprimitive bilden zusammen einen bestätigten Dienst. Ein unbestätigter Dienst verwendet nur Request und Indication. Eine Dienstfunktion besteht aus einer bestimmten Folge von Dienstprimitiven. Zur Darstellung der zeitlichen Abläufe werden Zeitdiagramme verwendet, Bild 1.6. Die Dienstprimitive können in verschiedenen Diensten genutzt werden, z. B.

- CONNECT für den Verbindungsaufbau,
- DATA für den Datentransport und
- DISCONNECT für den Verbindungsabbau.

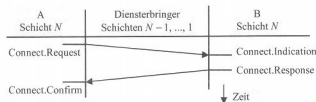


Bild 1.6 Bestätigter Dienst im Zeitdiagramm

Zudem muss die jeweils betrachtete Schicht genau spezifiziert werden. Statt der Nummer der Schicht werden Kennbuchstaben verwendet: **P** (für *Presentation Layer*, Schicht 6), **S** (für *Session*, 5), **T** (für *Transport*, 4), **N** für *Network*, 3) und **DL** (für *Data Link*, 2). Somit werden z. B. für einen Verbindungsaufbau auf der Transportschicht die folgenden Dienstprimitive benötigt: T-CONNECT.request, T-CONNECT.indication, T-CONNECT.response und T-CONNECT.confirm.

Auf den verschiedenen Schichten werden Informationsblöcke (kurz Blöcke) gebildet und an andere Schichten weitergereicht. Je nach Schicht sind spezifische Bezeichnungen für diese Blöcke üblich, auch wenn sie nicht immer einheitlich verwendet werden.

- Auf der Schicht 2 wird der Begriff **Rahmen** (*frame*) verwendet. Rahmen werden auch als Blöcke (im engeren Sinn), kurze Rahmen mit fester Länge auch als **Zellen** (*cell*) bezeichnet.
- Auf der Schicht 3 werden Blöcke als Pakete oder **Datagramm** (*datagram*) bezeichnet, zumindest wenn eine verbindungslose Kommunikation (→ Abschnitt 3.1.2) verwendet wird.
- Pakete der Schicht 4 werden – insbesondere im Zusammenhang mit TCP/IP → Abschnitt 9.2 – als **Segmente** (*segment*) bezeichnet. Der Begriff **Nachricht** kommt hier ebenfalls vor.

- Pakete der höheren Schichten 5–7 werden häufig pauschal als **Nachrichten** (*message*) bezeichnet.

Pakete, Rahmen, Datagramme und Segmente sind dadurch gekennzeichnet, dass sie eine festgelegte, maximale Länge aufweisen. Im Gegensatz dazu können die Nachrichten, die ein Anwendungsprozess über ein Rechnernetz übertragen haben möchte, sehr viel länger oder im Grenzfall beliebig lang sein (z. B. bei kontinuierlichen Signalen Sprache und Bewegtbild). OSI besitzt eine eigene Terminologie für Informationsblöcke (→ Bild 1.7).

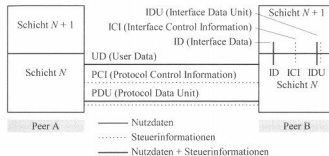


Bild 1.7 Zur Terminologie des OSI-Modells

Eine **PDU (Protokolldateneinheit, Protocol Data Unit)** ist ein Paket, das zwischen gleichrangigen Instanzen (der Schicht *N*) zweier Systeme ausgetauscht wird. Zur Kennzeichnung der betrachteten Schicht wird deren Kennbuchstabe vorangestellt (z. B. APDU: Application PDU, TPDU: Transport PDU).

Eine PDU besteht üblicherweise aus drei Feldern: **Vorspann** (*header*), **Nutzlast** (*payload*) und **Nachspann** (*trailer*). Alle drei Felder können zur Übertragung von **Protokollinformation** (*Protocol Control Information*, PCI) genutzt werden. **Benutzerdaten** (SDU, *Service Data Unit*) können nur im Nutzlastfeld transportiert werden. Dies führt zur Unterscheidung von Daten-PDUs und Kontroll-PDUs, je nachdem, ob Benutzerdaten übertragen werden oder nicht.

1.2.4 Erweiterungen des OSI-Modells

Das OSI-Modell wurde ursprünglich für vermaschte Weitverkehrsnetze mit Paketvermittlung und verbindungsorientierter Kommunikation konzi-

piert. Dabei wird primär die Kommunikation zwischen genau zwei Teilnehmern betrachtet (weitere Kommunikationsbeziehungen sind Multicast und Broadcast → Abschnitt 5.2.6). Zusätzliche Konzepte für Rechnernetze (→ Abschnitt 5.1) haben zur Erweiterung des OSI-Modells Anlass gegeben /1.3/, /1.5/. Zur Beschreibung lokaler Netze wurde die Sicherungsschicht (Schicht 2) unterteilt in die Teilschichten **MAC** (*Media Access Control*, steuert den Zugriff zum Übertragungsmedium) und **LLC** (*Logical Link Control*, restliche Funktionen der Schicht 2). Die Netzwerkschicht (Schicht 3) besteht aus drei Teilschichten:

- **Subnetwork Access** (Schicht 3a). Sie arbeitet die teilnetzspezifischen Protokolle ab.
- **Subnet Enhancement** (Schicht 3b). Sie ergänzt Funktionen der Teilnetze so, dass die Anforderungen der Schicht 3c erfüllt werden.
- **Internet** (Schicht 3c). Bearbeitet teilnetzunabhängige Protokolle wie Routing mit globaler Adressierung.

Die physische Schicht (Schicht 1) wird ebenfalls weiter unterteilt. Die Definition einer Teilschicht **PMD** (*Physical Media Dependent*) erlaubt den Einsatz unterschiedlicher Übertragungsmedien ohne Auswirkungen auf die übrigen Schichten. Die Teilschicht PMD ist über die Teilschicht **MII** (*Media Independent Interface*) mit der Schicht 2 verbunden. Bild 1.8 fasst die Teilschichten zusammen.

7 Application	7 Anwendung
6 Presentation	6 Darstellung
5 Session	5 Kommunikationssteuerung
4 Transport	4 Transport
3 3c Internet 3b Enhancement 3a Subnetwork Access	3 Vermittlung (Netzwerk)
2 2b Logical Link Control (LLC) 2a Medium Access Control (MAC)	2 Sicherung
1 1b Media-Independent Interface (MII) 1a Physical Media Dependent (PMD)	1 Bitübertragung

Bild 1.8 Unterteilung der OSI-Schichten