

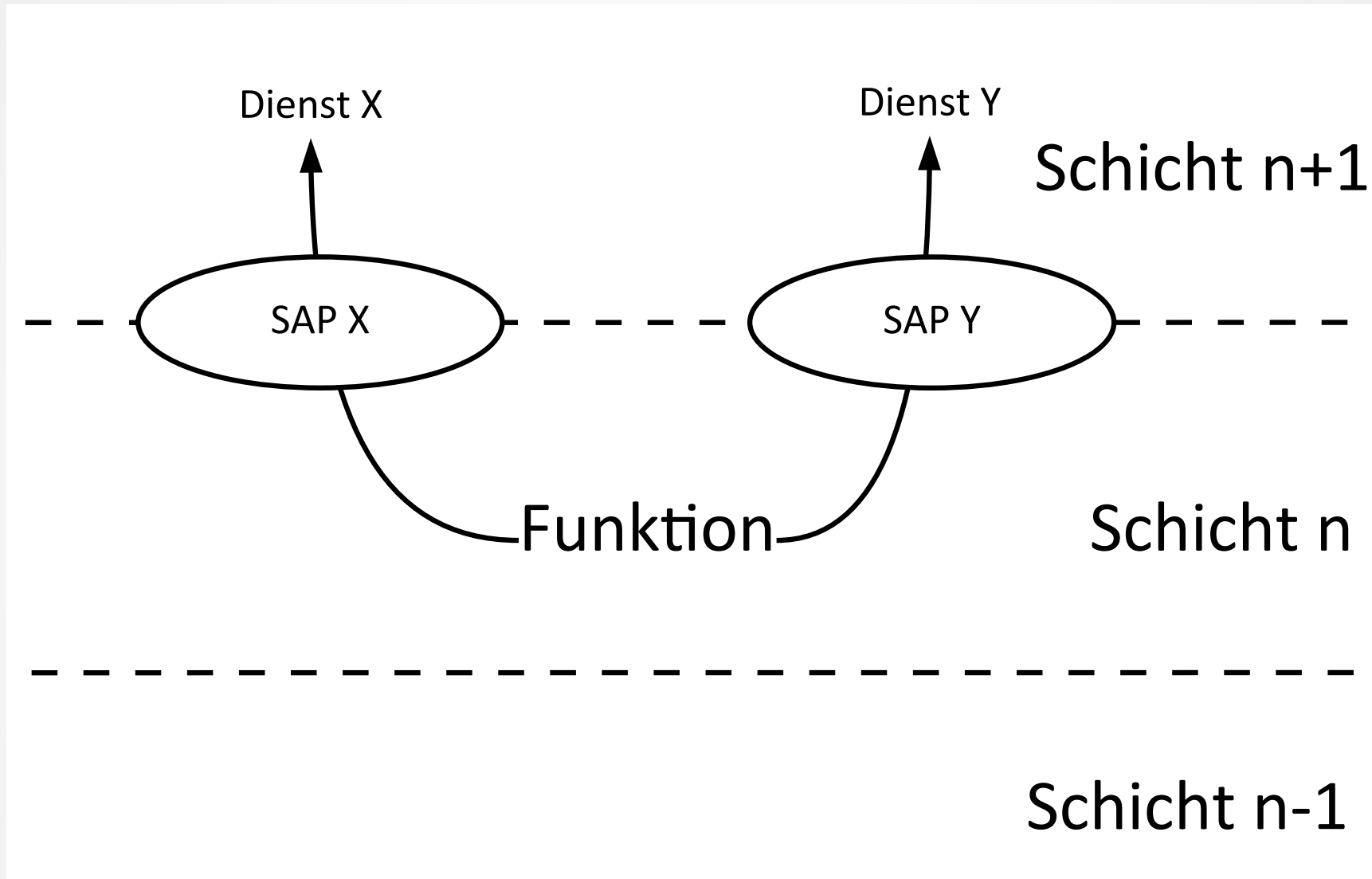
# Netztechnik-Vorlesung Teil -2

# Netztechnik-Vorlesung Teil-2

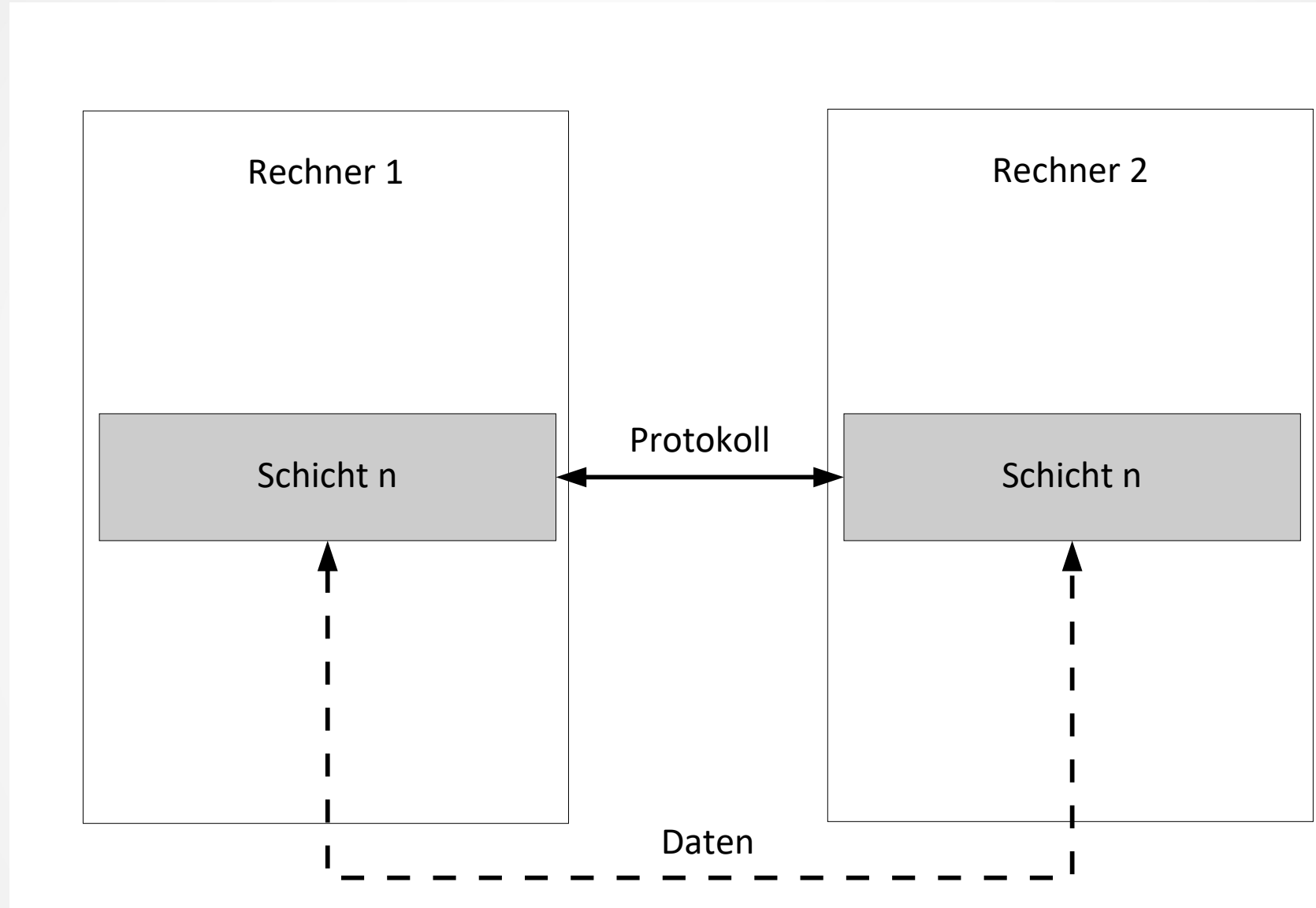
## Inhalt

- Schichtenmodelle (allgemein)
- ISO/OSI-7-Schicht-Referenzmodell
- Abtastung
- Fourier-Synthese
- Kanal-Kapazität / Informationsmenge
- Multiplexverfahren
- Grundbegriffe

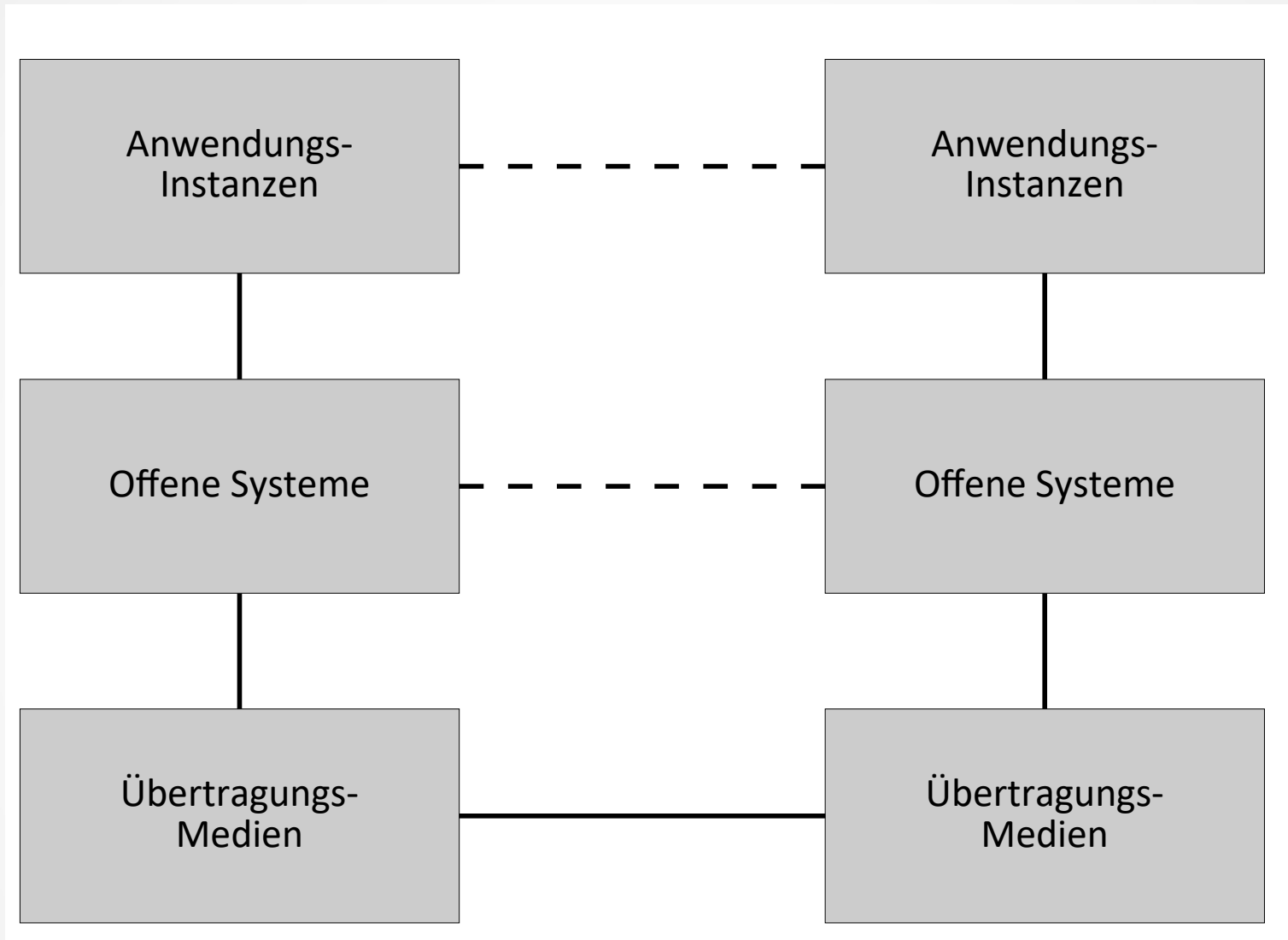
# Schichtenmodelle: Dienstesicht



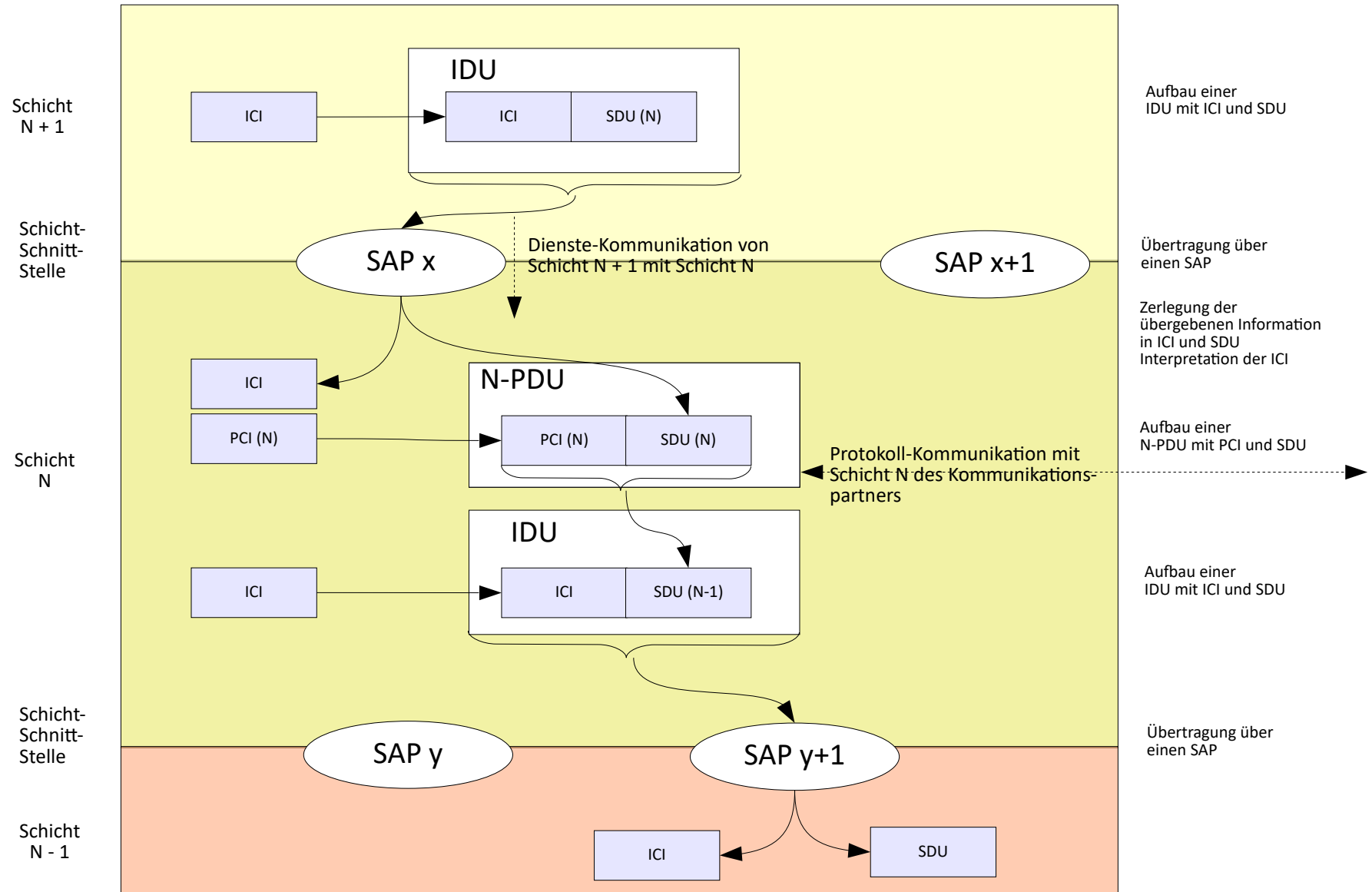
# Schichtenmodelle: Protokollsicht



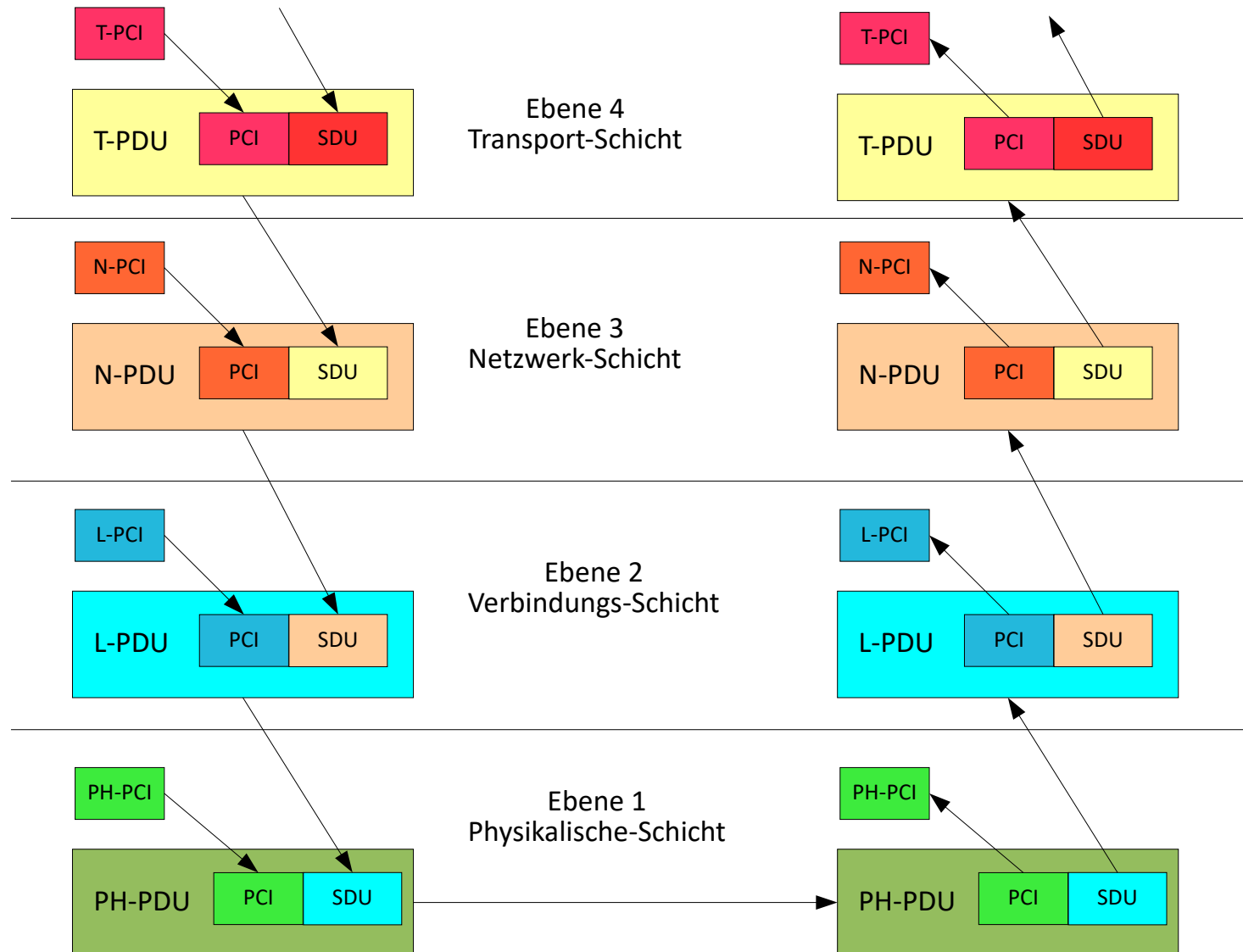
# Grundelemente einer Kommunikationsarchitektur



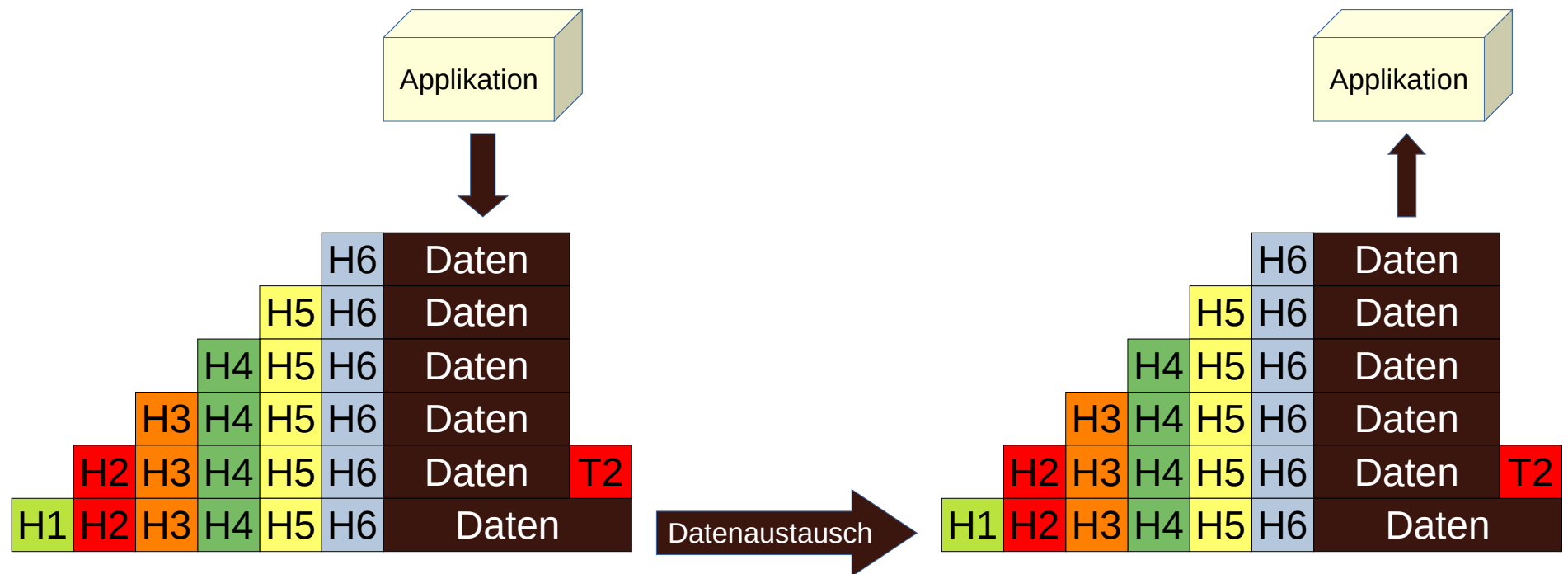
# Interaktion zwischen den Schichten



# Schnittstellen-Übergabe

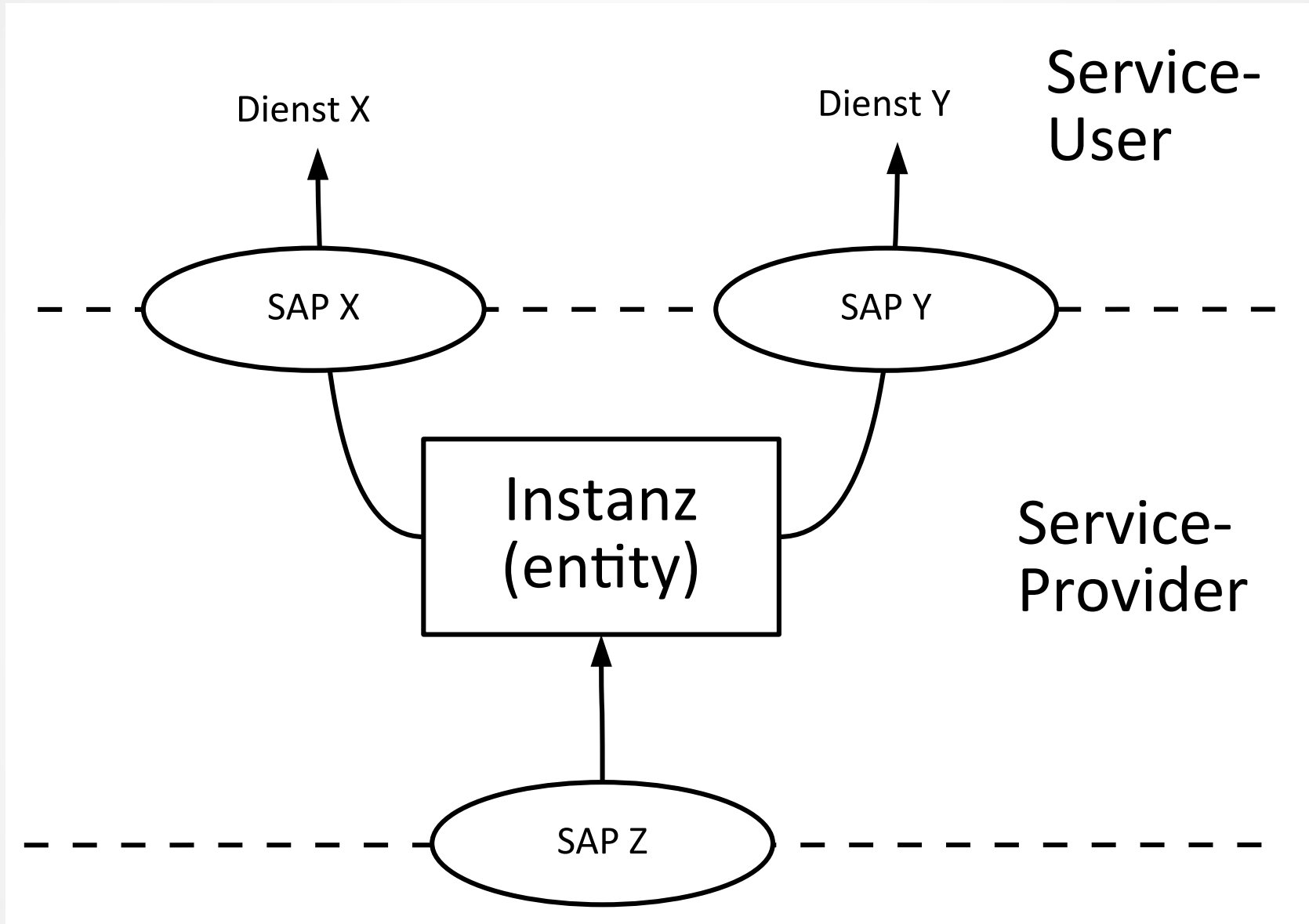


# Header-Aufbau / Header-Abbau

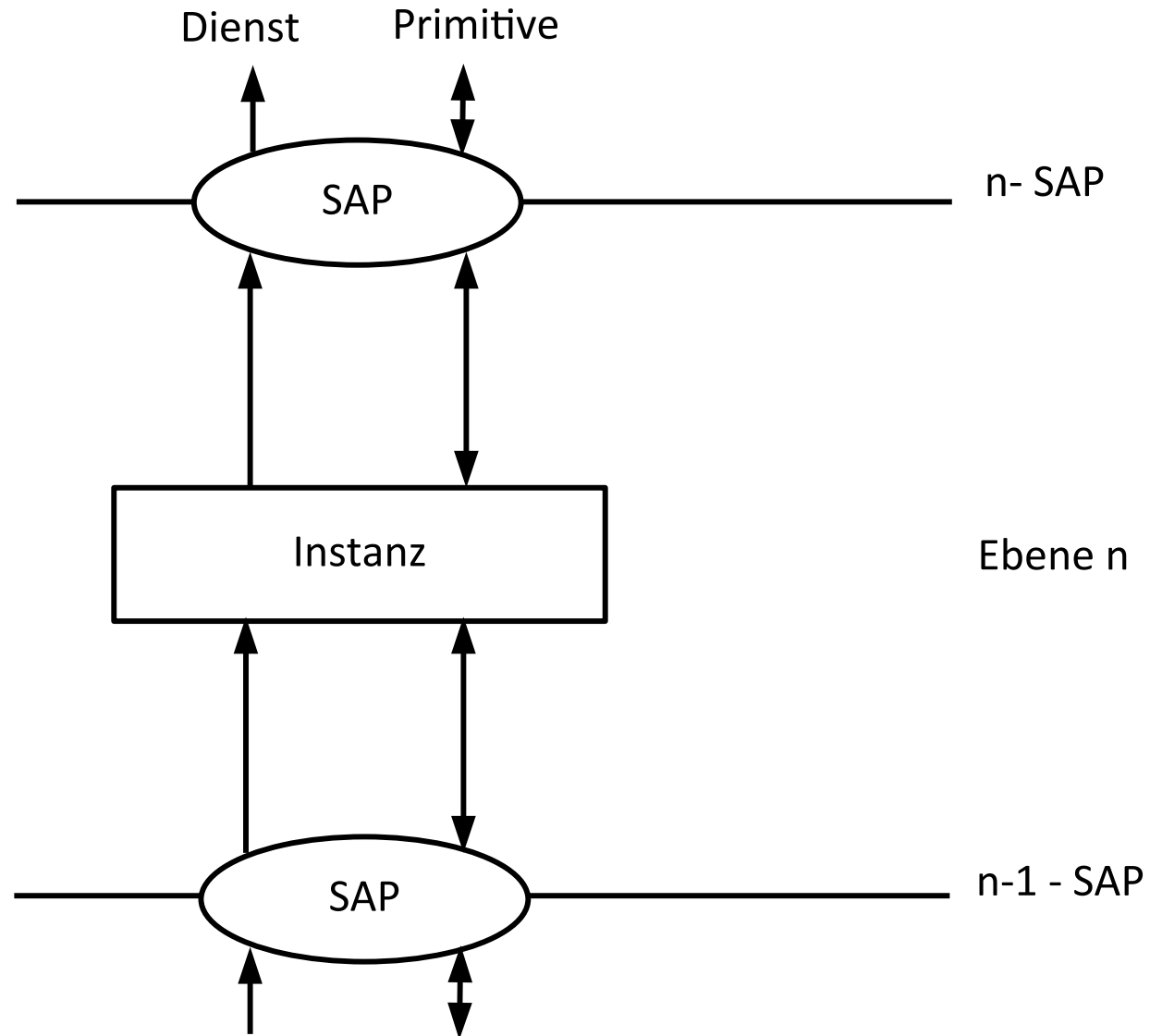




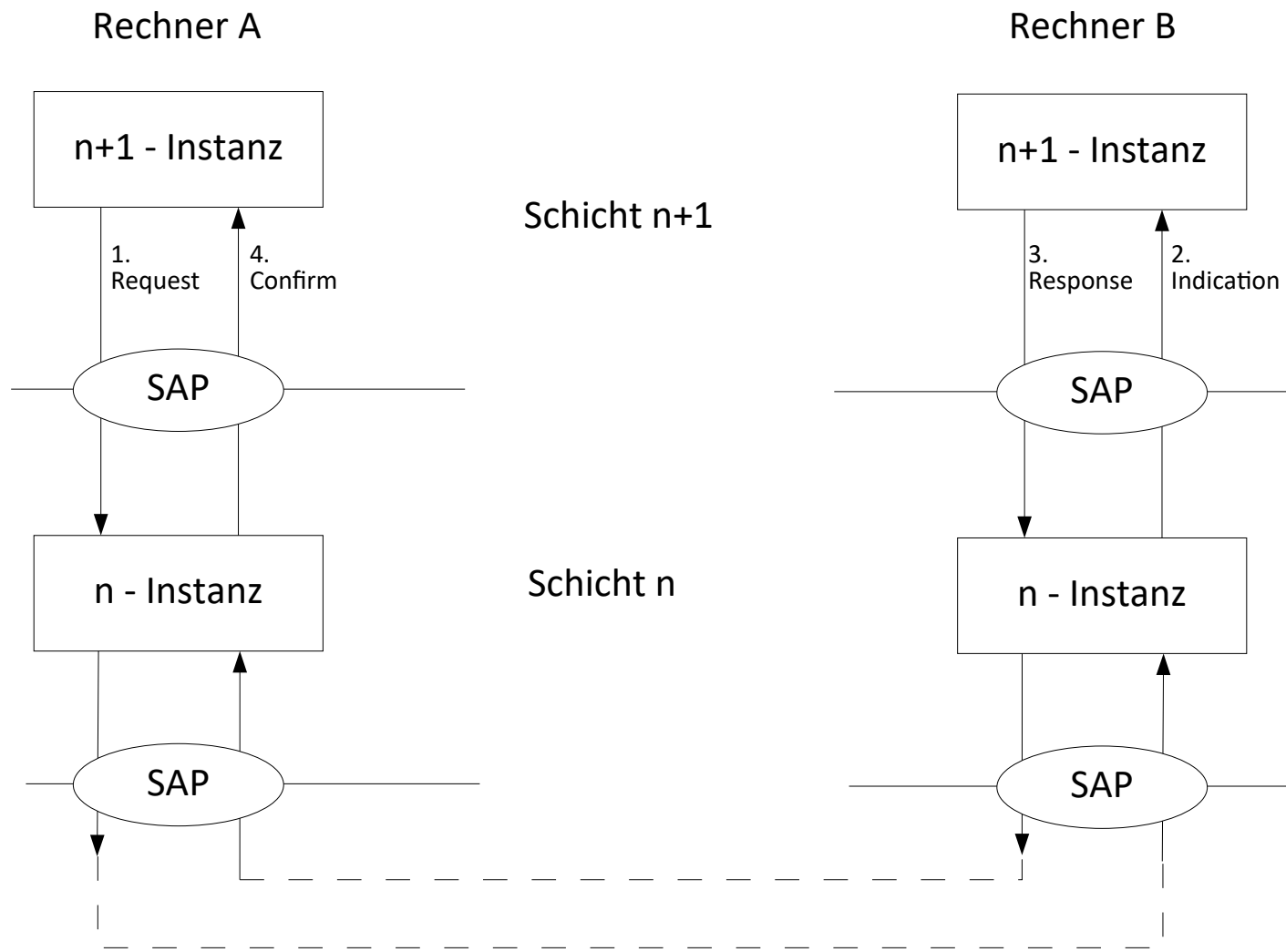
# Bestandteile von Referenzmodellen



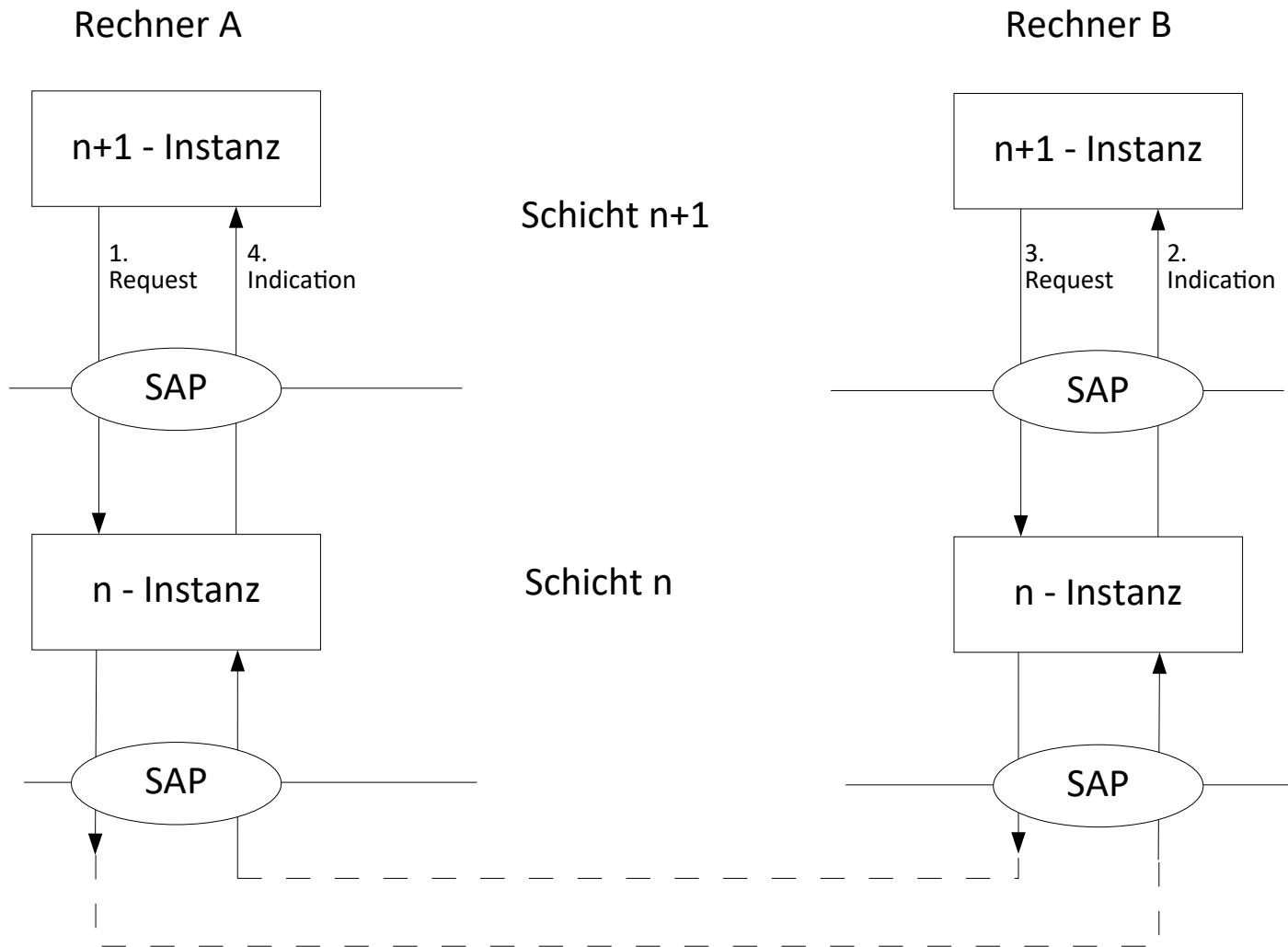
# Primitive



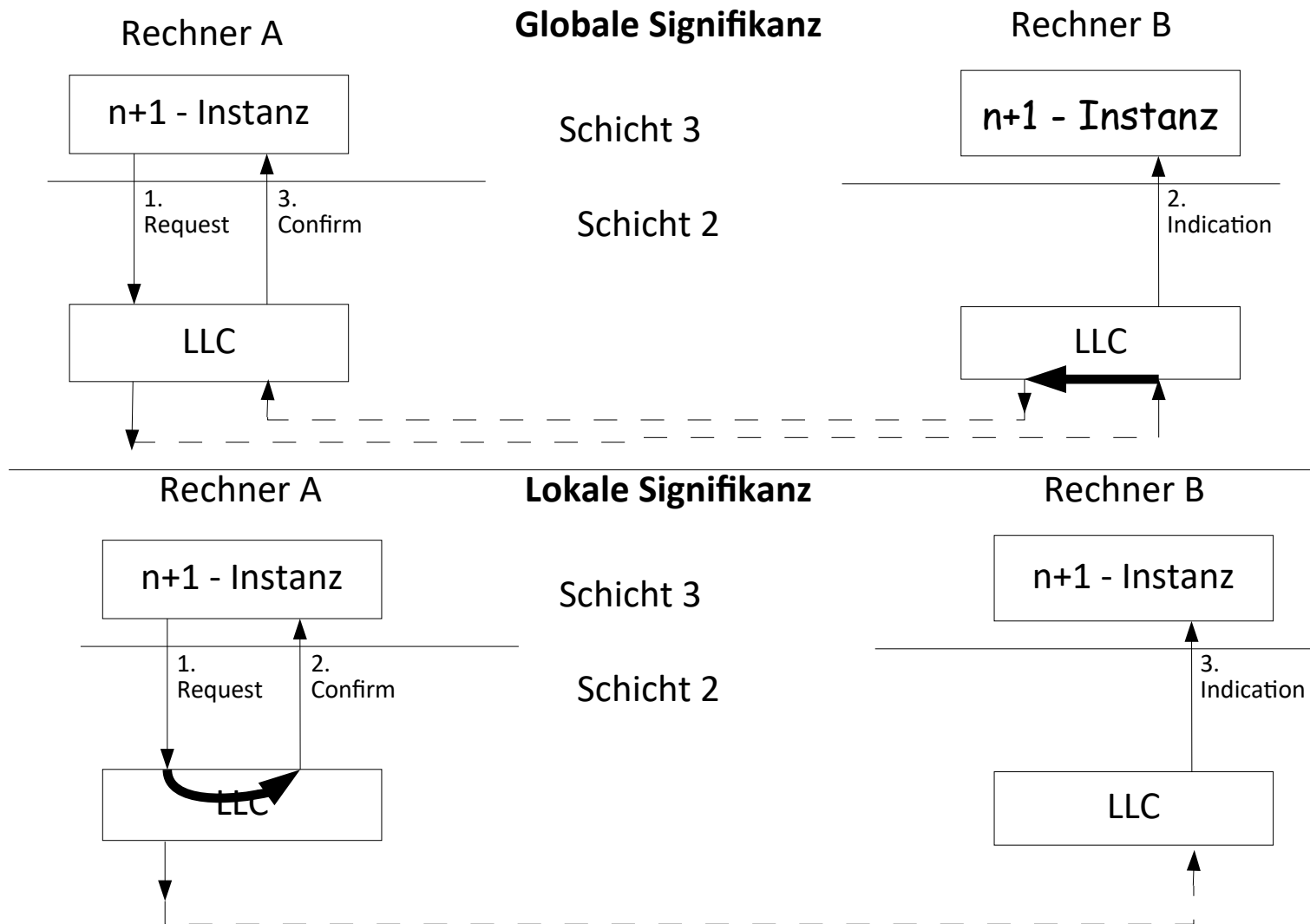
# Primitive bei verbindungsorientierter Kommunikation



