

4.2 Bits, Signale und Übertragungsarten

Auf OSI-Schicht 1 werden Daten als Bits übertragen.

Ein Bit ist entweder:

0
oder
1

Damit diese Bits über ein Medium übertragen werden können, müssen sie physisch dargestellt werden.

Das geschieht durch Signale.

Je nach Übertragungsmedium können das sein:

- elektrische Signale
- optische Signale
- Funksignale

Merksatz:

Bits sind logisch.
Signale sind physisch.

Vom Bit zum Signal

Ein Computer verarbeitet digitale Daten als Bits.

Damit diese Bits über ein Netzwerk übertragen werden können, müssen sie in Signale umgesetzt werden.

Beispiel:

Bitfolge:
1 0 1 1 0 0 1

Diese Bitfolge wird auf dem Übertragungsmedium als Signalfolge dargestellt.

Je nach Technik kann das zum Beispiel bedeuten:

- unterschiedliche Spannungszustände
- Lichtimpulse
- Frequenzänderungen
- Phasenänderungen
- Signalpegeländerungen

Wichtig:

Schicht 1 beschäftigt sich nicht mit der Bedeutung der Daten.
Sie überträgt nur Bits als Signale.

Merksatz:

Schicht 1 fragt nicht „Was bedeuten die Daten?“,
sondern „Wie werden die Bits übertragen?“

Digitale Daten

Digitale Daten bestehen aus diskreten Werten.

In Computern sind das normalerweise Bits.

Ein Bit kann zwei Zustände annehmen:

Bit	Bedeutung
0	Zustand 0
1	Zustand 1

Mehrere Bits ergeben größere Informationseinheiten.

Beispiele:

Einheit	Größe
1 Bit	kleinste Informationseinheit
1 Byte	8 Bit
1 Kilobyte	ungefähr 1000 Byte
1 Megabyte	ungefähr 1 Million Byte

Merksatz:

Digitale Daten bestehen aus Bits.

Analoge Signale

Ein analoges Signal kann kontinuierliche Werte annehmen.

Beispiel:

Spannung kann stufenlos steigen oder fallen.

Analoge Signale kennt man zum Beispiel aus:

- klassischer Telefontechnik
- Radio
- Audio
- Funktechnik
- Sensorik

In der Netzwerktechnik werden digitale Daten oft über physische Signale übertragen, die technisch als elektrische, optische oder elektromagnetische Signalverläufe auftreten.

Wichtig:

Die Daten sind digital.

Die physische Übertragung erfolgt über reale Signale.

Merksatz:

Digitale Information wird physisch als Signal übertragen.

Elektrische Signale

Elektrische Signale werden über Kupfer übertragen.

Typische Medien:

- Twisted-Pair-Kabel
- Koaxialkabel

Bei elektrischen Signalen können Bits zum Beispiel durch verschiedene Spannungszustände oder Signalverläufe dargestellt werden.

Typische Einflussfaktoren:

- Kabellänge
- Kabelqualität
- Schirmung
- Dämpfung
- Störungen
- Steckverbindungen
- elektromagnetische Einflüsse

Merksatz:

Kupfer überträgt Bits elektrisch.

Optische Signale

Optische Signale werden über Lichtwellenleiter übertragen.

Typisches Medium:

LWL

Andere Bezeichnungen:

Glasfaser
Fiber

Bei optischen Signalen werden Bits durch Lichtsignale übertragen.

Typische Einflussfaktoren:

- Faserart
- Wellenlänge
- Dämpfung
- Steckverbindungen
- Spleiße
- Verschmutzung
- Biegeradius
- passendes SFP-Modul

Wichtig:

Niemals direkt in Glasfaser oder optische Ports schauen.

Merksatz:

Glasfaser überträgt Bits optisch.

Funksignale

Funksignale werden drahtlos übertragen.

Typisches Beispiel:

WLAN

WLAN nutzt elektromagnetische Wellen.

Typische Einflussfaktoren:

- Entfernung
- Wände
- Decken
- andere WLAN-Netze
- Kanalbelegung
- Frequenzband
- Sendeleistung
- Antennen
- Anzahl der Clients

Merksatz:

WLAN überträgt Bits per Funk.

Signalpegel

Ein Signalpegel beschreibt die Stärke eines Signals.

Je nach Technik kann ein Signalpegel zum Beispiel eine elektrische Spannung, eine optische Leistung oder eine Funk-Signalstärke beschreiben.

