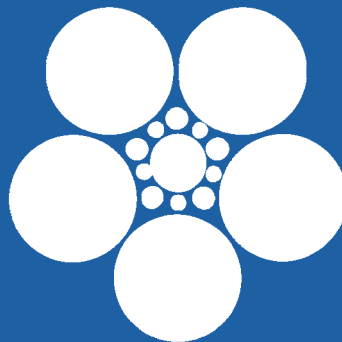


Carsten Harnisch

# Routing & Switching

4., überarbeitete Auflage



# Modul 1

## Das OSI-Referenzmodell

Die allerersten Computersysteme waren zentral organisiert. Abgeschottet in den Tempeln der Rechenzentren wurden diese Systeme durch die EDV-Priester gehegt. Der Benutzer hatte mit EDV direkt in der Regel nur wenig zu tun. Der gute persönliche Kontakt zu dem Mann mit dem Rollwagen war gefragt, der nach dem nächtlichen Job die meterhohen Papierausdrücke durch die Gänge schob und den Benutzern brachte.

Der Personal Computer unter unseren Schreibischen übertrifft die Rechenleistung der zentralen Hostsysteme von damals um ein Zigtausendfaches. Dezentral und unabhängig können PCs heute ihre Aufgaben erfüllen.

Die Dezentralisierung hatte ihren Preis. Daten waren oft mehrfach vorhanden und die Kommunikationswege wurden de facto zerstört. Als Ausweg entstehen die ersten Netzwerke. Zentrale Server dienen dem Austausch von Daten und neue elektronische Kommunikationsformen entstehen. Wesentlich dafür ist die Bereitstellung entsprechender Kommunikationswege.

Die ersten Systeme waren nicht sehr flexibel, Aufbau und Betrieb waren fest vorgegeben. Im Zuge der Weiterentwicklung stiegen jedoch die Anforderungen an universelle Kommunikationsformen. Als Konsequenz daraus leitete sich die Notwendigkeit zur Schaffung von Standards für die Verbindung von Rechnersystemen ab.

Zu Beginn dieser Standardisierungsbestrebungen wurde mit dem *OSI-Referenzmodell* ein architektonischer Rahmen festgelegt. Dieses theoretische Modell beschreibt allgemeingültig die Kommunikation in Form eines mehrschichtigen Systems mit fest definierten Aufgabenstellungen.

Nach der Lektüre dieses Moduls werden Sie die unterschiedlichen Schichten des OSI-Modells und deren Funktionen benennen können. Das Modell kann als Grundlage der Netzwerktechnik gesehen werden und ist wesentlich für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel.

### Lernen Sie

- ▶ Historie und Entstehung des OSI-Referenzmodells kennen
- ▶ die Begriffe *Protokoll* und *Schnittstellen* einzuordnen
- ▶ was unter einer virtuellen Verbindung zu verstehen ist
- ▶ wie Protokollstapel arbeiten
- ▶ die transportorientierten Schichten des OSI-Modells kennen
- ▶ die anwendungsorientierten Schichten zu begreifen

## 1.1 Historie und Entstehung

Bei der Entwicklung der ersten Netzwerke musste oder wollte keiner der Hersteller irgendwelche Standards – außer vielleicht den eigenen – beachten. Zum einen existierten noch keine offiziellen Standards, zum anderen versuchten die Produzenten, ihre eigene Lösung am Markt zu etablieren. Dadurch entwickelte sich eine größere Anzahl von herstellereigenen (proprietären) Lösungen, die miteinander nicht oder nur wenig kompatibel waren.

Heterogene Netze, wie sie heute eingesetzt werden, verlangen aber die Verbindung unterschiedlicher Systeme. Sie können somit nur durch die Schaffung und Einhaltung von Standards der einzelnen Hersteller realisiert werden.

Im Laufe der Zeit haben sich eine Reihe von Normierungsorganisationen der oben genannten Aufgabe angenommen. Zu diesen Organisationen zählen sowohl nationale, wie etwa die *DIN* und *ANSI*, als auch internationale, wie etwa die *ISO*, die *ITU* (ehemals *CCITT*), *ETSI*, *ECMA* usw. Die meisten Organisationen erarbeiten Standards und Empfehlungen für begrenzte Bereiche. So gibt etwa die International Telecommunication Union (ITU) entsprechende Empfehlungen heraus, die primär öffentliche Netze (und damit den WAN-Bereich) betreffen.

Grundlage für eine Vielzahl von Standardisierungsvorschlägen ist das von der ISO entworfene Architektur- und Referenzmodell OSI. OSI steht für *Open System Interconnection*. Im weiteren Text sprechen wir nur kurz von OSI. Seit 1983 steht das Modell in seiner aktuellen Form zur Verfügung, die nachfolgenden Entwicklungen orientierten sich stark daran. Da es jedoch zuvor schon ältere Standards gab, stimmen nicht alle Entwicklungsergebnisse vollständig mit dem OSI-Modell überein.

## 1.2 Protokoll und Schnittstellen

---

Möchten zwei Menschen miteinander kommunizieren, einigen sie sich auf bestimmte Regeln – auch wenn dies meist unbewusst geschieht.

So werden sie, soweit möglich, dieselbe Sprache nutzen. Ergänzen oder ersetzen diese Menschen die verbale Kommunikation etwa durch Körpersprache, verwenden sie gleichfalls Gesten, die von der Gegenseite interpretiert werden können.

Die Einigung auf allgemein verständliche Vorschriften ist also wesentlich für eine funktionierende Kommunikation. In der Netzwerktechnik bezeichnen wir eine solche Kommunikationsvorschrift als *Protokoll*. Nutzen unterschiedliche Geräte dasselbe Protokoll, können wir sagen, dass sie „dieselbe Sprache sprechen“.

Um eine reibungslose Kommunikation zu ermöglichen, reicht es allerdings nicht, dieselbe Sprache zu sprechen – also dasselbe Protokoll einzusetzen. Vielmehr bedarf es weiterer Regeln zur Festlegung der Rahmenbedingungen wie Zeitpunkt, Einigung über die eingesetzte Sprache, Ablauf etc.

Sicherlich sind Ihnen aus dem Bereich der zwischenmenschlichen Kommunikation Fragen wie „Sprechen Sie Deutsch?“ oder „Do you speak English?“ vertraut. Letztendlich klären Sie, welches Protokoll in dem folgenden Gespräch verwendet werden soll. Die Floskeln „Wie geht es Ihnen?“ bzw. „How do you do?“ leiten eine Unterhaltung ein. Ebenso existieren Regeln zur Beendigung eines Gesprächs.