# Primitive bei verbindungsloser Kommunikation

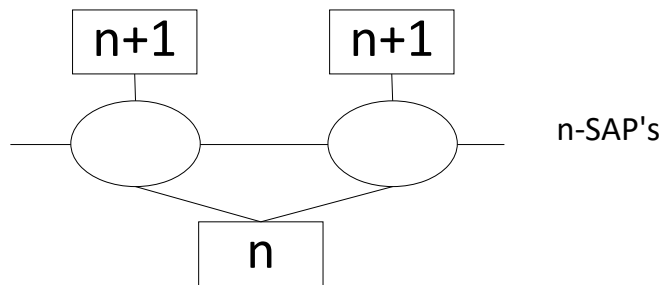


# Globale und lokale Signifikanz

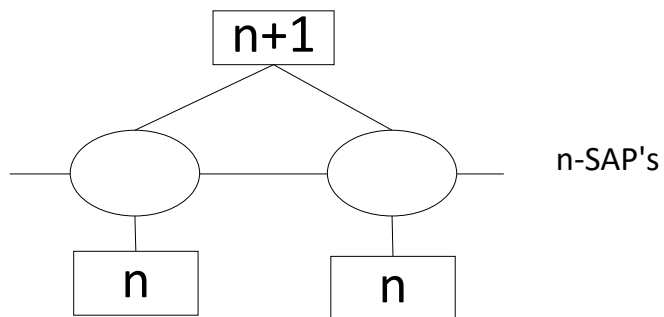


# SAP-Zugriff (erlaubt / nicht erlaubt)

## ERLAUBT

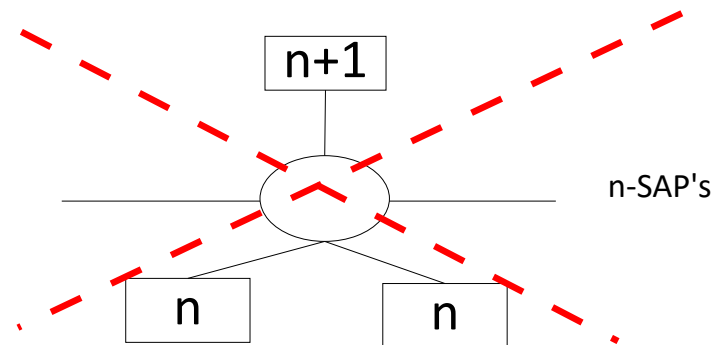


Eine n-Instanz darf mehrere n-SAP's bedienen

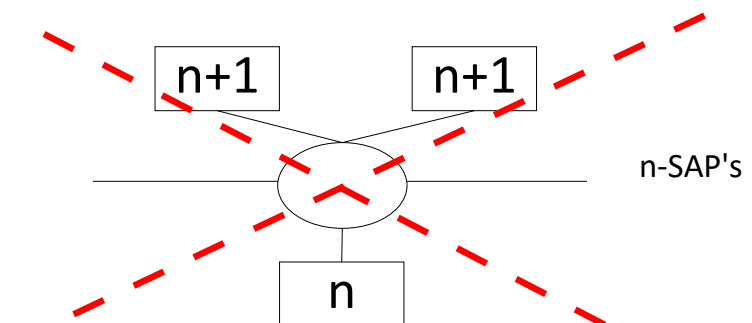


Eine n+1-Instanz darf mehrere n-SAP's benutzen

## NICHT ERLAUBT

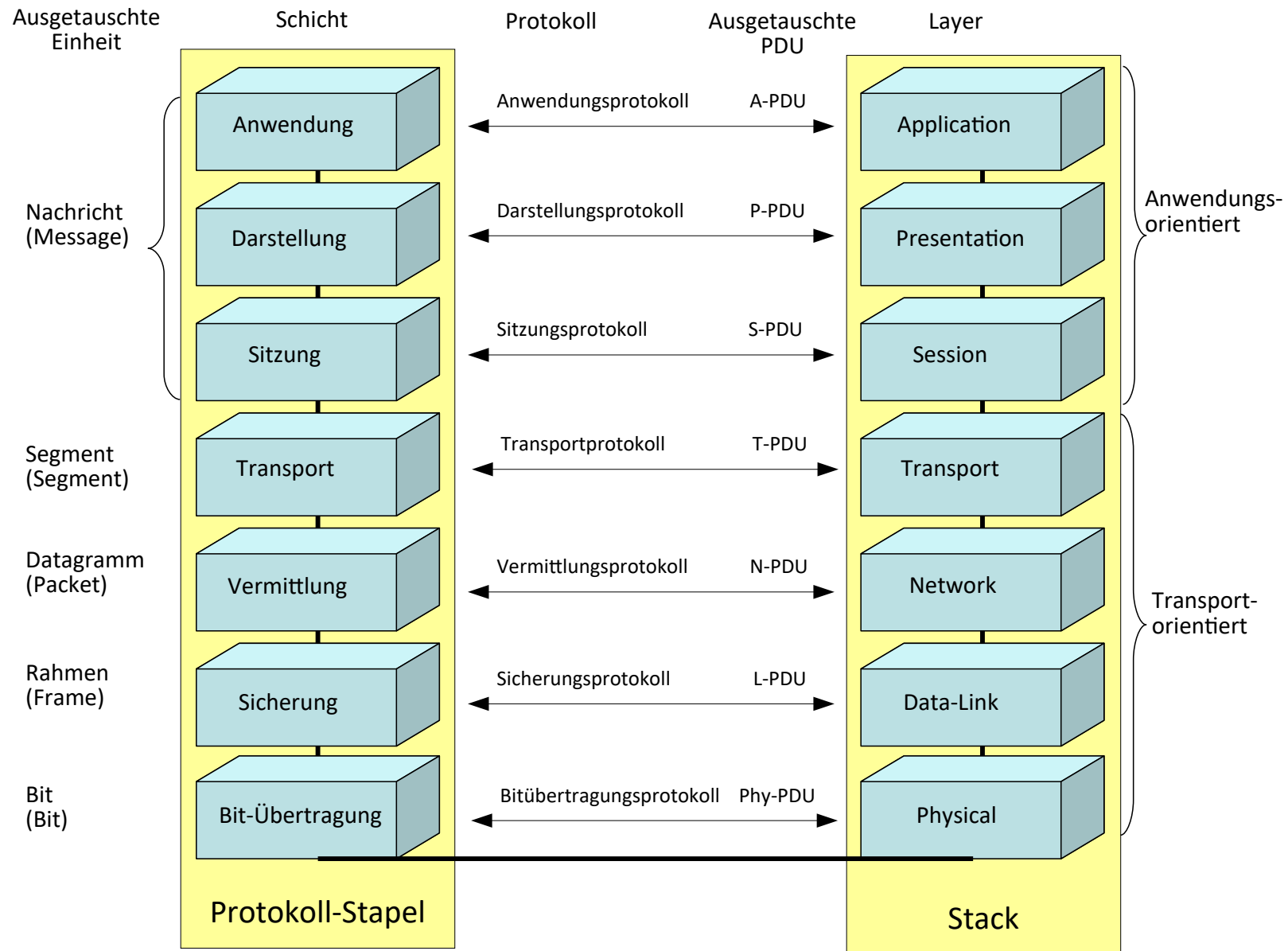


Mehrere n-Instanz dürfen nicht denselben n-SAP bedienen



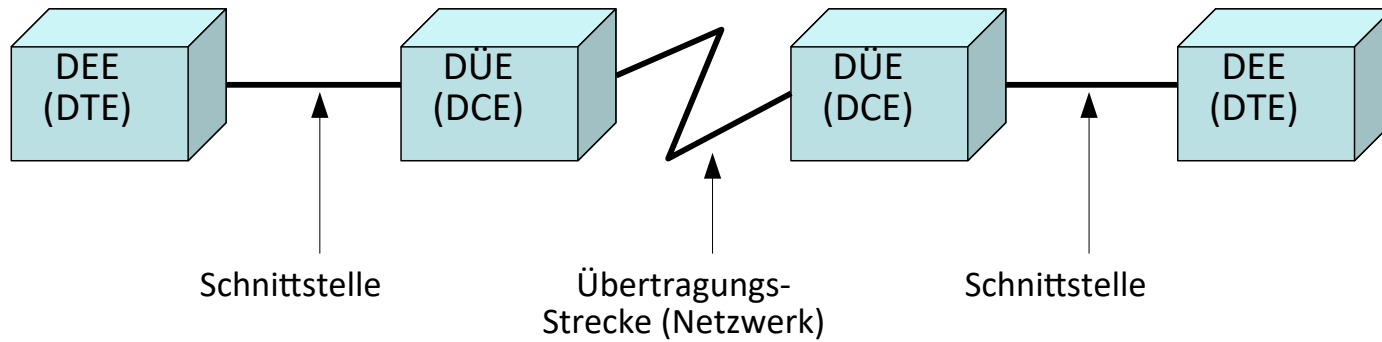
Ein n-SAP's darf nicht von mehreren n+1-Instanz benutzt werden

# ISO/OSI-7-Schicht-Referenzmodell



# ISO/OSI-RM: Layer-1

(Bitübertragungsschicht / Physical Layer)

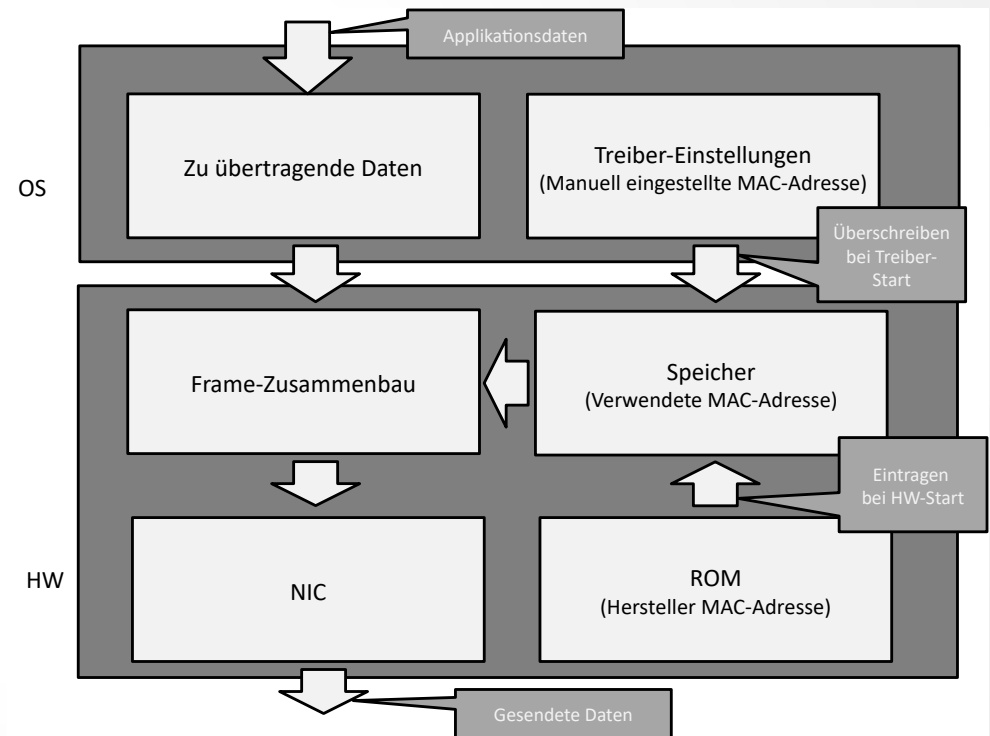
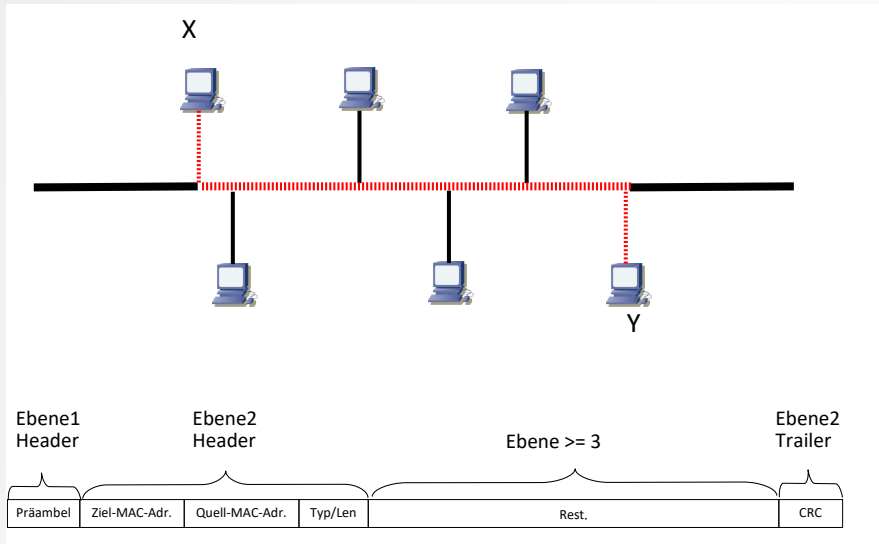


DEE Daten-End-Einrichtung = DTE Data-Terminal-Equipment  
DÜE Daten-Übertragungs-Einrichtung = DCE Data-Communications-Equipment



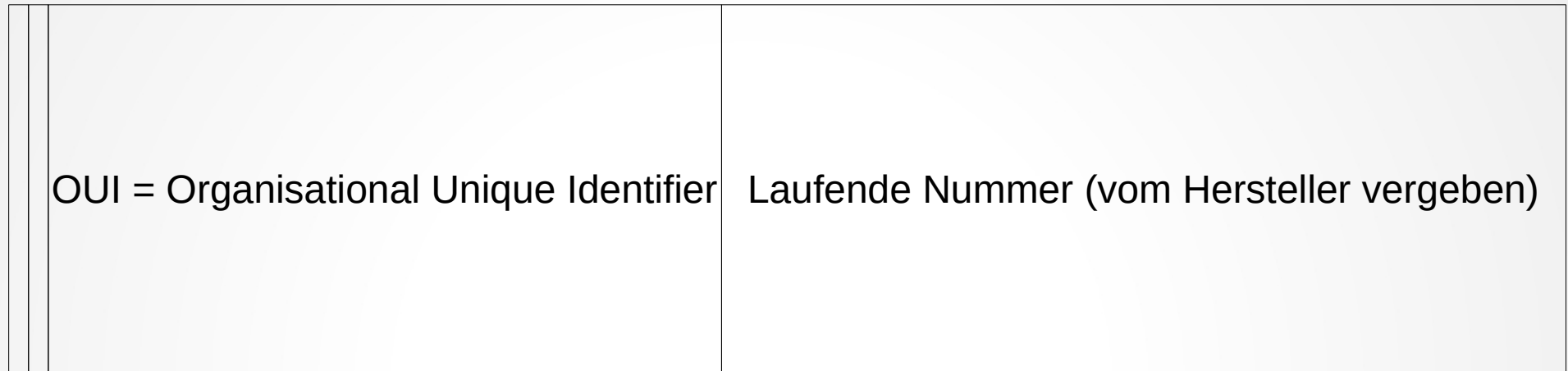
# ISO/OSI-RM: Layer-2

(Sicherungsschicht / Data-Link-Layer)



# MAC-Adress-Aufbau (EUI 48)

Bit: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48



U/L (Universal/Local)

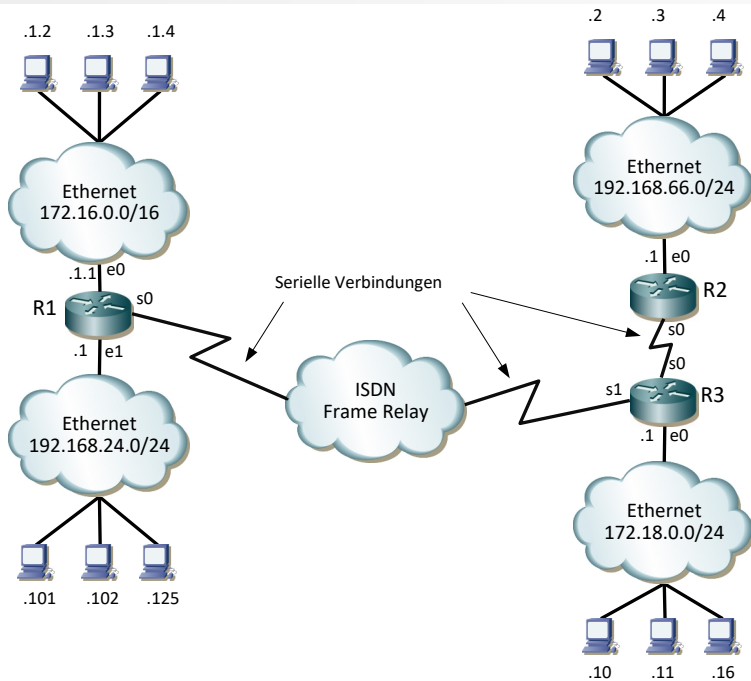
Universal von IEEE verwaltete Adresse = 0  
oder mit Software administrierte Adresse = 1

I/G (Individual / Group)

Individualadresse = 0  
oder Multicast / Broadcast-Adresse = 1

# ISO/OSI-RM: Layer-3

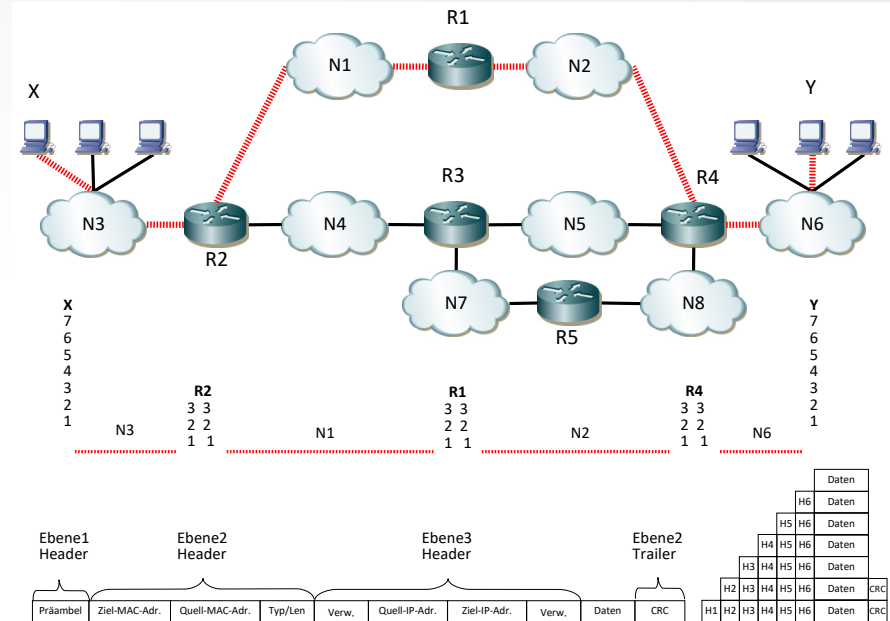
## (Vermittlungsschicht / Network-Layer)



Routing

Ziel	Schnittstelle / Next Hop	Metrik
172.16.0.0/16	e0	0 (direkt)
192.168.24.0/24	e1	0 (direkt)
192.168.66.0/24	s0 → R3	2 Hops
172.18.0.0/24	s0 → R3	1 Hop
0.0.0.0	s0 → R3	1 Hop

Routing-Tabelle R1



Routing über Netzwerkgrenzen hinweg

Ziel	Next Hop	Metrik
N1	D	0
N2	R1	1
N3	D	0
N4	D	0
N5	R3	1
N6	R1	2
N6	R3	3
N7	R3	1
N8	R3	2

Routing-Tabelle R2

# ISO/OSI-RM: Layer-4

## (Transportschicht / Transport-Layer)

Sie stellt einen transparente Datenübertragung zwischen Endsystemen zur Verfügung.  
Dabei sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Ausprägungen möglich:

- **Verbindungsorientierte-Kommunikation (z. B. TCP)**

Dabei ist vor dem eigentlichen Datentransport eine Verbindung zu etablieren.  
Erst nach dem Aufbau der Verbindung kann mit dem Datenaustausch begonnen werden.  
Nach dem Datenaustausch ist die Verbindung wieder abzubauen.  
Für die Umsetzung der Anforderungen werden folgende Mechanismen verwendet:

- Timer
- Wiederholungen
- Flusskontrolle
- Windowing / Stop-and-Wait
- Multiplexing um eine Verbindung mehrfach zu nutzen

- **Verbindungslose-Kommunikation (z. B. UDP)**

Hierbei werden die Daten in das Netzwerk in Richtung Empfänger gesendet,  
ohne dass der Sender weiß, ob der Empfänger empfangsbereit ist.  
Damit sind die oben aufgeführten Mechanismen, wie Flusskontrolle und Wiederholungen  
in den überlagerten Schichten zu bearbeiten.

# ISO/OSI-RM: Layer-5

## (Sitzungsschicht / Session-Layer)

Diese Schicht ist die erste anwendungsorientierte Schicht.  
Deshalb ist die Nutzung dieser Schicht nur mit bestimmten Anwendungen sinnvoll.  
Damit ist eine Anwendung strukturierbar.  
Während des Sitzungsablaufs können Synchronisationspunkte gesetzt werden.  
Im Fehlerfall kann auf diesen Synchronisationspunkten wieder aufgesetzt werden.

In der Sitzungs-Schicht ist auch die Dialog-Kontrolle untergebracht es gibt hierbei:

- 3 Betriebsarten (Simplex, Half-Duplex, Full-Duplex)
- 3 Phasen (Verbindungsaufbau, Datenübertragung, Verbindungsabbau)

Beispiele für Realisierungen in dieser Schicht sind:

- NFS (Network-File-System unter UNIX)
- XWINDOWS (Fenster-Bearbeitung unter UNIX)

# ISO/OSI-RM: Layer-6

Darstellungs-Schicht / (Presentation-Layer)

Unterschiedliche Rechner haben aufgrund unterschiedlicher Betriebssysteme unterschiedliche Darstellungsformen der Daten.

Soll eine Applikation auf unterschiedlichen Betriebssystemen ablaufen können, sind Konvertierungen durchzuführen.

Hier werden folgende Umsetzungen abgewickelt:

- Zeichensätze (ASCII, EBCDIC)
- Interpretation von Bytes MSB (Most Significant Bit) / LSB (Least Significant Bit)
- Kompression / Dekompression
- Verschlüsselung / Entschlüsselung

# ISO/OSI-RM: Layer-7

(Anwendungs-Schicht / (Application-Layer)

Diese Schicht bildet die Schnittstelle zum Anwender (User).

Beispiel hierfür sind:

- FTP            File Transfer Protocol
- SMTP        Simple Mail Transfer Protocol
- SNMP        Simple Network Management Protocol
- DNS          Domain Name Service

# Abtastung mit $f_A > 2B$

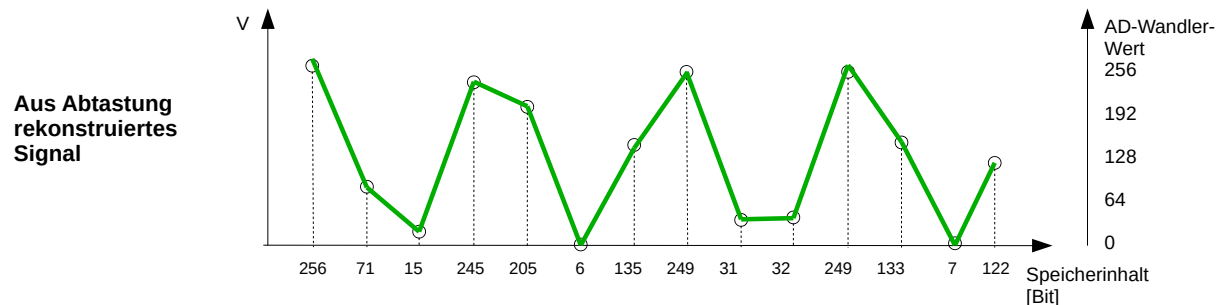
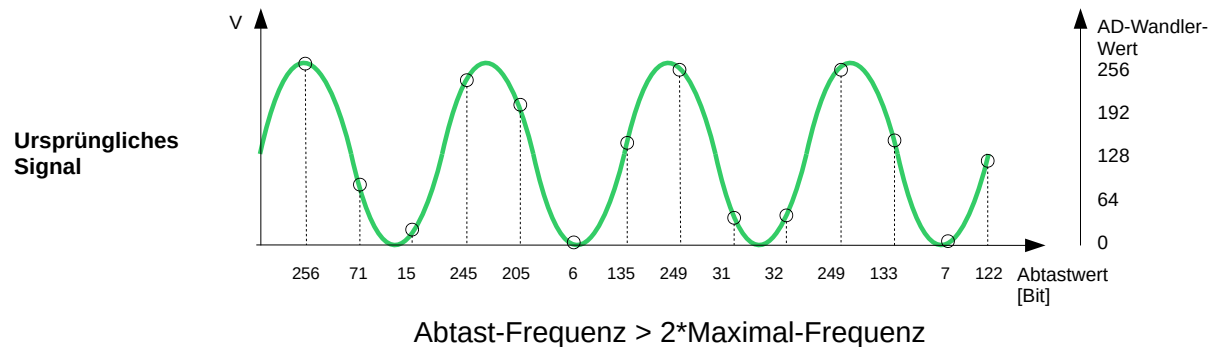
## Abtasttheorem

Ein Signal, das keine Frequenzen größer  $B$  ( $f_{\max}$ ) enthält, kann man aus seinen Abtastwerten wiedergewinnen, wenn diese mit der Abtastfrequenz:

$f_A > 2B$  Nyquist Kriterium

Damit ist das Abtastintervall:

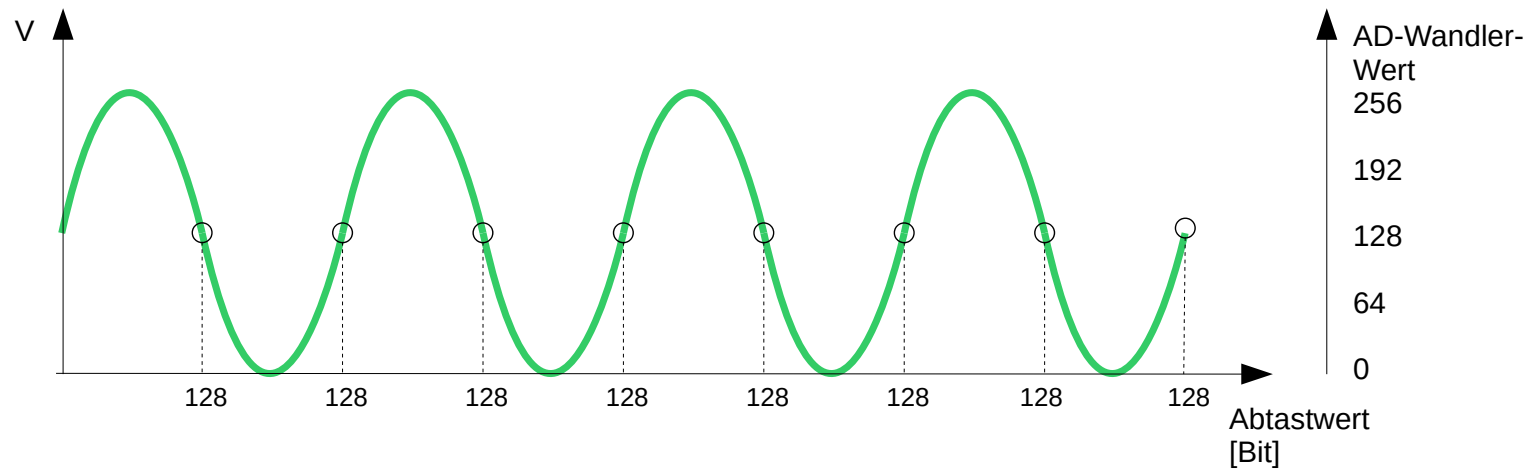
$t_s < 1/2B$





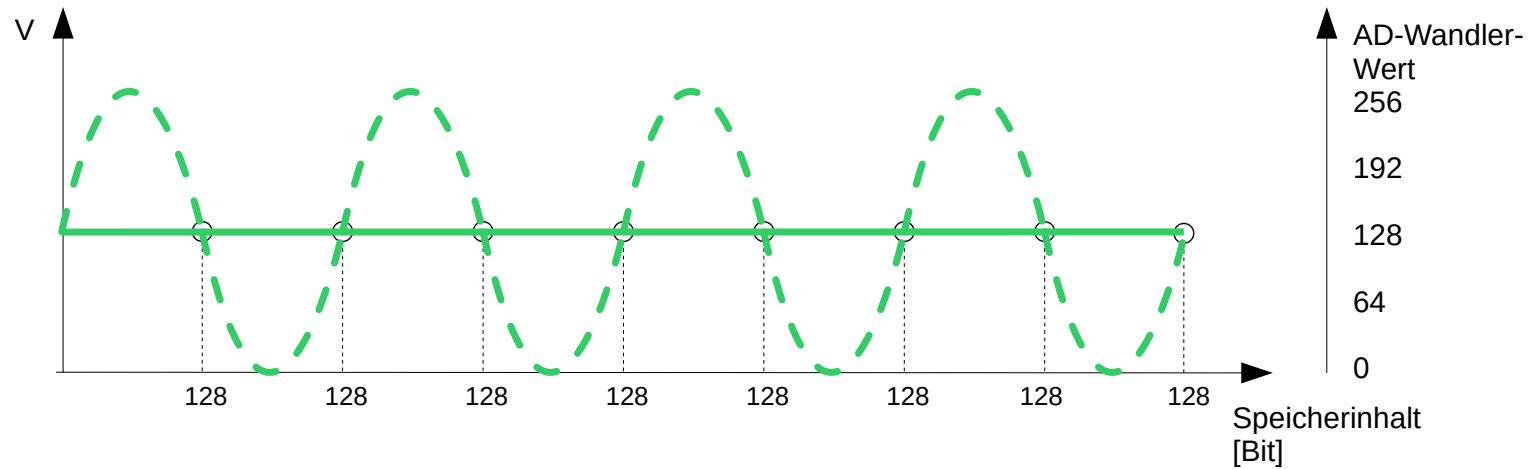
# Abtastung mit $f_A = 2B$

Ursprüngliches  
Signal



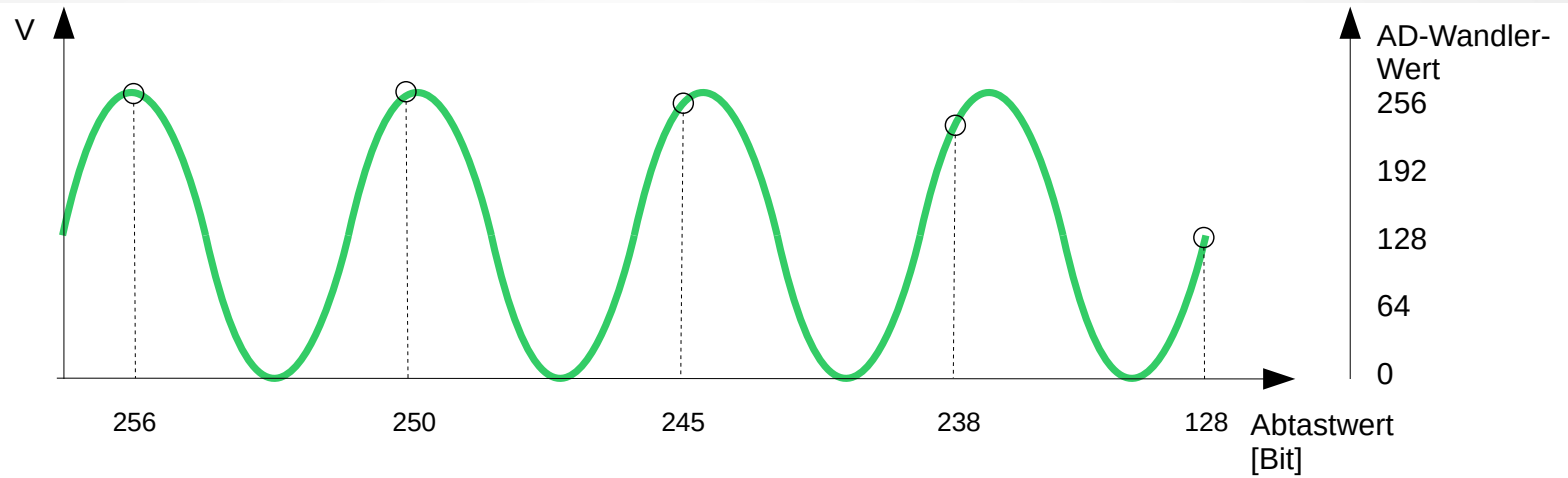
Abtast-Frequenz =  $2 \cdot \text{Maximal-Frequenz}$