Ein zu schwaches Signal kann dazu führen, dass der Empfänger die Bits nicht mehr sicher erkennt.

Mögliche Folgen:

- Übertragungsfehler
- Paketverluste
- niedriger Durchsatz
- Verbindungsabbrüche
- keine Verbindung

Merksatz:

Signalpegel = Stärke eines Signals.

Dämpfung

Dämpfung bedeutet:

Ein Signal wird schwächer.

Dämpfung kann auftreten bei:

- Kupferkabeln
- Glasfaser
- WLAN-Funkstrecken

Typische Ursachen:

- lange Strecke
- schlechte Steckverbindung
- beschädigtes Kabel
- zu enger Biegeradius
- Verschmutzung
- Störungen
- falsches Medium

Merksatz:

Dämpfung = Signalverlust.

Störung

Eine Störung ist eine unerwünschte Beeinflussung eines Signals.

Beispiele:

- elektromagnetische Störung
- Funkstörung
- Rauschen
- schlechte Abschirmung
- Übersprechen zwischen Adern
- Reflexionen
- defekte Komponenten

Störungen können dazu führen, dass Bits falsch erkannt werden.

Merksatz:

Störung = unerwünschte Beeinflussung der Signalübertragung.

Rauschen

Rauschen ist ein unerwünschtes Signal, das das eigentliche Nutzsignal überlagern kann.

Je stärker das Rauschen ist, desto schwieriger kann der Empfänger das Nutzsignal korrekt erkennen.

Wichtig:

Nicht nur die Signalstärke ist entscheidend.
Auch das Verhältnis zwischen Nutzsignal und Störung ist wichtig.

Merksatz:

Rauschen erschwert die sichere Erkennung von Bits.

Signal-Rausch-Abstand

Der Signal-Rausch-Abstand beschreibt das Verhältnis zwischen Nutzsignal und Störsignal.

Abkürzung:

SNR

SNR steht für:

Signal-to-Noise Ratio

Je größer der Signal-Rausch-Abstand ist, desto besser kann der Empfänger das Signal auswerten.

Merksatz:

Hoher SNR = bessere Signalqualität.

Codierung auf Schicht 1

Damit Bits übertragen werden können, müssen sie in eine Signalform gebracht werden.

Das nennt man Codierung.

Codierung bedeutet hier:

Bits werden nach einer festgelegten Regel als Signale dargestellt.

Beispiel vereinfacht:

Bit 1 = bestimmter Signalzustand

Bit 0 = anderer Signalzustand

In echten Netzwerken sind die Codierungsverfahren deutlich komplexer.

Wichtig für die Prüfung:

Die Bitübertragungsschicht legt fest,
wie Bits physisch als Signale übertragen werden.

Merksatz:

Codierung = Regel zur Darstellung von Bits als Signale.

Leitungscodierung

Leitungscodierung beschreibt, wie digitale Bits auf einer Leitung als Signal dargestellt werden.

Dabei geht es zum Beispiel um:

- Signalwechsel
- Spannungszustände
- Taktrückgewinnung
- Störsicherheit
- Synchronisation

Die genaue technische Umsetzung hängt vom jeweiligen Standard ab.

Beispiele für Ethernet-Standards:

- 100BASE-TX
- 1000BASE-T
- 10GBASE-T

Wichtig:

Verschiedene Ethernet-Standards können unterschiedliche Codierungsverfahren nutzen.

Merksatz:

Leitungscodierung macht Bits auf dem Medium übertragbar.

Modulation

Modulation bedeutet:

Ein Trägersignal wird verändert,
um Informationen zu übertragen.

Das ist besonders bei Funktechnik wichtig.

Bei WLAN können Informationen zum Beispiel durch Änderungen von Eigenschaften eines Funksignals übertragen werden.

Solche Eigenschaften können sein:

- Amplitude
- Frequenz
- Phase

Wichtig:

Für AP1/AP2 reicht meistens das Grundverständnis:
Modulation verändert ein Signal,
damit Daten übertragen werden können.

Merksatz:

Modulation = Information auf ein Signal aufprägen.

Amplitude

Amplitude beschreibt vereinfacht die Stärke oder Auslenkung eines Signals.

Bei einem elektrischen Signal kann das mit der Spannung zusammenhängen.

Bei einem Funksignal kann es mit der Signalstärke zusammenhängen.

Merksatz:

Amplitude = Stärke beziehungsweise Auslenkung eines Signals.

Frequenz

Frequenz beschreibt, wie oft sich ein Signal pro Sekunde wiederholt.