### Hinweis

In der Netzwerktechnik gehören diese Signalisierungsvorschriften in die Beschreibung eines Protokolls. Wir unterteilen weiter in Signale für den Verbindungsaufbau und den Verbindungsabbau.

Neben der Einigung auf ein gemeinsames Protokoll muss ein weiterer, eher technischer Aspekt betrachtet werden. Die Kommunikation zwischen einem nicht hörenden und einem nicht sehenden Menschen stellt z.B. ein großes Problem dar – die verbale bzw. gestische Ausdrucksweise kann nicht von beiden Seiten verstanden werden. Rein physisch fehlen den Kommunikationspartnern die für ein bestimmtes Protokoll zwingend notwendigen Rezeptoren wie Augen oder Ohren.

Die technische Grundlage für die Nutzung eines Protokolls wird in der Netzwerktechnik als *Interface* oder *Schnittstelle* bezeichnet.

Der Begriff wird in zwei Zusammenhängen eingesetzt. Einerseits kann eine Schnittstellendefinition eine technisch-physikalische Ausprägung haben, wie etwa die Beschreibung eines Steckers mit der dazugehörenden Buchse. Da in komplexen Systemen häufig eine Kommunikation mehrerer aufeinander aufsetzender Komponenten realisiert wird, entsteht andererseits die Notwendigkeit, diese Komponenten zu koppeln. Auch an diesen Verbindungsstellen wird dann von Schnittstellen gesprochen. Oft stellen sich diese Schnittstellen dann in Form von bestimmten Softwarefunktionen dar.

### 1.3 Zielsetzung von OSI

Die Zielsetzung von OSI besteht darin, ein offenes Kommunikationssystem zu ermöglichen. Im Gegensatz zu geschlossenen können offene Systemen aufgrund ihrer Konzeption mit Endsystemen anderer Ausprägung zusammenarbeiten. Ein offenes System besteht aus zwei Komponenten: dem realen System mit Computer, Software, Ein- und Ausgabegeräten, Terminals etc. auf der einen sowie dem Kommunikationsverhalten des Systems auf der anderen Seite. Das OSI-Modell beschreibt eben dieses Kommunikationsverhalten in seinen einzelnen Funktionen. Es definiert die Komponenten der Datenkommunikation und setzt diese zueinander in Beziehung.

Das OSI-Referenzmodell unterteilt ein System in insgesamt 7 Schichten, wobei zwei große Gruppen – die transportorientierten (1–4) und die anwendungsorientierten (5–7) Schichten – unterschieden werden. Jede Schicht ist mit spezifischen Aufgaben betraut.

7	Application Layer	Anwendungsschicht
6	Presentation Layer	Darstellungsschicht
5	Session Layer	Kommunikationsschicht
4	Transport Layer	Transportschicht
3	Network Layer	Vermittlungsschicht
2	Data Link Layer	Sicherungsschicht
1	Physical Layer	Bitübertragungsschicht

Die Entstehung von Standards präsentiert sich heutzutage in zwei unterschiedlichen Ausprägungen. In der einen Richtung bemüht sich eine Reihe von Organisationen, in denen oft auch Hersteller mitarbeiten, anhand von Prognosen Standards für zukünftige Kommunikationsanforderungen zu entwickeln. Die Arbeit der Standardisierungsorganisationen ist allerdings oft recht träge, und häufig fordert der Markt bereits eine entsprechende Lösung, bevor der Ausarbeitungsprozess abgeschlossen ist.

Der andere Weg geht direkt von einem einzelnen oder einer Gruppe von Herstellern aus. Sie bieten eine fertige Lösung an und setzen sie schließlich am Markt durch. Wir sprechen hier von einem De-facto-Standard, der unter Umständen später in einen offiziellen Standard überführt wird. Die reali-

sierte Lösung ist in puncto Allgemeingültigkeit vielleicht nicht optimal, da sie nur herstellerspezifische Anforderungen berücksichtigt. Oft bietet diese Variante aber die Basis für die Entstehung weiterer Innovationen.

Das OSI-Modell stellt zwar nur eine Empfehlung dar, die Entwicklung der letzten Jahre hat aber gezeigt, dass es sich nur wenige Hersteller erlauben, Komponenten zu fertigen, die nicht OSI-konform arbeiten. So geben etwa Ausschreibungen der US-Regierung die Orientierung einer Lösung an OSI zwingend vor.

Wenn Sie sich die Ausprägung einer OSI-Schicht-Komponente in der Praxis ansehen, so kann diese sowohl als Hardwarelösung, Softwarelösung oder als eine Kombination aus beiden realisiert sein.

Generell handelt es sich bei der Schicht-1-Komponente um eine Hardwarelösung. Alle anderen Schichten werden meist auf der Softwareseite implementiert.

Es existieren allerdings auch Systeme, welche höhere Schichten mit einer entsprechenden Hardware realisieren, insbesondere in Einsatzgebieten, die sehr hohe Geschwindigkeitsanforderungen voraussetzen oder mit einfach aufgebauten Protokollen arbeiten.

## 1.4 Beispiel

Bevor wir uns intensiver mit den einzelnen Schichten auseinander setzen, sehen wir uns ein Beispiel zur Verdeutlichung des Kerngedankens an.

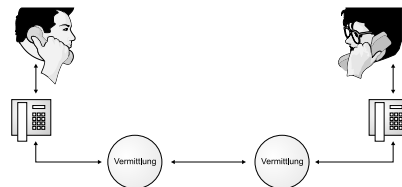
Versuchen wir, die uns allen mehr oder weniger gut bekannte Technologie des Telefonierens in unterschiedliche Kommunikationsebenen einzuteilen.

Notwendige Voraussetzung für ein Telefongespräch ist der entsprechende Verbindungsaufbau. Wir werden hier die technischen Grundlagen desselben nicht berücksichtigen und auch darüber hinaus einige Vereinfachungen vornehmen.

Die Benutzerschnittstelle, mit der wir konfrontiert sind, ist uns allen bekannt: das Telefon. Telefonieren wir mit einer anderen Person, so sagen wir, dass wir mit „jemandem“ sprechen. Wir meinen damit den Teilnehmer auf der anderen Seite.