Aus Abtastung  
rekonstruiertes  
Signal



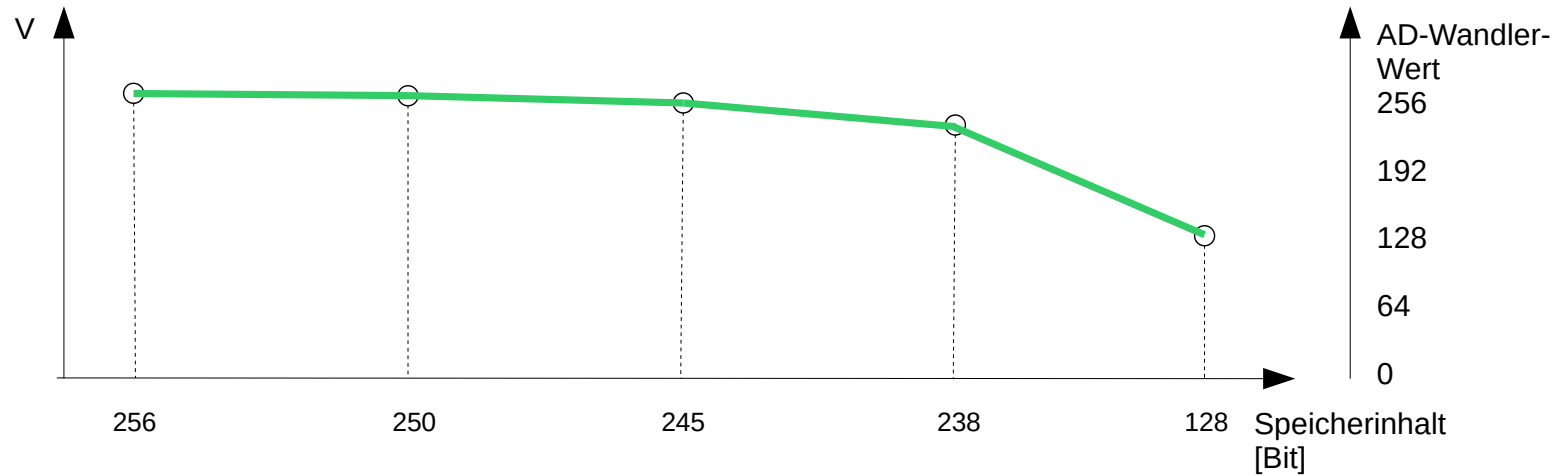
# Abtastung mit $f_A < 2B$

Ursprüngliches  
Signal



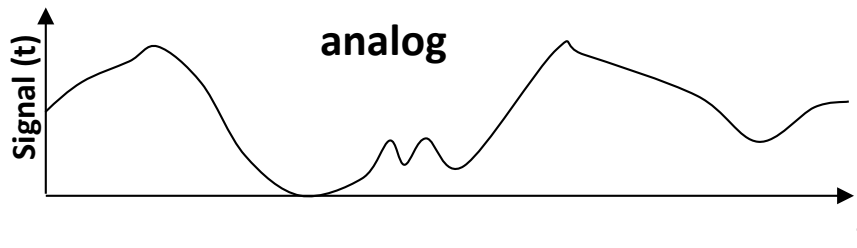
Abtast-Frequenz  $< 2 \cdot \text{Maximal-Frequenz}$

Aus Abtastung  
rekonstruiertes  
Signal

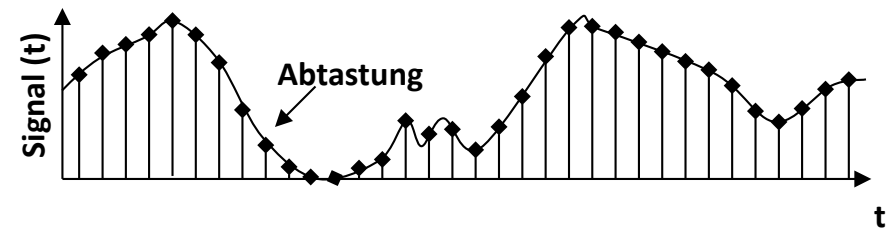


# Abtastung

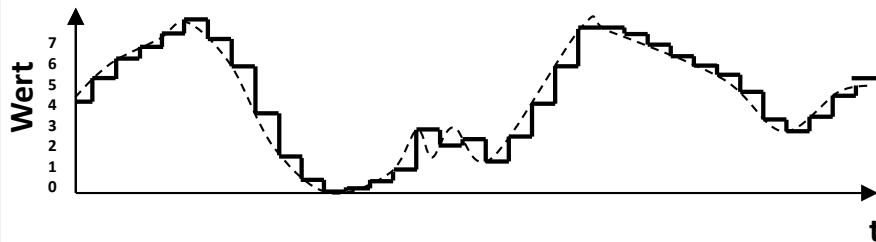
zeitkontinuierlich



zeitdiskret



wertkontinuierlich

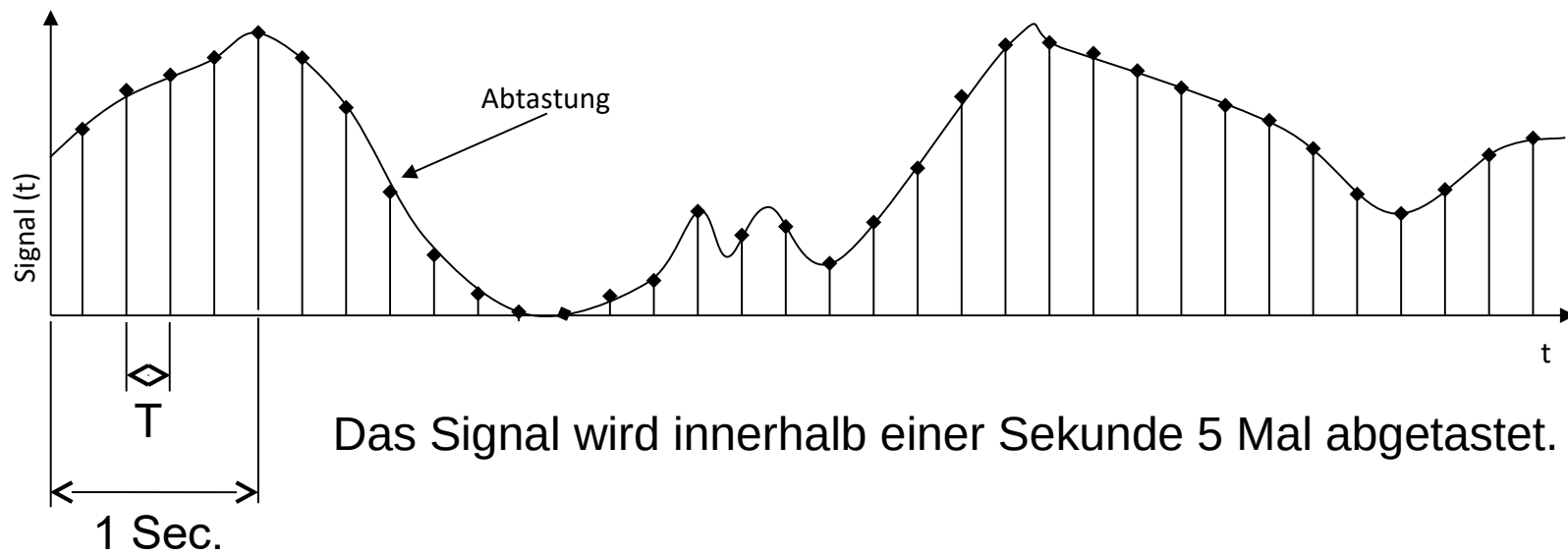
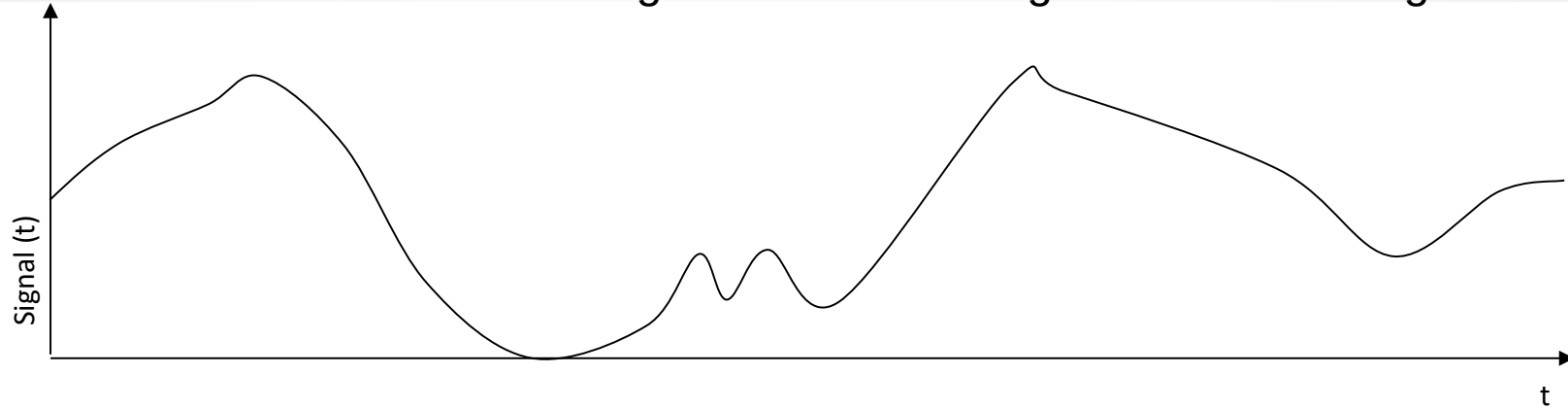


wertdiskret quantisiert



# Begriffe der Abtastung

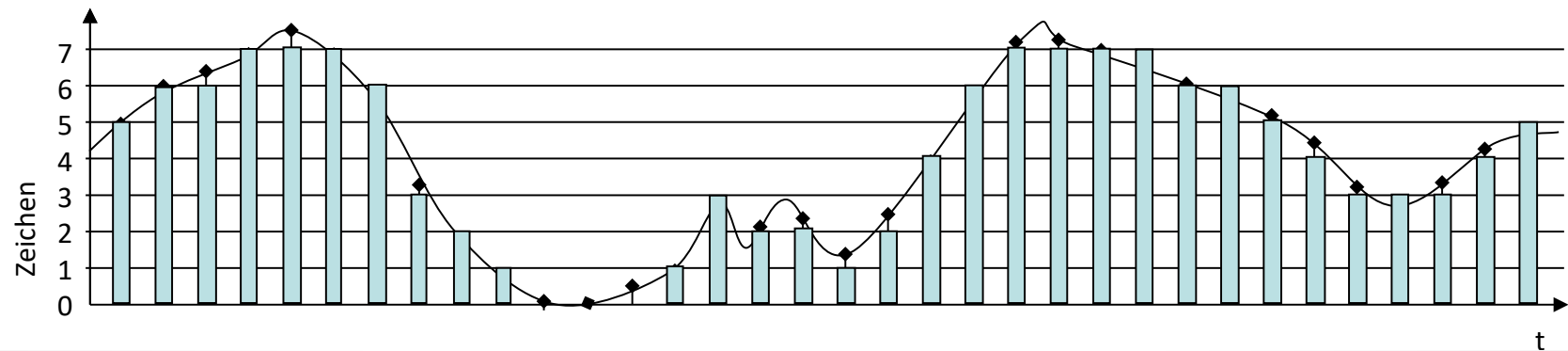
Am Beispiel eines zeitkontinuierlichen Signals sollen die Begriffe der Abtastung erläutert werden



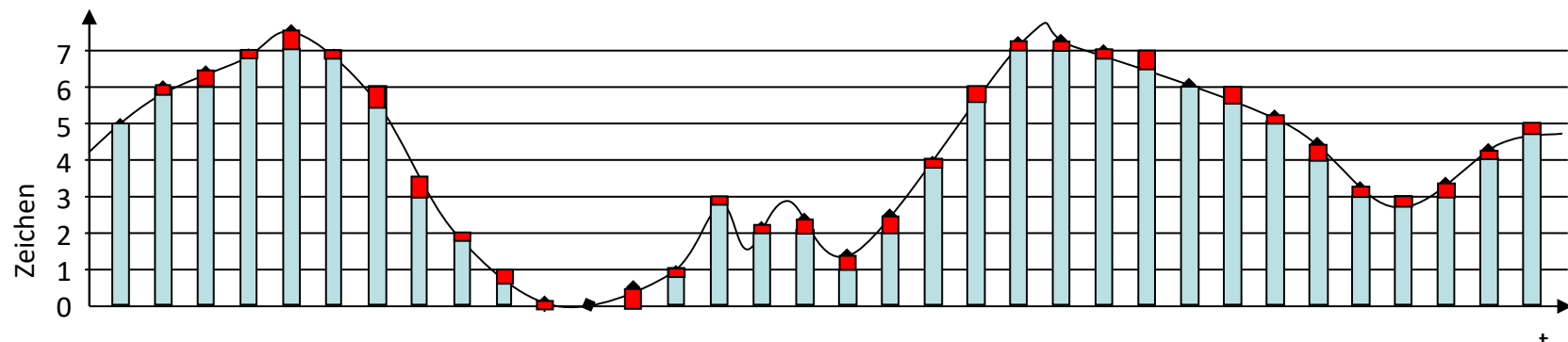
Das Signal wird innerhalb einer Sekunde 5 Mal abgetastet.

# Begriffe der Abtastung

Zeichen mit den Werten (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7) werden erzeugt (abgetastet)

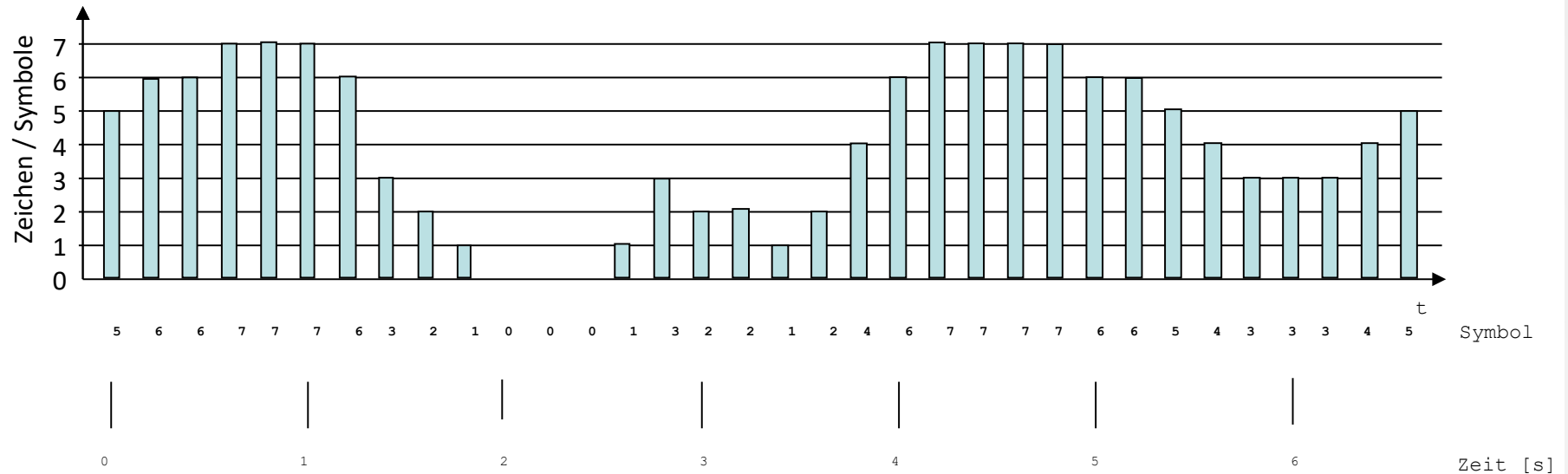


Da nicht die genauen Werte abgetastet werden können, entsteht Quantisierungsrauschen



# Begriffe der Abtastung

Die Zeichen werden durch Kodierung zu Symbolen für die Datenübertragung aufbereitet.



5 Abtastungen  
pro Sekunde

Übertragungsgeschwindigkeit =  
Bit-Übertragungsrate = Bitrate =  
15 Bit/s

Mögliche Zeichen

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7

Mögliche Symbole

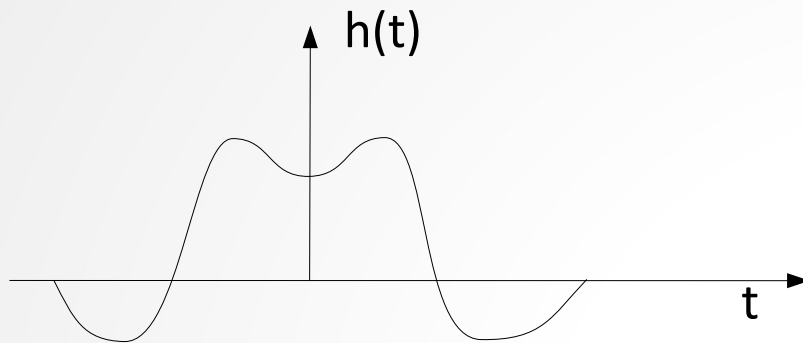
000  
001  
010  
011  
100  
101  
110  
111

Zuordnung  
= Code

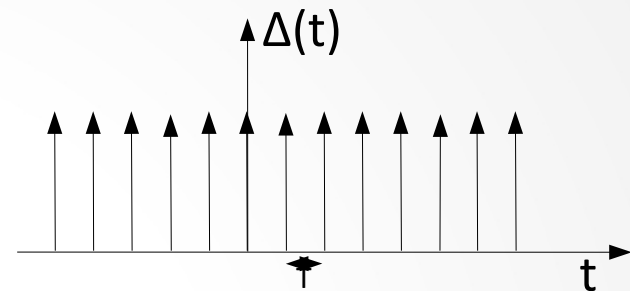
3 Bit pro Symbol

# Abtastung: Aliasing-Effekt (richtige Abtastung)

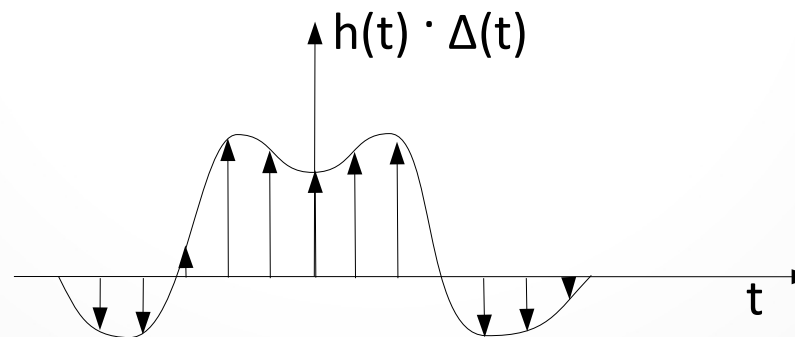
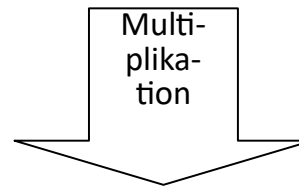
Zeitbereich



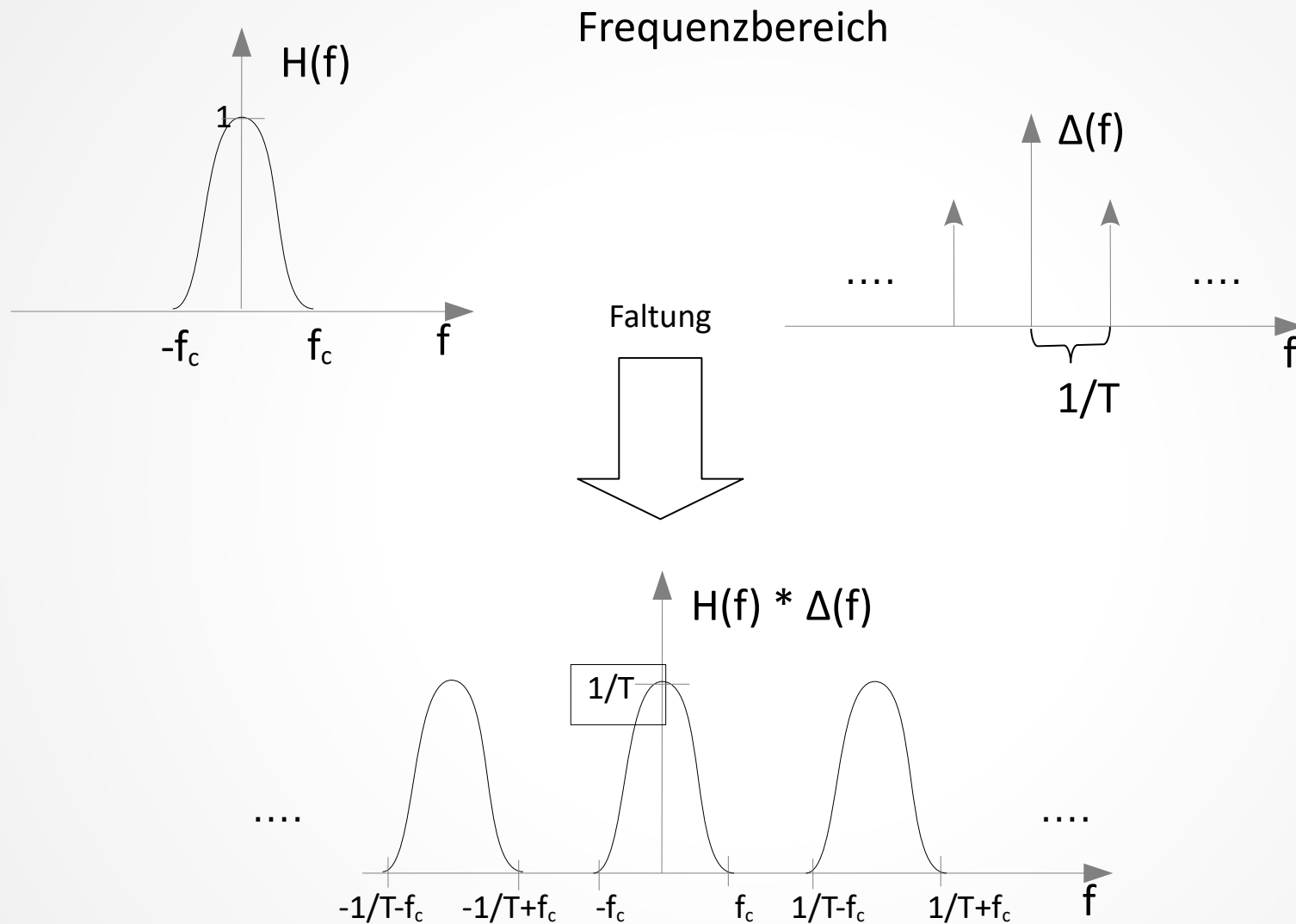
Signal



Abtastung mit  
Einheits-Impuls (Dirac-Stoß)  
(Unit-Impulse-Function)

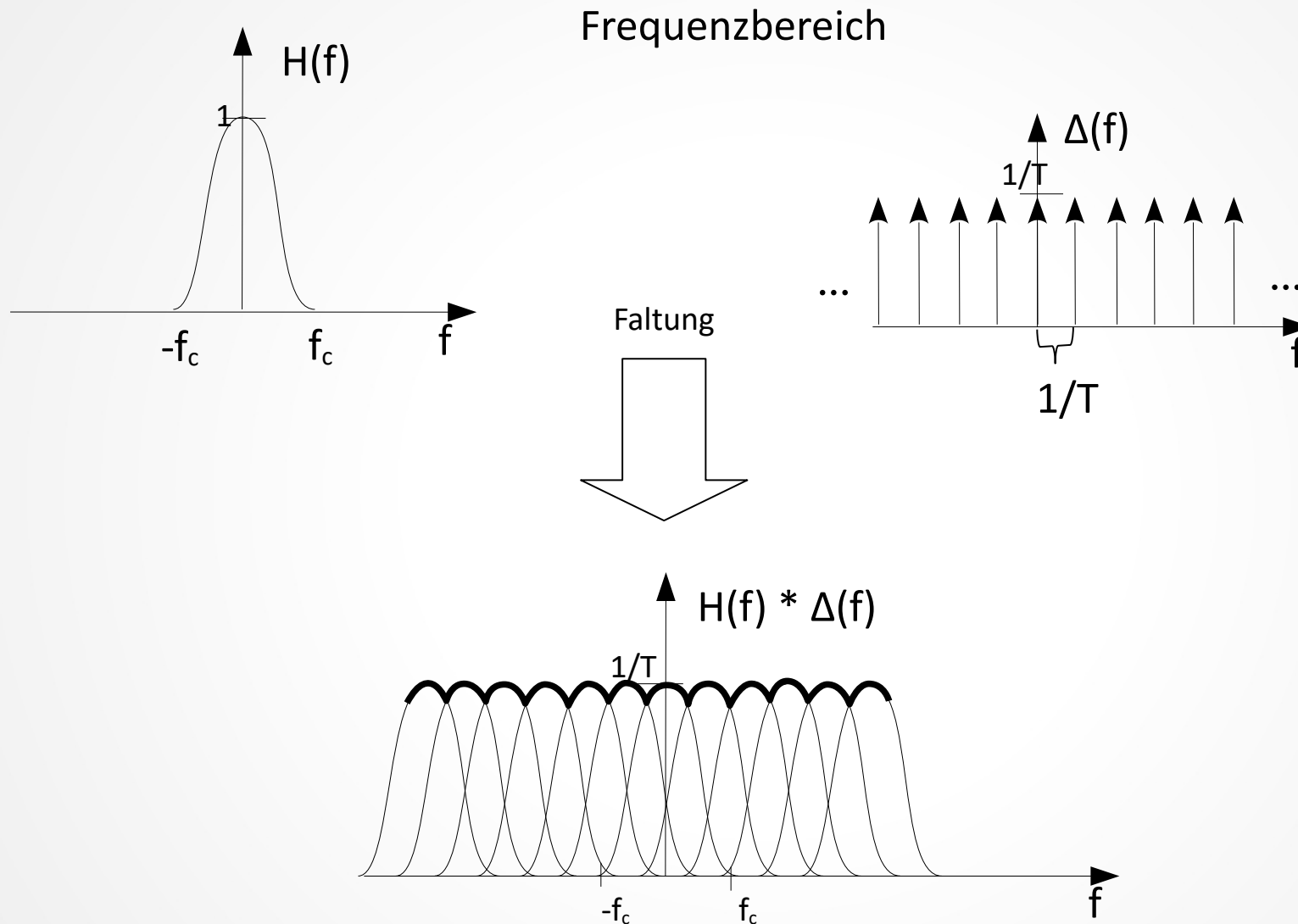


# Abtastung: Aliasing-Effekt (richtige Abtastung)



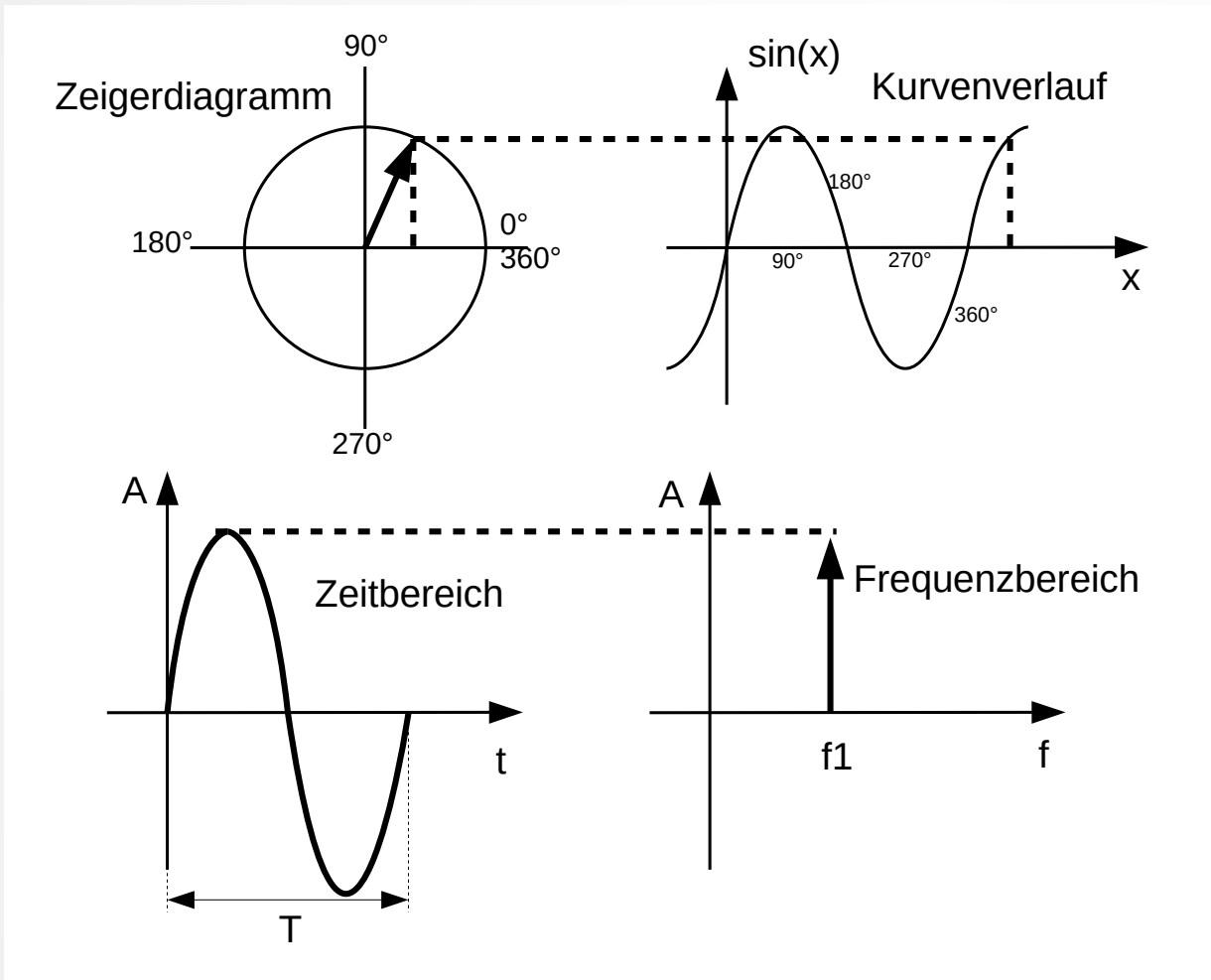


# Abtastung: Aliasing-Effekt (falsche Abtastung)



# Darstellung von Signalen

Ein Sinussignal  $s(t) = A \sin(\omega t + \Phi)$  kann folgendermaßen beschrieben werden:



- Zeigerdiagramm
- Kurvenverlauf
- Zeitbereich
- Frequenzbereich

Dabei gilt:

- $A$  = Amplitude
- $\omega = 2\pi f$  = Kreisfrequenz
- $\Phi$  = Phasenlage
- $f$  = Frequenz in Hz  
 $T$  = Periodendauer in s  
( $f = 1/T$ )

# Fourier-Reihe

Eine Fourier-Reihe kann folgendermaßen gebildet werden.

$$s(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) + a_2 \cos(\omega t) + b_2 \sin(\omega t) + a_3 \cos(\omega t) + b_3 \sin(\omega t) + \dots$$

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n \omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n \omega t)$$

Die so genannten Fourier-Koeffizienten lauten:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt$$

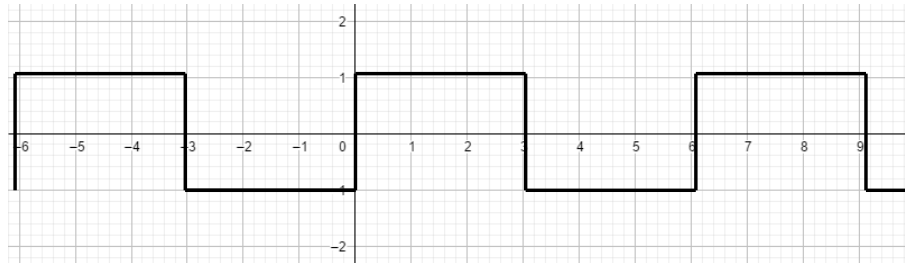
$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \cos n \omega t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \sin n \omega t dt$$

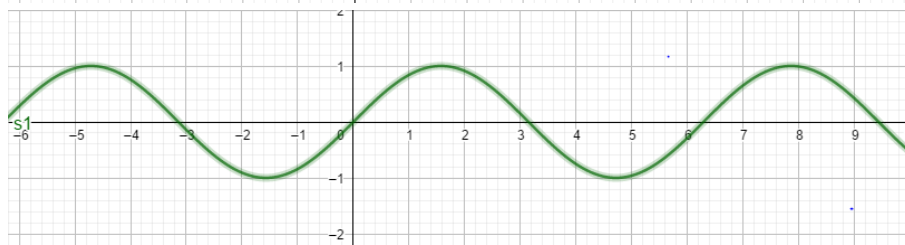
Die Amplitude lässt sich mit der folgenden Formel ermitteln:

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

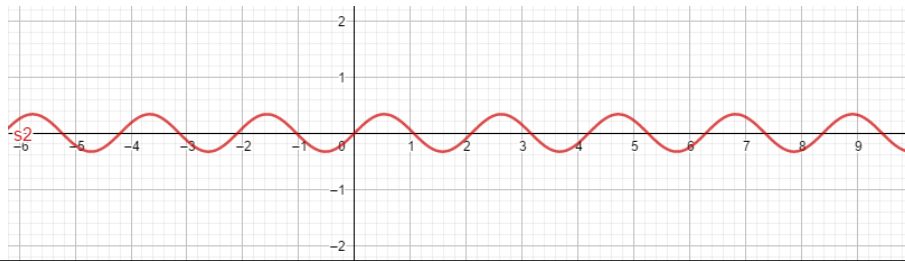
# Beispiel: Fourier-Synthese (1)