Einheit:

Hertz

Abkürzung:

Hz

Beispiele:

2,4 GHz

5 GHz

6 GHz

GHz bedeutet:

Gigahertz

Also:

Milliarden Schwingungen pro Sekunde

Merksatz:

Frequenz = Schwingungen pro Sekunde.

Phase

Phase beschreibt die Lage einer Schwingung zu einem bestimmten Zeitpunkt.

In der Funktechnik kann auch die Phase genutzt werden, um Informationen zu übertragen.

Für die Prüfung reicht meistens:

Phase ist eine Eigenschaft eines Signals.

Merksatz:

Phase = Lage einer Schwingung.

Taktung

Damit Sender und Empfänger Bits richtig verstehen, müssen sie zeitlich zusammenarbeiten.

Der Empfänger muss wissen:

Wann beginnt ein Bit?

Wann endet ein Bit?

Wann soll das Signal ausgewertet werden?

Diese zeitliche Abstimmung nennt man Taktung oder Synchronisation.

Merksatz:

Taktung hilft dem Empfänger,
die Bits zum richtigen Zeitpunkt zu erkennen.

Synchronisation

Synchronisation bedeutet:

Sender und Empfänger stimmen sich zeitlich aufeinander ab.

Ohne Synchronisation könnte der Empfänger die Bitfolge falsch interpretieren.

Beispiel:

Sender sendet eine Folge von Bits.
Empfänger muss erkennen,
wo die einzelnen Bits beginnen und enden.

Merksatz:

Synchronisation = zeitliche Abstimmung zwischen Sender und Empfänger.

Bitrate

Die Bitrate beschreibt, wie viele Bits pro Sekunde übertragen werden.

Einheit:

bit/s

Typische Angaben:

Mbit/s
Gbit/s

Beispiele:

Angabe	Bedeutung
100 Mbit/s	100 Millionen Bit pro Sekunde
1 Gbit/s	1 Milliarde Bit pro Sekunde
10 Gbit/s	10 Milliarden Bit pro Sekunde

Merksatz:

Bitrate = Bits pro Sekunde.

Baudrate

Baudrate beschreibt die Anzahl der Signalzustandswechsel oder Symbole pro Sekunde.

Wichtig:

Bitrate und Baudrate sind nicht immer dasselbe.

Ein Symbol kann je nach Codierung oder Modulation mehr als ein Bit enthalten.

Für die Prüfung reicht meistens:

Bitrate = Datenmenge in Bit pro Sekunde.

Baudrate = Symbolrate.

Merksatz:

Bitrate $\neq$ Baudrate.

Symbol

Ein Symbol ist ein übertragener Signalzustand.

Je nach Verfahren kann ein Symbol ein oder mehrere Bits darstellen.

Beispiel vereinfacht:

einfaches Verfahren:

1 Symbol = 1 Bit

komplexeres Verfahren:

1 Symbol = mehrere Bits

Dadurch können höhere Datenraten erreicht werden.

Merksatz:

Symbol = Signalzustand zur Informationsübertragung.

Bandbreite

Bandbreite kann je nach Zusammenhang unterschiedlich verwendet werden.

In der Netzwerktechnik meint man im Alltag oft:

maximale Übertragungskapazität

Beispiel:

1 Gbit/s Ethernet

Fachlich kann Bandbreite auch einen Frequenzbereich beschreiben.

Wichtig für die Prüfung:

Bandbreite ist nicht automatisch gleich tatsächlicher Durchsatz.

Merksatz:

Bandbreite = mögliche Kapazität,
Durchsatz = tatsächlich erreicht.

Durchsatz

Durchsatz beschreibt die tatsächlich übertragene Datenmenge pro Zeit.

Der Durchsatz ist oft niedriger als die theoretische Bandbreite.

Gründe:

- Protokoll-Overhead
- Störungen
- Wiederholungen
- schwache Signalqualität
- viele Clients
- langsame Gegenstelle
- Engpässe im Netzwerk

Merksatz:

Durchsatz = reale Nutzdatenrate.

Latenz

Latenz beschreibt die Verzögerung bei der Übertragung.

Beispiel:

Wie lange dauert es,
bis ein Signal oder Paket beim Ziel ankommt?

Latenz ist besonders wichtig bei:

- VoIP
- Videokonferenzen
- Gaming
- Echtzeitanwendungen
- industrieller Steuerung

Merksatz:

Latenz = Verzögerungszeit.

Jitter

Jitter beschreibt Schwankungen der Latenz.