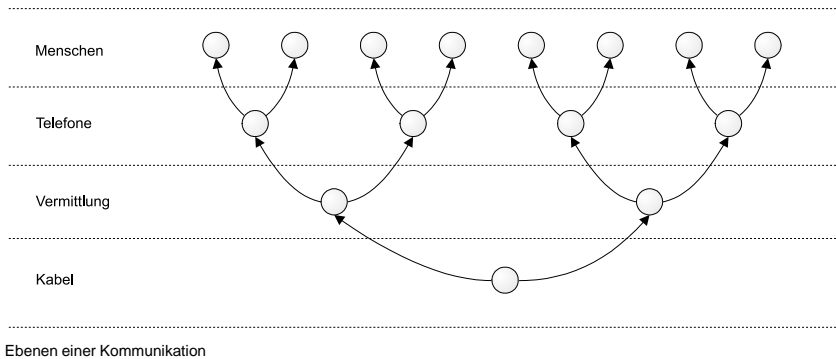
Unter rein technischem Blickwinkel sprechen wir in Wirklichkeit mit dem Telefon. Dieses wandelt die akustischen Schallwellen mit einem Mikrofon in elektrische Impulse um. Das Telefon wiederum „spricht“ mit der *Vermittlungseinrichtung* unserer Telefongesellschaft. Hier „sprechen“ dann die Vermittlungseinrichtungen untereinander und übertragen elektrische Impulse. Der Telefonapparat auf der anderen Seite empfängt die Impulse und setzt sie mittels eines Lautsprechers wieder in akustische Signale um.

In diesem Beispiel können wir bereits mehrere Ebenen der Kommunikation ausmachen. Neben den einzelnen Gesprächspartnern sind dies die Telefone, die Vermittlungseinrichtungen und die physikalischen Verbindungen zwischen den Vermittlungseinrichtungen.



Ein Telefongespräch

## Das OSI-Referenzmodell



Ordnen wir die einzelnen Elemente hierarchisch an, so liegt die physikalische Verbindung (Kabel) zwischen den Vermittlungen ganz unten; darauf setzen die Vermittlung, die Telefone und die Stimmen der beiden Gesprächspartner auf. Die einzelnen Ebenen kommunizieren lediglich mit einer darunter oder darüber liegenden Schicht, also Mensch mit Telefon, Telefon mit Vermittlung, Vermittlung über Kabel mit Vermittlung usw.

### Hinweis

Die Berührungspunkte zwischen den einzelnen Schichten stellen jeweils Schnittstellen dar. Informationen werden stets nur zwischen zwei benachbarten Ebenen ausgetauscht.

Diese Einteilung ermöglicht den problemlosen Austausch einer Komponente, ohne die Funktionsweise des Gesamtsystems zu beeinflussen. Solange Geräte oder andere Implementierungen der Schichten schnittstellenkonform bleiben, funktioniert dieses Vorgehen.

Einer der beiden Telefonapparate aus unserem Beispiel lässt sich beliebig gegen ein anderes Modell austauschen. Sogar der Austausch der Vermittlungsstellen im Zuge einer technischen Innovation, wie z. B. durch die Umstellung von analoger auf digitale Technik geschehen, beeinflusst die Kommunikation nicht. Solange die Vermittlungseinrichtung weiterhin die alten Schnittstellen bereitstellt, können auch die alten Telefone genutzt werden.

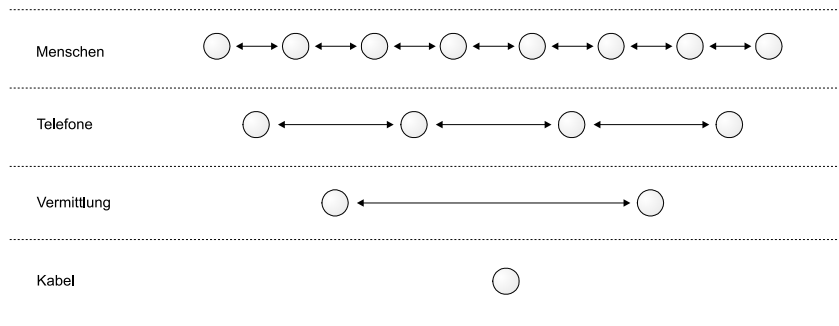
### Hinweis

Es wurde an dieser Stelle eine starke Vereinfachung der Telefonverbindung dargestellt. Sicherlich ist Ihnen klar, dass ein Telefon durch ein Kabel oder bei mobilen Geräten auch kabellos mit der Vermittlungseinrichtung verbunden ist. Soll das System exakt erfasst werden, so muss ein Telefon als ein komplettes Kommunikationssystem erfasst werden. Ähnliches gilt dann auch für eine Vermittlungseinrichtung. Beide Systeme implementieren hier intern eine Reihe von Aufgaben und nutzen dazu bestimmte Protokolle.

## 1.5 Virtuelle Verbindungen

Eine direkte Kommunikation findet bei der Aufteilung eines Systems in verschiedene Schichten also nur auf der untersten Ebene statt. Die Kommunikation zwischen zwei gleichgeordneten Schichten zweier unterschiedlicher Systeme bezeichnen wir als *virtuelle Verbindung*.

Unsere eigentliche Kommunikation zwischen den Gesprächspartnern ordnen wir daher auch als eine virtuelle Verbindung ein.



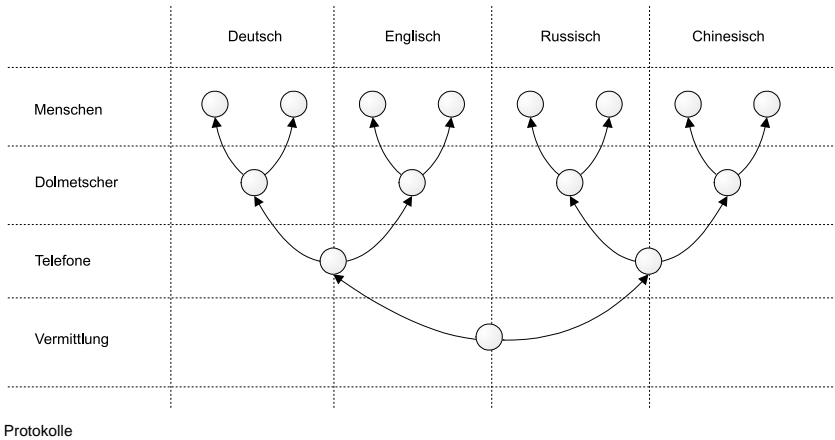
Virtuelle Verbindungen

Beachten Sie bitte, dass bereits hier die typischen Grundaufgaben der Ebenen ersichtlich sind:

- ▶ Jede Ebene definiert jeweils eine Schnittstelle zu darüber und eine zu darunter liegenden Ebenen. Bei unserem Telefon werden das Mikrofon und der Lautsprecher als Interface zum Benutzer festgelegt. Die Vermittlungseinrichtung gibt die Schnittstelle in Form von bestimmten Anschlusselementen, in diesem Fall die Telefondose, vor, welche von der Telefonebene zwangsläufig genutzt werden müssen.
- ▶ Jede Ebene arbeitet mit zwei Protokollen. Das Protokoll der höher liegenden Ebene wird in das Protokoll der tiefer liegenden Schicht umgesetzt.
- ▶ Jede Ebene fügt allen von darüber liegenden Schichten erhaltenen Informationen eigene Protokollinformationen hinzu und gibt diese an tiefer liegende Ebenen weiter. Auf der Gegenseite werden aus den von tiefer liegenden Ebenen erhaltenen Informationen die eigenen Protokollinformationen extrahiert und die Information ohne diese an die höher liegende Schicht weitergeleitet.

In unserem Beispiel gehen wir von der Kompatibilität der einzelnen Ebenen aus. Bezogen auf das genutzte Protokoll bedeutet dies, dass auf der jeweils gleich hohen Schicht in den beteiligten Systemen das gleiche Protokoll genutzt wird.

Es kann innerhalb eines solchen Modells aber auch mit unterschiedlichen Protokollen gearbeitet werden.

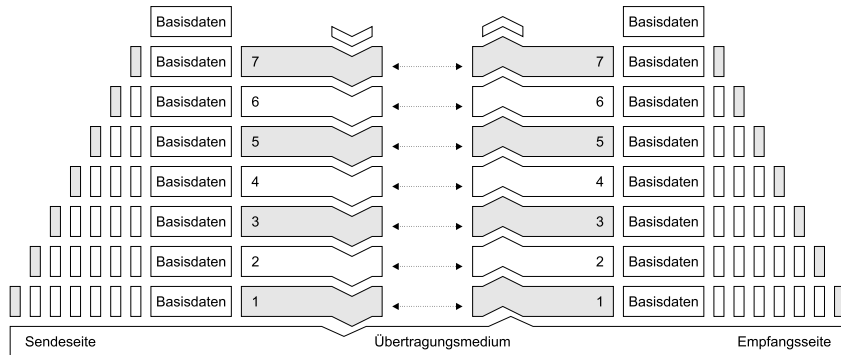


Durch den Einsatz einer Dolmetscherebene ermöglichen wir in dem oben abgebildeten Beispiel die Kommunikation von Menschen, die nicht die gleiche Sprache (das gleiche Protokoll) sprechen. Die Nutzung solcher Protokollübersetzer ist in der Netzwerktechnik durchaus üblich.

## 1.6 Protokollstapel

Betrachten wir die zuvor erläuterten Zusammenhänge auf einer abstrakteren Ebene. Mit Hilfe des OSI-Modells wird die Kommunikation in insgesamt sieben Schichten mit unterschiedlichen Aufgaben unterteilt. Jede Schicht kommuniziert mit jeweils zwei weiteren Schichten über definierte Schnittstellen. Auf jeder der Schichten wird ein bestimmtes Protokoll eingesetzt. Diese Protokolle beschreiben eine spezielle Kommunikationsvorschrift und nutzen in der Regel Protokollinformationen. Bei der Versendung werden die von darüber liegenden Ebenen empfangenen Daten transparent weitergeleitet, nachdem ihnen eigene Protokollinformationen hinzugefügt wurden. Damit wächst die Menge der Basisdaten auf ihrem Weg durch die Schichten um Zusatzinformationen an (s. Abbildung). Die Empfangsseite verarbeitet die Protokollinformationen und entfernt sie vor der Weiterleitung an die darüber liegende Schicht. So durchwandern die Daten die sieben Schichten einmal aus der Anwendungsschicht bis in die Bitübertragungsschicht auf der Sendeseite und in umgekehrter Reihenfolge wieder zurück in die Anwendungsschicht auf der Empfangsseite.

Die sich daraus ergebende Struktur nennen wir auch Protokollstapel. Diese schematisch vereinfacht dargestellte Struktur reagiert natürlich in der Praxis wesentlich flexibler. Ein sendendes System muss nicht den kompletten Durchlauf bis in die oberste Ebene der Empfangsstation abwarten, sondern kann, nach Abarbeitung des Sendevorgangs innerhalb einer bestimmten Schicht, Daten auf dieser Ebene empfangen und nach oben weiterleiten.



Protokollstapel

**Hinweis** Sie werden später noch sehen, dass ein logischer Sendevorgang unter Umständen physikalisch in eine Reihe von Send- und Empfangsvorgängen mündet. Dies findet etwa dann statt, wenn eine Schicht im Protokollstapel des Empfängers einen fehlerhaft übertragenen Teil einer Gesamtinformation erneut anfordert.

Jede der Schichten

- ◆ realisiert spezifische Aufgaben.
- ◆ stellt der darüber liegenden Schicht Dienste zur Verfügung.
- ◆ nutzt selbst die Dienste der darunter liegenden Schicht.

Lediglich die Bitübertragungsschicht nimmt eine Sonderrolle ein. Ihre Aufgabe liegt im physikalischen Transport der Daten, es kommt auf dieser Ebene kein Protokoll zum Einsatz. Auch nimmt diese Schicht keine weiteren Dienste in Anspruch.

## 1.7 Transportorientierte Schichten

Im Folgenden werden Sie die Aufgaben der untersten vier OSI-Schichten kennen lernen. Sie steuern die transportorientierten Aspekte eines Kommunikationsprozesses.

Die vier Ebenen tragen folgende Bezeichnungen:

- ◆ 4 – **Transport Layer** (Transportschicht)
- ◆ 3 – **Network Layer** (Vermittlungsschicht)
- ◆ 2 – **Data Link Layer** (Sicherungsschicht)
- ◆ 1 – **Physical Layer** (Bitübertragungsschicht)

Betrachten wir die einzelnen Schichten und ihre Aufgaben genauer.

Die deutschen Bezeichnungen der Schichten des OSI-Modells können teilweise irreführend sein. Auch im Hinblick auf eine intensivere Beschäftigung mit dem Themenkomplex sollten Sie sich an die englischen Namen gewöhnen.