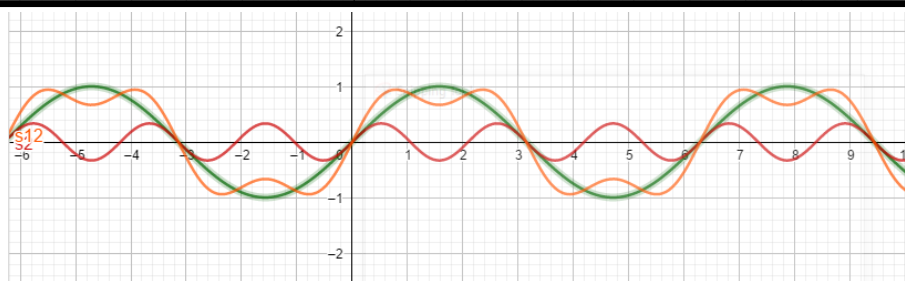
Original-Signal



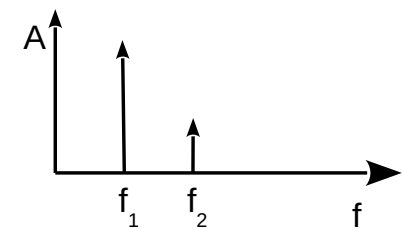
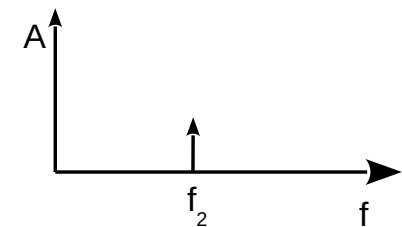
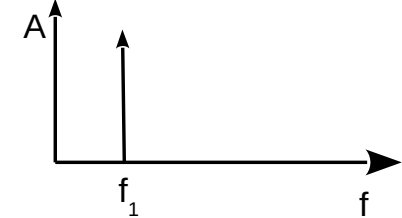
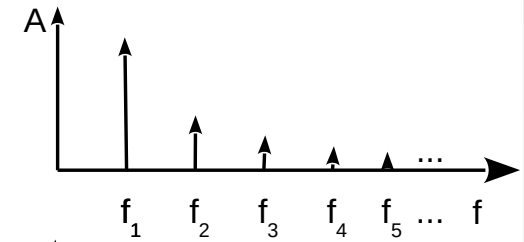
$\bullet$   $s_1(t) = \sin(t)$



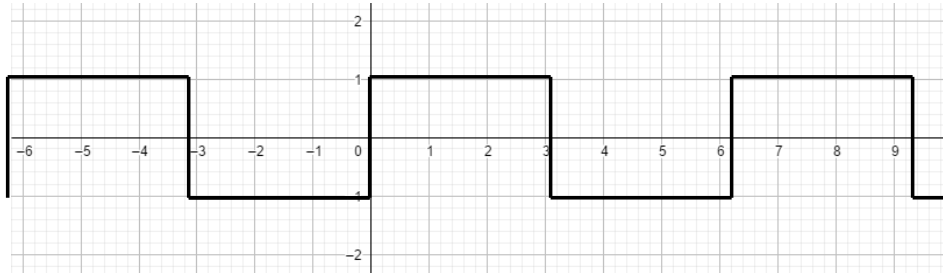
$\bullet$   $s_2(t) = \frac{1}{3} \sin(3t)$



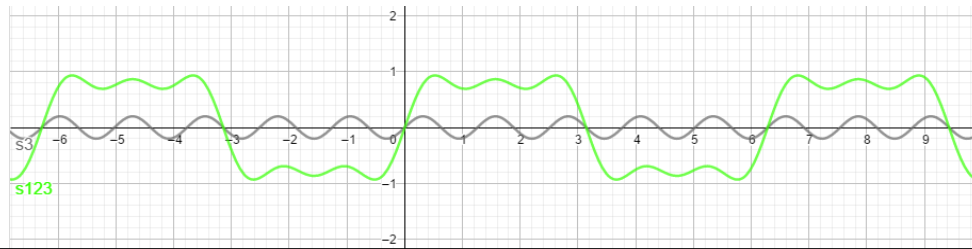
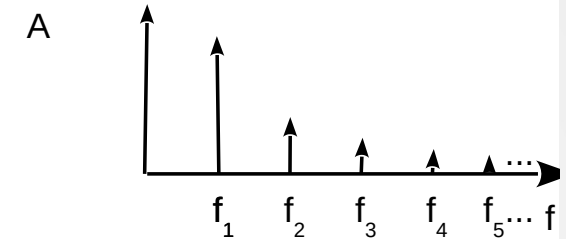
$\bullet$   $s_{12}(t) = s_1(t) + s_2(t)$   
 $\rightarrow \sin(t) + \frac{1}{3} \sin(3t)$



# Beispiel: Fourier-Synthese (2)



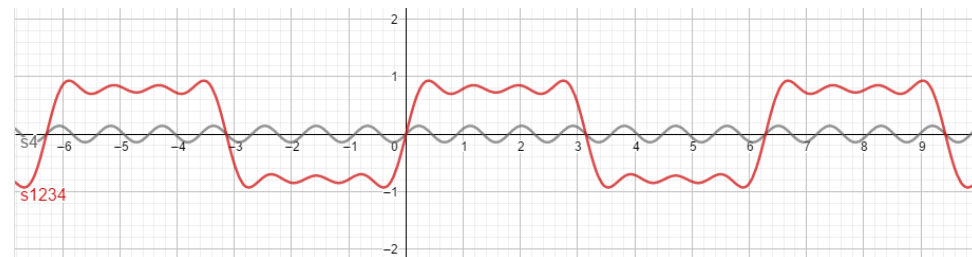
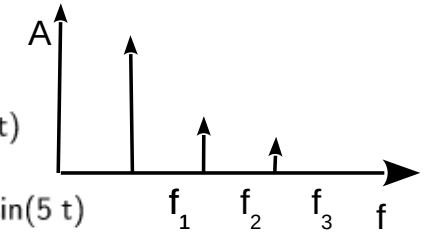
Original-Signal



$$s_3(t) = \frac{1}{5} \sin(5t)$$

$$s_{123}(t) = s_1(t) + s_2(t) + s_3(t)$$

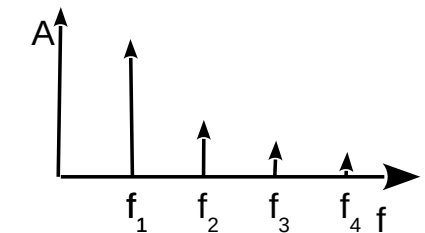
$$\rightarrow \sin(t) + \frac{1}{3} \sin(3t) + \frac{1}{5} \sin(5t)$$



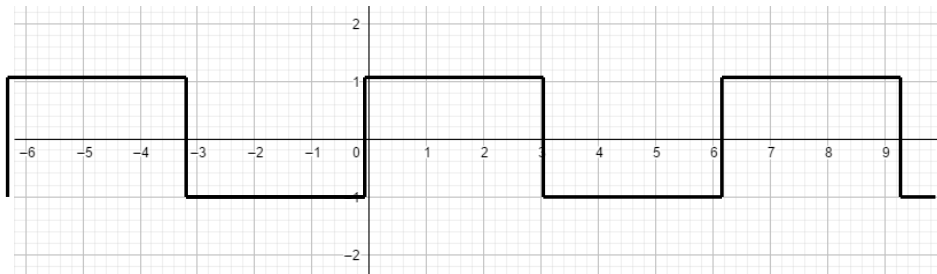
$$s_4(t) = \frac{1}{7} \sin(7t)$$

$$s_{1234}(t) = s_1(t) + s_2(t) + s_3(t) + s_4(t)$$

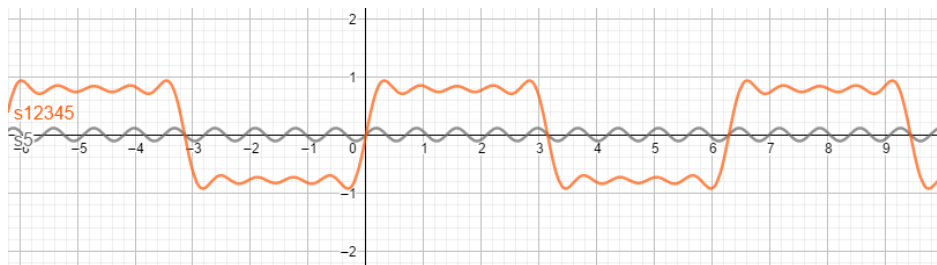
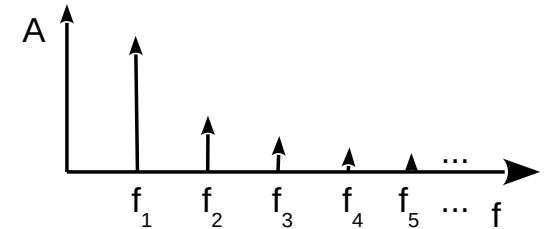
$$\rightarrow \sin(t) + \frac{1}{3} \sin(3t) + \frac{1}{5} \sin(5t) + \frac{1}{7} \sin(7t)$$



# Beispiel: Fourier-Synthese (3)



Original-Signal



$$s_5(t) = \frac{1}{9} \sin(9t)$$



$$s_{12345}(t) = s_1(t) + s_2(t) + s_3(t) + s_4(t) + s_5(t)$$

$$\rightarrow \sin(t) + \frac{1}{3} \sin(3t) + \frac{1}{5} \sin(5t) + \frac{1}{7} \sin(7t) + \frac{1}{9} \sin(9t)$$

.....

# Digitale Datenverarbeitung

Warum?

Kleinste Änderungen an einer analogen Übertragung können die beinhalteten Information verfälschen.

Es ist einfacher Nullen und Einsen auf Fehler hin zu überprüfen und eventuelle Fehler zu beheben.

Eine Verschlüsselung kann nur mit digitalen Signalen erfolgen.

# Digitale Datenverarbeitung

## Kanalkapazität / Informationsmenge

$C_N = 2B$  Maximale Datenmenge die über einen störungsfreien Kanal übertragen werden kann in Symbolen pro Sekunde

$C_N = 2B \lg(L)$  Bei L unterschiedlichen Symbolen lassen sich  $\lg(L)$  Bits pro Symbol darstellen

$SNR = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_S}{P_N}\right) = 20 \lg\left(\frac{U_{effS}}{U_{effN}}\right)$  Signal zu Rausch-Verhältnis bei einem störungsbehafteten Kanal

$C = B \cdot \lg\left(1 + \frac{S}{N}\right) = B \cdot \lg\left(1 + \frac{P_S}{P_N}\right) \approx \frac{B}{3} \cdot 20 \cdot \lg\left(\frac{U_S}{U_N}\right)$  Kanalkapazität aus dem Shannon-Hartley-Gesetz

$I = T \cdot B \cdot \lg\left(1 + \frac{P_S}{P_N}\right) \approx T \cdot \left(\frac{B}{3}\right) \cdot 20 \cdot \lg\left(\frac{U_S}{U_N}\right)$  Informationsmenge (I) die über einen Kanal in einer bestimmten Zeit übertragen werden kann

Dabei ist :

I = Informationsmenge in Bits

B = Bandbreite

T = Übertragungszeit

$P_S$  = Signalleistung

$P_N$  = Rauschleistung

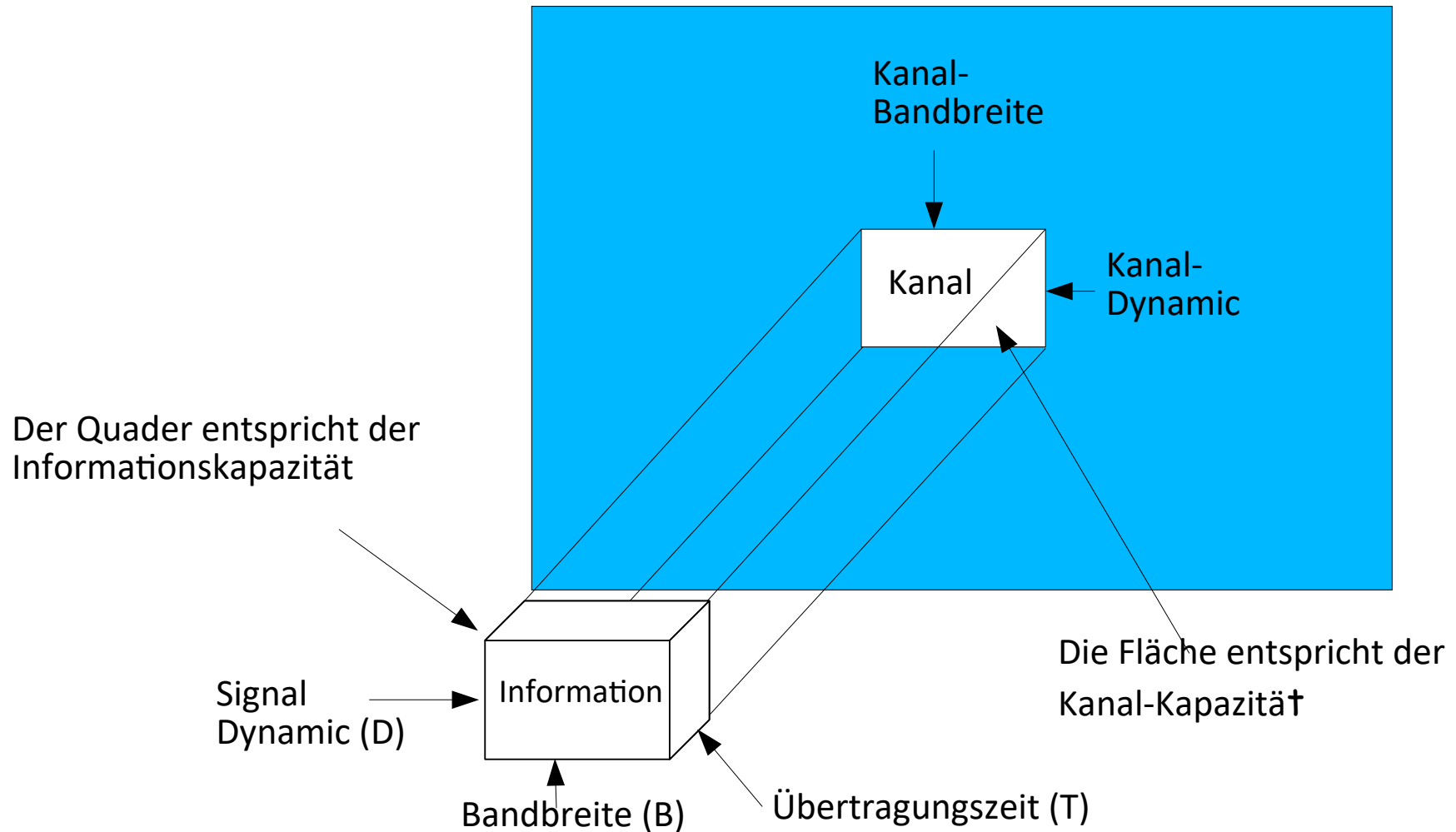
D = Dynamic

$$I = T \cdot B \cdot D$$



# Digitale Datenverarbeitung

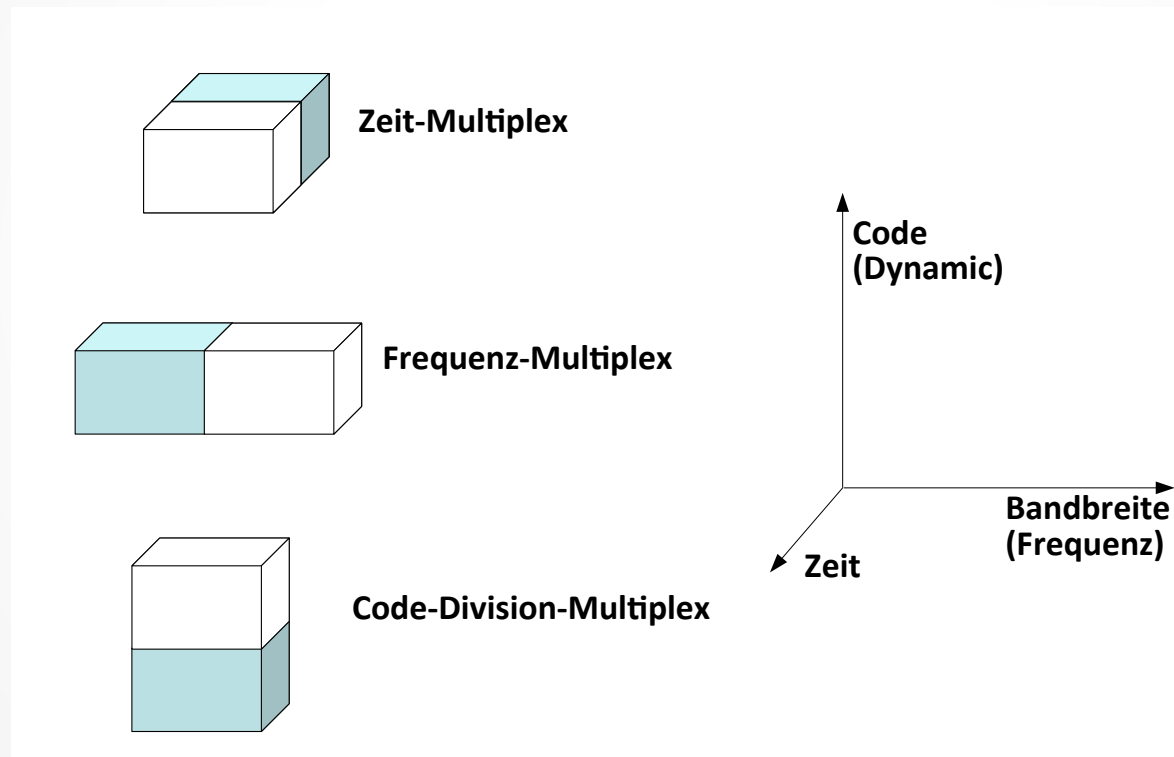
## Message-Cube



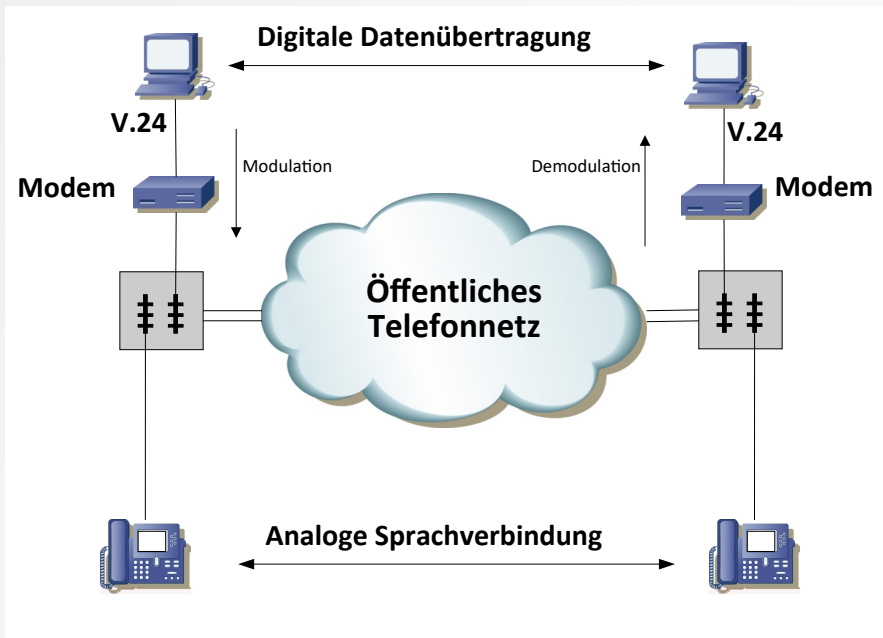
# Digitale Datenverarbeitung

## Multiplex-Verfahren

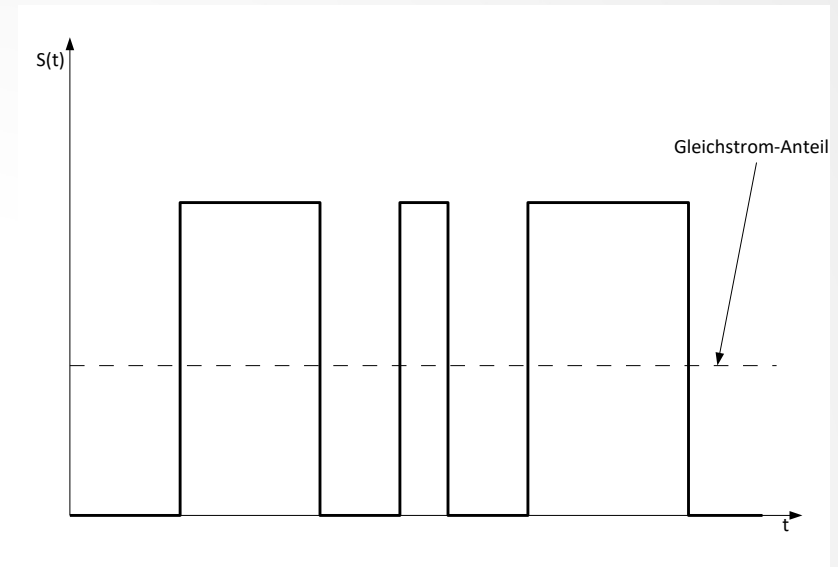
Sollen gleichzeitig mehrere Kanäle möglich sein weil z. B. mehrere User den vorhandenen Kanal nutzen wollen. gibt es grundsätzlich 3 Möglichkeiten



# Digitale Datenübertragung Modem



Datenübertragung über ein  
öffentliches Telefonnetz

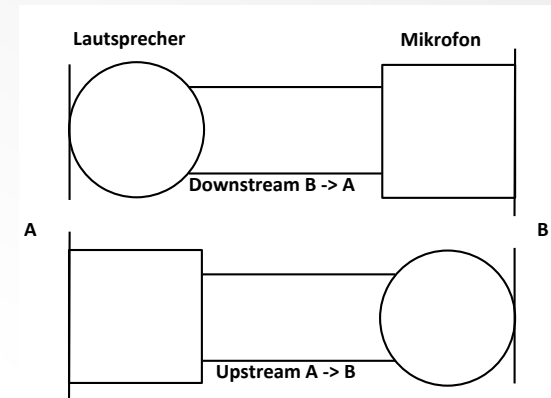


Gleichstromanteil digitaler Signale

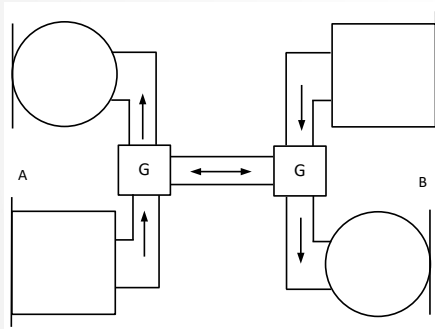
# Digitale Datenübertragung Duplex-Verbindungen

Die meisten Verbindungen sind duplex Verbindungen. Dies bedeutet, dass zu einem beliebigen Zeitpunkt ein Datenaustausch in beiden Richtungen möglich ist.

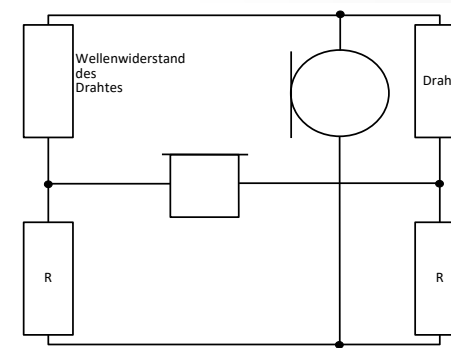
Angenommen zwei Partner (A und B) wollen miteinander kommunizieren dann kann man für jede Richtung ein Leitungspaar verwenden.



Diese Verbindung benötigt 4 Drähte. Diese Verkabelung ist zu teuer.

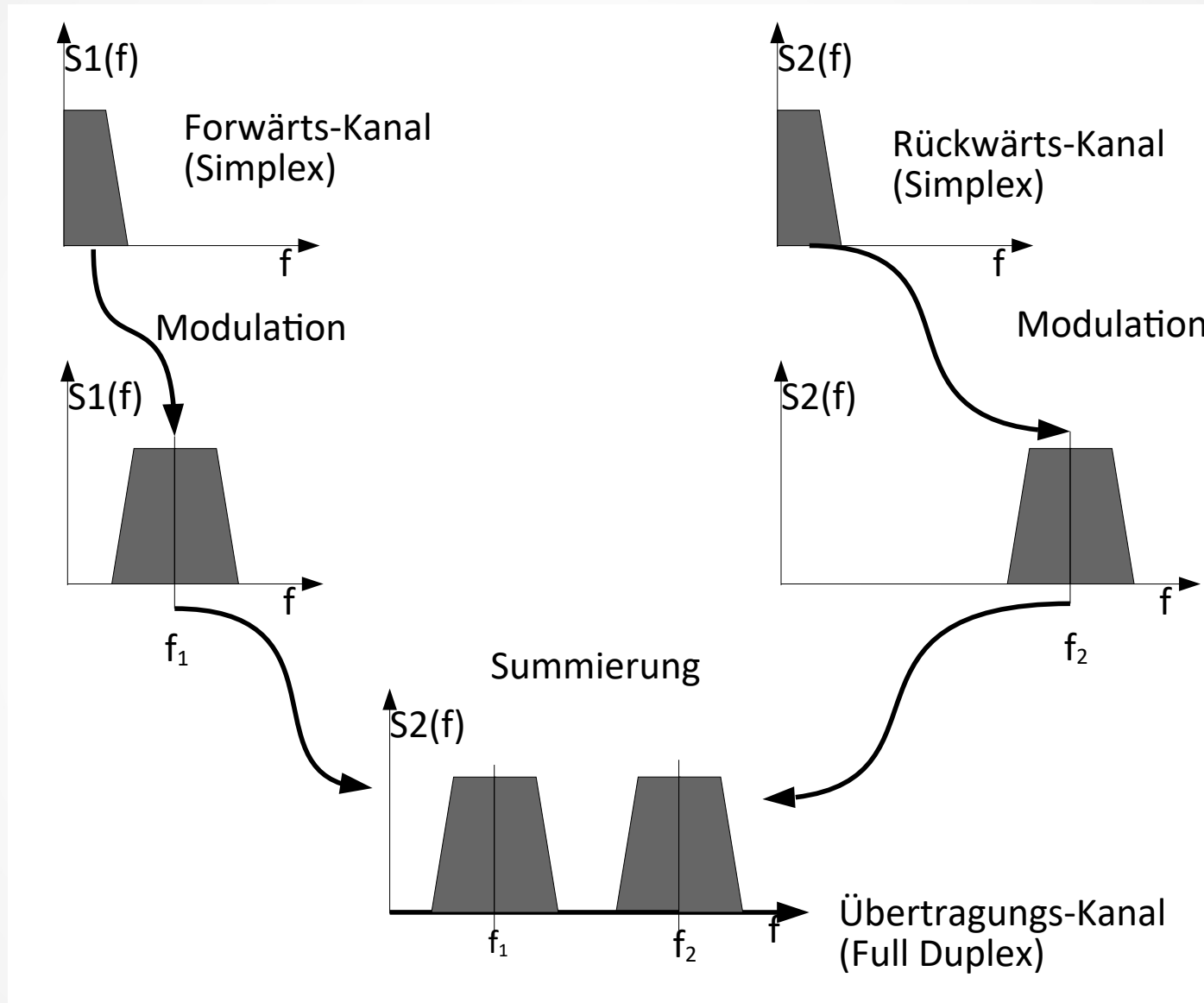


Mit einer Gabelschaltung kann die Auftrennung der 2-Draht-Verbindung in einen Mikrofonzweig und einen Lautsprecherzweig vorgenommen werden.



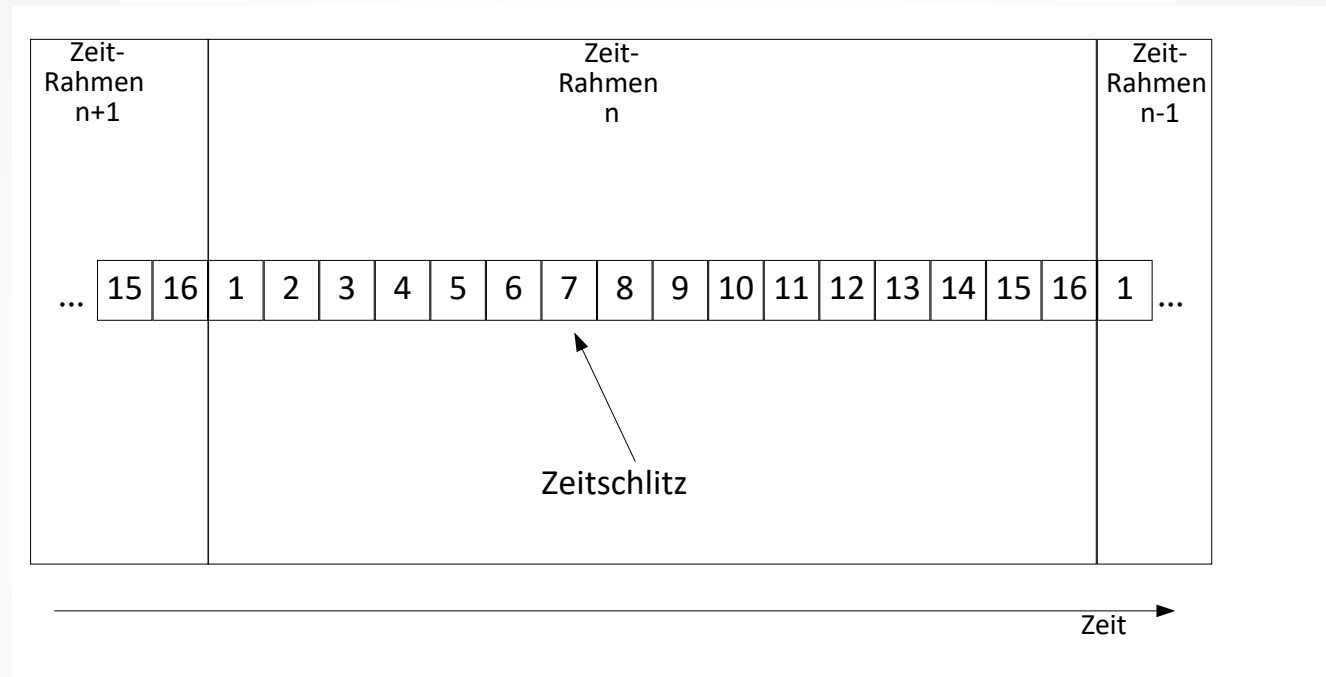
Einsparung eines Drahtes durch eine Brückenschaltung

# Digitale Datenübertragung Frequenzmultiplex

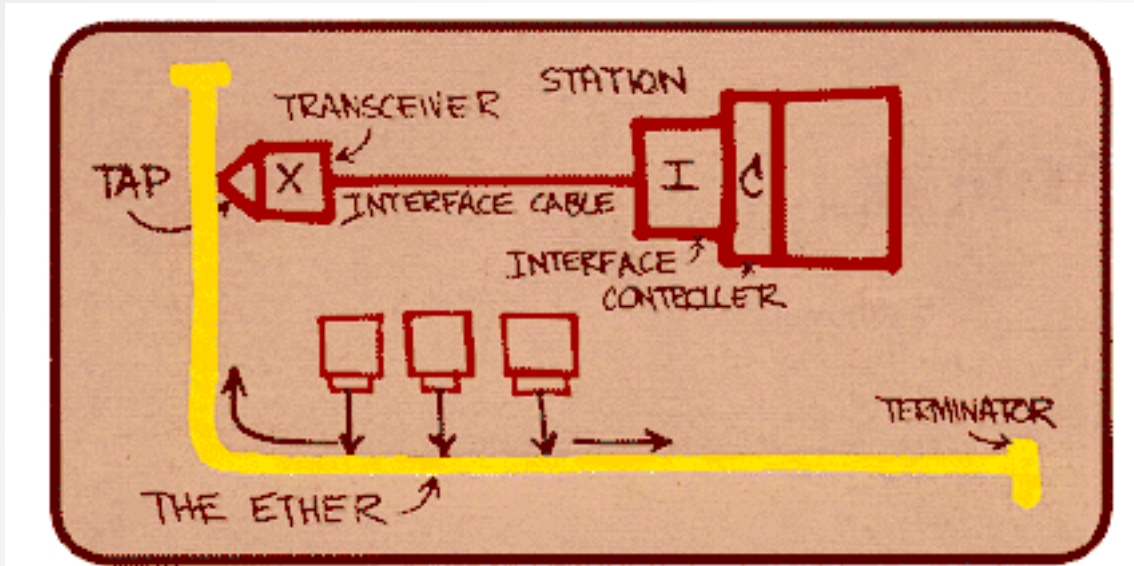


# Digitale Datenübertragung

## Zeitmultiplex



# Digitale Datenübertragung Übertragung im Basisband



Erste (noch erhaltene)  
Darstellung von Ethernet

Bei Ethernet wird die Basisband-Übertragung verwendet.\*

Das bedeutet, dass alle Teilnehmer die selbe Frequenz für die Übertragung der Daten nutzen.

Dies führt dazu, dass sichergestellt werden muss, dass auch alle Teilnehmer auf der selben Frequenz arbeiten.

Da es keine zentrale Taktinstanz gibt, muss jeder Teilnehmer das Taktsignal aus den gesendeten Impulsen, durch eine Taktrückgewinnung, extrahieren.

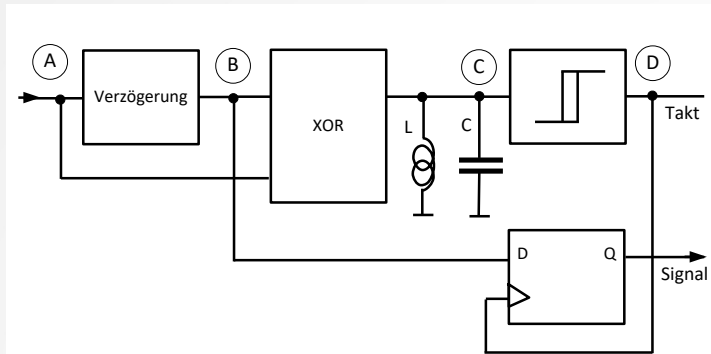
\*

Im Gegensatz dazu gibt es noch die Breitband-Übertragung.

Dabei wird die Information auf unterschiedlichen Bändern / Frequenzen übertragen.

# Digitale Datenübertragung

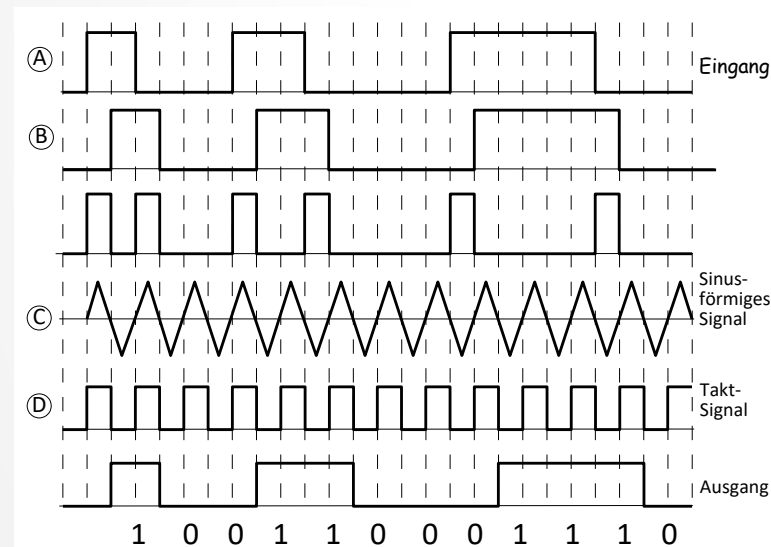
## Taktrückgewinnung



Bei dieser Lösung ist vorausgesetzt, dass keine langen Folgen von Einsen oder Nullen gesendet werden, da sonst der Schwingkreis „einschlafen“ würde.