Beispiel:

Ein Paket braucht 20 ms.
Das nächste Paket braucht 80 ms.
Das nächste wieder 30 ms.

Solche Schwankungen können Probleme verursachen.

Besonders kritisch bei:

- Sprache
- Video
- Echtzeitkommunikation

Merksatz:

Jitter = schwankende Verzögerung.

Bitfehler

Ein Bitfehler entsteht, wenn ein Bit falsch erkannt wird.

Beispiel:

gesendet: 1
empfangen: 0

Ursachen können sein:

- Störungen
- Dämpfung
- schlechte Signalqualität
- defektes Kabel
- falsche Übertragungsstrecke
- schlechte Funkverbindung

Merksatz:

Bitfehler = Bit wird falsch übertragen oder erkannt.

Bitfehlerrate

Die Bitfehlerrate beschreibt, wie viele Bits fehlerhaft übertragen werden.

Abkürzung:

BER

BER steht für:

Bit Error Rate

Eine hohe Bitfehlerrate weist auf schlechte Übertragungsqualität hin.

Merksatz:

BER = Anteil fehlerhafter Bits.

Schicht 1 und Fehlererkennung

Schicht 1 überträgt Bits als Signale.

Die eigentliche Erkennung fehlerhafter Frames erfolgt häufig auf Schicht 2, zum Beispiel durch Prüfsummen im Ethernet-Frame.

Wichtig:

Schicht 1 kann Ursache für Fehler sein.
Schicht 2 erkennt viele Übertragungsfehler in Frames.

Merksatz:

Schicht 1 verursacht oft Signalprobleme.
Schicht 2 erkennt viele Framefehler.

Typische Schicht-1-Fehlerbilder

Typische Fehlerbilder bei Problemen mit Bits und Signalen:

- kein Link
- instabiler Link
- niedrige ausgehandelte Geschwindigkeit
- viele CRC- oder FCS-Fehler am Switch-Port
- Paketverluste
- niedriger Durchsatz
- hohe Wiederholungsrate
- schlechtes WLAN-Signal
- Glasfaser-Link kommt nicht hoch

Wichtig:

CRC- oder FCS-Fehler werden auf Schicht 2 erkannt,
können aber durch Schicht-1-Probleme verursacht werden.

Merksatz:

Schicht-1-Probleme zeigen sich oft als Fehler auf höheren Schichten.

Beispiele für Schicht-1-Prüfung

Bei Kupfer:

- Kabel steckt richtig?
- Link-LED leuchtet?
- Kabel beschädigt?
- richtige Kabelkategorie?
- richtige Geschwindigkeit?
- Port aktiv?
- Adern korrekt aufgelegt?

Bei LWL:

- passendes SFP-Modul?
- richtige Faserart?
- TX und RX korrekt?
- Stecker sauber?
- Strecke zu lang?
- Dämpfungsbudget eingehalten?

Bei WLAN:

- Signal stark genug?
- richtiger Frequenzbereich?
- Kanal überlastet?
- Störungen vorhanden?
- Access Point richtig positioniert?

Merksatz:

Schicht 1 prüft man immer am Übertragungsmedium und an der Signalqualität.

Was Schicht 1 nicht macht

Schicht 1 überträgt nur Bits.

Schicht 1 entscheidet nicht über:

- MAC-Adressen
- IP-Adressen
- VLANs
- Routing
- TCP-Ports
- UDP-Ports
- DNS-Namen
- HTTP-Anfragen
- Benutzeranmeldungen

Diese Themen gehören zu höheren Schichten.

Merksatz:

Schicht 1 kennt keine Adressen und keine Dienste.

Einordnung wichtiger Begriffe

Begriff	Einordnung
Bit	Schicht 1
Signal	Schicht 1
Spannung	Schicht 1
Lichtimpuls	Schicht 1
Funksignal	Schicht 1
Frequenz	Schicht 1
Taktung	Schicht 1
Codierung	Schicht 1
MAC-Adresse	Schicht 2

Begriff	Einordnung
IP-Adresse	Schicht 3
TCP-Port	Schicht 4
DNS	Schicht 7

Merksatz:

Bit, Signal, Frequenz und Taktung gehören zu Schicht 1.