## Physical Layer – Bitübertragungsschicht

Die Aufgabe des *Physical Layer* (Bitübertragungsschicht / OSI-Schicht 1) besteht in der Übertragung digitaler Zustände über einen physikalischen Übermittlungsabschnitt (z. B. Kabel). Eine Absicherung der übertragenen Daten muss nicht stattfinden. Diese Aufgabe wird an eine darüber liegende Schicht delegiert.

Diese Ebene ist die einzige, welche die physikalischen Eigenschaften eines Systems beschreibt. Innerhalb des Physical Layer werden Informationen lediglich in Form einzelner Bits dargestellt, ein Protokoll ist daher nicht notwendig.

Betrachten wir die Aufgaben, die von einer im System implementierten Komponente (z. B. Netzwerkkarte) erfüllt werden müssen, um die Funktionalität eines offenen Systems auf Ebene 1 zu gewährleisten:

### Darstellung eines einzelnen Bits

Je nach eingesetztem Übertragungsmedium kann die Darstellung eines Bits von logisch 0 und logisch 1 variieren.

Für dieses Problem gibt es je nach Implementierung unterschiedliche Lösungsansätze. Eine negative Volt-Zahl kann beispielsweise als logisch 1, eine positive als logisch 0 interpretiert werden. Denkbar ist auch die Nutzung unterschiedlicher Frequenzen in Abhängigkeit vom Zustand oder aber die Nutzung definierter *Signalfanken*, dargestellt z. B. durch einen *Spannungsabfall* bzw. einen *Spannungsanstieg* in einer definierten Zeitspanne.

Soweit nur drei Ansätze, die wir später näher betrachten. In jedem Fall steuert die entsprechende Komponente im Physical Layer die Bit-Darstellung.

Daneben gilt es, festzulegen, wie lange ein Impuls dauert, damit mehrere aufeinander folgende gleiche Zustände unterschieden werden können. Wir sprechen dann von dem *Takt* eines Impulses. Sie werden in den folgenden Kapiteln lernen, dass der Takt wesentlich vom eingesetzten Übertragungsmedium abhängig ist.

### Senderichtung und Multiplexing

Hinsichtlich der Senderichtung muss definiert werden, ob ein Medium zum Datenversand und Datenempfang zur Verfügung steht oder ob mehrere Leitungen zum Einsatz kommen.

Darüber hinaus ist die Entscheidung zu fällen, ob und, wenn ja, welche Arten des Signalmultiplexing eingesetzt werden.

### Physikalische Schnittstelle

Die Definition der notwendigen physikalischen Schnittstelle zählt gleichfalls zu den Aufgaben eines OSI-Schicht-1-Standards. Dazu gehören etwa die Pinbelegungen bei Steckern und Buchsen sowie deren physikalische Form. Daneben müssen die Funktionen der einzelnen (Steuer-)Leitungen vorgegeben werden.

Hinzu kommen Überlegungen zur Erzeugung des Übertragungstakts. Hier existieren verschiedene Wege, z. B. über entsprechende Generatoren in jeder Sendeeinrichtung oder die Kodierung in eine entsprechende *Trägerfrequenz*.

## Data Link Layer

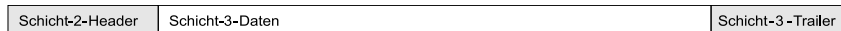
Dem *Data Link Layer* (Sicherungsschicht / OSI-Schicht 2) bzw. seinen Komponenten weist das OSI-Modell zwei wesentliche Aufgaben zu: die Absicherung der einzelnen Datenbits durch eine entsprechende Fehlererkennung und -behebung sowie die Ermöglichung einer Adressierung unterschiedlicher Netzwerkknoten.

### Framing

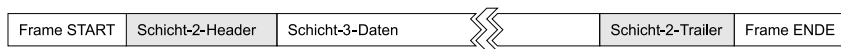
Zur Erfüllung seiner Aufgaben muss der Data Link Layer die Daten als eine Gruppe zusammengehöriger Einzelsignale auffassen. Daher werden die von der Schicht 1 empfangenen Daten hier zu sog. *Datenrahmen (Data Frames)* zusammengefasst. Bei der Absendung an Schicht 1 wird ein Frame entsprechend in die einzelnen Bits zerlegt und in dieser Form an den Physical Layer weitergegeben. Der Vorgang wird als sog. *Framing* bezeichnet.

Viele der Schicht-2-Protokolle definieren einen Datenrahmen mit einer festen Länge, also z. B. 8 Bits oder 1024 Bits. Solche Frames können mit einfachen Methoden bearbeitet werden, da sie über klar umrissene Grenzen verfügen und ihre Größe nicht anderweitig kodiert werden muss. Nachteilig wirkt sich jedoch aus, dass der Datenrahmen zusätzlich zu den reinen Informationen (Basisdaten / Nutzdaten) mit Protokollinformationen belastet wird. Die Menge der Protokollinformationen ist, unabhängig von der Framegröße, immer gleich groß. Somit hat ein kleinerer Datenrahmen von z. B. 8 Bit einen größeren Overhead, d. h. mehr Protokollinformationen im Verhältnis zu der belegten oder möglichen Nutzdatenmenge, als ein größerer Frame. Auf der anderen Seite ist, insbesondere bei relativ fehleranfälligen Übertragungswegen, die Gefahr des Datenverlusts und daher der Aufwand der Datenabsicherung bei größeren Datenrahmen höher.

Manche Schicht-2-Protokolle arbeiten mit variablen Framegrößen. Dabei wird der Datenrahmen mit einer *Start-* und *Endemarke (start und ending delimiter)* versehen.



Feste Framegröße



Variable Framegröße

### Absicherung

Zur Absicherung der einzelnen Bits nutzen die Schicht-2-Protokolle unterschiedliche Mechanismen. Der Absicherungsprozess unterteilt sich grundsätzlich in die *Fehlererkennung* und die *Fehlerkorrektur*.

### Fehlerkorrektur

Die meisten Schicht-2-Protokolle setzen zur Fehlerkorrektur ein einfaches Verfahren mit dem Namen *ARQ (Automatic Repeat Request)* ein. Falls ein Fehler erkannt wird, sendet das Protokoll eine entsprechende Nachricht an den Sender und erhält dann den Datenrahmen erneut zugesandt. Beim Einsatz fehleranfälliger Übertragungswege kann dieses Verfahren zu einer großen Anzahl mehrfach versandter Datenrahmen führen. Der Mehraufwand steigt mit der Anzahl der Bits in einem Frame. Umgekehrt beeinflusst der Frameoverhead bei kleiner Framegröße die Effizienz.