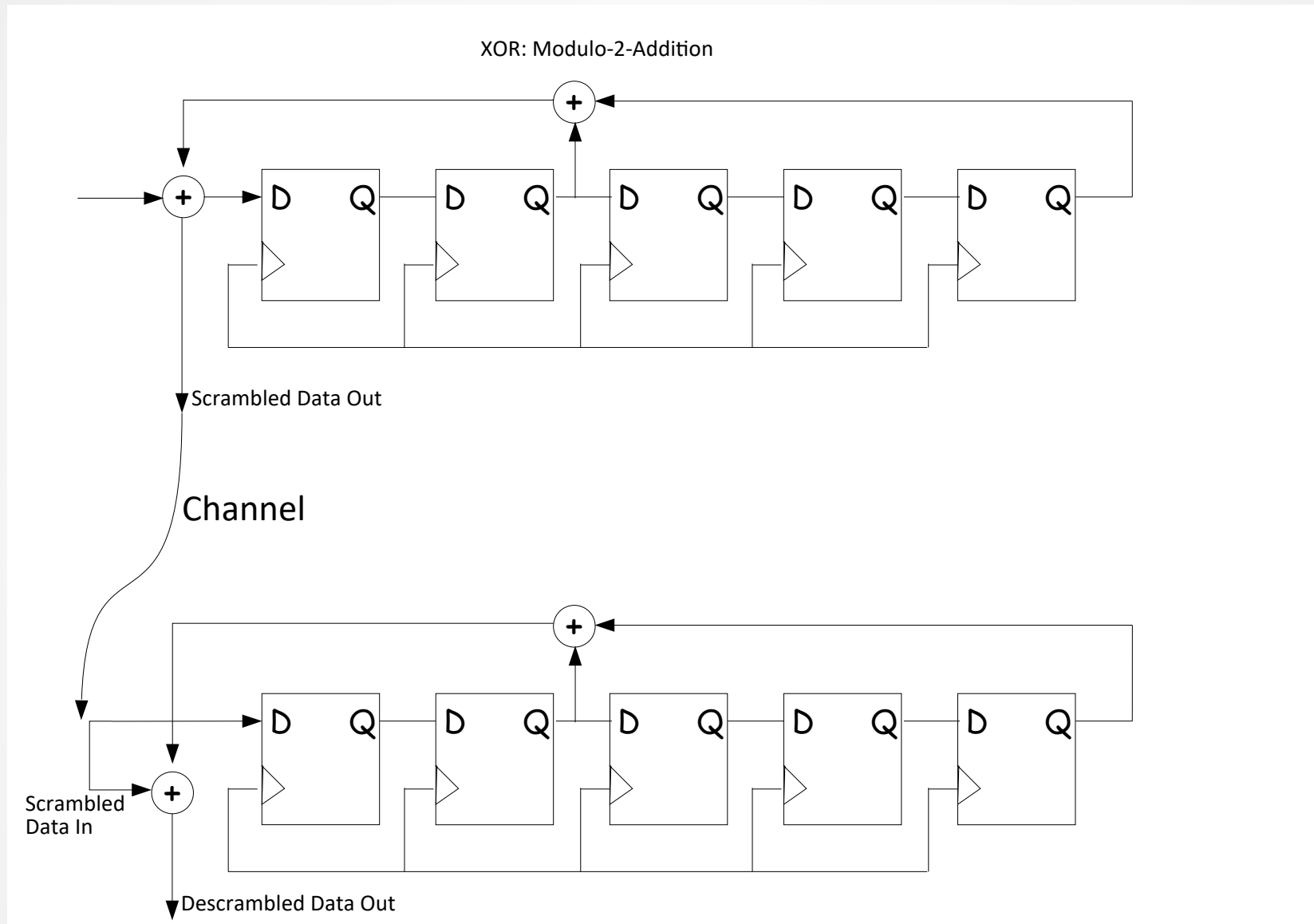
Damit dies bei Ethernet funktioniert, gibt es zu Beginn eines jeden Rahmens eine Präambel mit einer Folge von 7 Bytes mit folgendem Bitmuster pro Byte: 10101010

Damit können alle Empfänger das Taktsignal zurückgewinnen.





# Scrambling



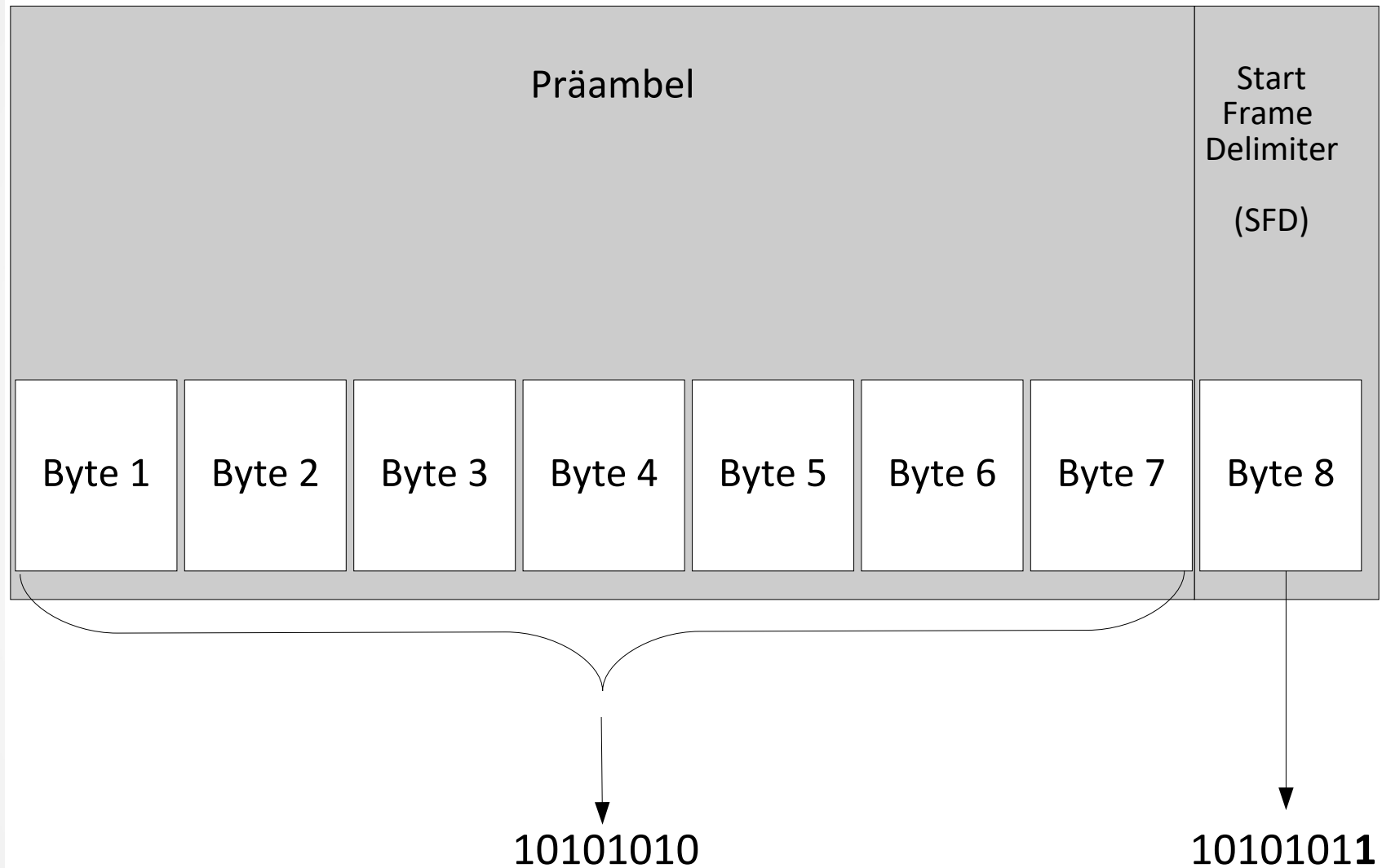
# Synchronisation

Bitstrom

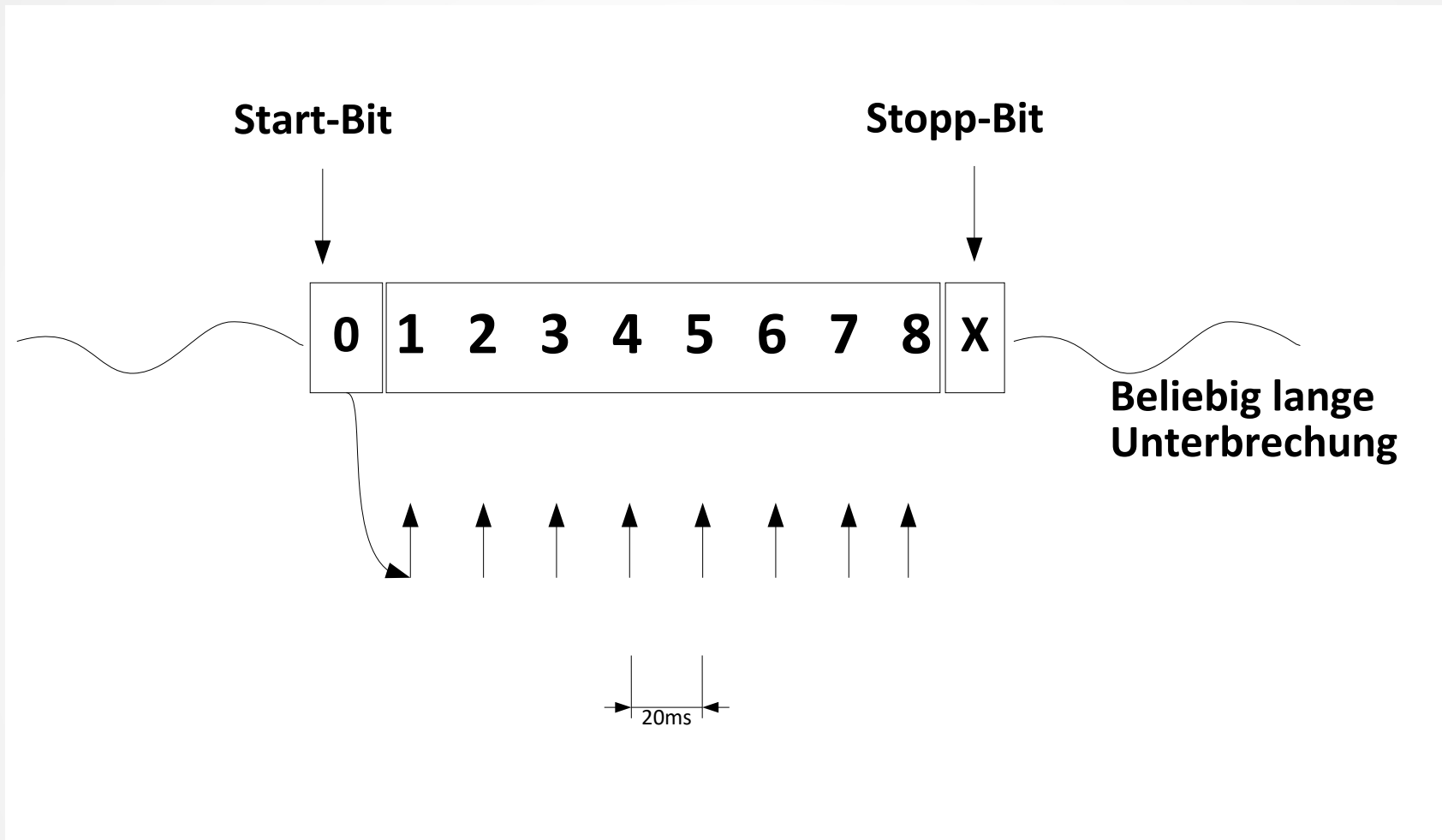
..011011110110001010001011..

D 8	10110001=0xB1
E 7	11011000=0xD8
C 6	11101100=0xEC
O 5	
D 4	11110110=0xF6
E 3	01111011=0x7B
R 2	10111101=0xBD
1	11011110=0xDE
	01101111=0x6F

# Ethernet-Synchronisation



# Asynchrone Datenübertragung

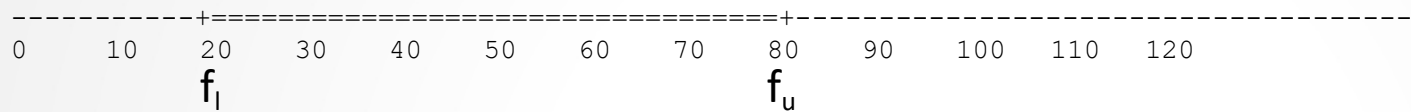


# Begriffe: Bandbreite

Für die **Bandbreite** gibt es unterschiedliche Betrachtungsweisen.

## 1. Funktechnische Sicht.

Die Bandbreite beschreibt einen Ausschnitt aus einem Frequenzband, in dem eine minimale Dämpfung auftritt. Das Frequenzband wird durch eine untere Frequenz (lower ->  $f_l$ ) und eine obere Frequenz (upper ->  $f_u$ ) begrenzt.



$$B = f_u - f_l = 80\text{kHz} - 20\text{ kHz} = 60\text{ kHz}.$$

## 2. IT-technische Sicht

Hier steht Bandbreite als Synonym für die maximal mögliche Datenübertragungsrate

## Nachricht

(engl. Message)

Eine Nachricht ist ein Satz von Zeichen oder Stati, die für die Datenübertragung genutzt werden können.

# Begriffe (Fortsetzung)

## **Signal**

Ein Signal (lat. signalis) ist dazu bestimmt ein Zeichen (lat. signum) zu geben.  
Besitzt ein Signal eine Bedeutung kann es zur Übertragung einer Nachricht genutzt werden.  
Wird ein Signal zur Auswertung von Information genutzt, wird das Nutzsignal genannt.  
Behindert ein Signal die Informationsübertragung wird es Störsignal genannt.

## **Symbol**

Ein Symbol ist ein Element um einen Teil einer Meldung zu transportieren.  
Ein Symbol ist notwendigerweise mindestens ein Bit.  
Es kann auch aus mehreren Bits bestehen.  
So können z. B. 4 Symbole (00, 01, 10, 11) 4 verschiedene Phasen beschreiben.

## **Byte**

Gruppe von 8 Bit. Wird auch als Oktett bezeichnet.

## **Bit**

Abkürzung für „Binary Digit“. Klein geschrieben ist es eine Einheit wie m oder °C.  
Groß geschrieben wird immer ein bestimmtes Zeichen 0 oder 1 angewendet.

## **Baud-Rate**

Anzahl der pro Sekunde durchgeführten Abtastungen in Symbols/s oder Msym/s.

# Begriffe (Fortsetzung)

## **Bit-Übertragungsrate**

Die Bit-Übertragungsrate ist die über den Kanal gesendete Menge an Information und entspricht der Anzahl der Zeichen pro Sekunde mal der Anzahl der Bits pro Zeichen. Wird in Bits pro Sekunde (bps) angegeben.

## **Informationsrate / Zeit**

Anzahl der Bits pro Sekunde.

Sie entspricht der Übertragungs-Geschwindigkeit oder Bit-Übertragungsrate.

## **Alphabet**

Satz von definierten Symboltypen. Zahl 0-9 Buchstaben a-z, A-Z.

## **Zeichen**

Ein Zeichen ist ein Signal mit einer festgelegten Bedeutung.

Jede Abtastung sendet eine Information also ein Zeichen.

Das Zeichen besteht also aus mindestens einem Bit.

Werden bei einer Abtastung mehrere Bits abgetastet, dann enthält ein Zeichen genau die Anzahl an Bits die bei einer Abtastung entstehen.

# Begriffe (Fortsetzung)

## **Code**

Zuordnung zwischen Zeichen und Symbolen.

## **Schritt**

Ein Schritt ist die kleinste systemtechnisch realisierbare Zeiteinheit, in der eine gewisse Anzahl von Bits übertragen werden.

## **Schrittgeschwindigkeit**

Anzahl der Schritte pro Zeiteinheit. Die Einheit ist baud.

Nur wenn genau ein Bit pro Schritt übertragen wird, gilt:

$1 \text{ baud} = 1 \text{ Bit/s}$

Werden bei einer Abtastung 2 Bits abgetastet gilt:

$1 \text{ baud} = 2 \text{ Bit/s}$

Die Anzahl der Bits pro Sekunde auf dem Kanal wird durch das Modulationsverfahren festgelegt.



# Informationsquelle: Alphabet

Buchstabe	Häufigkeits- verteilung im deutschen Alphabet in %	Häufigkeits-verteilung im englischen Alphabet in %	Buchstabe	Häufigkeits- verteilung im deutschen Alphabet in %	Häufigkeits-verteilung im englischen Alphabet in %
a	6,51	8,2	n	9,78	6,7
b	1,89	1,5	o	2,51	7,5
c	3,06	2,8	p	0,79	1,9
d	5,08	4,3	q	0,02	0,1
e	17,4	12,7	r	7	6
f	1,66	2,2	s	7,27	6,3
g	3,01	2	t	6,15	9,1
h	4,76	6,1	u	4,35	2,8
i	7,55	7	v	0,67	1
j	0,27	0,2	w	1,89	2,4
k	1,21	0,8	x	0,03	0,2
l	3,44	4	y	0,04	2
m	2,53	2,4	z	1,13	0,1

# Entscheidungsinhalt / Information

## Entscheidungsinhalt

Wenn  $n$  die Anzahl von Symbolen eines Alphabets beschreibt, ergibt:

$\text{Id}(n)$

den Entscheidungsinhalt. In Bit / Symbol.

$$H_0 = \text{Id}(n) = \frac{\log(n)}{\log(2)}$$

Beispiel: Unser Alphabet mit 26 Buchstaben hat einen Entscheidungsinhalt von  
 $H_0 = \text{Id}(26) = 4,7004 \text{ Bit/Symbol}$

## Information

In der Informationstheorie bedeutet der Begriff Information, die von einem Sender zu einem Empfänger übermittelt wird, dass es sich dabei um etwas Neues / dem Empfänger bisher unbekanntes handelt.

# Informationsgehalt

Der informative Wert eines Symbols  $x_i$  ist umso größer, je seltener es auftritt.  
Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von diesem Symbol ist  $P(x_i)$ .  
Der Informationsgehalt eines unabhängigen Symbols  $x_i$  ist:

$$I_x = \lg\left(\frac{1}{P(x_i)}\right) \quad \text{in Bit / Symbol}$$

Beispiel aus unserem Alphabet unter der Annahme, dass alle Wahrscheinlichkeiten gleich verteilt sind.:

$$I_x = \lg\left(\frac{1}{\frac{1}{26}}\right) = \frac{\lg(26)}{\lg(2)} = 4,7004 \quad \text{Bit / Symbol}$$

# Durchschnittlicher mittlerer Informationsgehalt (Entropie)

Für das obige Beispiel:  $I = \lg(1/26^{-1}) = 4,7004 \text{ Bit/Symbol}$

$$\bar{I}_x = H = \sum_{i=1}^n P(x_i) \lg \frac{1}{P(x_i)}$$

Das Maximum der Entropie erhält man, wenn das Auftreten jedes Symbols die gleiche Wahrscheinlichkeit hat.

Beispiel:

$$H = 26 / 26 \lg(1/26^{-1}) = 4,7004 \text{ Bit / Symbol}$$

# Redundanz und Relevanz

$$R = H_0 - H$$

Jede Abweichung von der Gleichverteilung der Wahrscheinlichkeiten der Symbole führt zu einer Verringerung des mittleren Informationsgehalts der Nachricht. Diese Verringerung der Entropie nennt man Redundanz (R).

Redundanz (Mehrfaches Auftreten der Information)

Relevanz ( Wichtiger Teil der Information)

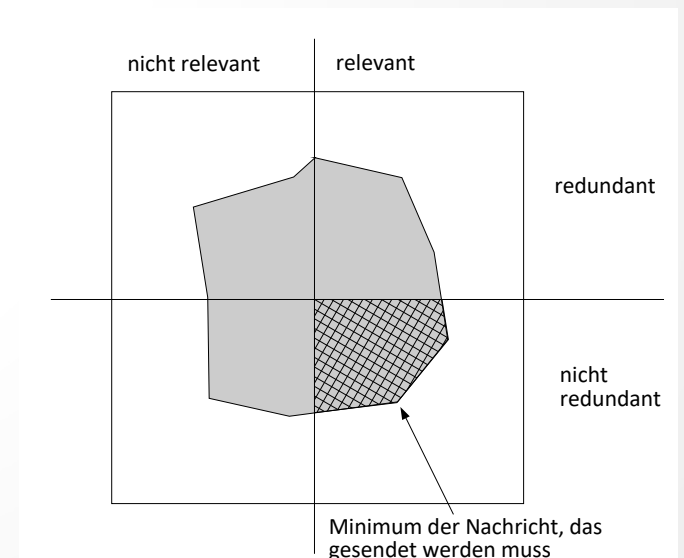
Beispiel: Die Bandbreite von 3100 Hz ist relevant für die Übertragung der menschlichen Sprache. Mit Rücksicht auf statistische Abhängigkeiten der Zeichen / Buchstaben in der menschlichen Sprache verringert sich die Entropie auf etwa 1 Bit / Symbol.

Mit den obigen Werten ergibt sich für die Redundanz:

$$R = 4,7 - 1 = 3,7 \text{ Bit /Symbol}$$

Daraus folgt:

78,7 % der Sprache sind redundant.



# Zusammenfassung

- Schichtenmodelle (allgemein)
- ISO/OSI-7-Schicht-Referenzmodell
- Abtastung
- Fourier-Synthese
- Kanal-Kapazität / Informationsmenge
- Multiplexverfahren
- Grundbegriffe

## Netztechnik-Vorlesung Teil -2

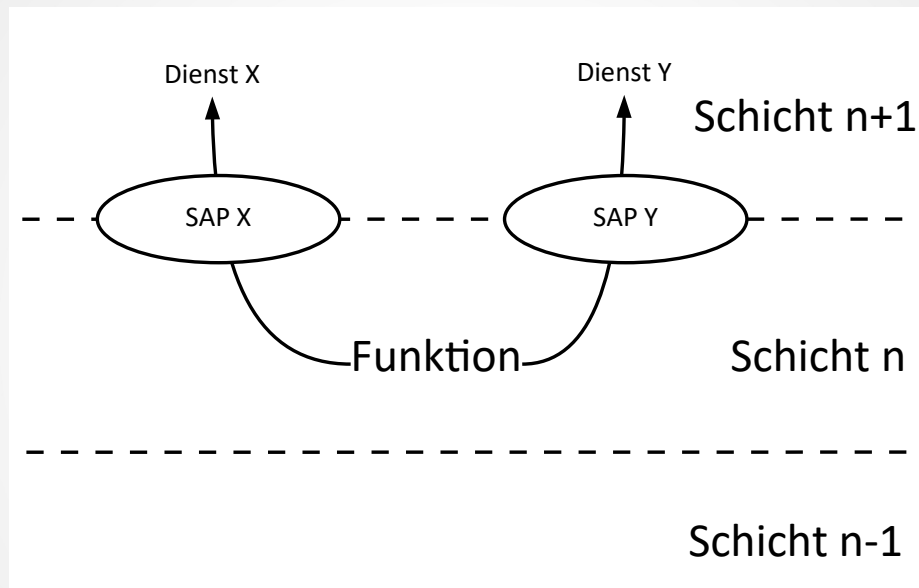
## Netztechnik-Vorlesung Teil-2

### Inhalt

- Schichtenmodelle (allgemein)
- ISO/OSI-7-Schicht-Referenzmodell
- Abtastung
- Fourier-Synthese
- Kanal-Kapazität / Informationsmenge
- Multiplexverfahren
- Grundbegriffe



## Schichtenmodelle: Dienstesicht



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 3:62

Es gibt unterschiedliche Sichtweisen auf ein Schichtenmodell

- **Dienste-Sicht**

Hierbei nutzt eine Schicht, den von einer unterlagerten Schicht angebotenen Dienst (Service), als Client.

Als Schnittstelle, zur Nutzung des Dienstes, stellt die Instanz auf der Schicht n als Service eine oder mehrere Funktionen über den Service-Access-Point (SAP) zur Verfügung.

Das OSI-Referenzmodell geht dabei von einem verbindungsorientierten Dienst aus.

Bei den Diensten werden die Funktionen, die erbracht werden, beschrieben. Die Dienste-Spezifikation enthält das gesamte Dienstleistungsangebot der Schicht n:

N-CONNECT ,(Verbindungsaufbau)

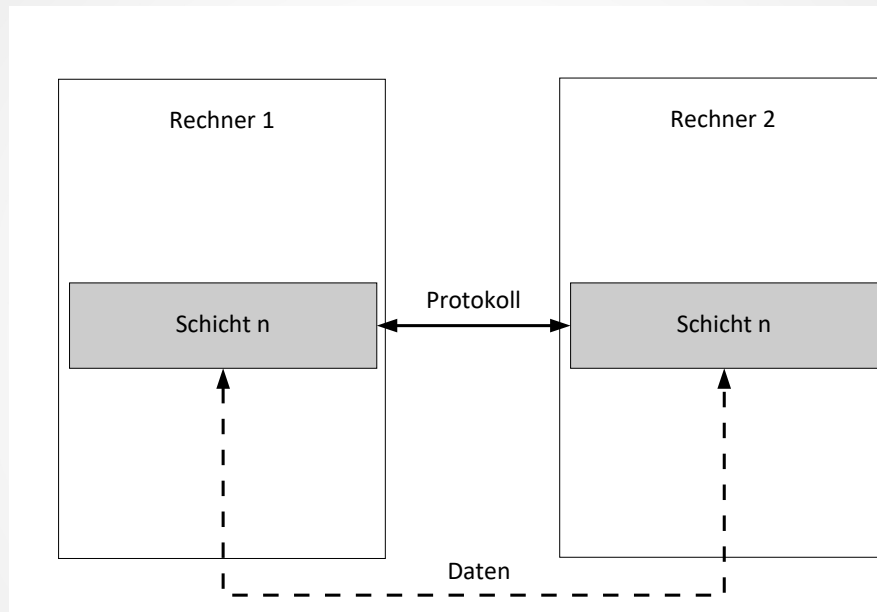
N-DATA (Datenaustausch)

N-DISCONNECT (Verbindungsabbau)

- **Protokoll-Sicht**

Hierbei unterhalten sich zwei Kommunikationspartner auf der gleichen Schichtebene

## Schichtenmodelle: Protokollsicht



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 4:62

Herbei agieren die Instanzen der Kommunikationspartner auf der gleichen Ebene und handeln ein Protokoll ab.

Die Daten werden allerdings auf der Senderseite im Protokollstack nach unten Abgegeben bzw. auf der Empfängerseite von unten übernommen.

Durch ein Protokoll können folgende Festlegungen getroffen werden.

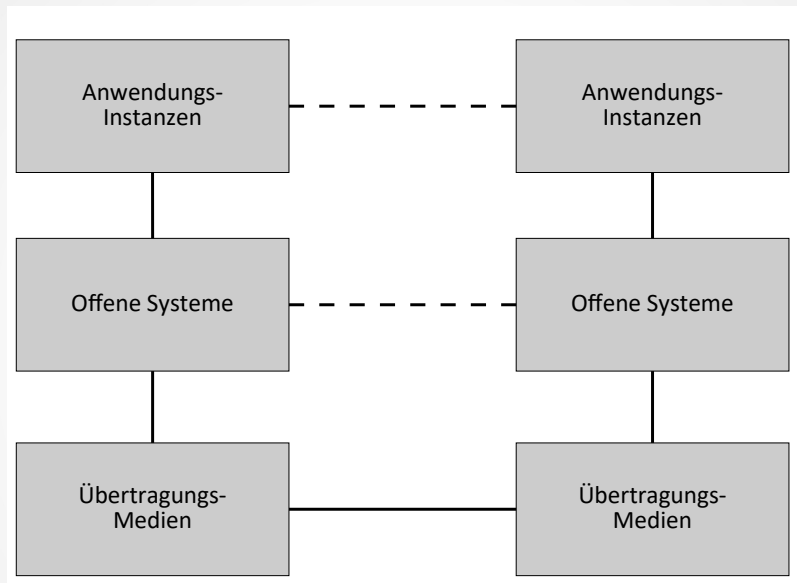
- Regeln (Verbindungsaufbau, Datenübertragung, Verbindungsabbau)
- Ablauf (1., 2., 3., ...)
- Kommunikation gleichberechtigter Partner (Peers)

### Referenzmodelle

Es gibt mittlerweile eine Anzahl verschiedene Referenzmodelle

- OSI-RM
- DARPA, DoD-RM, TCP/IP - RM
- BISDN-RM

## Grundelemente einer Kommunikationsarchitektur



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 5:62

Die Architektur sieht auf Sender- und Empfängerseite gleich aus.

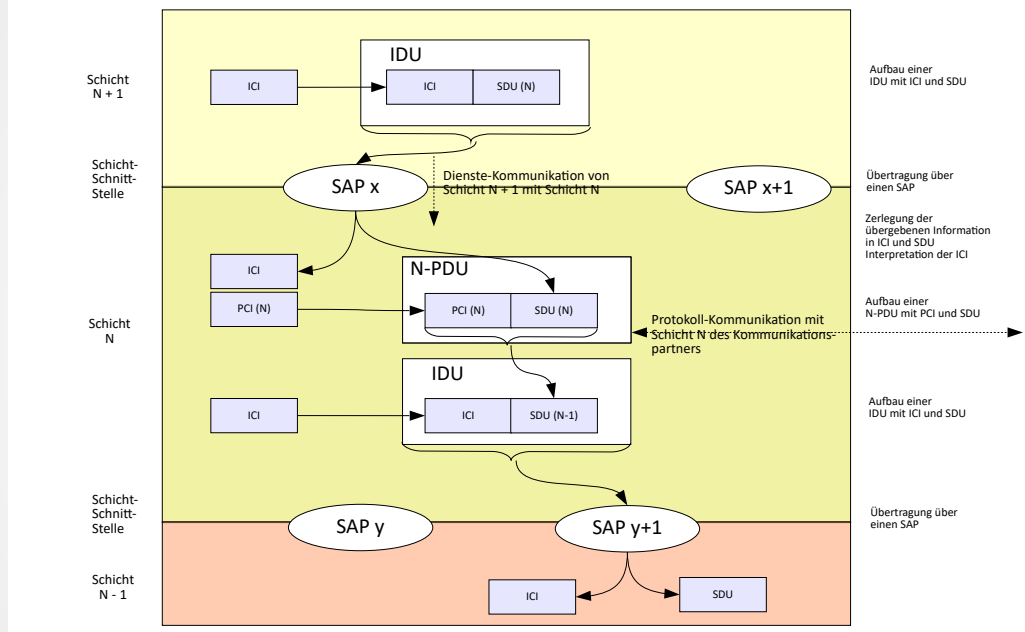
Oben agieren die Anwendungen und tauschen über ein Anwendungsprotokoll Informationen aus.

Dabei nutzen sie ein oder mehrere offene System-Ebenen.

Die Systemebenen können mit unterschiedlicher Anzahl und Funktionen ausgeprägt sein. Es kann also passieren, dass Ebenen nicht realisiert sind, oder mit anderen Ebenen zusammenfallen.

Auf der untersten Ebene wird die Anpassung an das Medium vorgenommen und die Daten in Form von Bits ausgetauscht.

## Interaktion zwischen den Schichten



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 6:62

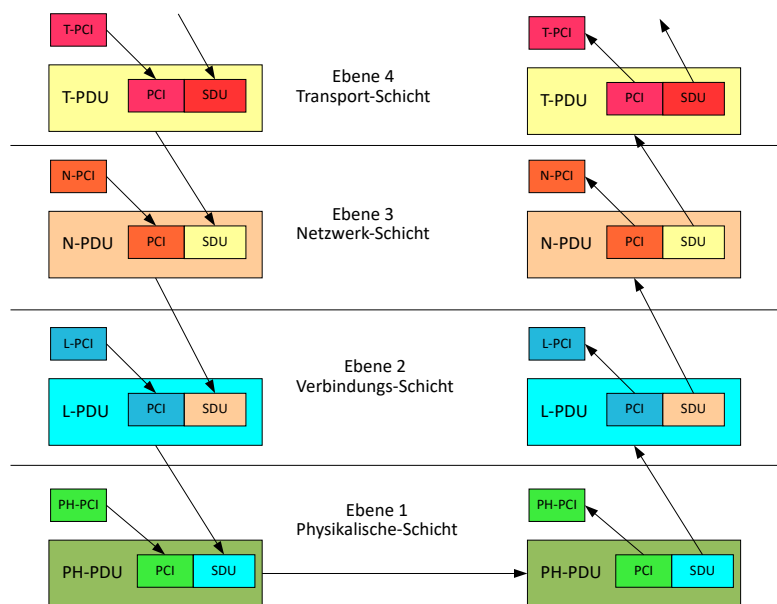
Mit Ausnahme der Schicht 1 läuft die Interaktion zwischen den Schichten immer gleich ab.

Um der unterlagerten Schicht Steuerinformationen zu übergeben wird die ICI (Interface Control Information) den zu bearbeitenden Daten, der SDU (Service Data Unit) mitgegeben. ICI und SDU bilden zusammen die IDU (Interface Data Unit), die über den SAP, der unterlagerten Schicht übergeben wird.

Die unterlagerte Schicht nutzt die Information aus der ICI um die unterschiedlichen Funktionen zu steuern.

Damit eine Schicht ihre Aufgabe, zusammen mit dem Schicht-Partner (peer) auf einem anderen Rechner, durchführen kann, muss sie für den Schicht-Partner Informationen zur Verfügung stellen, die sie in einem Header, der PCI (Protocol Control Information), den übergebenen Daten, der SDU (Service Data Unit) voranstellt. PCI und SDU bilden die PDU (Protocol Data Unit), welche zwischen den Instanzen auf der gleichen Ebene ausgetauscht werden.

## Schnittstellen-Übergabe



Stand: 20.08.2023

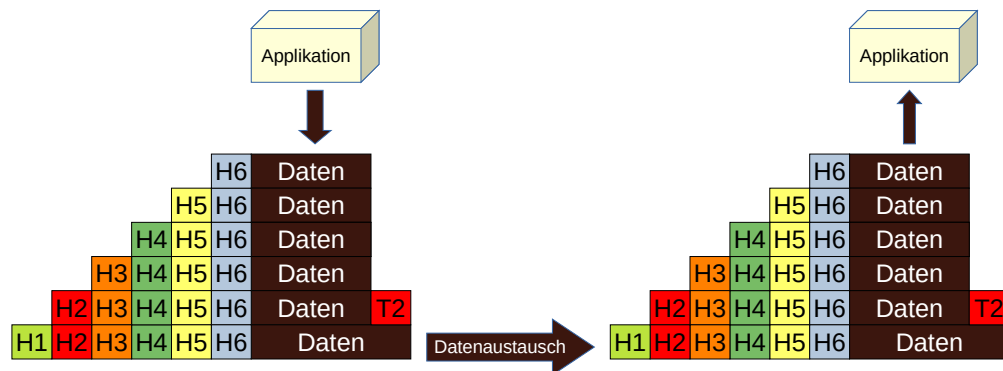
Netztechnik Teil-2

Folie: 7:62

Die obige Abbildung zeigt, wie die PDU's (beim Schicht-Übergang nach unten) zu SDU's werden. Beim Senden gibt jede Schicht, in der SDU ihrer Partnerschicht Informationen mit, wie sie die SDU weiter bearbeiten soll. Zusammen mit einer PCI wird eine SDU in einer beliebigen Schicht zu einer PDU zusammengeführt.

Beim Übergang nach oben wird eine SDU in einer beliebigen Schicht zu einer PDU. In der Schicht wird die PDU in eine PCI und eine SDU zerlegt. Mit der PCI kann dann die Schicht die SDU bearbeiten und an den in der PCI definierten SAP weitergeben.

## Header-Aufbau / Header-Abbau



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 8:62

Die obige Abbildung zeigt, wie die PDU's (beim Schicht-Übergang nach unten) zu SDU's werden. Beim Senden gibt jede Schicht, in der SDU ihrer Partnerschicht Informationen mit, wie sie die SDU weiter bearbeiten soll. Zusammen mit einer PCI wird eine SDU in einer beliebigen Schicht zu einer PDU zusammengeführt.