Typische IHK-Fragen

In AP1 und AP2 kann zum Beispiel gefragt werden:

- Wie werden Bits auf Schicht 1 übertragen?
- Was ist ein Signal?
- Was ist der Unterschied zwischen Bit und Signal?
- Welche Signalarten gibt es?
- Was bedeutet Dämpfung?
- Was bedeutet Signal-Rausch-Abstand?
- Was ist Codierung?
- Was ist Modulation?
- Was ist der Unterschied zwischen Bitrate und Baudrate?
- Was ist ein Bitfehler?
- Was bedeutet Bitfehlerrate?
- Warum ist Bandbreite nicht gleich Durchsatz?
- Warum können Schicht-1-Probleme zu Fehlern auf höheren Schichten führen?

Typische Prüfungsfallen

Bits sind nicht dasselbe wie Signale.

Schicht 1 kennt keine IP-Adressen.

Schicht 1 kennt keine MAC-Adressen.

Schicht 1 kennt keine TCP- oder UDP-Ports.

Dämpfung bedeutet Signalverlust.

Signalstärke allein reicht nicht,
auch Störungen sind wichtig.

Bitrate und Baudrate sind nicht immer gleich.

Bandbreite und Durchsatz sind nicht dasselbe.

CRC-Fehler werden auf Schicht 2 erkannt,
können aber durch Schicht-1-Probleme verursacht werden.

WLAN-Probleme können Funkprobleme sein,
aber auch IP-, DNS- oder Sicherheitsprobleme.

Wichtige Begriffe kurz erklärt

Begriff	Kurze Erklärung
Bit	kleinste Informationseinheit, 0 oder 1
Signal	physische Darstellung von Information
elektrisches Signal	Signal über Kupfer
optisches Signal	Signal über Lichtwellenleiter
Funksignal	drahtloses elektromagnetisches Signal
Signalpegel	Stärke eines Signals
Dämpfung	Abschwächung eines Signals
Störung	unerwünschte Beeinflussung eines Signals
Rauschen	unerwünschtes Signal neben dem Nutzsignal
SNR	Signal-Rausch-Abstand
Codierung	Darstellung von Bits als Signale
Leitungscodierung	Codierung für die Übertragung auf Leitungen
Modulation	Aufprägen von Information auf ein Signal
Amplitude	Stärke beziehungsweise Auslenkung eines Signals
Frequenz	Schwingungen pro Sekunde
Phase	Lage einer Schwingung
Taktung	zeitliche Einteilung der Signalübertragung

Begriff	Kurze Erklärung
Synchronisation	zeitliche Abstimmung zwischen Sender und Empfänger
Bitrate	Bits pro Sekunde
Baudrate	Symbole pro Sekunde
Symbol	Signalzustand zur Informationsübertragung
Bandbreite	mögliche Kapazität oder Frequenzbereich
Durchsatz	tatsächlich erreichte Datenrate
Latenz	Verzögerung
Jitter	Schwankung der Verzögerung
Bitfehler	falsch übertragenes oder falsch erkanntes Bit
BER	Bit Error Rate, Bitfehlerrate

IHK-sichere Kurzformulierung

Auf OSI-Schicht 1 werden Bits als physische Signale übertragen. Digitale Daten bestehen aus Bits, die je nach Medium als elektrische, optische oder elektromagnetische Signale dargestellt werden. Damit Sender und Empfänger die Bits korrekt verstehen, sind Codierung, Taktung, Synchronisation, Signalpegel und Signalqualität wichtig. Störungen, Dämpfung oder Rauschen können zu Bitfehlern führen. Schicht 1 kennt keine MAC-Adressen, IP-Adressen oder Ports, sondern ist ausschließlich für die physische Bitübertragung zuständig.

Merksätze

Bits sind logisch.

Signale sind physisch.

Schicht 1 überträgt Bits als Signale.

Kupfer = elektrische Signale.

Glasfaser = optische Signale.

WLAN = Funksignale.

Dämpfung = Signalverlust.

Störung = unerwünschte Beeinflussung.

SNR = Signal-Rausch-Abstand.

Codierung = Bits als Signale darstellen.

Modulation = Information auf ein Signal aufprägen.

Frequenz = Schwingungen pro Sekunde.

Bitrate = Bits pro Sekunde.

Baudrate = Symbole pro Sekunde.

Bitrate und Baudrate sind nicht immer dasselbe.

Bandbreite ist nicht Durchsatz.

Latenz = Verzögerung.

Jitter = schwankende Verzögerung.

Bitfehler = Bit wird falsch erkannt.

Schicht 1 kennt keine MAC-Adresse.

Schicht 1 kennt keine IP-Adresse.

Schicht 1 kennt keine Ports.

Schicht-1-Probleme können höhere Schichten beeinflussen.