Letztendlich muss ein vernünftiger Kompromiss bei der Wahl der Framegröße gefunden werden. Oft helfen Experimente sowie die Bestimmung und Anpassung an eine Schicht-1-Implementierung. Aufgrund dieses Zusammenhangs ist ein Schicht-2-Protokoll häufig direkt von einer bestimmten Schicht-1-Komponente abhängig. Deshalb setzen entsprechende Implementierungen beide Schichten in einen Zusammenhang und beschreiben sie parallel.

Hinweis

Eine andere Möglichkeit der Fehlerkorrektur liegt in der Übermittlung von Zusatzinformationen, aus denen im Fehlerfall die Grundinformationen wiederhergestellt werden können.

Manche Systeme implementieren überhaupt keine Fehlerkorrektur, sondern erkennen diese Fehler lediglich. Unter bestimmten Voraussetzungen ist dies eine durchaus sinnvolle Verfahrensweise. Bei der Übertragung von Bewegtbildern etwa hat der Verlust des Informationsgehalts eines einzelnen Bilds unter Umständen kaum Auswirkungen auf die Darstellung. Im Gegenteil: die benötigte Zeitspanne für eine Neuansforderung hat eher ein merkliches Stocken des Bildflusses zur Folge.

Die Entscheidung zugunsten einer der Methoden hängt also im Wesentlichen vom eingesetzten Übertragungsmedium und dem Inhalt der übertragenen Daten ab.

### Fehlererkennung

Damit der Empfänger den empfangenen Frame auf mögliche Fehler überprüfen kann, generieren Schicht-2-Protokolle entsprechende Prüfsummen. Zu diesem Zweck werden zum Teil einfache Algorithmen wie die Paritätsprüfung oder andere, mathematisch komplexere Methoden eingesetzt.

Je nach Protokoll werden lediglich die eigenen Protokollinformationen oder nur die Daten oder beides gesichert. Falls auch eine Datenabsicherung läuft, sendet ein Schicht-2-Protokoll an das darunter liegende Schicht-1-Element zuerst einen Kopfsatz (Header), dann die Daten und schließlich einen Fußsatz (Trailer) mit der während der Übertragung berechneten Prüfsumme.

Schicht-2-Header	Schicht-3-Daten	Schicht-2-Trailer inkl. Prüfsumme
------------------	-----------------	-----------------------------------

Header und Trailer mit Prüfsumme des Frames

### Empfangsbestätigung

Zu den Aufgaben eines Schicht-2-Protokolls gehört gleichfalls die Erzeugung einer Empfangsbestätigung. Die Datenrahmen werden an den Empfänger versandt, und es wird auf eine entsprechende positive Bestätigung gewartet. Erst dann kann der nächste Frame generiert und verschickt werden.

Manche Protokolle benötigen auch eine negative Rückmeldung, um die Sendung wiederholen zu können. Andere gehen nach Ablauf einer definierten Zeitspanne ohne Bestätigung vom Fehlerfall aus und senden automatisch noch einmal.

### Flusskontrolle / Zugriffsteuerung

Eine sog. *Flusskontrolle* bzw. *Flusssteuerung* benötigen wir, wenn die Geschwindigkeit der beteiligten Endgeräte stark voneinander abweicht. Durch entsprechende Kontrollnachrichten kann ein Endgerät in einen Wartezustand versetzt werden. Sobald wieder Daten verarbeitet werden können, teilt der Empfänger dem Sender dies durch eine weitere Kontrollnachricht mit. Zwischen LAN und WAN bestehen Unterschiede in Bezug auf die Bereitstellung einer Flusskontrolle. Die relativ schnellen

Übertragungssysteme in lokalen Netzen machen eine künstliche Regelung der übertragenen Datenmenge meist überflüssig.

Falls Sender und Empfänger ein einziges Übertragungsmedium nutzen und beide Seiten parallel Daten verschicken möchten, kann es sinnvoll sein, mit entsprechenden Schicht-2-Protokollen den gemeinsamen Zugriff auf das Medium zu regeln. Damit gehört auch die Zugriffsteuerung zu den Aufgaben der Schicht 2.

### Adressierung

Um in einem Netzwerk mehrere Empfänger erreichen zu können, ist eine eindeutige Identifizierung derselben unabdingbar. Innerhalb eines Schicht-Protokolls werden den einzelnen Netzwerkknoten physikalische Adressen zugeordnet.

Betrachten Sie den Kopfsatz eines Schicht-2-Protokolls, so finden Sie eine sog. Source- und eine Destination-Adresse vor, mit denen sowohl der Sender als auch der Empfänger einer Sendung auszumachen sind. Diese Adressen bezeichnen wir als *MAC-Adressen (Media Access Control)*.

Dazu finden sich noch weitere Informationen im Header, die für andere Aufgaben benötigt werden.



Schicht-2-Protokoll-Header

## Network Layer

Der *Network Layer* (Vermittlungsschicht / OSI-Schicht 3) ermöglicht den Austausch von Daten von Endsystem zu Endsystem über mehrere Transitsysteme. Die Hauptaufgabe dieser Schicht ist dabei die Wegwahl.

### Datagramm

Die aus der Schicht 4 in Empfang genommenen Datenrahmen werden in der Schicht 3 wiederum mit eigenen Protokollinformationen bestückt. Das resultierende Datenpaket nennen wir ein Datagramm.



Schicht-3-Datenpaket-Datagramm

### Routing / Wegwahl

Größere Netzwerke bestehen oft aus einer Reihe von Teilnetzen. Diese Einteilung macht Sinn, damit stark genutzte, also belastete Teile des Netzes das Gesamtnetz nicht negativ beeinflussen. Abhängig von der eingesetzten Topologie kann aber auch die Anzahl der Knoten in einem Netzwerk begrenzt sein, wodurch sich wiederum die Aufteilung in Teilnetze anbietet. Ein Weitverkehrsnetz, welches mehrere LANs verbindet, besteht zwangsläufig aus mehreren Teilabschnitten.

**Hinweis** : Damit in einem solchen Verbund von Teilnetzen nicht nur Teilnehmer im eigenen Teilnetzwerk, sondern darüber hinaus die Anwender aus den anderen Teilabschnitten erreicht werden können, müssen die Datagramme der Schicht 3 gegebenenfalls mehrere Transitnetze durchlaufen.