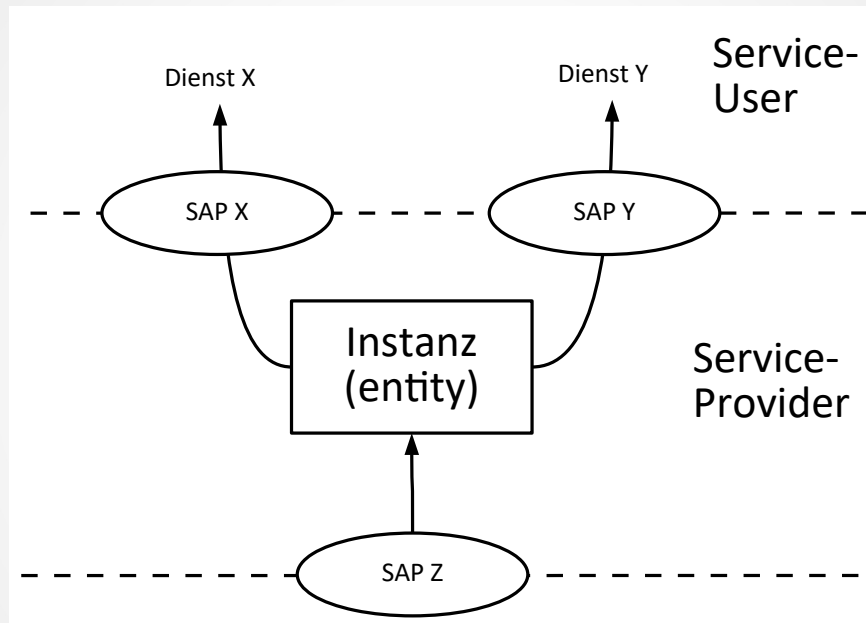
Beim Übergang nach oben wird eine SDU in einer beliebigen Schicht zu einer PDU. In der Schicht wird die PDU in eine PCI und eine SDU zerlegt. Mit der PCI kann dann die Schicht die SDU bearbeiten und an den in der PCI definierten SAP weitergeben.

Jede Ebene fügt vorne an die Daten beim Senden einen Header an.

Die Ebene 2 baut zusätzlich zum Header einen Tail in Form des Cyclic Redundancy Checks (CRC) an.

Auf der Empfängerseite nutzt jede Ebene, den für sie gemeinten Header, um das Protokoll abzuhandeln.

## Bestandteile von Referenzmodellen



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 9:62

In Referenzmodellen gibt es für jede Schicht die folgenden Bestandteile:

### **Instanz (Entity)**

Dies ist der eigentliche Dienstleistungserbringer einer Schicht. Die Instanz nutzt dabei die Dienste der unterlagerten Schichten, ohne dass deren Funktionsweise nach oben hin relevant ist.

### **Service-Provider**

Die Instanz der Ebene n ist der Service-Provider für die Ebene n+1.

### **Service-User**

Die Instanz der Ebene n+1 ist der Service-User der Ebene n.

### **SAP**

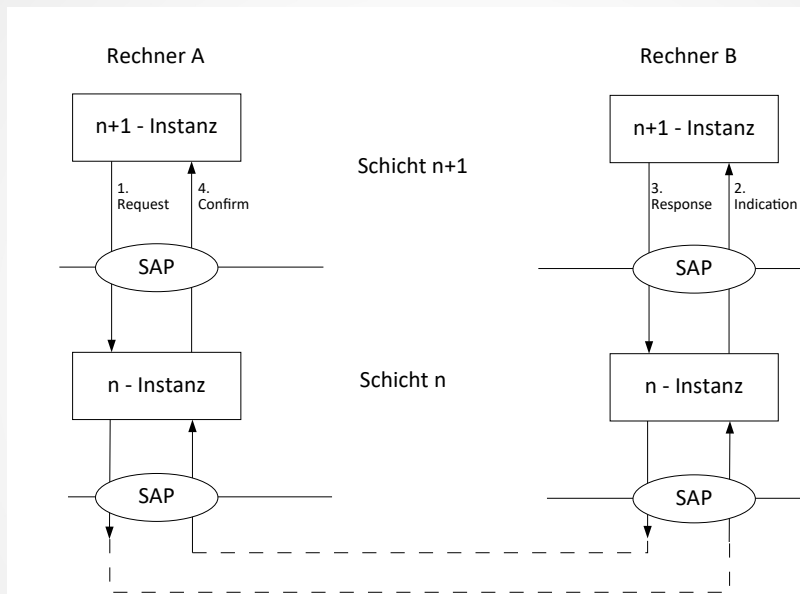
Der Service-Access-Point bildet die Schnittstelle die z. B. die Ebene n+1 verwendet um die Ebene n zu benutzen.

Stellt eine Instanz mehrere Funktionen zur Verfügung, kann sie diese über mehrere SAPs anbieten.





## Primitive bei verbindungsorientierter Kommunikation



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 11:62

Auf Rechner A will die n+1-Instanz mit der n+1-Instanz auf Rechner B Daten austauschen. Dazu stellt sie, als Service-User eine Anfrage (**Request**) an die ihr unterlagerte Instanz (n). Dies wird über den SAP der Schicht n abgewickelt.

Als Service-Provider arbeitet die n-Instanz auf dem Rechner A zusammen mit der n-Instanz auf dem Rechner B. Dazu verwenden sie das Protokoll welches auf n-Ebene verwendet wird (n-Protokoll). Mit diesem Protokoll werden n-PDU's ausgetauscht. Nachdem auf Rechner B-Seite die n-Instanz ihre Arbeit verrichtet hat übergibt sie der Schicht n+1 die Anzeige (**Indication**).

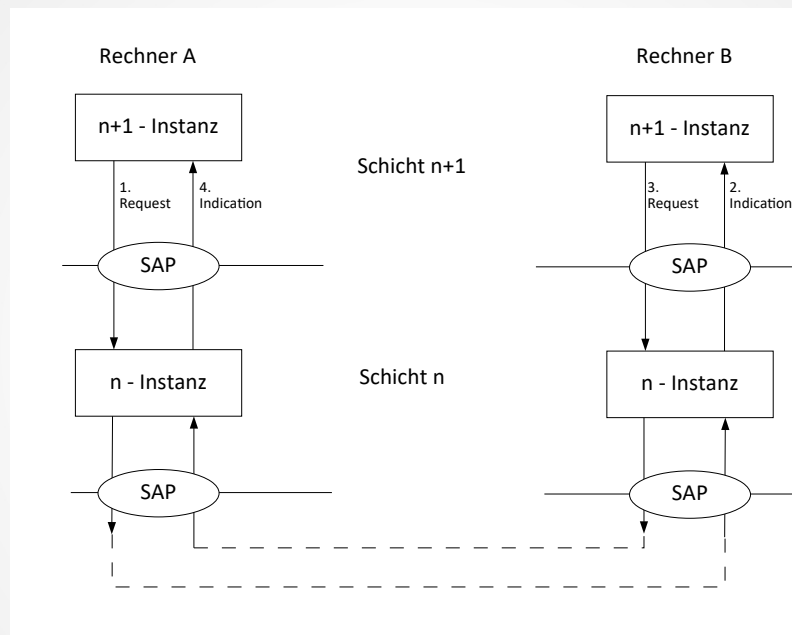
Die Indication wird nun auf Rechner-B-Seite von der n+1-Instanz verarbeitet. Ist die Bearbeitung abgeschlossen, antwortet die n+1-Instanz mit einer Antwort (**Response**).

Die n-Instanz auf Rechner B übergibt diese Antwort ihrem Partner auf Rechner A an die n-Instanz.

Die n-Instanz auf Rechner A übergibt nun als Service-Provider ihrem Service-User eine Bestätigung (**Confirm**) über die Durchführung der angeforderten Dienstleistung.

Mit dieser Vorgehensweise wird sichergestellt, dass auf eine Anforderung eine Aktion auf der gegenüberliegenden Seite angestoßen wird. Die Gewähr, dass die Aktion auf der gegenüberliegenden Seite erfolgt ist, bekommt der Initiator durch eine Rückmeldung (Confirm). In dieser Rückmeldung erfährt der Initiator, ob die Aktion auf der gegenüberliegenden Seite erfolgreich war, oder nicht.

## Primitive bei verbindungsloser Kommunikation



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

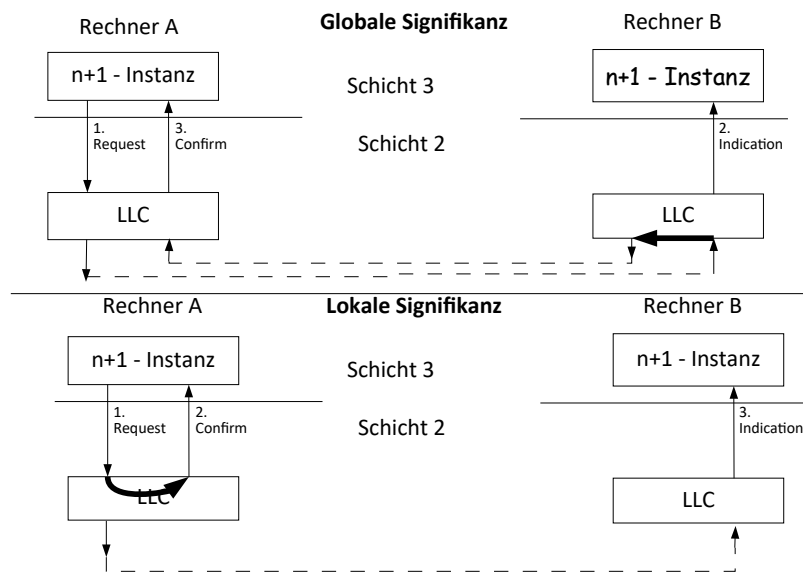
Folie: 12:62

Bei der verbindungslosen Kommunikation entfallen die Primitive Response und Confirm, da es keine Rückmeldung gibt!

Dadurch haben die n+1-Instanzen keine Möglichkeit zu verfolgen, was aus ihren Anforderungen geworden ist.

Rückmeldungen müssen die überlagerten Schichten selbst durch logische Quittungen, mittels eines neuen Requests, erzeugen.

## Globale und lokale Signifikanz



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 13:62

Bei der verbindungslosen Kommunikation kann eine Rückmeldung trotzdem noch auf zwei unterschiedliche Arten erzeugt werden.

### ● Globale Signifikanz

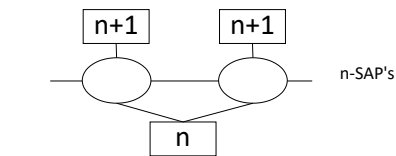
Hierbei wird die Bearbeitung auf der gegenüberliegenden Seite durchgeführt und nach Abschluss der Bearbeitung die Rückmeldung erzeugt. Dies erzeugt zwar eine Datenübertragung mehr, hat jedoch eine größere Sicherheit da der gesamte Kommunikationsweg außerhalb des Rechners überwacht werden kann.

### ● Lokale Signifikanz

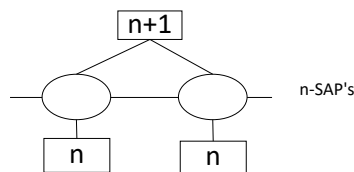
Hierbei wird vom Service-Provider sofort die Rückmeldung erzeugt. Diese Vorgehensweise erspart dem Vorgang eine Datenübertragung und ist somit performanter. Sie ist jedoch nicht in der Lage auf Datenübertragungsfehler außerhalb des Rechners zu reagieren.

## SAP-Zugriff (erlaubt / nicht erlaubt)

### ERLAUBT

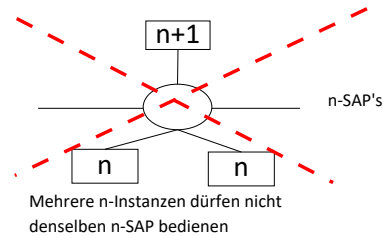


Eine n-Instanz darf mehrere n-SAP's bedienen

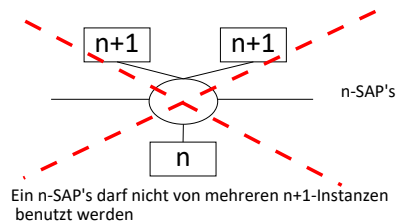


Eine n+1-Instanz darf mehrere n-SAP's benutzen

### NICHT ERLAUBT



Mehrere n-Instanzen dürfen nicht denselben n-SAP bedienen



Ein n-SAP's darf nicht von mehreren n+1-Instanzen benutzt werden

## Zusammenfassung

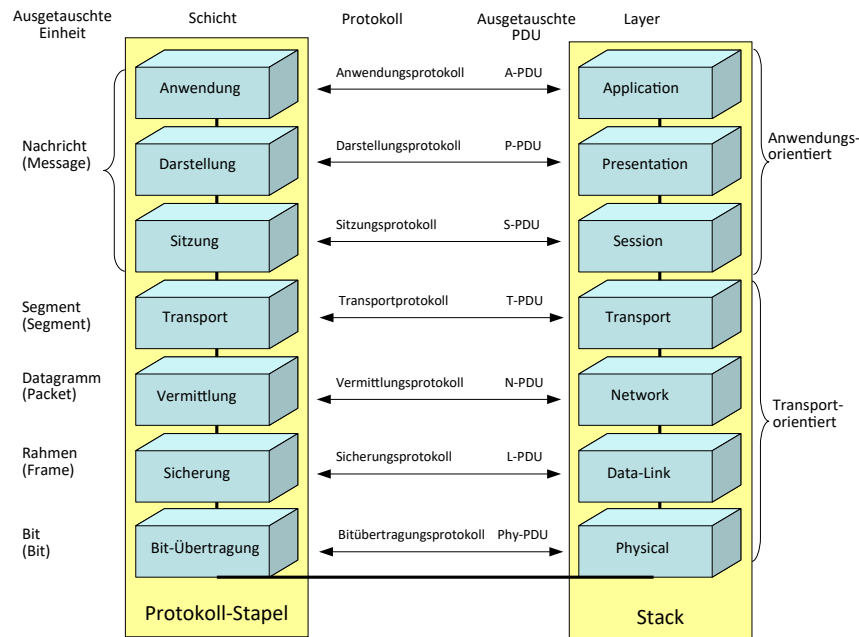
Zwischen gleichberechtigten Kommunikationspartner (Peers) werden Protokolle ausgetauscht bzw. bearbeitet.

Zwischen den Schichten eines Rechners werden Dienstleistungen zur Verfügung gestellt. Dazu nutzen die einzelnen Instanzen die SAP's der unterlagerten Schichten.

Rechte Seite\_

Ene Gemeinsame Nutzung von SAPs ist nicht zulässig!

# ISO/OSI-7-Schicht-Referenzmodell



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 15:62

In der Abbildung ist das OSI-7-Schichten-Modell (Open Systems Interconnection Model auch OSI-Referenz-Modell im Folgenden OSI-RM genannt) Auf der linken Seite sind die Schichten mit ihren deutschen Bezeichnungen und auf der rechten Seite mit den englischen.

Dazwischen sind die Protokolle und die darin transportierten Daten-Einheiten aufgeführt.

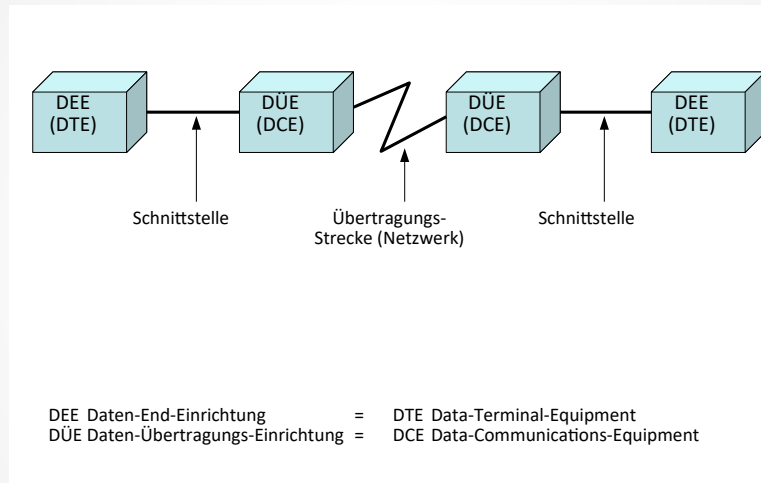
Ganz rechts ist die Zugehörigkeit der Schichten auf eine Transport oder Anwendungs-Orientierung zugeordnet.

Dies bedeutet, dass die oberen 3 Schichten üblicherweise in den Anwendungen (Applications) realisiert werden.

Die unteren 4 Schichten werden dem Transport über das Netzwerk zugeordnet.

Normalerweise werden die untersten beiden Schichten mit Hardware realisiert, wohingegen die Schichten darüber in Software realisiert werden.

## ISO/OSI-RM: Layer-1 (Bitübertragungsschicht / Physical Layer)



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 16:62

## Bitübertragungsschicht (1)

(engl. Physical-Layer)

Hierbei geht es um die Übertragung von Einsen und Nullen. Die Instanzen der Schicht 1 sind über ein physikalisches Medium miteinander verbunden. Es werden Bits ausgetauscht.

Mögliche Realisierungsformen sind:

- Lichtwellenleiter (LWL)
- Kupfer
- Funk

Dabei sind die folgenden Funktionen in der Schicht 1 zu realisieren:

- Kodierung (Wire-Coding)
- Takt-Rückgewinnung
- Synchronisation

Weiterhin werden noch Pegel, Stecker-Bauformen usw. festgelegt.

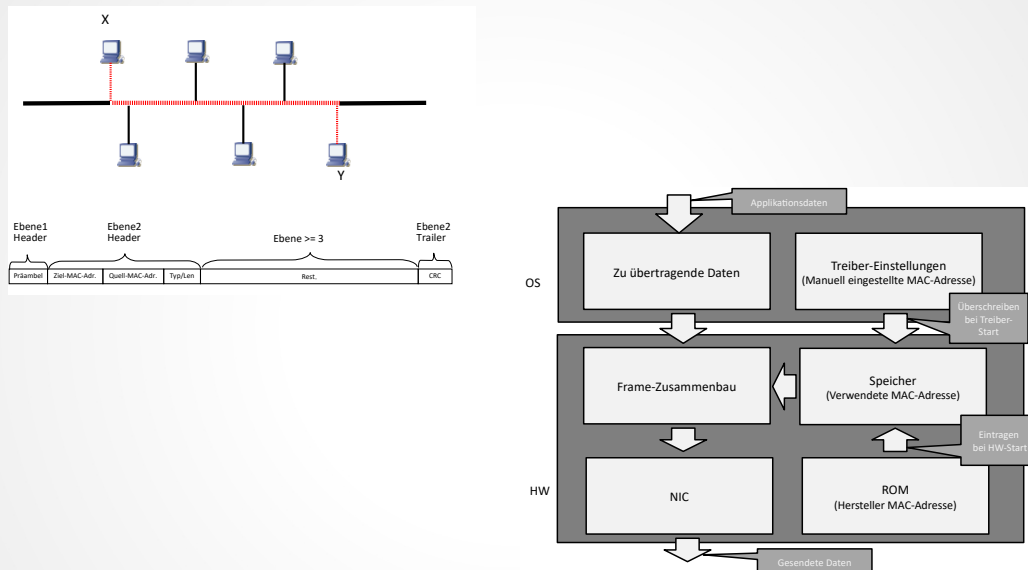
Die Unterscheidung der Geräte ist bei der Steckerbelegung an den Schnittstellen-Leitungen wichtig, da hier in den Steckern zusätzliche Brücken verdrahtet sind. Ein beliebter Fehler ist das Vertauschen der Stecker, da die äußerlich gleich aussehen.

Anmerkung:

Die Schicht 1 wird oft in 2 Unterebenen aufgeteilt.

- 1b Media-Independent -Interface (AUI bei 10 Mbps, MII bei 100 Mbps, GMII bei 1 Gbps, GMII bei 10 Gbps)
- 1a Physical-Media-Dependent (PMD)

## ISO/OSI-RM: Layer-2 (Sicherungsschicht / Data-Link-Layer)



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 17:62

## Sicherungsschicht (2)

(engl. Data-Link-Layer)

Diese Schicht dient zum Aufbau einer gesicherten Verbindung zwischen zwei Rechnern und der Verkehrsarten (Unicast, Multicast und Broadcast). Dazu sind folgende Funktionen notwendig:

- Verbindungsmanagement
  - Medien-Zugriff (z. B. CSMA/CD)
  - Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen Systemen
  - Adressierung (MAC-Adresse)
- Fehlererkennung (Die Bearbeitung von Prüfsummen sind hier angesiedelt)
- Fehlerkorrektur (Zusammen mit den Prüfsummen gibt es leistungsfähige Mechanismen, um Fehler zu korrigieren)
- Flusssteuerung (Hierbei wird die bestmögliche Ressourcen-Ausnutzung angestrebt)

Damit Geräte z. B. über Ethernet miteinander in einem Netzwerk kommunizieren können benötigen die Netzwerk-Interfaces eine so genannte MAC-Adresse (MAC = Media Access Control). Diese Adressen sind vom Hersteller fest auf der Netzwerk-Karte eingebrannt, können jedoch vom Administrator überschrieben werden. Sobald ein Gerät einen Frame auf ein Netzwerk überträgt, muss er die Ziel-MAC-Adresse und die eigene, die Quell-MAC-Adresse, in den MAC-Header eintragen.

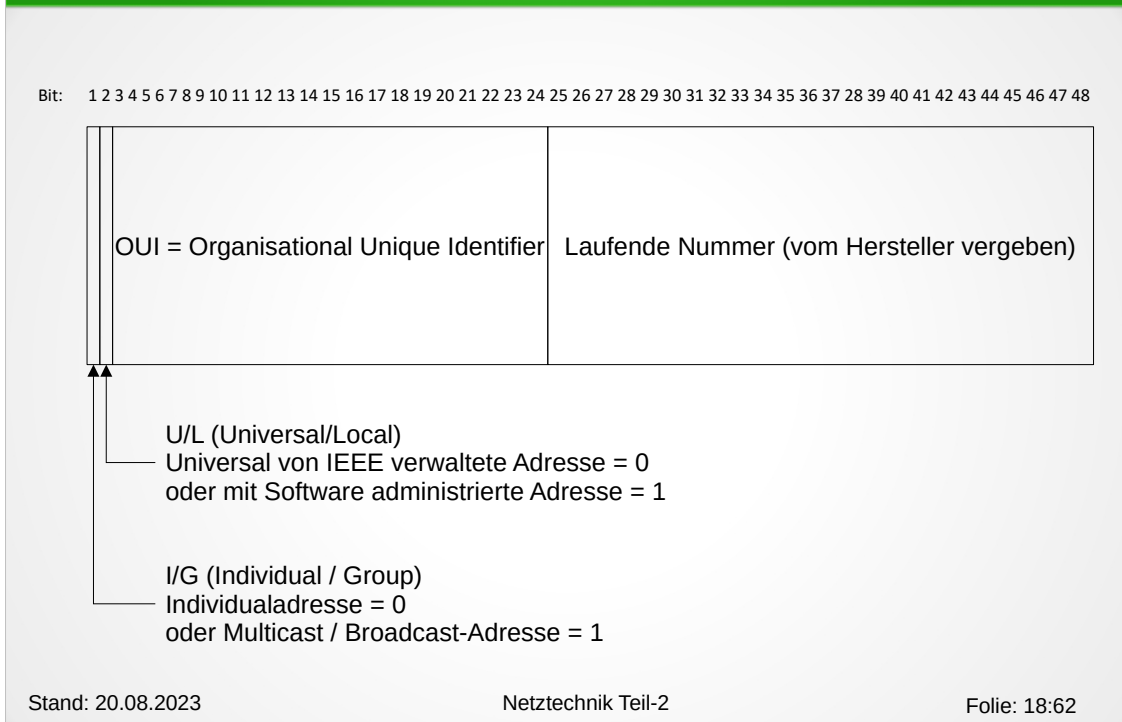
Eigentlich soll die MAC-Adresse weltweit eindeutig sein um einen MAC-Adress-Konflikt auszuschließen, denn doppelte MAC-Adressen in einer Broadcast-Domain können zu massiven Problemen führen.

Mit MAC-Adressen, die fest Netzwerk-Adaptoren zugeordnet sind, ist es jedoch möglich z. B. in WAN-Netzwerken ein Bewegungsprofil (Tracking) zu erzeugen, was in die Privatsphäre der Nutzer eingreift.

Mit zufällig erzeugten MAC-Adressen kann kein Tracking erfolgen. Solche MAC-Adressen werden z. B. verwendet, solange ein WLAN-Accesspoint mit Probe-Requests gesucht wird und noch keine Verbindung besteht. Erst wenn der Client sich mit dem AP verbindet wird die Hardware-MAC-Adresse oder die manuell konfigurierte MAC-Adresse verwendet.

Diese Funktion existiert ab Windows 10, ab iOS 8 und ab Android 6.

## MAC-Adress-Aufbau (EUI 48)



Auf einem Shared Media lesen alle an das Netzwerk angeschlossene Geräte die Frames mit.

Jedes Gerät vergleicht die Ziel-MAC-Adresse mit seiner eigenen MAC-Adresse. Sind die beiden Adressen identisch, wird der Frame weiter verarbeitet.

Ist die MAC-Adresse unbekannt, werden die Frames nicht weiter verarbeitet.

Zusätzlich gibt es Multicasts und Broadcasts. Broadcasts werden von allen Geräten weiter verarbeitet.

Multicast werden von den Mitgliedern einer bestimmten Gruppe genutzt und deshalb auch weiter geleitet.

Die Bearbeitung des MAC-Adressen-Vergleichs findet auf der Netzwerk-Karte, also auf der Hardware statt.

Sobald der Frame weiter verarbeitet wird, muss die CPU des Rechners sich damit beschäftigen, da die Ebenen >2 mit Software realisiert werden.

Beispiele Für MAC-Adressen.

Broadcast-Adress-Darstellung unter UNIX: FF:FF:FF:FF:FF:FF

Broadcast-Adress-Darstellung unter Microsoft-Windows : FF-FF-FF-FF-FF-FF

Broadcast-Adress-Darstellung auf HP-Switch: FFFFFFFF-FFFFFFF

Multicast-Adresse 01:00:5E:<Multicast Gruppe>

Unicast-Adress-Darstellung unter Microsoft-Windows: 08-00-27-00-AE-B3

Bevor die MAC-Adresse in den Frame eingebaut wird werden die Bytes gespiegelt. Die Bedeutung wechselt damit Byteweise von LSB zu MSB.

Z. B.

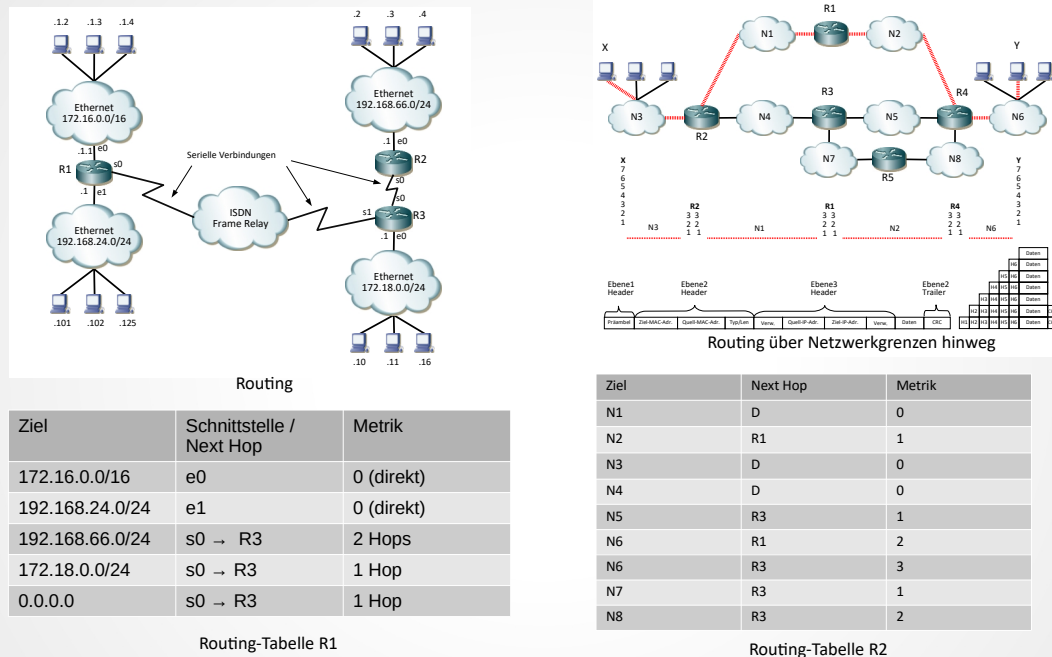
00110101 01111011 00010010 00000000 00000000 00000001

wird zu:

10101100 11011110 01001000 00000000 00000000 10000000



## ISO/OSI-RM: Layer-3 (Vermittlungsschicht / Network-Layer)



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 19:62

## Vermittlungs-Schicht (3)

(engl. Network-Layer)

Diese Schicht dient zur Verbindung von Endsystemen über Transit-Systeme hinweg. Dazu ist eine logische Adressierung einzuführen (z. B. IP-Adressen) um über das lokale Netzwerk hinaus mit Systemen in anderen Netzwerken zu kommunizieren.

Damit Daten über mehrere Netzwerke ausgetauscht werden können ist in den Daten-Headern die Information für die Wegefindung zu hinterlegen. Protokolle mit diesen Informationen werden geroutete Protokolle genannt. Beispiele sind IP und IPX. Damit können die Router welche die Netzwerke miteinander verbinden die Daten zum Ziel transportieren. Um den Routern die Entscheidung für die Wegewahl zu ermöglichen halten sie so genannte Routing-Tabellen. In ihnen sind die Netzwerke mit den möglichen Routen hinterlegt.

Werden die Netzwerke miteinander vermascht, um redundante Wege zu ermöglichen und damit die Ausfallsicherheit zu erhöhen, müssen sich die Router miteinander, über so genannte Routing-Protokolle, unterhalten welche Routen gerade möglich sind. Damit kann die Information für die Wegentscheidung automatisch abgeglichen werden. Beispiele hierfür sind RIP, OSPF, IGRP. Alternativ kann man die Routing-Tabellen auch manuell pflegen. Dann sind die Routen allerdings statisch. Die Router können sich dann nicht mehr automatisch nach dem Ausfall einer Verbindung optimieren.

Da die Router auch Netzwerke mit unterschiedlichen physikalischen Ausprägungen miteinander verbinden kann es vorkommen, dass die Paketgrößen anzupassen sind. Dazu werden die Funktionen:

Fragmentation (deutsch: Zerlegung) und Reassembling (deutsch: wieder zusammen setzen) verwendet.

Auf der Ebene 3 wird nur dafür gesorgt, dass die Pakete an ihr Ziel kommen. Geht ein Paket aus irgend einem Grund verloren, kann aus dieser Schicht heraus nicht darauf reagiert werden. Für Wiederholungen von Paketen ist z. B. die nächste Schicht mit dem TCP zuständig.

## ISO/OSI-RM: Layer-4 (Transportschicht / Transport-Layer)

Sie stellt eine transparente Datenübertragung zwischen Endsystemen zur Verfügung. Dabei sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Ausprägungen möglich:

- **Verbindungsorientierte-Kommunikation (z. B. TCP)**

Dabei ist vor dem eigentlichen Datentransport eine Verbindung zu etablieren. Erst nach dem Aufbau der Verbindung kann mit dem Datenaustausch begonnen werden. Nach dem Datenaustausch ist die Verbindung wieder abzubauen. Für die Umsetzung der Anforderungen werden folgende Mechanismen verwendet:

- Timer
- Wiederholungen
- Flusskontrolle
- Windowing / Stop-and-Wait
- Multiplexing um eine Verbindung mehrfach zu nutzen

- **Verbindungslose-Kommunikation (z. B. UDP)**

Hierbei werden die Daten in das Netzwerk in Richtung Empfänger gesendet, ohne dass der Sender weiß, ob der Empfänger empfangsbereit ist. Damit sind die oben aufgeführten Mechanismen, wie Flusskontrolle und Wiederholungen in den überlagerten Schichten zu bearbeiten.

Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 20:62

## Transport-Schicht (4)

(engl. Transport-Layer)

Sie stellt eine transparente Datenübertragung zwischen Endsystemen zur Verfügung. Dabei sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Ausprägungen möglich:

### **Verbindungsorientierte-Kommunikation (z. B. TCP)**

Dabei ist vor dem eigentlichen Datentransport eine Verbindung zu etablieren. Erst nach dem Aufbau der Verbindung kann mit dem Datenaustausch begonnen werden.

Nach dem Datenaustausch ist die Verbindung wieder abzubauen.

Für die Umsetzung der Anforderungen werden folgende Mechanismen verwendet:

- Timer
- Wiederholungen
- Flusskontrolle
- Windowing / Stop-and-Wait
- Multiplexing um eine Verbindung mehrfach zu nutzen

### **Verbindungslose-Kommunikation (z. B. UDP)**

Hierbei werden die Daten in das Netzwerk in Richtung Empfänger gesendet, Ohne, dass der Sender weiß, ob der Empfänger empfangsbereit ist. Damit sind die oben aufgeführten Mechanismen, wie Flusskontrolle und Wiederholungen in den überlagerten Schichten zu bearbeiten.

## ISO/OSI-RM: Layer-5 (Sitzungsschicht / Session-Layer)

Diese Schicht ist die erste anwendungsorientierte Schicht.  
Deshalb ist die Nutzung dieser Schicht nur mit bestimmten Anwendungen sinnvoll.  
Damit ist eine Anwendung strukturierbar.  
Während des Sitzungsablaufs können Synchronisationspunkte gesetzt werden.  
Im Fehlerfall kann auf diesen Synchronisationspunkten wieder aufgesetzt werden.

In der Sitzungs-Schicht ist auch die Dialog-Kontrolle untergebracht es gibt hierbei:

- 3 Betriebsarten (Simplex, Half-Duplex, Full-Duplex)
- 3 Phasen (Verbindungsaufbau, Datenübertragung, Verbindungsabbau)

Beispiele für Realisierungen in dieser Schicht sind:

- NFS (Network-File-System unter UNIX)
- XWINDOWS (Fenster-Bearbeitung unter UNIX)

### Sitzungs-Schicht (5)

(engl. Session-Layer)

Diese Schicht ist die erste anwendungsorientierte Schicht. Deshalb ist die Nutzung dieser Schicht nur mit bestimmten Anwendungen sinnvoll.

Damit ist eine Anwendung strukturierbar. Während des Sitzungsablaufs können Synchronisationspunkte gesetzt werden. Im Fehlerfall kann auf diesen Synchronisationspunkten wieder aufgesetzt werden.

In der Sitzungs-Schicht ist auch die Dialog-Kontrolle untergebracht es gibt hierbei:

- 3 Betriebsarten (Simplex, Half-Duplex, Full-Duplex)
- 3 Phasen (Verbindungsaufbau, Datenübertragung, Verbindungsabbau)

Beispiele für Realisierungen in dieser Schicht sind:

- NFS (Network-File-System unter UNIX)
- XWINDOWS (Fenster-Bearbeitung unter UNIX)

## ISO/OSI-RM: Layer-6

Darstellungs-Schicht / (Presentation-Layer)

Unterschiedliche Rechner haben aufgrund unterschiedlicher Betriebssysteme unterschiedliche Darstellungsformen der Daten.

Soll eine Applikation auf unterschiedlichen Betriebssystemen ablaufen können, sind Konvertierungen durchzuführen.

Hier werden folgende Umsetzungen abgewickelt:

- Zeichensätze (ASCII, EBCDIC)
- Interpretation von Bytes MSB (Most Significant Bit) / LSB (Least Significant Bit)
- Kompression / Dekompression
- Verschlüsselung / Entschlüsselung

### Darstellungs-Schicht (6)

(engl. Presentation-Layer)

Unterschiedliche Rechner haben aufgrund unterschiedlicher Betriebssysteme unterschiedliche Darstellungsformen der Daten. Soll eine Applikation auf unterschiedlichen Betriebssystemen ablaufen können, sind Konvertierungen durchzuführen.

Hier werden folgende Umsetzungen abgewickelt:

- Zeichensätze (ASCII, EBCDIC)
- Interpretation von Bytes MSB (Most Significant Bit) / LSB (Least Significant Bit)
- Kompression / Dekompression
- Verschlüsselung / Entschlüsselung

## ISO/OSI-RM: Layer-7

(Anwendungs-Schicht / (Application-Layer)

Diese Schicht bildet die Schnittstelle zum Anwender (User).

Beispiel hierfür sind:

- FTP File Transfer Protocol
- SMTP Simple Mail Transfer Protocol
- SNMP Simple Network Management Protocol
- DNS Domain Name Service

### Anwendungs-Ebene (7)

(engl. Application-Layer)

Die Anwendung ist die Schnittstelle zwischen dem Anwender und der Rechner-Kommunikation.

Beispiel hierfür sind:

- FTP File Transfer Protocol
- SMTP Simple Mail Transfer Protocol
- SNMP Simple Network Management Protocol
- DNS Domain Name Service

## Abtastung mit $f_A > 2B$

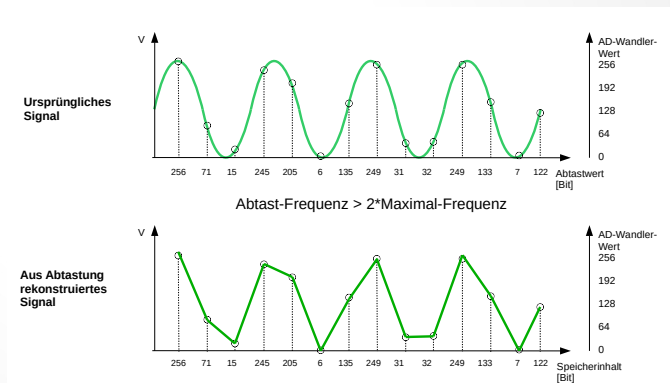
### Abtasttheorem

Ein Signal, das keine Frequenzen größer  $B$  ( $f_{\max}$ ) enthält, kann man aus seinen Abtastwerten wiedergewinnen, wenn diese mit der Abtastfrequenz:

$$f_A > 2B \quad \text{Nyquist Kriterium}$$

Damit ist das Abtastintervall:

$$t_s < 1/2B$$



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 24:62

Analoge Signale (Daten) sind fortlaufend (in der Zeit und im Wert)

Digitale Signale sind quantifiziert mit  $2^n$ -Werten.

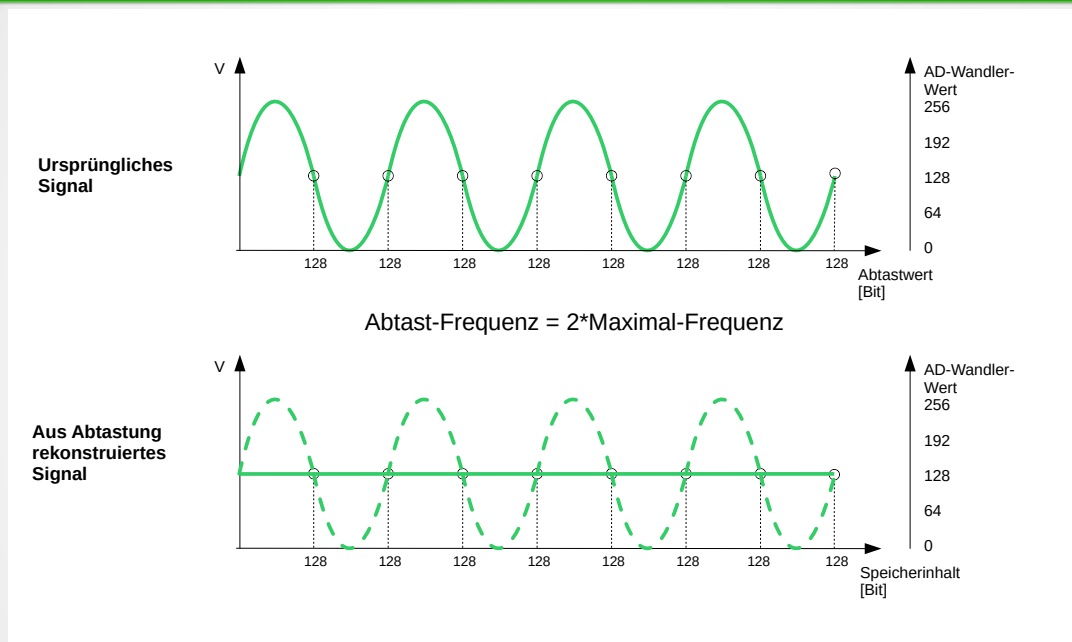
Für jede Abtastung können  $n$ -Bits verwendet werden. Hier ergibt sich die Granularität, also der kleinste Abstand zwischen zwei möglichen Messwerten. Je mehr Bits verwendet werden, desto „feiner“ kann gemessen werden.

Bei der Abtastung der Signale (Daten) muss in diskreten, äquidistanten Intervallen ( $t_s$ ) abgetastet werden.

Hier erhebt sich die Frage: „Wie oft muss innerhalb eines bestimmten Zeitraums abgetastet werden?“

Wird mit einer Frequenz abgetastet, die mehr als doppelt so groß wie die abzutastende Frequenz ist, lässt sich das ursprüngliche Signal wieder herstellen.

## Abtastung mit $f_A = 2B$



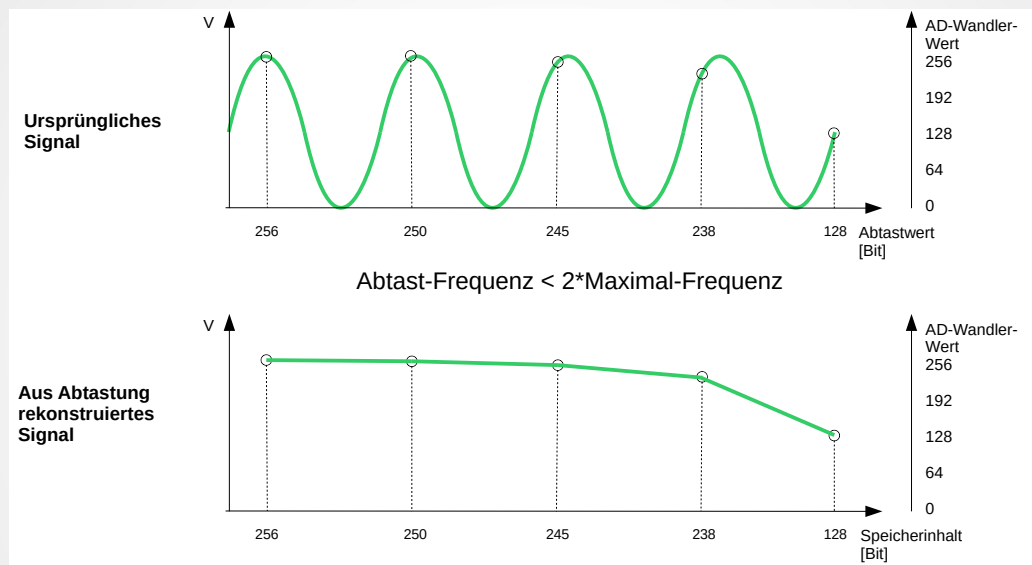
Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 25:62

Wird mit einem Signal gleich der doppelten abzutastenden Frequenz abgetastet und fällt die Abtastung mit dem Nulldurchgang zusammen, kann das ursprüngliche Signal nicht wieder hergestellt werden. Nur unter der Prämisse, dass es sich um ein Signal handelt, bei dem die Nulldurchgänge erfasst wurden, kann das ursprüngliche Signal wieder hergestellt werden.

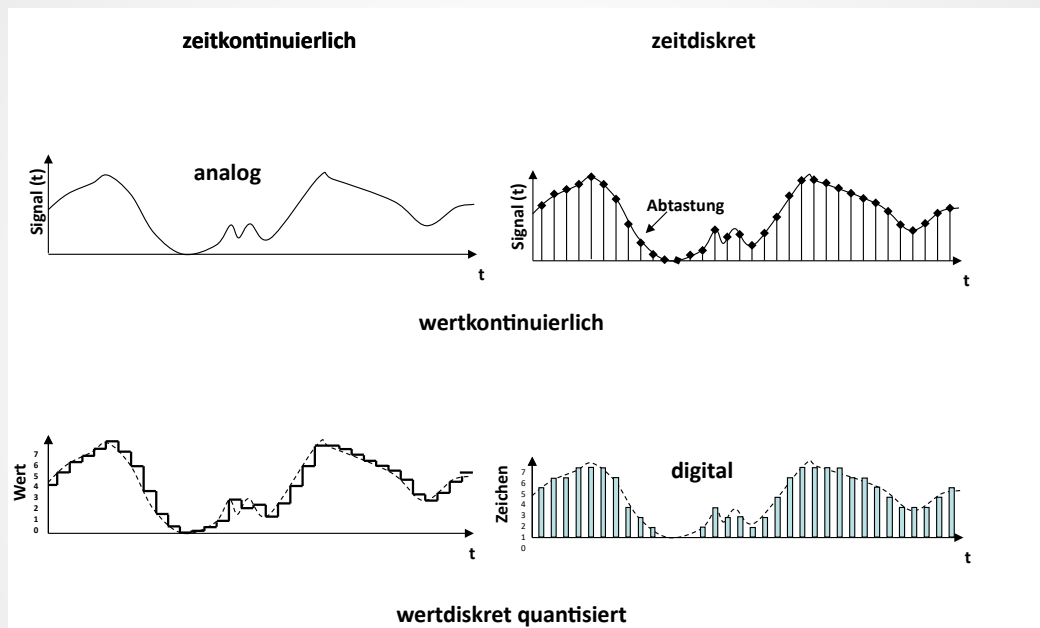
## Abtastung mit $f_A < 2B$



Ist die Abtastfrequenz kleiner als die doppelte abzutastende Frequenz kann das Original-Signal nicht wieder hergestellt werden.



# Abtastung



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 27:62

Signale können sowohl von ihrem Wert und vom zeitlichen Verlauf her sowohl kontinuierlich als auch diskret auftreten. So nimmt ein Mikrophon ein Signal auf und gibt es als zeit- und wertkontinuierliches Signal weiter. In einem Rechner können digital nur zeitdiskrete (also mit einem Intervall abgetastete) und wertdiskrete (also quantisierte) Signale verarbeitet werden.

Analoge Signale sind fortlaufend in der Zeit und im Wert. Digitale Signale sind quantifiziert mit  $2^n$  Werten. Für jede **Abtastung** können n-Bits verwendet werden. Hier ergibt sich die Granularität, also der kleinste Abstand zwischen zwei möglichen Messwerten. Je mehr Bits verwendet werden, desto „feiner“ kann gemessen werden.

Bei der Abtastung der Signale muss in diskreten, äquidistanten Intervallen ( $t_s$ ) abgetastet werden. Hier erhebt sich die Frage: „Wie oft muss innerhalb eines Zeitraums abgetastet werden?“. Die Grenze (Frequenz) mit der mindestens abgetastet werden muss wird auch **Nyquist-Kriterium**, **Nyquist-Grenze** oder **Nyquist-Frequenz** genannt. Sie ergibt sich als die halbe **Abtastfrequenz** eines zeitdiskreten Signals.

**Wenn alle Anteile in einem Signal kleinere Frequenzen als die Nyquist-Frequenz haben, kann Das Signal beliebig genau rekonstruiert werden.**

Ein Signal, das keine Frequenzen größer  $B$  ( $f_{\max}$ ) enthält, kann man aus seinen Abtastwerten wiedergewinnen, wenn diese mit der Abtastfrequenz ( $f_{\text{Abtast}}$ ) abgetastet werden. Daraus ergibt sich das Abtastintervall ( $T_{\text{Abtast}}$ ).

$$f_{\text{Nyquist}} = \frac{1}{2} f_{\text{Abtast}}$$

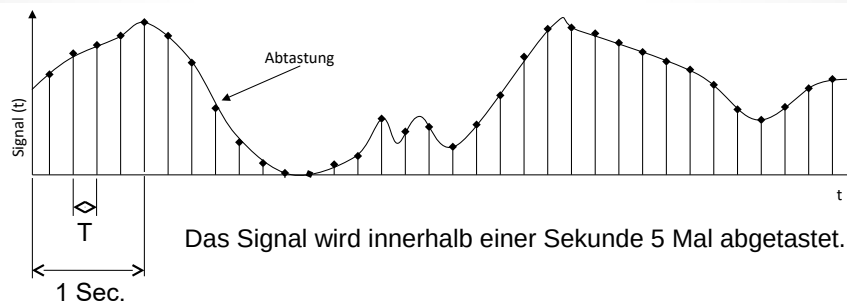
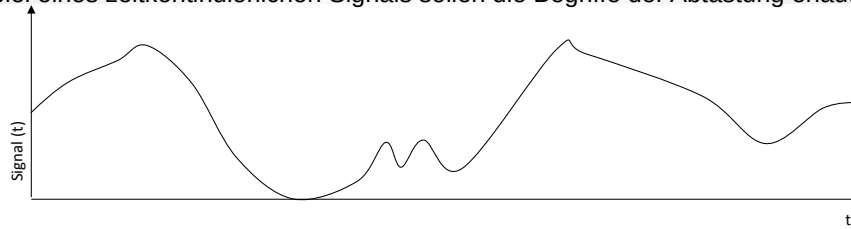
Damit muss die Abtastfrequenz ( $f_{\text{Abtast}}$ ) doppelt so groß sein wie die höchste Frequenz im abzutastenden Signal ( $f_{\text{Signal}}$ ). Wird dies nicht eingehalten entstehen nichtlineare Verzerrungen (Aliasing-Effekt).

**Wird also mit mindestens der doppelten Frequenz als dem abzutastenden Signal abgetastet, kann das Signal jederzeit rekonstruiert werden**

$$T_{\text{Abtast}} < \frac{1}{2} B$$

## Begriffe der Abtastung

Am Beispiel eines zeitkontinuierlichen Signals sollen die Begriffe der Abtastung erläutert werden



In der obigen Abbildung ist das zeit- und wertkontinuierliche Signal dargestellt.

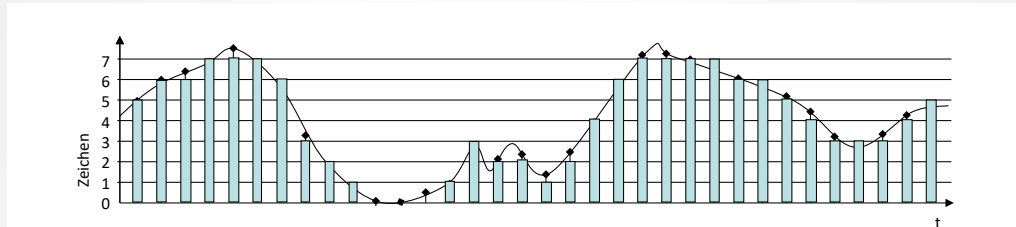
Das Signal soll innerhalb einer Sekunde 5 Mal abgetastet werden.

Damit wird das zeitkontinuierliche Signal in festen (diskreten) Zeitabständen, also mit dem Abtastintervall ( $T$ )  $1/5$  Sec abgetastet.

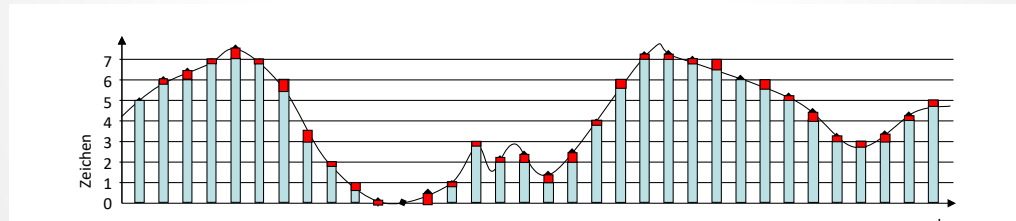
Ein Schritt ist die kleinste systemtechnisch realisierbare Zeiteinheit und entspricht dem Abtastintervall ( $T$ )

## Begriffe der Abtastung

Zeichen mit den Werten (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7) werden erzeugt (abgetastet)



Da nicht die genauen Werte abgetastet werden können, entsteht Quantisierungsrauschen



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 29:62

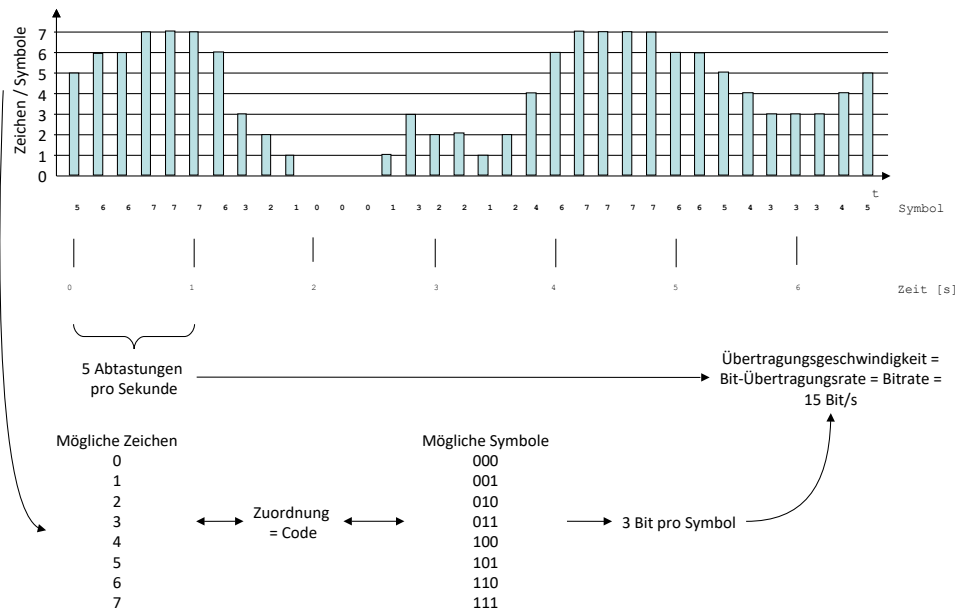
Bei jeder Abtastung wird zeit- und wertdiskret ein Symbol (Zeichen) erzeugt.  
Ein Symbol wird im Folgenden durch ein Zeichen (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) dargestellt.  
Im Beispiel sind damit pro Zeichen 3 Bit erforderlich.

Bei der Abtastung kann der genaue Wert aufgrund des begrenzten Wertebereichs nicht exakt abgetastet werden.  
Die Differenz zwischen Originalsignal und Abtastwert/Symbol wird Quantisierungsrauschen genannt.

Um das Quantisierungsrauschen zu reduzieren, muss die Anzahl der Abtastwerte erhöht werden.  
Damit erhöht sich der Zeichenvorrat und folglich die Anzahl der Bits, die pro Symbol übertragen werden muss.

# Begriffe der Abtastung

Die Zeichen werden durch Kodierung zu Symbolen für die Datenübertragung aufbereitet.



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 30:62

Innerhalb einer Sekunde werden 5 Symbole abgetastet. Jedes Symbole benötigt für seine Übertragung 3 Bits

Damit wird eine Datenübertragungsrate (Bitübertragungsrate) von 15 bit/s erzeugt.

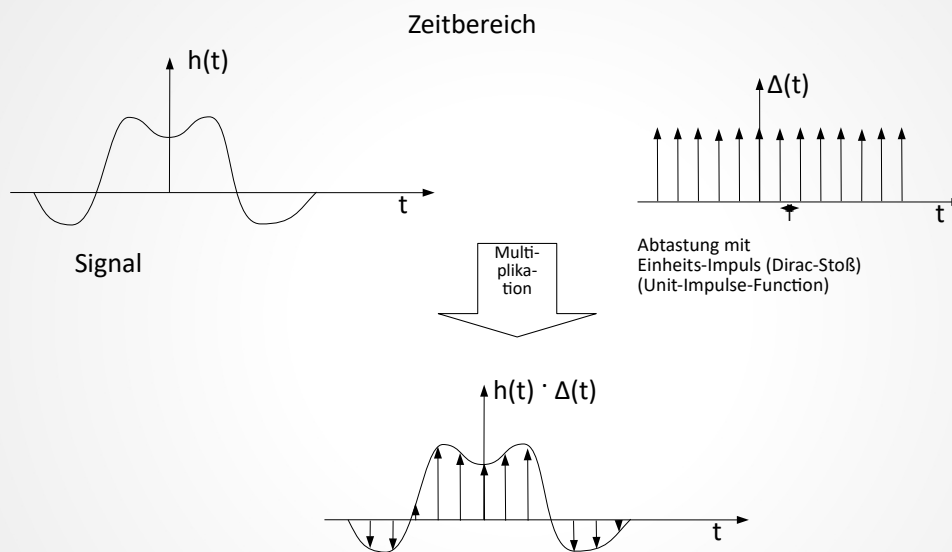
Die Übertragungsgeschwindigkeit / Bitübertragungsrate / Bitrate ergibt sich aus der Anzahl der Zeichen pro Sekunde multipliziert mit der Bits pro Zeichen.

Im Beispiel  $5 \text{ Zeichen/s} * 3\text{Bit/Zeichen} = 15 \text{ Bit/s}$ .

## Achtung:

Baudrate = Bitrate gilt nur wenn pro Schritt ein Symbol mit nur einem Bit gesendet wird!

## Abtastung: Aliasing-Effekt (richtige Abtastung)



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

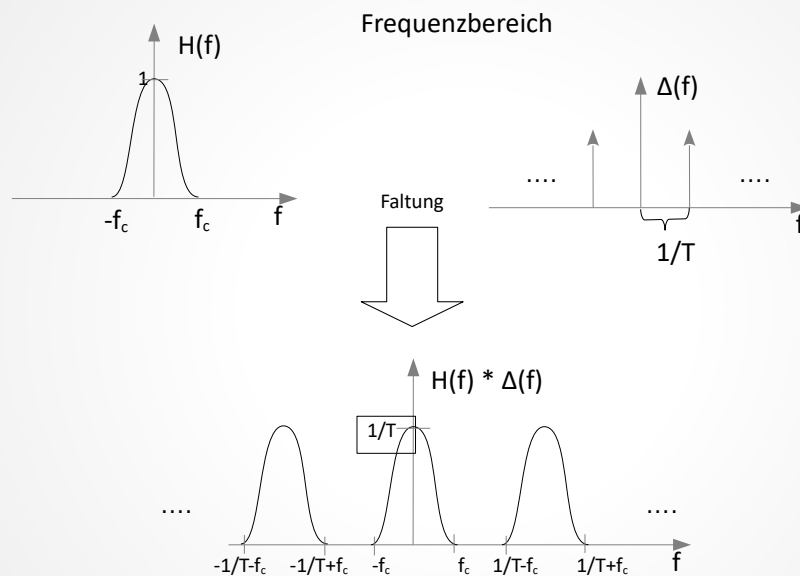
Folie: 31:62

Links oben ist das abzutastende Signal im Zeitbereich dargestellt.

Rechts oben ist das Abtastsignal in Form von Dirac-Stößen dargestellt.

Die Abtastung entspricht im Zeitbereich einer Multiplikation.  
Das zugehörige Signal ist unten dargestellt

## Abtastung: Aliasing-Effekt (richtige Abtastung)



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 32:62

Die Abtastung entspricht im Frequenzbereich einer Faltung.

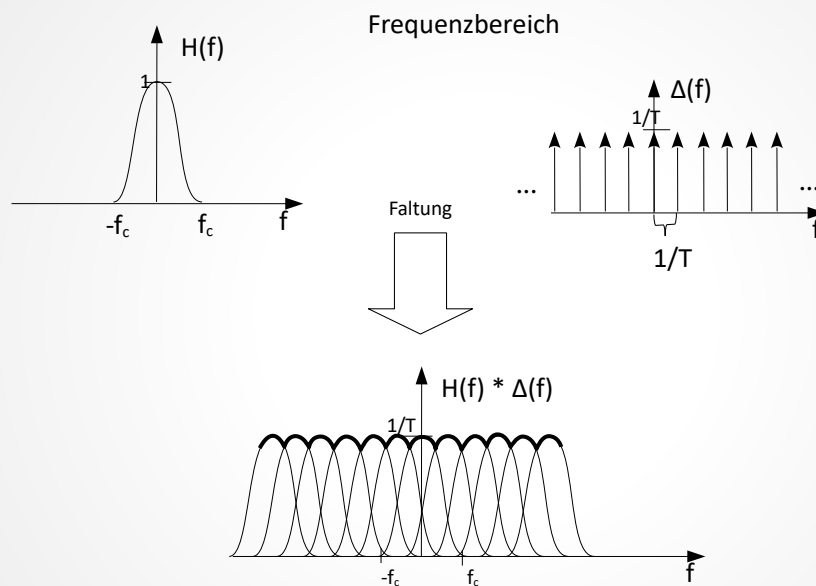
Durch die Faltung überlagern sich der Dirac-Impuls und das Spektrum des Signals. Einer Vergrößerung des Abtastintervalls  $\Delta T$  entspricht einer Verringerung des Abstandes  $\Delta f$  des Dirac Impulses im Frequenzbereich.

Um sicherzustellen, dass im resultierenden Spektrum die Signale sich nicht überschneiden muss das Abtastintervall mindestens der doppelten abzutastenden Frequenz entsprechen.

Daher kommt auch die Aussage für das **Nyquist-Kriterium** (1).

Im obigen Bild ist im resultierenden **Spektrum** der Abstand zwischen den Frequenzen groß genug um sie sauber voneinander unterscheiden zu können. Damit ist die Abtastfrequenz ausreichend.

## Abtastung: Aliasing-Effekt (falsche Abtastung)



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 33:62

Das Abtastintervall  $\Delta(t)$  ist hier zu groß. Dadurch schieben sich die Spektren der Dirac-Impulse im Frequenzbereich zusammen und die Kurvenverläufe überlagern sich.

können die einzelnen Spektren nicht mehr sauber voneinander getrennt werden.

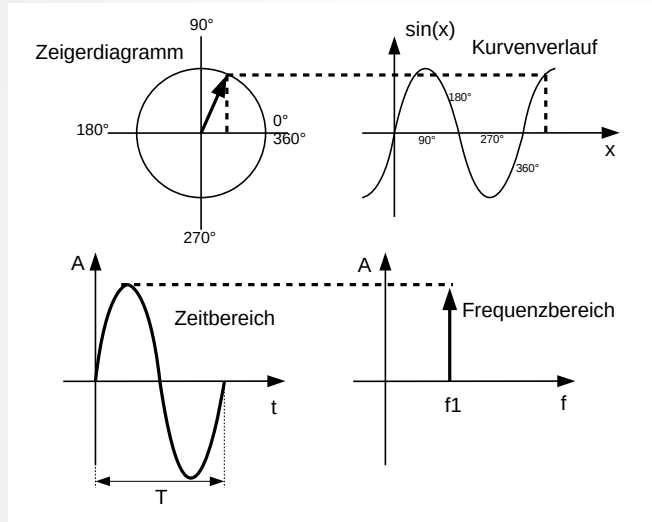
Im resultierenden Ergebnis sind die einzelnen Spektren beim Empfänger nicht mehr sauber voneinander trennbar da eine Überlappung auftritt.

Aliasing bedeutet also, dass der ursprüngliche Kurvenverlauf, wegen einem zu großen Abtastintervall, nicht mehr naturgetreu nachgebildet werden kann.

Dies ist z. B. bei Bildschirmanzeigen der Fall wenn aus einer geraden diagonalen Linie eine Treppe wird oder wenn bei einem Western-Film die Räder einer Postkutsche anfangen, sich rückwärts zu drehen.

# Darstellung von Signalen

Ein Sinussignal  $s(t) = A \sin(\omega t + \Phi)$  kann folgendermaßen beschrieben werden:



- Zeigerdiagramm
- Kurvenverlauf
- Zeitbereich
- Frequenzbereich

Dabei gilt:

- $A$  = Amplitude
- $\omega = 2\pi f$  = Kreisfrequenz
- $\Phi$  = Phasenlage
- $f$  = Frequenz in Hz  
 $T$  = Periodendauer in s  
 $(f = 1/T)$

Für die Darstellung der abgetasteten Werte gibt je nach Verwendungszweck unterschiedliche Möglichkeiten.

Im Zeitbereich ist die Darstellung mit einem links-rotierenden Zeiger oder als Sinus- / Cosinus-Kurve üblich.

Für den Frequenzbereich, also das Frequenzspektrum ist über der Frequenz ein Pfeil bei der betrachteten Frequenz, dessen Länge die Amplitude ausweist, üblich.



# Fourier-Reihe

Eine Fourier-Reihe kann folgendermaßen gebildet werden.

$$s(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) + a_2 \cos(\omega t) + b_2 \sin(\omega t) + a_3 \cos(\omega t) + b_3 \sin(\omega t) + \dots$$

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n \omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n \omega t)$$

Die so genannten Fourier-Koeffizienten lauten:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \cos n \omega t dt$$

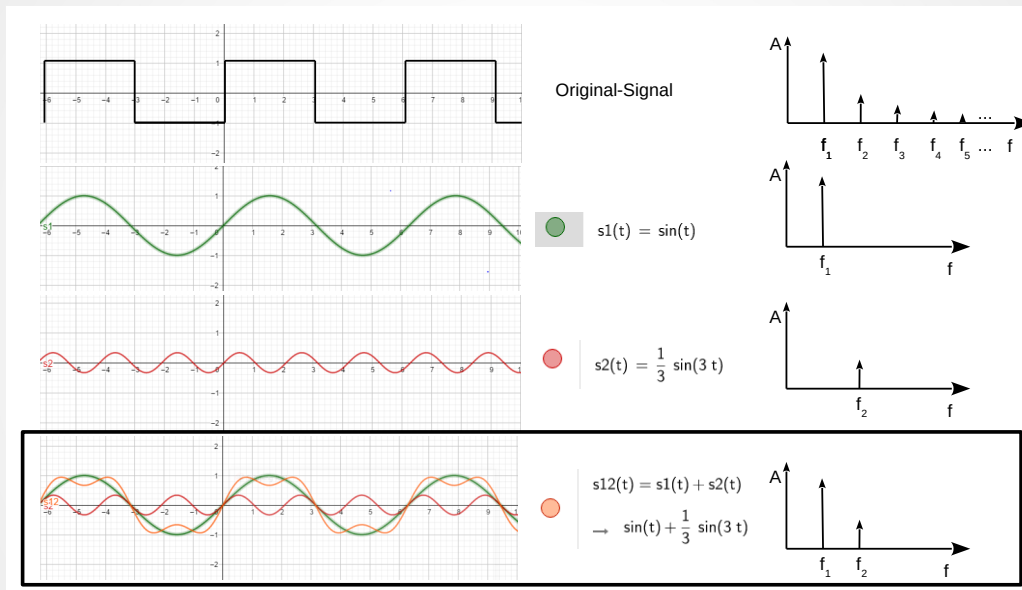
$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \sin n \omega t dt$$

Die Amplitude lässt sich mit der folgenden Formel ermitteln:

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

Jean-Baptiste Fourier bewies im frühen 19. Jahrhundert, dass jede periodisches Signal  $s(t)$  als unendliche Summe von Sinus und Cosinus-Funktionen gebildet werden kann.

## Beispiel: Fourier-Synthese (1)



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 36:62

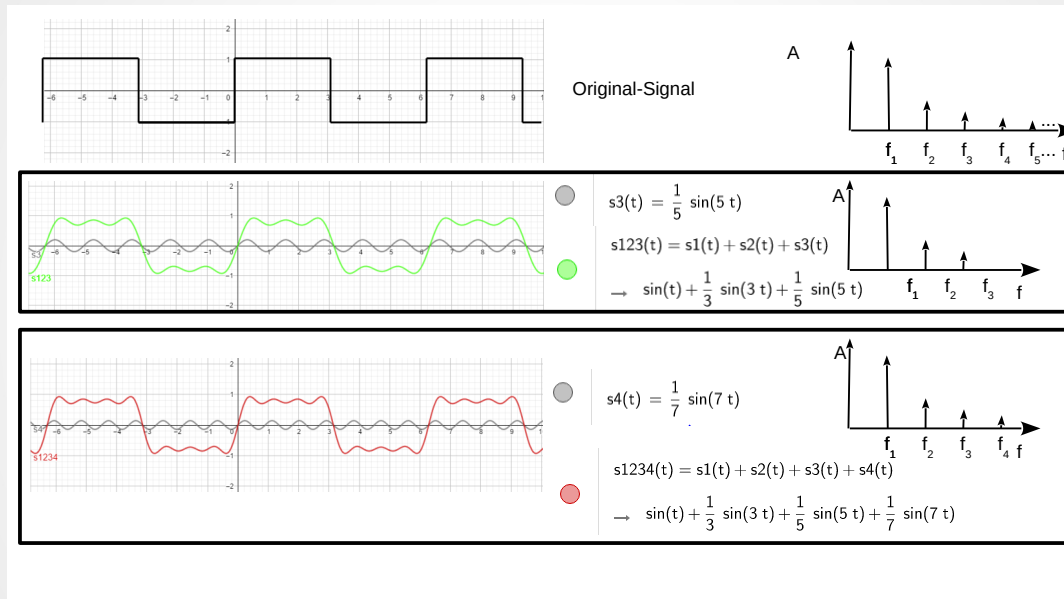
Beispiel:

Rechtecksignal mit der Periodendauer  $2\pi$ .

In der folgenden Abbildung ist oben das Original-Signal auf der linken Seite im Zeitbereich zu sehen. Auf der rechten Seite ist das gleiche Signal im Frequenz-Bereich zu sehen. Hier müssten eigentlich unendlich viele Oberwellen dargestellt sein. Der Einfachheit halber wurden nur die ersten 5 Überlagerungen dargestellt.

Eine grobe Annäherung an das Signal kann schon mit der Überlagerung der beiden Sinussignale  $s_1(t)$  und  $s_2(t)$  zum Signal  $s_{12}(t)$  erreicht werden.

## Beispiel: Fourier-Synthese (2)



Stand: 20.08.2023

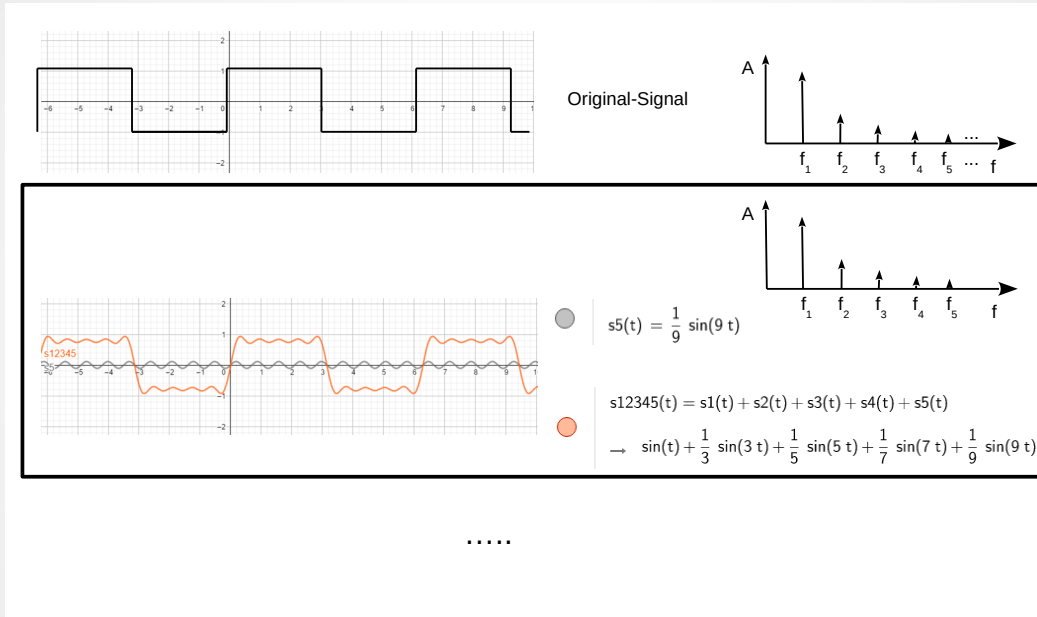
Netztechnik Teil-2

Folie: 37:62

Eine weitere Verbesserung kann mit dem Hinzufügen der Signale  $s_3(t)$  und  $s_4(t)$  erreicht werden. Dies kann immer weiter so fortgesetzt werden, bis schließlich das Originalsignal mit einer unendlichen Anzahl von Überlagerungen synthetisiert wurde.

Die spannende Frage ist, wann ist das Signal ausreichend genug beschrieben um ohne Informationsverlust beim Empfänger aufbereitet zu werden.

## Beispiel: Fourier-Synthese (3)



Je naturgetreuer der periodische Impuls dargestellt werden soll, desto mehr Oberwellen sind erforderlich.

Damit vergrößert sich zwangsläufig auch die notwendige Bandbreite! Somit ist die Definitionen für die Bandbreite: Bandbreite ist die Differenz zwischen maximaler und minimaler Fourier-Frequenz.