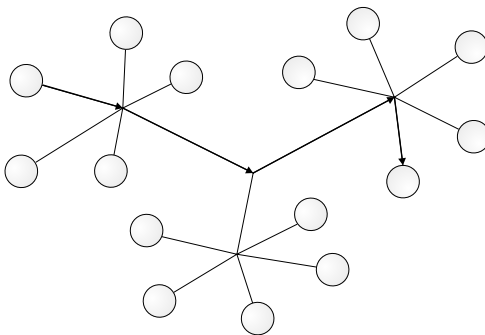
Der Transport von Datagrammen von einem Netz in ein anderes und die korrekte Zustellung an den Empfänger stellt somit den Aufgabenschwerpunkt eines Schicht-3-Protokolls dar. Zu diesem Zweck werden entsprechende Protokollinformationen in den Schicht-3-Header aufgenommen.

Dazu zählt die Information über das Netzwerk und den anvisierten Knoten. Die Adresse eines Netzwerkes muss, wie bereits zuvor erläutert, innerhalb aller verbundenen Netze eindeutig sein. Die Adresse des Knotens wird im Network Layer funktional interpretiert. Mit anderen Worten, ein Knoten mit einer einzigen physikalischen Adresse kann mehrere logische Adressen auf der Schicht 3 besitzen.

Schicht-3-Header				Schicht-4-Daten		
Source		Destination				...
Netz	Knoten	Netz	Knoten			

Schicht-3-Header

Ein Schicht-3-Protokoll stellt Funktionen bereit, mit deren Hilfe anhand einer logischen Netzwerk- bzw. Knotenadresse die physikalische MAC-Adresse ermittelt werden kann. Es existieren auch intelligente, sinnvolle Umkehrungen dieser Verfahrensweise, die wir Ihnen im Modul 3 „Transportprotokolle“ detaillierter vorstellen.



Weiterleitung von Daten durch Transitsysteme

Anhand der Netzwerkadresse ist ein Vermittlungssystem der Schicht 3 in der Lage, eine Entscheidung hinsichtlich der Weiterleitung an ein bestimmtes Transitsystem zu treffen.

## Transport Layer

Der *Transport Layer* (Transportschicht / OSI-Schicht 4) rundet die Aufgaben der transportorientierten Schichten des OSI-Referenzmodells ab. Ein Protokoll der Schicht 4 wandelt eine Endsystem-zu-Endsystem-Verbindung in eine Teilnehmerverbindung um. Diese Verbindungsart bezeichnen wir auch als *logische Verbindung* (*logisches Multiplexing*).

### Segmentierung

Die aus der Schicht 5 empfangenen Datagramme werden in der Schicht 4 abermals mit eigenen Protokollinformationen versehen. Das entsprechende Datenpaket heißt Segment.



Schicht-4-Datenpaket - Segment

### Verbindungsorientierung

Die OSI-Schichten 1 bis 3 arbeiten meist verbindungslos, es sei denn, die Form der Vermittlungstechnik (*Leitungsvermittlung*) impliziert eine Verbindung. Ein Protokoll der Schicht 4 kann einen verbindungsorientierten Dienst bereitstellen. Aus der Sicht eines Nutzers dieses Protokolls besteht eine solche Verbindung ständig. Während der gesamten Kommunikationsdauer ermöglicht diese Verbindung Datenaustausch. Real ist die Verbindung allerdings nur in dem Moment existent, in dem Daten zur Versendung bereitstehen. Sollte der Verbindungsaufbau sich verzögern, werden die anstehenden Daten entsprechend zwischengespeichert.

### Erhaltung der Sequenzreihenfolge

Eine weitere wichtige Aufgabe ist die Gewährleistung der korrekten Reihenfolge versendeter Segmente. Es muss ausgeschlossen werden, dass ein Datenpaket ein anderes sozusagen überholt. In Weitverkehrsnetzen, die teilweise aufgrund von Vermaschung redundante Wege ermöglichen, besteht diese Gefahr durchaus.

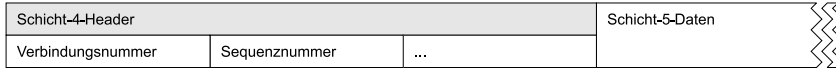
Das Schicht-4-Protokoll verwaltet die Sequenzreihenfolge der Pakete, indem zu früh angekommene Datenpakete zwischengespeichert bzw. verlorengegangene Datenpakete neu angefordert werden.

### Unterstützung paralleler Prozesse

Moderne *Betriebssysteme* erlauben den Zugriff auf parallele Prozesse wie den Ausdruck einer Datenbankauswertung und die gleichzeitige Bearbeitung eines Textes. Insbesondere Serversysteme bearbeiten im Auftrag mehrerer angebundener Clients viele Aufgaben parallel.

Das Schicht-4-Protokoll nimmt in diesem Rahmen die Aufgabe wahr, allen Prozessen die Chance des Zugriffs auf entsprechende Netzwerkressourcen einzuräumen. Zudem realisiert das Protokoll eine Entkopplung der Ressourcen voneinander, um z. B. eine einzige Netzwerkkarte zur gemeinsamen Nutzung zur Verfügung zu stellen.

Aber auch Systeme, die nicht direkt die Abarbeitung paralleler Prozesse unterstützen, profitieren hiervon. Soll beispielsweise eine Datei von einem Netzwerksver in eine andere Datei auf dem gleichen Server kopiert werden, so stehen beide Dateien parallel zur Öffnung und Bearbeitung bereit. Stünde ein entsprechendes Protokoll nicht zur Verfügung, gälte es, die Datei zuerst auf den lokalen Rechner zu kopieren, zu bearbeiten und zu schließen, um sie letztendlich zurückzukopieren.



Aufbau des Schicht-4-Headers

## 1.8 Anwendungsorientierte Schichten

Den anwendungsorientierten Schichten des OSI-Referenzmodells kommt in Bezug auf die Netzwerktechnik eine eher untergeordnete Funktion zu. Oft werden diese Ebenen gemeinsam als Teile eines Anwendungsprogramms oder des Betriebssystems realisiert.

Der Vollständigkeit halber stellen wir die Aufgaben und Funktionen der einzelnen Ebenen dar, ohne jedoch an dieser Stelle in die Tiefe zu gehen.

### Session Layer

Der *Session Layer* (Kommunikationsschicht – OSI-Schicht 5) ermöglicht den Kommunikationskontakt zweier Anwendungsinstanzen. Zu den Funktionen gehört neben dem Auf- und Abbau dieser Verbindungen auch die Dialogsteuerung. So zählt etwa die Bereitstellung einer An- und Abmelfunktion für einen Benutzer und die Verbindung mit Netzwerkressourcen zu den Aufgaben der OSI-Schicht 5.