Ab einer Grenzfrequenz  $f_g$  werden Signale stark abgeschwächt und in ihrer Phasenlage beeinflusst.

Für die Bandbreite einer Leitung kann angegeben werden:

Unter der Bandbreite  $B$  einer Leitung versteht man den Frequenzbereich bei dem mit dieser Leitung noch keine Verzerrungen auftreten.

# Digitale Datenverarbeitung

Warum?

Kleinste Änderungen an einer analogen Übertragung können die beinhalteten Information verfälschen.

Es ist einfacher Nullen und Einsen auf Fehler hin zu überprüfen und eventuelle Fehler zu beheben.

Eine Verschlüsselung kann nur mit digitalen Signalen erfolgen.

## Digitale Datenverarbeitung Kanalkapazität / Informationsmenge

$C_N = 2B$  Maximale Datenmenge die über einen störungsfreien Kanal übertragen werden kann in Symbolen pro Sekunde

$C_N = 2B \lg(L)$  Bei L unterschiedlichen Symbolen lassen sich  $\lg(L)$  Bits pro Symbol darstellen

$SNR = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_s}{P_N}\right) = 20 \lg\left(\frac{U_{effs}}{U_{effN}}\right)$  Signal zu Rausch-Verhältnis bei einem störungsbehafteten Kanal

$C = B \cdot \lg\left(1 + \frac{S}{N}\right) = B \cdot \lg\left(1 + \frac{P_s}{P_N}\right) \approx \frac{B}{3} \cdot 20 \cdot \lg\left(\frac{U_s}{U_N}\right)$  Kanalkapazität aus dem Shannon-Hartley-Gesetz

$I = T \cdot B \cdot \lg\left(1 + \frac{P_s}{P_N}\right) \approx T \cdot \left(\frac{B}{3}\right) \cdot 20 \cdot \lg\left(\frac{U_s}{U_N}\right)$  Informationsmenge (I) die über einen Kanal in einer bestimmten Zeit übertragen werden kann

Dabei ist :  
 $I$  = Informationsmenge in Bits  
 $B$  = Bandbreite  
 $T$  = Übertragungszeit  
 $P_s$  = Signalleistung  
 $P_N$  = Rauschleistung  
 $D$  = Dynamic

$$I = T \cdot B \cdot D$$

Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 40:62

Im normalen Leben sind alle technischen Signale mit einem unerwünschten Rauschen kombiniert. Oft ist es nicht erforderlich ein Signal mit maximaler Auflösung zu quantifizieren.

Beispiel:

Ein Signal mit 10V und 1V Rauschen in der Amplitude bedeutet, dass 10 unterschiedliche Abtastwerte erkannt werden können.

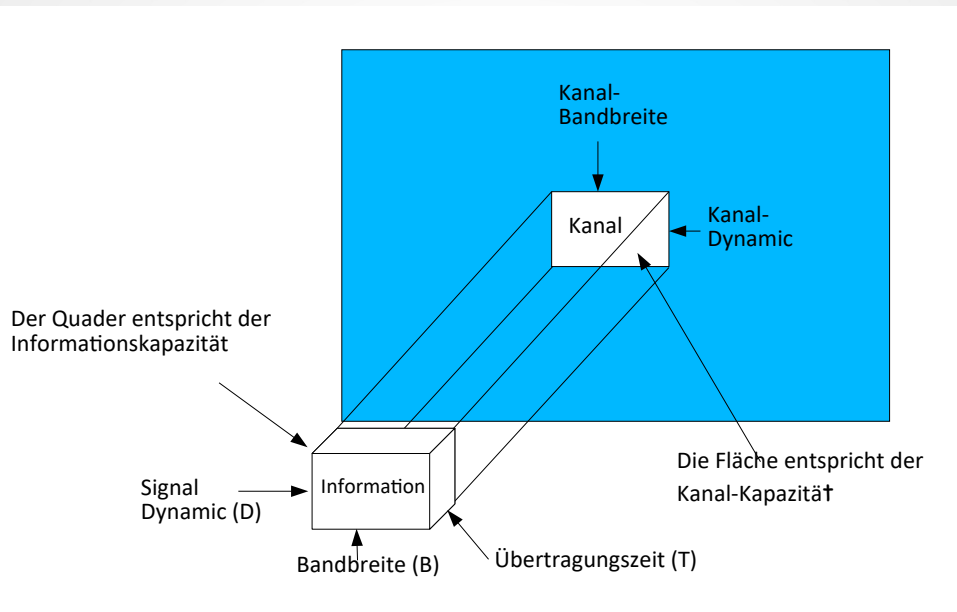
Durch jedes zusätzliche Bit bei der Quantisierung wird die Amplitude des Rauschens mit dem Wert 2 dividiert. Dadurch profitiert der Dynamic-Anteil um 6 dB denn  $20 \log(2) = 6,0206$ .

Bei der Sprachübertragung gilt ein Signal zu Rausch-Verhältnis von 48 dB als ausreichend. Dies ist der Grund dafür, dass 8 Bit bei der Sprach-Quantifizierung verwendet werden.

Eine erfolgreiche Übertragung hängt nur vom Signal-zu-Rausch-Verhältnis ab. Nicht von der absoluten Signalstärke.

Um die Datenübertragung möglichst optimal zu gestalten, muss an der Empfängerseite das Signal vom Rauschen möglichst gut zu unterscheiden sein. Um einen optimalen Kanal zu erhalten, können die Parameter geändert werden. Die Parameter sind jedoch voneinander abhängig. Z. B eine Erhöhung der Übertragungszeit bei gleich bleibender Bandbreite und Informationsmenge wird eine Verminderung des dynamischen Anteils (mehr Rauschen) mit sich bringen. Deshalb ist dann mit einer größeren Signalleistung gegen zu steuern.

## Digitale Datenverarbeitung Message-Cube



Stand: 20.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 41:62

## Message Cube

Shannon's Beschreibung der Informationsmenge

$$I = B \cdot D \cdot T$$

kann auch als 3-dimensionaler Quader beschrieben werden.

Das Volumen beschreibt die Informationsmenge:

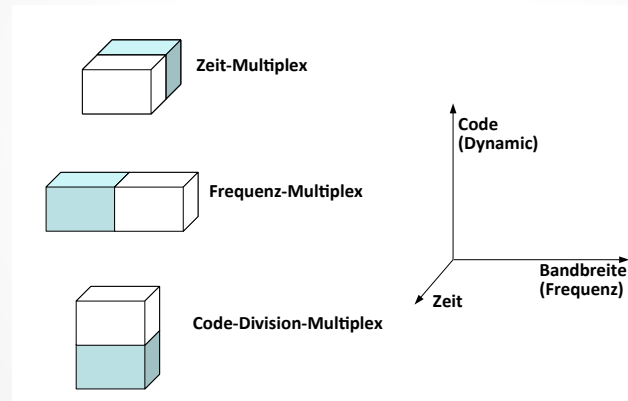
B = Kanalbandbreite

D = Dynamic

T = Zeit

## Digitale Datenverarbeitung Multiplex-Verfahren

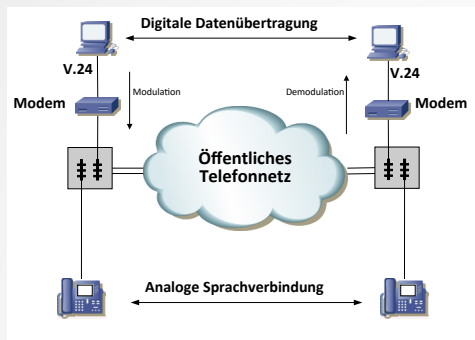
Sollen gleichzeitig mehrere Kanäle möglich sein weil z. B. mehrere User den vorhandenen Kanal nutzen wollen. gibt es grundsätzlich 3 Möglichkeiten



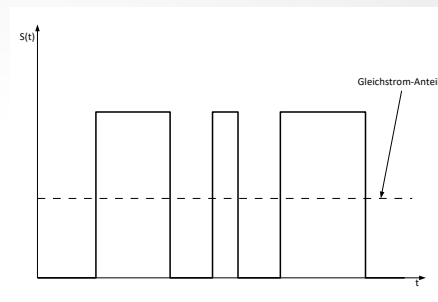
Moderne Systeme sind in der Lage für mehrere unabhängige Signale einen Kanal zu verwenden. Das hierbei verwendete Verfahren wird Multiplexing genannt.



## Digitale Datenübertragung Modem



Datenübertragung über ein  
öffentliches Telefonnetz



Gleichstromanteil digitaler Signale

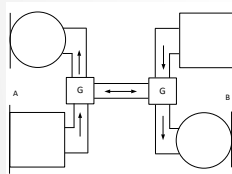
Neben der Übertragung von Sprache über analoge Systeme kann durch spezielle Geräte (Modems) auch digitale Information übertragen werden. Der Begriff Modem ist ein Kunstwort aus den Begriffen Modulation und Demodulation.

Die Bandbreite von Telefonverbindungen beträgt 3100Hz (300Hz – 3400Hz). Leider kann auf einem solchen Kanal keine digitale Datenübertragung erfolgen, da digitale Signale einen Gleichstrom-Anteil beinhalten können. Dieser Gleichstrom-Anteil kann nicht ohne zusätzliche Maßnahmen übertragen werden.

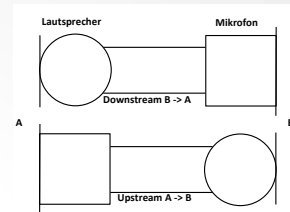
## Digitale Datenübertragung Duplex-Verbindungen

Die meisten Verbindungen sind duplex Verbindungen. Dies bedeutet, dass zu einem beliebigen Zeitpunkt ein Datenaustausch in beiden Richtungen möglich ist.

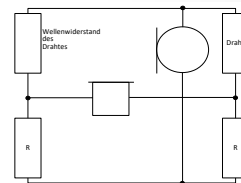
Angenommen zwei Partner (A und B) wollen miteinander kommunizieren dann kann man für jede Richtung ein Leitungspaar verwenden.



Mit einer Gabelschaltung kann die Auftrennung der 2-Draht-Verbindung in einen Mikrofonzweig und einen Lautsprecherzweig vorgenommen werden.



Diese Verbindung benötigt 4 Drähte. Diese Verkabelung ist zu teuer.



Einsparung eines Drahtes durch eine Brückenschaltung

Die meisten Verbindungen sind duplex Verbindungen. Dies bedeutet, dass zu einem beliebigen Zeitpunkt ein Datenaustausch in beiden Richtungen möglich ist.

Angenommen zwei Partner (A und B) wollen miteinander kommunizieren dann kann man für jede Richtung ein Leitungspaar verwenden.

Diese Verbindung benötigt 4 Drähte. Diese Verkabelung ist teuer. Allerdings ist eine Kommunikation in beiden Richtungen gleichzeitig möglich.

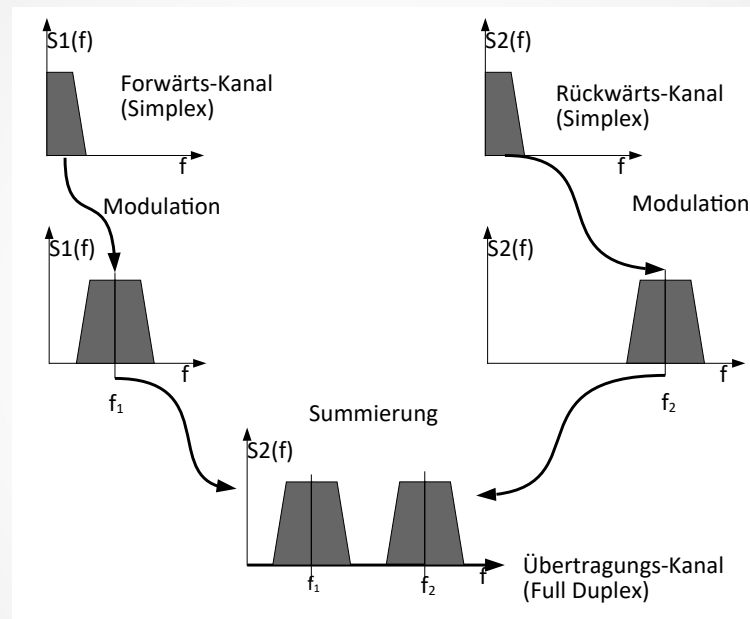
Die Telekommunikationsunternehmen haben diese aufwändigen Installationen schon immer gescheut und sind über technische Möglichkeiten auf eine Halbierung der notwendigen Drähte-Anzahl gekommen. Es stehen 3 Möglichkeiten zur Verfügung:

Mit einem Gabelumschalter kann die Auftrennung der 2-Draht-Verbindung in einen Mikrofonzweig und einen Lautsprecherzweig vorgenommen werden.

Mit einer ideal abgeglichenen Brückenschaltung können beide Richtungen getrennt werden.

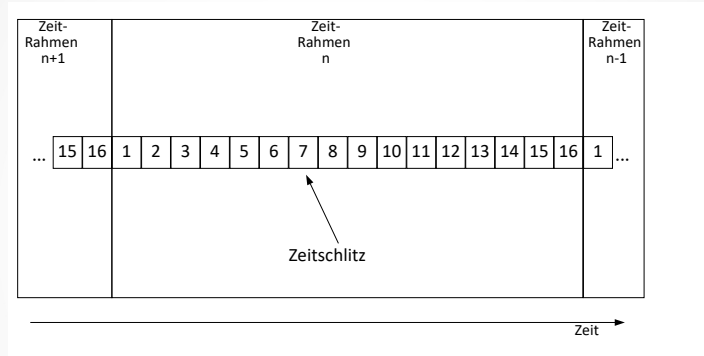
Wichtig ist hierbei auch, dass die eigene Stimme nur auf der gegenüberliegenden Seite und nicht auf dem eigenen Lautsprecher zu hören ist.

## Digitale Datenübertragung Frequenzmultiplex



Durch entsprechende Schaltkreise (Filter) ist es möglich die Richtungen zu extrahieren. Dann werden die Richtungen auf unterschiedliche Frequenzen moduliert. Dies ist wegen der begrenzten Bandbreite in den öffentlichen Telefonnetzen nicht möglich.

## Digitale Datenübertragung Zeitmultiplex

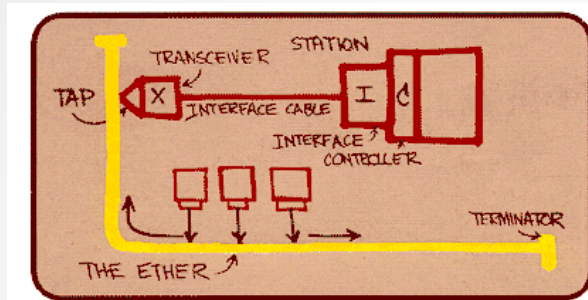


## Zeit-Multiplex

Hierbei wird jedem Teilnehmer ein Zeitschlitz (Slot) zugewiesen. In diesem Zeitschlitz werden die digitalisierten Sprach-Informationen übertragen. Für diese Art der Datenübertragung sind Puffer notwendig, in denen die Informationen für die Zeitschlitz gesammelt und wieder abgegeben werden können.

Die Anzahl der Teilnehmer ist auf die Anzahl der Zeitschlitz pro Zeitrahmen begrenzt.

## Digitale Datenübertragung Übertragung im Basisband



Erste (noch erhaltene)  
Darstellung von Ethernet

Bei Ethernet wird die Basisband-Übertragung verwendet.\*

Das bedeutet, dass alle Teilnehmer die selbe Frequenz für die Übertragung der Daten nutzen.

Dies führt dazu, dass sichergestellt werden muss, dass auch alle Teilnehmer auf der selben Frequenz arbeiten.

Da es keine zentrale Taktinstanz gibt, muss jeder Teilnehmer das Taktsignal aus den gesendeten Impulsen, durch eine Taktrückgewinnung, extrahieren.

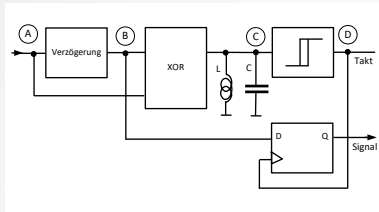
\*

Im Gegensatz dazu gibt es noch die Breitband-Übertragung.

Dabei wird die Information auf unterschiedlichen Bändern / Frequenzen übertragen.

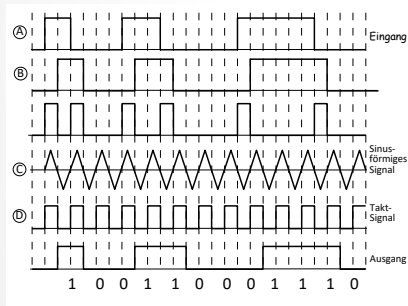
Jeder Sender erzeugt ein Signal in einem bestimmten Takt, der von den Empfängern zurückgewonnen werden muss → Taktrückgewinnung.

# Digitale Datenübertragung Taktrückgewinnung



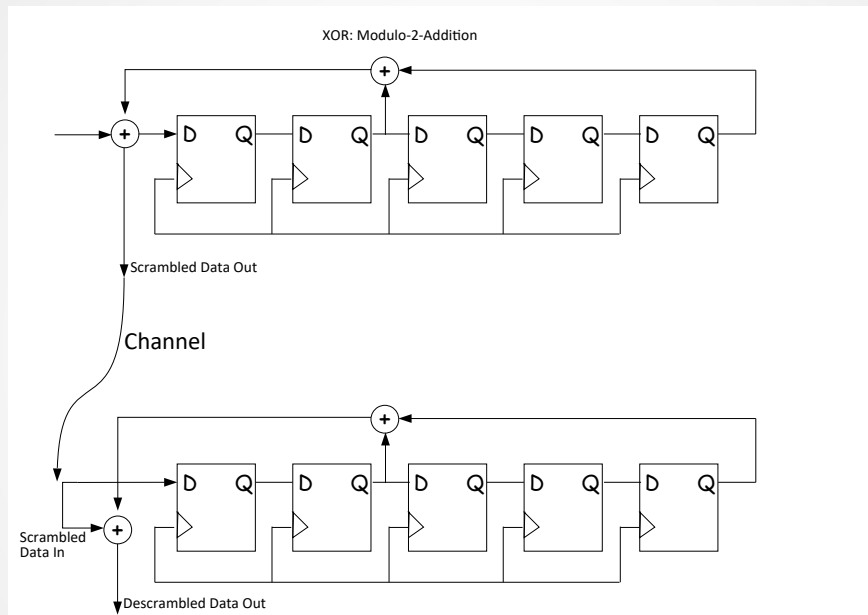
Bei dieser Lösung ist vorausgesetzt, dass keine langen Folgen von Einsen oder Nullen gesendet werden, da sonst der Schwingkreis „einschlafen“ würde.

Damit dies bei Ethernet funktioniert, gibt es zu Beginn eines jeden Rahmens eine Präambel mit einer Folge von 7 Bytes mit folgendem Bitmuster pro Byte: 10101010



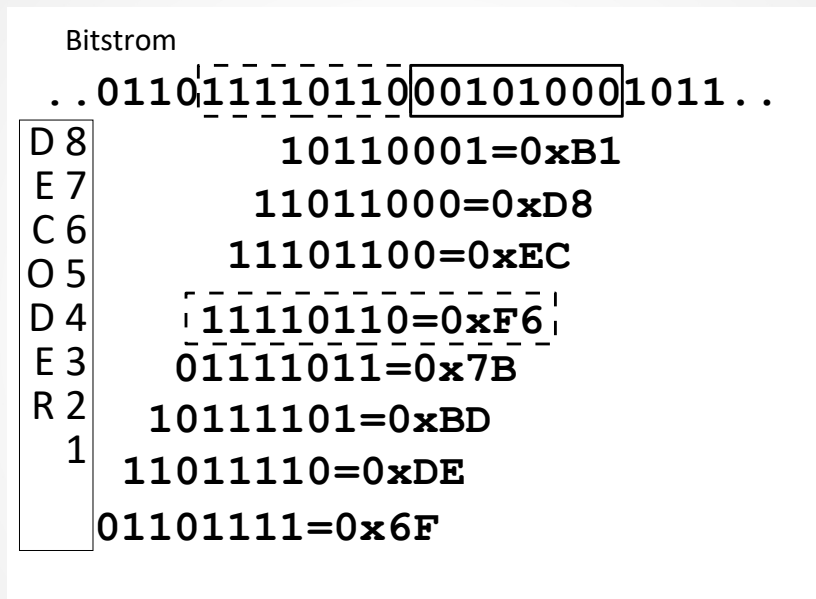
Damit können alle Empfänger das Taktsignal zurückgewinnen.

## Scrambling



Im vorigen Kapitel wurde die Takt-Rückgewinnung erklärt und es ist klar geworden, dass eine lange Folge von Nullen oder Einsen die Takt-Rückgewinnung erschwert. Deshalb gibt es Mechanismen die sicher stellen, dass lange Folgen von Nullen oder Einsen unterbrochen werden. Mit dem Scrambling (deutsch: vermischen) wird sichergestellt, dass lange Folgen gleicher Bits nicht übertragen werden.

## Synchronisation

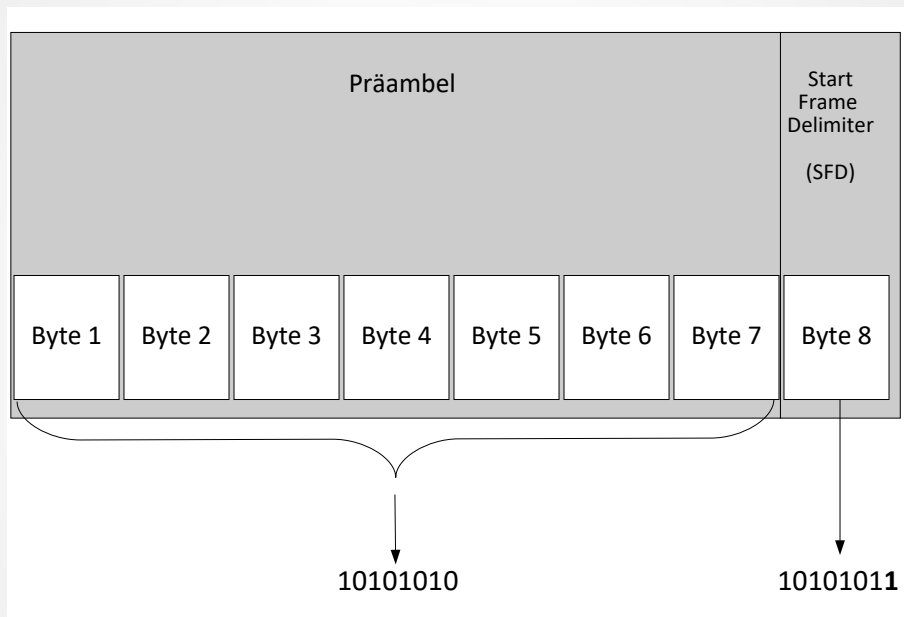


Ist am Ausgang erkannt wie der Bitstrom aus Einsen und Nullen aussieht, kann man sich daran machen den Anfang eines Rahmens (engl. Frames) zu suchen. Dazu werden die Daten im Eingangspuffer mit 8 Decodern, die jeweils um ein Bit versetzt zugreifen, gleichzeitig untersucht.

In der oberen Abbildung wird nach dem Bitmuster 1110110, 001010001 gesucht. Der Decoder 5 hat die Bitfolge gefunden.



## Ethernet-Synchronisation



Stand: 31.08.2023

Netztechnik Teil-2

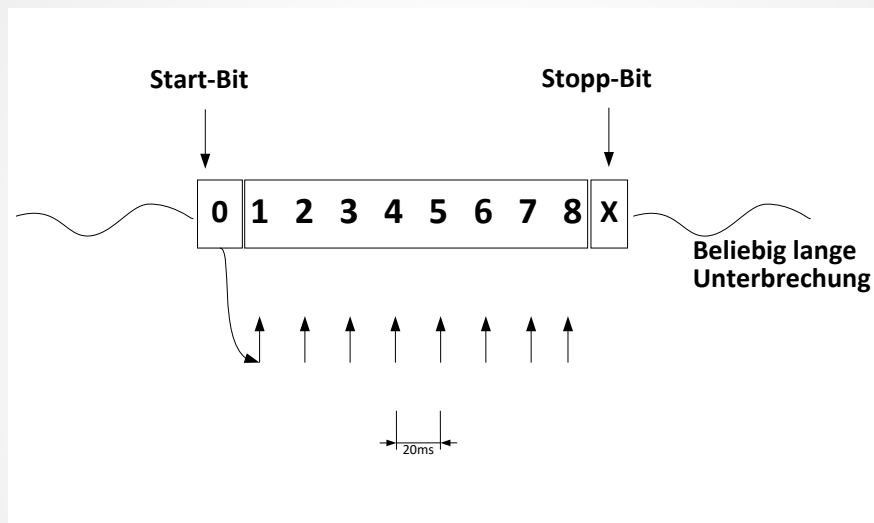
Folie: 51:62

Bei Ethernet in der Version 2 werden 7 Bytes verwendet um eine gesicherte Takt-Rückgewinnung zu erzeugen und die Rahmen-Ausrichtung zu vereinfachen.

Die Präambel-Bytes haben alle die Bitfolge 10101010. Das letzte Byte der Präambel der so genannte Start Frame Delimiter (deutsch: Start-Rahmen-Begrenzer) hat die Bitfolge 10101011.

Alle nach dem SFD folgenden Bytes gehören zum Rahmen.

## Asynchrone Datenübertragung



Stand: 31.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 52:62

## Asynchrone Datenübertragung

Wird für langsame Verbindungen, bei denen keine Takt-Rückgewinnung erforderlich ist, verwendet. Der Empfänger kennt die Taktrate und kann mit speziellen Start und Stopp-Bits die Grenzen jedes Wortes (Bytes) erkennen. Mit der Startbit-Erkennung wird der interne Zeittakt zurückgesetzt.

Asynchrone Datenübertragung wie bei der seriellen Schnittstelle V.24 / RS232 am PC. Für die Konfiguration einer seriellen Schnittstelle ist oft 8N1 angegeben, was 8 Datenbits, keine Paritätsbits und 1 Stopp-Bit als Einstellung für die Schnittstelle beschreibt.

## Begriffe: Bandbreite

Für die **Bandbreite** gibt es unterschiedliche Betrachtungsweisen.

### 1. Funktechnische Sicht.

Die Bandbreite beschreibt einen Ausschnitt aus einem Frequenzband, in dem eine minimale Dämpfung auftritt. Das Frequenzband wird durch eine untere Frequenz (lower ->  $f_l$ ) und eine obere Frequenz (upper ->  $f_u$ ) begrenzt.



$$B = f_u - f_l = 80\text{kHz} - 20\text{ kHz} = 60\text{ kHz}.$$

### 2. IT-technische Sicht

Hier steht Bandbreite als Synonym für die maximal mögliche Datenübertragungsrate

### Nachricht

(engl. Message)

Eine Nachricht ist ein Satz von Zeichen oder Stati, die für die Datenübertragung genutzt werden können.

## Begriffe (Fortsetzung)

### **Signal**

Ein Signal (lat. signalis) ist dazu bestimmt ein Zeichen (lat. signum) zu geben.  
Besitzt ein Signal eine Bedeutung kann es zur Übertragung einer Nachricht genutzt werden.  
Wird ein Signal zur Auswertung von Information genutzt, wird das Nutzsinal genannt.  
Behindert ein Signal die Informationsübertragung wird es Störsignal genannt.

### **Symbol**

Ein Symbol ist ein Element um einen Teil einer Meldung zu transportieren.  
Ein Symbol ist notwendigerweise mindestens ein Bit.  
Es kann auch aus mehreren Bits bestehen.  
So können z. B. 4 Symbole (00, 01, 10, 11) 4 verschiedene Phasen beschreiben.

### **Byte**

Gruppe von 8 Bit. Wird auch als Oktett bezeichnet.

### **Bit**

Abkürzung für „Binary Digit“. Klein geschrieben ist es eine Einheit wie m oder °C.  
Groß geschrieben wird immer ein bestimmtes Zeichen 0 oder 1 angewendet.

### **Baud-Rate**

Anzahl der pro Sekunde durchgeführten Abtastungen in Symbols/s oder Msym/s.

## Begriffe (Fortsetzung)

### **Bit-Übertragungsrate**

Die Bit-Übertragungsrate ist die über den Kanal gesendete Menge an Information und entspricht der Anzahl der Zeichen pro Sekunde mal der Anzahl der Bits pro Zeichen. Wird in Bits pro Sekunde (bps) angegeben.

### **Informationsrate / Zeit**

Anzahl der Bits pro Sekunde.

Sie entspricht der Übertragungs-Geschwindigkeit oder Bit-Übertragungsrate.

### **Alphabet**

Satz von definierten Symboltypen. Zahl 0-9 Buchstaben a-z, A-Z.

### **Zeichen**

Ein Zeichen ist ein Signal mit einer festgelegten Bedeutung.

Jede Abtastung sendet eine Information also ein Zeichen.

Das Zeichen besteht also aus mindestens einem Bit.

Werden bei einer Abtastung mehrere Bits abgetastet, dann enthält ein Zeichen genau die Anzahl an Bits die bei einer Abtastung entstehen.

## Begriffe (Fortsetzung)

**Code**

Zuordnung zwischen Zeichen und Symbolen.

**Schritt**

Ein Schritt ist die kleinste systemtechnisch realisierbare Zeiteinheit, in der eine gewisse Anzahl von Bits übertragen werden.

**Schrittgeschwindigkeit**

Anzahl der Schritte pro Zeiteinheit. Die Einheit ist baud.

Nur wenn genau ein Bit pro Schritt übertragen wird, gilt:

1 baud = 1 Bit/s

Werden bei einer Abtastung 2 Bits abgetastet gilt:

1 baud = 2 Bit/s

Die Anzahl der Bits pro Sekunde auf dem Kanal wird durch das Modulationsverfahren festgelegt.

## Informationsquelle: Alphabet

Buchstabe	Häufigkeits-verteilung im deutschen Alphabet in %	Häufigkeits-verteilung im englischen Alphabet in %	Buchstabe	Häufigkeits-verteilung im deutschen Alphabet in %	Häufigkeits-verteilung im englischen Alphabet in %
a	6,51	8,2	n	9,78	6,7
b	1,89	1,5	o	2,51	7,5
c	3,06	2,8	p	0,79	1,9
d	5,08	4,3	q	0,02	0,1
e	17,4	12,7	r	7	6
f	1,66	2,2	s	7,27	6,3
g	3,01	2	t	6,15	9,1
h	4,76	6,1	u	4,35	2,8
i	7,55	7	v	0,67	1
j	0,27	0,2	w	1,89	2,4
k	1,21	0,8	x	0,03	0,2
l	3,44	4	y	0,04	2
m	2,53	2,4	z	1,13	0,1

Stand: 31.08.2023

Netztechnik Teil-2

Folie: 57:62

Teil eines Systems das die Meldungen erzeugt. Eine Quelle hat ein Alphabet welches eine endliche Anzahl von Symbolen hat.

Das italienische, deutsche oder englische Alphabet hat 26 Symbole. (A-Z)

Das schwedische Alphabet hat 29 Symbole (A-Z, Å, Ä, Ö).

Das Russische Alphabet hat 33 Symbole.

Die Ausgabe einer Informationsquelle kann als unendliche Reihe von Symbolen betrachtet werden. Jedes Zeichen (Symbol) hat eine bestimmte Wahrscheinlichkeit. In jeder Sprache ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Zeichen unterschiedlich.

## Entscheidungsinhalt / Information

### Entscheidungsinhalt

Wenn  $n$  die Anzahl von Symbolen eines Alphabets beschreibt, ergibt:

$\text{Id}(n)$

den Entscheidungsinhalt. In Bit / Symbol.

$$H_0 = \text{Id}(n) = \frac{\log(n)}{\log(2)}$$

Beispiel: Unser Alphabet mit 26 Buchstaben hat einen Entscheidungsinhalt von  
 $H_0 = \text{Id}(26) = 4,7004 \text{ Bit/Symbol}$

### Information

In der Informationstheorie bedeutet der Begriff Information, die von einem Sender zu einem Empfänger übermittelt wird, dass es sich dabei um etwas Neues / dem Empfänger bisher unbekanntes handelt.



## Informationsgehalt

Der informative Wert eines Symbols  $x_i$  ist umso größer, je seltener es auftritt.  
Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von diesem Symbol ist  $P(x_i)$ .  
Der Informationsgehalt eines unabhängigen Symbols  $x_i$  ist:

$$I_x = \lg\left(\frac{1}{P(x_i)}\right) \quad \text{in Bit / Symbol}$$

Beispiel aus unserem Alphabet unter der Annahme, dass alle Wahrscheinlichkeiten gleich verteilt sind.:

$$I_x = \lg\left(\frac{1}{\frac{1}{26}}\right) = \frac{\lg(26)}{\lg(2)} = 4,7004 \quad \text{Bit / Symbol}$$

## Durchschnittlicher mittlerer Informationsgehalt (Entropie)

Für das obige Beispiel:  $I = \lg(1/26^{-1}) = 4,7004 \text{ Bit/Symbol}$

$$\overline{I}_x = H = \sum_{i=1}^n P(x_i) \lg \frac{1}{P(x_i)}$$

Das Maximum der Entropie erhält man, wenn das Auftreten jedes Symbols die gleiche Wahrscheinlichkeit hat.

Beispiel:

$$H = 26 / 26 \lg(1/26^{-1}) = 4,7004 \text{ Bit / Symbol}$$

Der durchschnittliche Informationsgehalt wird in der Literatur oft auch Shannonsche mittlere Unsicherheit oder auch Entropie genannt. Die Entropie ist eine Ableitung aus dem zweiten Satz der Thermodynamik. Daraus lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- Wärmeenergie wandert immer von warm nach kalt.
- Es gibt keine periodisch arbeitende Maschine, die mechanische Arbeit allein durch Abkühlung eines Energiespeichers erzeugt.
- Alle Zustandsänderungen in einem abgeschlossenen System verlaufen so, dass die Entropie zunimmt.  $\Delta S > 0$  bedeutet, dass alle Zustandsänderungen die Unordnung in einem abgeschlossenen System erhöhen.

Je größer die Ordnung eines Systems ist, desto geringer ist die Entropie. Um die Entropie zu verringern ist Energie erforderlich um z. B. Dinge zu sortieren und in eine „Ordnung“ zu bringen. Das Maximum der Entropie erhält man, wenn das Auftreten jedes Symbols die gleiche Wahrscheinlichkeit hat.

## Redundanz und Relevanz

$$R = H_0 - H$$

Jede Abweichung von der Gleichverteilung der Wahrscheinlichkeiten der Symbole führt zu einer Verringerung des mittleren Informationsgehalts der Nachricht. Diese Verringerung der Entropie nennt man Redundanz (R).

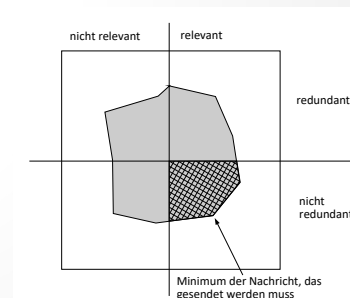
Redundanz (Mehrfaches Auftreten der Information)  
Relevanz (Wichtiger Teil der Information)

Beispiel: Die Bandbreite von 3100 Hz ist relevant für die Übertragung der menschlichen Sprache. Mit Rücksicht auf statistische Abhängigkeiten der Zeichen / Buchstaben in der menschlichen Sprache verringert sich die Entropie auf etwa 1 Bit / Symbol.

Mit den obigen Werten ergibt sich für die Redundanz:

$$R = 4,7 - 1 = 3,7 \text{ Bit / Symbol}$$

Daraus folgt:  
78,7 % der Sprache sind redundant.



Um möglichst wenig Bits übertragen zu müssen, gilt es die Nachricht von Redundanz zu befreien und auf den relevanten Teil zu reduzieren.

## Zusammenfassung

- Schichtenmodelle (allgemein)
- ISO/OSI-7-Schicht-Referenzmodell
- Abtastung
- Fourier-Synthese
- Kanal-Kapazität / Informationsmenge
- Multiplexverfahren
- Grundbegriffe