Einem Endbenutzer kann durchaus die Gelegenheit eingeräumt werden, sich auf einer Arbeitsstation mit mehreren Sessions parallel an unterschiedliche Netzwerkserver anzumelden und dort entsprechende Dienste zu nutzen. Nach der Anbindung an die zuständigen Ressourcen ist ein Benutzer in der Lage, eine Textverarbeitung von einem Dateiserver zu starten, dort eine Datei zu öffnen, die auf einem weiteren Server liegt, und diese schließlich von einem dritten Server ausdrucken zu lassen.

Ein Protokoll dieser Schicht ergänzt die Informationen aus höheren Ebenen gleichfalls durch eigene Informationen in Form eines vorgeschalteten Headers.

### Presentation Layer

Der *Presentation Layer* (Darstellungsschicht – OSI-Schicht 6) setzt das System in den Stand, gemeinsame Datendarstellung (z. B. Darstellung von Zeichen, Integer, Floating-Point-Zahlen etc.) und Dateistrukturen festzulegen. Daneben ist diese Ebene für die Umwandlung in die maschineninternen verwendeten Formate zuständig.

Darüber hinaus können Funktionen wie Datenkompression oder *Datenverschlüsselung* von dieser Schicht wahrgenommen werden.

Wiederum wird ein Header zur Steuerung der notwendigen Aufgaben genutzt. Als Besonderheit und im Unterschied zu den anderen Schichten findet hier jedoch unter Umständen eine starke Modifikation des Datenanteils statt, beispielsweise im Zuge einer Kompression, Verschlüsselung oder Umwandlung in einen anderen Zeichensatz.

## Application Layer

Häufig treffen wir auf den *Application Layer* (Anwendungsschicht – OSI-Schicht 7) als Bestandteil eines Anwendungsprogramms. Dann repräsentiert er den Teil der Anwendung, welcher für die Kommunikation mit entfernten Systemen zuständig ist.

Allgemeiner formuliert stellt eine Anwendung der OSI-Schicht 7 die Kommunikationsschnittstelle für aufsetzende Anwendungen oder den Benutzer dar. Ein Interface des Application Layers kann sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Es existieren einerseits direkte Benutzerschnittstellen, etwa ein Menüsystem oder eine Kommandozeile. Andererseits werden Schnittstellen speziell für Anwendungsentwickler aufgebaut; in diesem Fall sprechen wir von einer API (Application Programming Interface).

## Anmerkungen

In vielen Fällen umfassen bestimmte Protokolle mehrere Schichten oder Teilschichten.

Realisiert ein einziges Protokoll mehrere OSI-Ebenen, wird für dieses Protokoll auch nur ein einziger Header erstellt. Die Generierung in den anderen betroffenen Schichten entfällt.

In der Vergangenheit wurden die ehemals herstellerspezifischen Protokolle vielfach als Vorlage für einen Standard genutzt. Aufgrund der festgelegten Schnittstellen können Geräte und Software unterschiedlicher Hersteller kombiniert werden. Es ist z. B. relativ einfach, einen PC mittels des Standard-Protokolls TCP/IP mit einem Rechner der Firma SUN zu koppeln. Beachten Sie hier bitte, dass TCP/IP nicht wirklich OSI-konform ist, da das OSI-Referenzmodell erst nach der Entstehung von TCP/IP entwickelt wurde.

## Schichtabhängige Bezeichnung eines Datenpakets

Der Begriff *Datenpaket* findet allgemein Verwendung, wird jedoch, abhängig von der Schicht, unterschiedlich bezeichnet:

---

Anwendungsorientierte Schichten:	Message
Transportschicht:	Segment
Netzwerkschicht:	Datagramm
Sicherungsschicht:	Frame
Bitübertragungsschicht:	Bits (keine Pakete !)

---

## Zusammenfassung

- ✓ Sie haben gesehen, dass das OSI-Referenzmodell versucht, eine klare Aufgabenteilung der Systeme in einem offenen Kommunikationssystem festzulegen.
- ✓ Um diese Zielsetzung erfüllen zu können, wird das Kommunikationsverhalten eines Systems im OSI-Referenzmodell in sieben Schichten eingeteilt: 1. Physical Layer, 2. Data Link Layer, 3. Network Layer, 4. Transport Layer, 5. Session Layer, 6. Presentation Layer, 7. Application Layer.
- ✓ Jeder implementierten Komponente innerhalb eines Systems kommen spezifische Funktionen auf jeder Schicht des Modells zu.
- ✓ Die mit Hilfe des OSI-Modells entwickelten Protokolle und Standards ermöglichen vielfach erst den Aufbau einer heterogenen Netzwerkumgebung.

## Übungen

1. Wie nennt man die Regeln für eine Kommunikation in der Netzwerktechnik?
2. Was ist die technische Grundlage für die Nutzung eines Protokolls?
3. Bitte ergänzen Sie!  
  
Das OSI-Referenzmodell unterteilt ein System in \_\_\_\_\_ Schichten, wobei zwei große Gruppen, die \_\_\_\_\_ und die \_\_\_\_\_ orientierten Schichten, unterschieden werden.
4. Betrachten Sie die Realisierung einer OSI-konformen Komponente in der Praxis, was erhalten Sie?
5. Gibt es bestimmte Schichten, die hardwareseitig und andere, die nur softwareseitig realisiert werden? Wenn ja, um welche Schichten handelt es sich? Falls nicht, warum ist das wichtig für eine Realisierung nach OSI?
6. Betrachten Sie ein Telefongespräch als Beispiel für ein OSI-konformes System. Bringen Sie die folgenden unterschiedlichen Ebenen in die richtige Reihenfolge, beginnend mit der untersten Schicht: Menschen, Vermittlung, Kabel, Telefon.
7. Bitte betrachten Sie die Komponenten, die jeweils die Schichten 1 bis 4 implementiert haben. Beschreiben Sie, welche Schicht mit jeweils welcher anderen Schicht kommuniziert.

## Übungen

---

8. Bitte ergänzen Sie!

Die Kommunikation zwischen zwei gleich hohen Schichten auf zwei unterschiedlichen Systemen nennt man eine \_\_\_\_\_ Kommunikation.

9. Welcher Zusammenhang besteht zwischen einer Schicht des OSI-Referenz-Modells und einem Protokoll?

10. Gibt es bestimmte Schichten, die kein Protokoll nutzen?

Die Lösungen zu diesen Aufgaben finden Sie im Anschluss an das Glossar.